



RECURSOS FORRAJEROS MULTIPROPÓSITOS

RECURSOS FORRAJEROS MULTIPROPÓSITOS

RECURSOS FORRAJEROS MULTIPROPÓSITOS

© 2020, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey

ISBN: 978-959-7138-44-0 Versión impresa

ISBN: 978-959-7138-45-7 Versión digital

Editoras: Milagros de la C. Milera Rodríguez, Tania Sánchez Santana y Martha Hernández Chavez

Revisión técnica: Yuseika Olivera Castro, Milagros de la C. Milera Rodríguez y Nayda Armengol López

Revisión de estilo: Alejandro Montesinos Larrosa, Martha Beatriz Hernández Chavez y Nidia Amador Dominguez

Diseño y diagramación: Israel de Jesús Zaldivar Pedroso

Reservados todos los derechos. Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta obra en cualquier tipo de soporte, sea mecánico, fotocopiado o electrónico, sin la respectiva autorización.

Editorial Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey

Central España Republicana, CP 44280 Matanzas, Cuba

Correo electrónico: indio@ihatuey.cu

Web: www.ihatuey.cu

ÍNDICE

Sección A.	PRINCIPIOS BÁSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS.....	V
CAPÍTULO 1.	BASES ECOFISIOLÓGICAS DEL CRECIMIENTO DE LOS PASTOS. Rafael Segundo Herrera-García, Pedro Pablo del Pozo-Rodríguez y Félix Blanco-Godínez	1
CAPÍTULO 2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y RESULTADOS DEL PROGRAMA DE INTRODUCCIÓN. Odalys C. Toral-Pérez, Yuseika Olivera-Castro, Rey. L. Machado-Castro, Esperanza Seguí-Cartaya, Hilda B. Wencomo-Cárdenas y Jorge Reino-Molina	19
CAPÍTULO 3.	REGIONALIZACIÓN DE GRAMÍNEAS, LEGUMINOSAS Y ÁRBOLES MULTIPROPÓSITOS. Juan José Paretas-Fernández y Mirtha López-Gutiérrez	43
CAPÍTULO 4.	LA CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS GANADEROS Y LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LOS AGROECOSISTEMAS DE PASTIZALES. Sandra Lok-Mejías y Gustavo Jacinto Crespo-López.....	66
CAPÍTULO 5.	EL RECICLAJE DE NUTRIENTES Y LA FERTILIDAD DEL SUELO. Gustavo Jacinto Crespo-López, Idalmis D. Rodríguez-García, Julio Jesús Reyes-González, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez y Marta Beatriz Hernández-Chávez	85
Sección B.	FITOTECNIA PARA LA PRODUCCIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS.....	97
CAPÍTULO 6.	AGROTECNIA PARA EL FOMENTO DE SISTEMAS CON GRAMÍNEAS. Marta Hernández-Chavez, Luis Alberto Corbea-Martínez, Francisco Reyes-Ocampo, César Padilla-Corrales, Saray Sánchez-Cárdenas y Tania Sánchez-Santana	99
CAPÍTULO 7.	AGROTECNIA PARA EL FOMENTO DE SISTEMAS CON LEGUMINOSAS. Tomás Elías Ruiz-Vázquez y Gustavo Julio Febles-Pérez.....	126
CAPÍTULO 8.	DEGRADACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS PASTIZALES. César Padilla-Corrales.....	148
CAPÍTULO 9.	OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE CLONES DE <i>Cenchrus purpureus</i> CON TOLERANCIA A LA SEQUÍA Y SALINIDAD. Rafael S. Herrera-García	162
CAPÍTULO 10.	PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS TROPICALES. Marlen Navarro-Boulandier, Aristides Pérez-Vargas, Gustavo Julio Febles-Pérez, Celido Matías-Ruiz y Yolanda González-Rosado	184
CAPÍTULO 11.	FITOSANIDAD DE LOS RECURSOS GENÉTICOS PRATENSES Y FORRAJEROS. EVOLUCIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE MANEJO. Osmel Alonso-Amaro, Juan Carlos Lezcano-Fleires, Antonio Delgado-Perdomo, Roberto Miret-Alfonso, Aldo Barrientos-Mojena, Nurys Valenciaga-Valdés y Madelén Herrera-Perdomo	218
Sección C.	MANEJO DE LOS RECURSOS FORRAJEROS PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL...249	
CAPÍTULO 12.	CONSERVACIÓN DE PASTOS Y FORRAJES EN ZONAS TROPICALES. Félix Ojeda-García, Marcos Esperance-Matamoros, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez y Orestes Cáceres-García.....	251
CAPÍTULO 13.	VALOR NUTRITIVO DE LOS PRINCIPALES RECURSOS FORRAJEROS EN EL TRÓPICO. Orestes Cáceres-García, Félix Ojeda-García, Eliel González-García, Javier Arece-García, Leonel Simón-Guelmes, Luis Lamela-López, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez, Jesús Manuel Iglesias-Gómez, Marcos Esperance-Matamoros, Iván Lenin Montejo-Sierra y Midrey Soca-Pérez.....	278

CAPÍTULO 14.	SISTEMAS A BASE DE PASTOS Y FORRAJES PARA LA ALIMENTACIÓN DEL TERNERO. Mildrey Soca-Pérez, Leonel R. Simón-Guelmes†, Emiro R. Canchila-Asencio, Yohanka Lezcano-Más, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez y Jesús Manuel Iglesias-Gómez.....	309
CAPÍTULO 15.	SISTEMAS DE PASTOREO PARA HEMBRAS BOVINAS DE REEMPLAZO. Jesús Manuel Iglesias-Gómez, David Hernández-Torrecilla, Leonel Simón-Guelmes†, Ciro Andrés-Zamora-Mojena y Raúl A. Mejías-Rodríguez.....	325
CAPÍTULO 16.	CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DEL PASTO PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE. Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez.....	331
ANEXO I.	CONCEPTOS Y DEFINICIONES IMPORTANTES	351
CAPÍTULO 17.	PRINCIPALES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN CUBA. Tania Sánchez-Santana, Onel López-Vigoa, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez y Luis Lamela-López.....	355
CAPÍTULO 18.	BANCOS DE BIOMASA CON <i>Cenchrus purpureus</i> , CUBA CT-115. Ramón Omar Martínez-Zubiaur	369
CAPÍTULO 19.	SISTEMAS DE PASTOREO PARA EL ENGORDE BOVINO. Jesús Manuel Iglesias-Gómez, Emilio Castillo-Corría, Luis Rodolfo Valdés-Fernández, Guillermo Valdés-Hernández, Leonel Simón-Guelmes, C. A. Hernández, David Hernández-Torrecilla, Tomás Elías Ruiz-Vázquez e Ismael Hernández-Venereo.....	379
CAPÍTULO 20.	SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN PARA PEQUEÑOS RUMIANTES EN BASE A PASTOS Y FORRAJES. Javier Arece-García, Carlos Mazorra-Calero, Ángela Borroto-Pérez, Exequiel León-Álvarez, Norge Fonseca-Fuentes y Yoel López-Leyva y Andrés Alpizar-Naranjo	395
CAPÍTULO 21.	ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES MONOGÁSTRICOS. Manuel Castro-Perdomo, Esmeralda Lon-Wo-Chansay, Lourdes Lucila Savón-Valdés, María Felicia Díaz-Sánchez y Katia Hidalgo-Salomón	417
Sección D.	AGROENERGÍA Y DESARROLLO TERRITORIAL.....	439
CAPÍTULO 22.	AGROENERGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: UN RETO PARA LA AGRICULTURA ACTUAL Y FUTURA. Jesús Suárez-Hernández, Giraldo Jesús Martín-Martín, José Armando Sotolongo-Pérez, Emigdio Rodríguez-del Río, Valia Savran, Luis Cepero-Casas, Fernando Funes-Monzote, Jorge Luis Rivero-Moreno y Dairom Blanco-Betancourt, Jesús Suárez-Hernández, Giraldo Jesús Martín-Martín, José Armando Sotolongo-Pérez, Emigdio Rodríguez-del Río, Valia Savran, Luis Cepero-Casas, Fernando Funes-Monzote, Jorge Luis Rivero-Moreno y Dairom Blanco-Betancourt.....	441
CAPÍTULO 23.	LA VISIÓN INSTITUCIONAL DE SOSTENIBILIDAD DEL DESARROLLO PARA EL SECTOR AGRARIO Y EL MEDIO RURAL CUBANO. Taymer Miranda-Tortoló, Hilda C. Machado-Martínez, Tania Sánchez-Santana, Luis Lamela-López, Antonio Suset-Pérez, Jesús Suárez-Hernández, Arístides Pérez-Vargas, Jesús M. Iglesias-Gómez y Giraldo J. Martín-Martín	453
CAPÍTULO 24.	ENFOQUE AGROECOLÓGICO PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE SISTEMAS AGROPECUARIOS ENERGÉTICAMENTE SUSTENTABLES EN CUBA. Fernando Rafael Funes-Monzote	472
ANEXO I.	NOMBRES COMUNES Y CIENTÍFICOS DE LAS ESPECIES	485
ANEXO II.	LISTADO DE AUTORES	490

SECCIÓN A.

Principios básicos para la producción de los recursos forrajeros



CAPÍTULO I. Bases ecofisiológicas del crecimiento de los pastos

Rafael Segundo Herrera-García¹, Pedro Pablo del Pozo-Rodríguez² y Félix Blanco-Godínez³

¹ Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central, km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

² Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³ Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

En la mayoría de los países tropicales se confrontan problemas de baja productividad en el ganado. Entre las causas fundamentales que la motivan se encuentran el mal uso de la tierra, la baja calidad de los pastizales y su alto grado de degradación, que alcanza aproximadamente 50 % de la superficie cultivada con pastos (Friedrich, 2015). Cuba no escapa de esta situación y se le adicionan aspectos como limitación de recursos materiales e disciplinas tecnológicas.

La actual situación de deterioro de los ecosistemas ganaderos requiere de transformaciones en su explotación, basados en principios fisiológicos y agroecológicos, donde los sistemas ganaderos se consideren como un ecosistema y no como la simple gestión técnica-económica. Esta nueva visión requiere del conocimiento de las leyes que rigen el funcionamiento de cada uno de los elementos y los procesos que conforman el sistema, con el propósito de maximizar el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes.

La dinámica de los ecosistemas de pastos y de su capacidad para transformar la energía lumínica en metabolitos, como factores determinantes del crecimiento, ha sido poco investigada en las regiones tropicales, y la mayor información se limita a la representación algebraica, a través del tiempo, de los cambios que se producen en la fitomasa o en los constituyentes químicos de la planta. En otros casos solo se analiza el crecimiento mediante índices empíricos, sin profundizar en la esencia de las múltiples y complejas funciones que se desarrollan en las diferentes estructuras morfológicas, ni en las variadas relaciones e interrelaciones que se establecen entre el método de explotación y el complejo ambiental, los cuales constituyen factores clave para el desarrollo de prácticas de manejo de los recursos forrajeros.

El presente capítulo tiene como objetivo analizar los aspectos ecofisiológicos relacionados con el crecimiento y la calidad de los pastizales en las regiones tropicales, así como los principales factores ambientales y de manejo que influyen.

Características estructurales, fisiológicas y bioquímicas de los pastos tropicales

El potencial de crecimiento y producción de biomasa de los pastos, depende de la vía metabólica utilizada para llevar a cabo la fotosíntesis, así como de su relación con la respiración. De ahí que la productividad de los pastizales sea función de la eficiencia de conversión que realicen del CO₂ atmosférico, de los nutrientes, de la humedad del suelo y de la energía solar, entre otros aspectos.

En las regiones tropicales predominan especies de plantas propias de los ecosistemas ganaderos que poseen diferentes vías metabólicas, como son: las gramíneas de vías fotosintéticas C₃ (ácido fosfoglicérico) y C₄ (ácido dicarboxílico), y las leguminosas cuya vía es C₃. Además, se conoce la presencia de híbridos naturales en gramíneas que poseen comportamientos intermedios (C₃/C₄), los cuales presentan características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas particulares que los diferencian en su conducta productiva y cualitativa, cuando las condiciones ambientales no son limitantes.

La estructura foliar de las plantas C_4 es conocida como anatomía de Kranz, caracterizada por tener las células del mesófilo dispuestas en corona alrededor de la vaina de los haces vasculares; poseen paredes celulares gruesas, con cloroplastos de mayor tamaño, más abundantes y en disposición específica; mientras que las C_3 presentan un solo tipo de célula, con cloroplastos que tienen una estructura agranal y un menor grado de especialización.

Las vías bioquímicas a través de las cuales estas plantas realizan la fotosíntesis también presentan marcadas diferencias. En las células del mesófilo de las plantas C_3 , la enzima receptora del CO_2 es la ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa–oxigenasa (RUBISCO) y el producto primario del proceso de reducción es el ácido 3-fosfoglicérico (APG), el que se reduce a gliceraldehido 3-fosfato (GAP), compuesto de alto valor energético y punto de partida para la síntesis de hexosas, de las cuales una parte son empleadas para la regeneración de la RUBISCO (ciclo de Calvin-Benson).

En las plantas C_4 tiene lugar la primera fijación del CO_2 mediante la enzima fosfoenol-pirúvico-carboxilasa (PEPC) en ácido dicarboxílico tetracarboxonado en las células del mesófilo, el que es transportado hacia las células de los haces vasculares (sistema de bombeo) donde tiene lugar la descarboxilación, la concentración del CO_2 y la fijación vía ciclo de Calvin-Benson (fig. 1). Los carbonos restantes (alanina o pirúvico) regresan al mesófilo, donde se completa su conversión en molécula aceptora primaria (PEPC). A esta distribución funcional entre los dos tipos de células se le denomina fotosíntesis cooperativa.

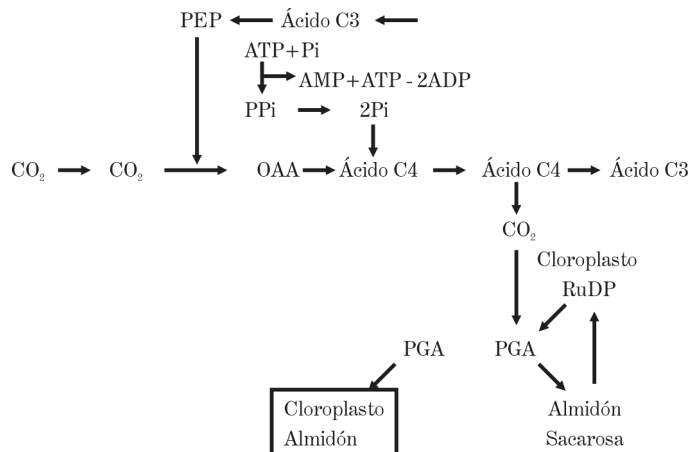


Fig. 1. Ciclo de asimilación del carbono en plantas C_4 .

Existen tres grupos de subtipos metabólicos a los que se les nombra según la enzima que cataliza la descarboxilación (NADP-enzima málico, NAD-enzima málico y PEP-carboxiquinasa), los cuales se encuentran en importantes especies que comúnmente forman parte de los ecosistemas de pastos en las regiones tropicales.

Otras de las características bioquímicas de este grupo de plantas (C_4) son la alta afinidad de la enzima PEPC por el CO_2 y la mayor actividad carboxilasa de la enzima RUBISCO en las células del haz vascular. Ello permite que el proceso fotosintético sea aparentemente insensible a los cambios de concentración de O_2 atmosférico y respondan de forma positiva al aumento de la concentración de CO_2 atmosférico, lo que garantiza que la fotosíntesis se desarrolle en condiciones más estables, siempre que no exista inhibición enzimática debido por las altas o bajas temperaturas (Simón y Hatch, 1994).

Estos elementos estructurales y bioquímicos hacen que esos grupos de plantas muestren comportamientos fisiológicos diferentes. En la tabla 1 se presentan las principales características fisiológicas de las plantas C_3 y C_4 ; se destaca la superioridad funcional de las C_4 en una mayor eficiencia de conversión de la energía lumínica y utilización del agua, y superior tolerancia a las altas temperaturas de las regiones tropicales.

A pesar de las ventajas antes señaladas, las plantas C_4 requieren un costo energético (ATP) superior para desarrollar la fotosíntesis, pero existe variación entre especies, lo cual pudiera estar relacionado con las características metabólicas de cada una de ellas. No obstante, el balance energético general es superior, debido a que realizan mayor actividad fotosintética por unidad de superficie foliar. Esta mayor eficiencia fotosintética les confiere un crecimiento superior y una mayor producción de biomasa con respecto a las plantas C_3 , cuyos valores pudieran alcanzar hasta 85 t de MS/ha/año, siempre que no existan factores limitantes como los biológicos, nutritivos y ambientales, entre otros. Sin embargo, este potencial no está en correspondencia con la producción por animal, lo cual está asociado a las características anatómicas y morfológicas particulares que poseen, que las hacen menos digestibles y presentan un valor de consumo menor.

Tabla 1. Características fisiológicas de las plantas C_3 y C_4

Característica	C_4	C_3
Capacidad fotosintética, mg de CO_2 /dm ² /h	40-60	20-30
Fotorrespiración neta, mg de CO_2 /dm ² /h	No	5-15
Punto de saturación lumínica, Klux	60	20-30
Eficiencia del uso de agua, g de agua/g de MS	450-950	250-350
Relación fotosíntesis/transpiración	Baja	Alta
Temperatura óptima de crecimiento, °C	22-35	15-22
Temperatura mínima de crecimiento, °C	10-15	5
Eficiencia en el uso del nitrógeno	Alta	Baja
Requerimiento energético teórico CO_2 :ATP:NADPH-H+	1:5:2	1:3:2
Crecimiento óptimo, veces mayor	2-3	-
Temperatura máxima para el crecimiento, °C	45	30

Las plantas C_4 presentan mayor cantidad de tejido vascular y esclerénquima en sus hojas (tabla 2), las cuales están rodeadas por una doble capa de células con paredes gruesas y suberizadas que las hacen más resistentes al rompimiento mecánico y al ataque microbiano. Además, las células del mesófilo, que estructuralmente son más digeribles, se encuentran en menor proporción que en las C_3 y muestran relación con los tejidos vasculares de 1,8 a 3,7. Esto hace que disminuya la tasa de degradación, aumente el tiempo de retención ruminal y como consecuencia haya un menor consumo.

Tabla 2. Distribución de los tejidos en plantas C_3 y C_4

Tejidos, %	C_3		C_4	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Epidermis	23	3	29	3
Mesófilo + parénquima	61	81	40	77
Vainas del haz	10	-	20	-
Vascular	4	9	8	9
Esclerénquima	4	7	8	11

Fuente: Herrera (2006a).

Moore y Hatfield (1994) señalaron que las gramíneas tropicales (C_4) presentan mayor contenido y distribución de la lignina en la matriz de la pared celular a través de toda la planta, la cual se encuentra fuertemente enlazada con la hemicelulosa por medio de varios tipos de enlaces covalentes

que limitan la degradación del resto de los componentes estructurales y, por ello, su digestibilidad. Sin embargo, aun cuando en las leguminosas el contenido de lignina es menor, su presencia solo se limita al tejido vascular.

Las gramíneas tropicales (C_4) presentan menor concentración de proteína bruta y limitan el consumo voluntario cuando su valor no sobrepasa 7 % de la masa seca. Las leguminosas tropicales poseen mayor contenido y mejor balance de aminoácidos. No obstante, entre las especies de leguminosas se presentan importantes diferencias en cuanto a la solubilidad de la proteína.

Las leguminosas presentan metabolitos secundarios o factores antinutricionales que pueden influir en la digestibilidad, el consumo, a productividad animal e incluso provocar desórdenes metabólicos o la muerte cuando estos no son conocidos. Los principales compuestos son: glucósidos cianogénicos, mimosina, taninos, fenoles, cumarinas, alcaloides, lectinas y saponinas, entre otros; estos metabolitos fueron cuantificados en varias leguminosas arbustivas y rastreras (Verdecia, 2014). En la actualidad existen métodos para reducir la presencia de estos compuestos en las plantas mediante diferentes tratamientos físicos y químicos.

Crecimiento y desarrollo de los pastos

Durante el ciclo de crecimiento de las plantas ocurren evidentes cambios desde la germinación de la semilla hasta el fructificación y la senescencia, cuyos procesos no son independientes y están regulados por factores internos y externos. Se considera que los cambios que se producen en una etapa determinada del crecimiento y desarrollo de la planta, son el resultado de las interacciones de las potencialidades genéticas de la especie y de los factores ambientales (Valdés y Balbín, 1992), hecho que se conoce como interacción genotipo-ambiente y que, a la vez, está influido por la acción del hombre.

En relación con el crecimiento de los pastos y las forrajeras (Voisin, 1963) señaló: “son plantas capaces de almacenar en sus raíces y bases de sus tallos, varias veces durante un año, las reservas suficientes que permitan obtener un nuevo rebrote después de cada corte o pastoreo”; ello se aplica tanto a las gramíneas como a las leguminosas.

Mosquera *et al.* (2004) señalaron que el crecimiento de una pradera depende de la relación que se establece entre la tasa de fotosíntesis y la respiración, la producción bruta y la senescencia de sus órganos, y entre la tasa de renovación de los vástagos y la densidad de estos por planta, aspectos clave en el manejo de los pastos para lograr la máxima productividad.

Cinética de crecimiento

En condiciones ambientales no limitantes, el crecimiento de los pastos, expresado a través del aumento de peso seco o la altura, describe una curva sigmoide (fig. 2) en la que se distinguen tres fases o estadios fisiológicos, como resultado de las diferentes velocidades con que se desarrolla el proceso de crecimiento (Voisin, 1963).

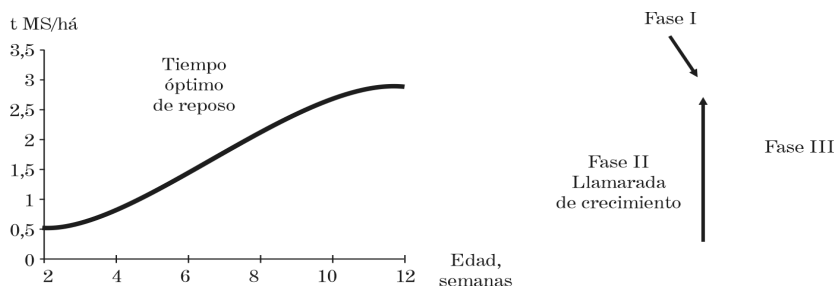


Fig. 2. Curva que describe la acumulación de masa seca de los pastos.

La primera fase se caracteriza por ser lenta y su duración depende de la especie y del grado de intensidad con que fue defoliada, ya sea por el corte o por los animales en pastoreo. Está relacionada con la capacidad de utilización de sus sustancias de reserva acumuladas en las raíces y en la base de sus tallos, el desarrollo de su sistema asimilativo, la disponibilidad de nutrientes, los indicadores climáticos y la distribución de los asimilatos en sus diferentes órganos, entre otros factores. En esta etapa la tasa fotosintética es alta, en dependencia del área foliar, y la respiración es baja. Esto establece una relación positiva en la asimilación neta de la planta y con ello el incremento en la acumulación de biomasa, con predominio de las hojas en su estructura.

En la segunda fase se produce un notable incremento del área foliar, con balance positivo entre la fotosíntesis y la respiración, hasta alcanzar la máxima producción fotosintética. El crecimiento se hace relativamente constante e independiente de la variable que se mide (fase lineal), la cual expresa la tasa máxima de crecimiento del cultivo y la acumulación de reservas, cuya duración depende de la especie de planta. Voisin (1963) utilizó el término de gran período de crecimiento o de llamarada de crecimiento para caracterizar este estadio de crecimiento.

En esta fase la tasa de muerte de las estructuras morfológicas de la planta se retrasa, en relación con el correspondiente aumento en la tasa de crecimiento de los tallos, lo cual hace que se exprese una alta tasa de producción de tejidos y una pequeña tasa de muerte de los distintos componentes del pastizal. Esta relación no siempre coincide con la capacidad máxima de producción fotosintética del pastizal. Por ello, la máxima producción del pastizal por hectárea puede que no se corresponda con la fotosíntesis máxima, ya que depende de cómo se comporta la tasa de pérdida de tejido por muerte.

En la última fase, el crecimiento se realiza con menor intensidad hasta alcanzar su máximo rendimiento, momento a partir del cual predomina la pérdida de masa seca. Regularmente, en esta etapa se produce mayor acumulación de tallos, inflorescencias y material muerto en los pastizales. Por encima de este tiempo, el crecimiento vegetativo es prácticamente insensible al incremento de la duración del período de crecimiento o de rebrote. No obstante, se conoce que en esta fase una parte importante de los productos de la fotosíntesis se acumula en las raíces y otros órganos de reserva, lo que explica el enérgico rebrote durante las primeras defoliaciones de los pastos sometidos a largos períodos de descanso.

Al estudiar las curvas de crecimiento de distintos forrajes (*Brachiaria*, *Panicum*, *Cenchrus*) se han encontrado modelos matemáticos desde los más sencillos (expresiones lineales) hasta los de mayor complejidad como expresiones cuadráticas, cúbicas, exponenciales y otras, lo que indica que no siempre presentan la configuración sigmoidea (Ramírez, 2010; Rodríguez *et al.*, 2013a). En condiciones de pastoreo también se ha informado esta tendencia (Fortes, 2012) y en ambos casos estas diferencias se atribuyen a la interacción clima-manejo y la inexistencia de homogeneidad en las edades fisiológicas y cronológicas de los diferentes individuos del pastizal.

Es abundante la literatura que señala cómo en la medida que aumenta la edad de rebrote de los pastos su calidad disminuye y está relacionada, fundamentalmente, con los cambios en la estructura y en la actividad metabólica de la planta, lo que se manifiesta en un aumento de los elementos estructurales y la disminución del tenor de carbohidratos solubles, el contenido celular, la proteína y los minerales, así como de su digestibilidad, cuyas tasas de cambio varían en dependencia de las especies de plantas, las condiciones climáticas y el régimen de explotación (Pozo, 1998; Herrera y Ramos, 2015).

Al tener en cuenta los aspectos discutidos con anterioridad, es importante buscar el adecuado balance entre el rendimiento, la composición química y el contenido de sustancias de reserva en las partes bajas del tallo y en las subterráneas de los pastos, que permitan su máxima persistencia y utilización.

Análisis del crecimiento

Los primeros estudios del análisis del crecimiento se efectuaron a principios del siglo xx, cuyas bases científicas y análisis fisiológicos fueron descritos por Watson (1952), ampliados por Radford (1967) y Hunt (1982) utilizados por múltiples investigadores para cuantificar los componentes del crecimiento de los cultivos a partir de variables y con una simple interpretación fisiológica. Generalmente, se basan en la medida frecuente de la masa seca del material y su sistema foliar; los procedimientos para la estimación de sus principales índices en el análisis de población o comunidades de plantas, según el método utilizado (clásico o funcional), se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Principales índices de crecimiento derivados del peso seco y del área foliar

Índices	Métodos de estimación clásico	Valor instantáneo
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)	$TCC = 1 / S \times (P2 - P1) / (T2 - T1)$	$1 / S \times dp / dt$
Tasa de crecimiento relativo (TCR)	$TCR = (\ln P2 - \ln P1) / (T2 - T1)$	$1 / P \times dp / dt$
Índice de área foliar (IAF)	$IAF = (A2 + A1) / 2 \times (1 / S)$	A / S
Tasa de asimilación neta (TAN)	$TAN = (P2 - P1) / (T2 - T1) \times (\ln A2 - \ln A1) / (A2 - A1)$	$1 / A \times dp / dt$
Duración del área foliar (DAF)	$DAF = (A2 + A1) - (T2 - T1) / 2$	-
Duración de la biomasa (DBM)	$DBM = [(P2 + P1) / 2] \times (T2 - T1)$	-
Relación de área foliar (RAF)	$RAF = [A2 / P2 + A1 / P1] / 2$	A / P
Área foliar específica (AFE)	$AFE = (A2 / P2 + A1 / P1) / 2$	A / PH

P: masa seca, T: tiempo, A: área foliar, PH: masa seca de hojas y S: unidad de superficie de terreno

Existen otros índices de crecimiento basados en la relación de algunas de estas variables con indicadores internos de la planta vinculados al proceso fotosintético, como son: el contenido de pigmentos clorofílicos y el nitrógeno foliar (Fernández y Pereyra, 1995), considerado este último por Garnier *et al.* (1995) como la productividad del nitrógeno expresada en el incremento de masa seca de la planta por unidad de nitrógeno foliar en el tiempo, los cuales se han utilizado con éxito en el análisis del crecimiento de algunos cultivos. La partición de la biomasa entre el crecimiento de la parte aérea y los órganos subterráneos, constituye un índice básico en la tesis del equilibrio funcional (Blanco, 1996a), empleado por Van der Werf (1996) para expresar la distribución de los fotoasimilatos en las plantas a través del crecimiento.

Estos índices constituyen indicadores básicos para profundizar en la fisiología del crecimiento y la producción de los cultivos, así como para visualizar y definir los mecanismos a través de los cuales se explica la acción limitante de cualquiera de los factores del crecimiento. Su utilización en los cultivos forrajeros ha sido limitada y los primeros trabajos solo describían los cambios de producción de biomasa en el tiempo, pero permitieron establecer las bases para el manejo racional de los pastos.

La mayoría de la información obtenida en Cuba, en una primera etapa, se limitó a la representación algebraica de los cambios que se producen en la fitomasa de los pastos (altura, masa, densidad), o en los constituyentes químicos de la planta a través del tiempo (Herrera, 1981). Con posterioridad, se emplearon modelos matemáticos de mayor complejidad que explicaban el crecimiento, así como indicadores de la calidad de las gramíneas y las leguminosas, y sus factores antinutricionales (Ramírez *et al.*, 2012; Verdecia *et al.*, 2013; 2014; Rodríguez *et al.*, 2013b).

A partir de 1990 se reconsideró el estudio de la dinámica de crecimiento de los pastos tropicales, fundamentalmente en condiciones de pastoreo, donde los factores de manejo y ambientales determinan una mayor complejidad en el análisis de las variables del crecimiento. Por ello, fue necesario

desarrollar métodos y procedimientos específicos que permitieran incrementar la precisión e interpretación de los resultados (Pozo *et al.*, 1998; 2000; 2005; Fortes *et al.*, 2007; 2013; 2014).

Estos autores incorporaron indicadores fisiológicos y bioquímicos que permitieron interpretar aspectos fisiológicos asociados con el rebrote, los cuales son aplicables en las especies de crecimiento rastrero y erecto. Se destacó en este sentido la relación entre las variables tasa de asimilación neta y duración del área foliar con el contenido de carbohidratos solubles de la planta, expresión que relaciona el grado de eficiencia energética con que se desarrollan los procesos de crecimiento.

Blanco (1996b) introdujo, como parte de los estudios de la curva de crecimiento de *Andropogon gayanus*, la variación de la grasa bruta (GB) como componente de las reservas energéticas y los resultados fueron similares a los logrados con los carbohidratos solubles. Además, informó una reducción de hasta 45 % del contenido de GB de las raíces en la cuarta semana después del pastoreo y la manifestación de una tendencia al consumo de las reservas en el período lluvioso, así como a la acumulación en el período poco lluvioso.

Como se señaló con anterioridad, para la representación de la dinámica de crecimiento de los pastos se han empleado diferentes expresiones matemáticas de variada complejidad. Aunque estas expresiones son apropiadas para situaciones específicas, algunas variables no se relacionan entre sí por una simple relación lineal, por lo que se necesita de otras funciones. Sin embargo, su empleo no se ha generalizado debido a factores como: estudios realizados en determinadas áreas y manejo, la complejidad de las expresiones, las características de las variables, la magnitud en que se quiere reducir las variaciones en estas por factores aleatorios, la limitada explicación de sus parámetros y la falta de validación de los modelos, entre otros aspectos.

No obstante, para la estimación de sus parámetros se requiere de métodos iterativos complejo y, en ocasiones, las asintóticas resultan inadecuadas para mostrar el comportamiento en su última fase, cuando se producen pérdidas de masa seca debido al predominio de los procesos relacionados con la senescencia, situación común en los pastizales perennes. Se debe destacar que el estudio del crecimiento y el desarrollo de los pastos es un proceso complejo, en el que intervienen múltiples factores que en su mayoría son incontrolables, como los del suelo y el clima, los cuales en determinada medida pueden limitar la posibilidad de efectuar la correcta interpretación fisiológica de los resultados, cuando no se toman en consideración para su aplicación.

Algunos factores climáticos que definen la producción potencial y la calidad de los pastos

Los pastos poseen características fisiológicas y morfológicas propias, que les brindan adaptación específica para su crecimiento y calidad. Sin embargo, estos experimentan modificaciones morfológicas en el rendimiento y en su calidad cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas; entre los componentes que más determinan en las condiciones tropicales se encuentran la temperatura, la radiación solar (cantidad y calidad), las precipitaciones y su distribución.

Temperatura

Los procesos bioquímicos y fisiológicos relacionados con la síntesis, el transporte y la degradación de sustancias en las plantas, están influidos por la temperatura, el grado de relación que estas poseen con la cinética de las reacciones bioquímicas y el mantenimiento de la integridad de las membranas.

No todas las especies de pastos tienen el mismo valor óptimo de temperatura para el cumplimiento de estas funciones. Así, Baruch y Fisher (1991) informaron que en las gramíneas tropicales, el óptimo fotosintético se encuentra entre los 35-39 °C y en las leguminosas entre los 30-35 °C (tabla 4), con alta sensibilidad a las bajas temperaturas, cuyos efectos negativos en el crecimiento ocurren entre 0 y 15 °C, y en algunas especies a los 20 °C, cuando la humedad no es un factor limitante; ello está determinado

por la baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, como resultado de la disminución de los procesos de biosíntesis y por el déficit energético producido por la reducción en la tasa respiratoria.

Además, estos autores plantearon que cuando la frecuencia de temperatura por debajo de 15 °C se incrementa durante el período de crecimiento, los asimilatos formados se acumulan gradualmente en los cloroplastos y pueden alterar la tasa de asimilación y traslocación de metabolitos, y hasta provocar daños físicos en el aparato fotosintético que limitan el crecimiento de los pastizales.

Tabla 4. Temperatura óptima, mínima y máxima en las hojas para el desarrollo de la fotosíntesis en gramíneas y leguminosas tropicales

Especie	Temperatura, °C		
	Óptima	Mínima	Máxima
Gramíneas C ₄			
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	38	9	56
<i>Cenchrus ciliaris</i>	39	6	61
<i>Cynodon dactylon</i>	35	-	-
<i>Megathyrsus maximus</i>	38	10	58
<i>Pennisetum purpureum</i>	37	7	59
<i>Sorghum almum</i>	40	5	52
<i>Sorghum</i> spp.	35	-	-
Leguminosas C ₃			
<i>Neonotonia wightii</i>	31	5	50
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	30	6	50

La temperatura por encima del óptimo también reduce el crecimiento, debido a la disminución de la actividad fotosintética por inactivación enzimática y al incremento de la demanda respiratoria (respiración y fotorespiración). Además, en estas condiciones aumenta la tasa transpiratoria y se crea un balance hídrico negativo que reduce la expansión celular y, por ello, el crecimiento.

Uno de los mecanismos estructurales utilizados por los pastos para reducir los efectos del estrés por altas temperaturas, es el aumento del contenido de la pared celular, fundamentalmente de lignina, la cual reduce marcadamente su digestibilidad y calidad. No obstante, algunos autores argumentan que pudieran existir otros mecanismos que influyan en estos procesos, pero aún la información es limitada.

En diferentes trabajos desarrollados en Cuba, se evidenció el efecto de la temperatura en el crecimiento y la calidad de los pastos. Blanco y Roche (1990) al trabajar con *Digitaria decumbens* vc. PA-32, *Cynodon dactylon* vc. Bermuda 68 y *Cynodon nlemfuensis* vc. Tocumen en condiciones de limitada disponibilidad hídrica, encontraron que los mayores valores de los coeficientes de correlación se obtuvieron entre el rendimiento y la temperatura. En estudios realizados por Herrera (2006b) y Herrera *et al.* (2013) en seis variedades de pastos, se evidenció que la relación entre el rendimiento y la temperatura fue alta ($p < 0,001$). Sin embargo, cuando la relación se hizo con el número de días con temperaturas máxima y mínima menores de 27 y 15 °C, respectivamente los coeficientes ($p < 0,001$) se incrementaron y mostraron el efecto negativo que estos indicadores ejercen en el rendimiento. En ambos casos, cada pasto evidenció un comportamiento particular, lo que indicó que en cada planta la magnitud de la respuesta a la temperatura fue específica e inherente a cada una de ellas (tabla 5).

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre el rendimiento y la temperatura

Variable	<i>C. nlemfuensis</i> vc.		<i>M. maximus</i> vc.		<i>P. purpureum</i> vc.	
	Panameño	Jamaicano	Likoni	Común	King grass	Napier
Temperatura, °C						
Máxima	0,76	0,78	0,68	0,63	0,72	0,73
Mínima	-0,81	-0,60	-0,76	-0,66	-0,80	-0,84
Media	0,80	0,87	0,71	0,73	0,79	0,80
Número de días con temperatura						
Máxima < 27 °C	-0,81	-0,79	-0,85	-0,75	-0,80	-0,84
Mínima < 15 °C	-0,81	-0,82	-0,80	-0,78	-0,81	-0,86

Radiación solar

La radiación solar es un elemento climático que se encuentra relacionado con los procesos fisiológicos (en especial con la fotosíntesis) fundamentales, vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes durante su crecimiento y desarrollo.

La conversión de energía solar en biomasa en los pastos es variable y depende de las vías metabólicas a través de las cuales se efectúa la fotosíntesis, por lo que la tasa fotosintética de los pastos es una función de la energía disponible. Las plantas C_3 sometidas a altas intensidades de radiación influyen en la tasa de asimilación neta y alcanzan el estado de saturación lumínica en sus hojas a valores de 300-400 J/m²/s en condiciones controladas (fig. 3).

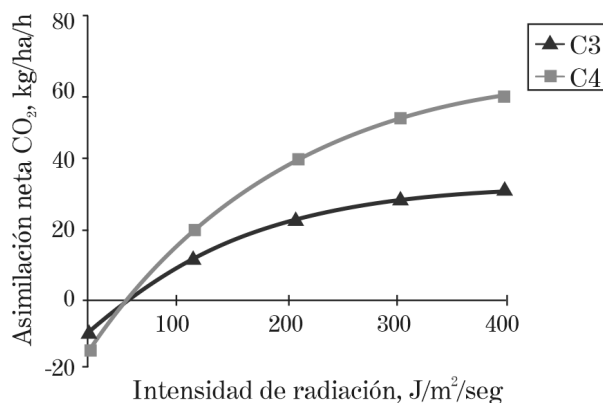


Fig. 3. Características de la asimilación neta de CO₂ en función de la intensidad de radiación en hojas individuales en plantas C_3 y C_4 . Fuente: Keulen (1987).

Las plantas C_4 fotosintetizan más por unidad de radiación absorbida y alcanzan la saturación lumínica a valores superiores, con una eficiencia de hasta 6 %. Sin embargo, en condiciones normales de explotación las hojas superiores reducen la radiación recibida por el resto del follaje y solo una parte de ellas alcanza su potencial fotosintético, lo que hace que en estas condiciones sea probable que se logre la saturación lumínica a intensidades superiores.

Blanco y Roche (1990) no hallaron correlación significativa entre los valores de la radiación solar y los rendimientos de tres pastos rastreros. Los autores consideraron que los resultados podían estar influidos, también, por el hecho de que se trabajó con la radiación total, medida por equipos meteorológicos convencionales y no con luxómetro o fitoactinómetro, que recogen con mayor aproximación la radiación fotosintéticamente activa.

Otro factor relacionado con la intensidad y la calidad de la radiación que puede influir directamente en el crecimiento, es la duración del período luminoso. Los días cortos del período invernal, unido a la baja intensidad lumínica, son causas fundamentales de la disminución de la productividad de los pastizales, cuyo comportamiento es variable en dependencia de la especie de pasto.

Herrera (2008) en un estudio realizado en la región occidental de Cuba en dos especies de pastos, encontró que en el período poco lluvioso la relación entre el rendimiento de MS y la radiación solar o el número de días con radiación solar menor que 360 cal/cm²/día, fue significativa ($p < 0,001$); este último indicador resultó negativo e indicó que no solo la radiación influyó, sino que el número de días con radiación solar inferior a las necesidades de la planta deprimen el rendimiento. Esta situación no se presentó en el período lluvioso en el que ambos indicadores no son limitantes para el crecimiento de los pastos (tabla 6).

Tabla 6. Coeficientes de correlación entre el rendimiento y la radiación solar.

Indicador	<i>C. nlemfuensis</i>		<i>P. purpureum</i>	
	Período poco lluvioso	Período lluvioso	Período poco lluvioso	Período lluvioso
Radiación, cal/cm ² /día	0,74	0,54	0,75	0,55
No. días < 360 cal/cm ² /día	-0,80	-	-0,82	-

Similar resultado informó Ramírez (2010) en la región oriental del país en especies de *Brachiaria*, *Panicum* y *Pennisetum*. Es de señalar que en estos casos el grado de relación entre las variables fue mayor, debido a que esta región se caracteriza por mayor intensidad de la radiación y número de días con radiación mayor que 360 cal/cm²/día, en comparación con la región occidental.

En las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra modifica la composición química de los forrajes y, en especial, sus componentes celulares, aunque las respuestas son variables según la combinación de especies. Ello se confirmó en los estudios desarrollados en Cuba bajo la sombra de los árboles y arbustos en los sistemas silvopastoriles. En este sentido Pozo y Jerez (1999) encontraron que la reducción de la radiación en *C. nlemfuensis* (tabla 7) mejoró en 3,7 y 2,3 unidades porcentuales la proteína bruta y el contenido de ceniza, y disminuyó en 4,5 los componentes estructurales.

Tabla 7. Efecto de la sombra de *Leucaena leucocephala* en algunos indicadores de la calidad del pasto estrella en el agroecosistema (%).

Tratamiento	MS	PB	FB	Cenizas
Sol	21,3	7,2	34,9	6,8
Sombra	18,1	10,9	30,4	9,1

Hernández (2000) señaló que la reducción de la intensidad luminosa por el sombreado, mejoró la digestibilidad de la materia seca debido a la disminución en el contenido de la pared celular. Pezo y Ibrahim (1999) argumentaron que las variaciones producidas en la calidad de los pastos debido a la radiación, están más relacionadas con los cambios anatómicos y morfológicos que con el incremento o disminución de algunos de sus constituyentes químicos.

Precipitación

El volumen de la precipitación y su distribución a través del año ejercen notables efectos en el crecimiento y la calidad de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos, de gran complejidad en los pastos.

Tanto el exceso como el déficit de precipitación provoca estrés en los pastos y forrajes. En el primer caso, generalmente ocurre en los suelos mal drenados durante la estación lluviosa, o en las regiones donde las precipitaciones son altas durante todo el año. Su efecto fundamental es la anoxia causada en las raíces; se altera la respiración aeróbica, la absorción de minerales y agua, y si este se prolonga en especies no tolerantes, disminuye la asimilación y traslocación del carbono, lo que produce cambios metabólicos que activan la respiración anaeróbica e implica menor eficiencia energética y bioproduktividad en las plantas.

El estrés por sequía es el más común en las regiones tropicales. El efecto depende de su intensidad, frecuencia y duración, y del estado de crecimiento y desarrollo de la planta. Entre los efectos más sensibles se destacan: la reducción de la expansión celular motivado por la disminución en la presión de turgencia, el cierre estomático, la transpiración y, por ello, la fotosíntesis, que produce un efecto directo en los procesos enzimáticos y en el transporte electrónico, en el contenido de clorofila y en la estructura de las membranas, las cuales a su vez alteran la respiración.

El déficit hídrico modifica la distribución de la biomasa entre la parte aérea y radical en las plantas, disminuye el área foliar y su duración asociado al incremento en la senescencia y, como consecuencia, en la abscisión de las hojas. Por otra parte, en estas condiciones de estrés se producen importantes cambios metabólicos que en muchas especies se consideran como adaptativos, los cuales se caracterizan por la disminución de la síntesis de la proteína, aumento en la concentración de los aminoácidos libres, especialmente prolina, glicina, betaína y dipoliaminas, y disminución en la velocidad de síntesis del RNA.

El efecto de las precipitaciones en el comportamiento de los procesos morfológicos, bioquímicos y fisiológicos relacionados con el crecimiento y la calidad de los pastos depende de múltiples factores asociados al ambiente, al suelo y la especie de planta. En este sentido, se ha señalado en la literatura que el crecimiento de los pastos es una función de la humedad disponible en el suelo y que este, a su vez, varía en dependencia de la cantidad y distribución de las precipitaciones, de la estructura y pendiente de los suelos, de los valores de radiación y temperatura, así como del área cubierta por la vegetación.

Herrera (2008) y Herrera *et al.* (2013), al investigar la relación entre el rendimiento y la precipitación o el número de días con lluvia, evidenciaron altos coeficientes de correlación ($p < 0,001$), lo que indicó la estrecha relación entre ellos. Sin embargo, este coeficiente fue mayor en el caso del número de días con lluvias, lo cual indica que no solo es importante el volumen de las lluvias, sino también su distribución en el tiempo. Además, cada pasto tuvo una respuesta particular, expresada por el valor específico de los coeficientes para cada indicador (tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de correlación entre el rendimiento y las precipitaciones

Indicador	<i>C. nlemfuensis</i> vc. Jamaicano	<i>M. maximus</i> vc. Likoni	<i>P. purpureum</i> vc. King grass
Lluvia, mm	0,80	0,86	0,88
No. días con lluvia	0,84	0,95	0,97

Esta situación es más crítica en las regiones donde el volumen total de lluvias es inferior a 1 000 mm y quedó evidenciado en los trabajos de Ramírez (2010) y Ramírez *et al.* (2015) en variedades de pastos de la provincia Granma, Cuba, donde los coeficientes de correlación fueron mayores que en la región occidental. Ello señaló la mayor necesidad y dependencia de las precipitaciones para el crecimiento de estos cultivos.

Estos resultados indican que en los períodos donde existe déficit hídrico en el balance entre la precipitación y la evapotranspiración, se puede presentar una notable reducción en el crecimiento y calidad de los pastos, situación que frecuentemente ocurre en el período poco lluvioso de Cuba. No

obstante, este comportamiento es variable de acuerdo con la región, tanto en términos de cantidad como de distribución a través del año.

Principales factores de manejo que influyen en el crecimiento y la calidad de los pastos

Edad de rebrote y altura de pastoreo

Ha sido práctica frecuente utilizar dos hipótesis para explicar el crecimiento de los pastizales como respuesta a la intensidad con que son defoliados. Una de ellas argumenta que el rebrote depende de las reservas acumuladas en la raíz (Voisin, 1963) y en la base de sus tallos; la otra plantea que la tasa de crecimiento posterior al pastoreo depende, fundamentalmente, de la síntesis de sustancias orgánicas, a partir de la fotosíntesis en el material remanente (Hodgson y Illius, 1996). Sin embargo, la eficiencia fotosintética del material residual puede ser variable y depende de la especie, la composición estructural, el hábito de crecimiento de la planta y la capacidad de intercepción, y la eficiencia de utilización de la luz por el sistema asimilativo.

En condiciones de pastoreo la dinámica de crecimiento no solo depende de las variaciones del clima y del suministro de nutrientes, sino también de la acción de los animales en el pastoreo, cuyas interacciones son numerosas y complejas, con respuestas morfológicas y fisiológicas variables en dependencia del hábito de crecimiento, los mecanismos de propagación, la persistencia y el sistema de manejo empleado en su explotación.

En la década del 90 del pasado siglo, se realizaron en Cuba importantes investigaciones de campo y en condiciones controladas, donde se estudió la edad del pasto con el propósito de profundizar en los diferentes mecanismos relacionados con la defoliación y el rebrote, así como su respuesta en diferentes condiciones de manejo. Estos resultados contribuyeron, en gran medida, a esclarecer estas interrogantes y definir los principales factores relacionados con el suelo, la planta y el animal, y su papel en el manejo del sistema, así como los ajustes necesarios para su aplicación en las condiciones de explotación.

Blanco (1995), al estudiar el crecimiento de *Megathyrsus maximus* y *A. gayanus* encontró similares respuestas en la acumulación de masa seca según la edad de rebrote, pero con diferencias en su cinética de crecimiento, así como en las relaciones con sus componentes morfológicos. El porcentaje de hojas, el perímetro y el diámetro de las macollas fueron las variables que más se correlacionaron con el rendimiento de masa seca, estrechamente vinculadas con el número de hijos por macolla.

En *C. nlemfuensis*, en condiciones de pastoreo Voisin, Zambrano (1993) informó aumento en la masa seca total y en la de sus componentes morfológicos con el incremento de la edad, y a partir de los ajustes encontrados en los cambios de masa seca total se evidenció que la máxima velocidad de crecimiento se registró en la tercera y la cuarta semanas, con valores de 196,3 y 50,4 kg de MS/ha/día en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente.

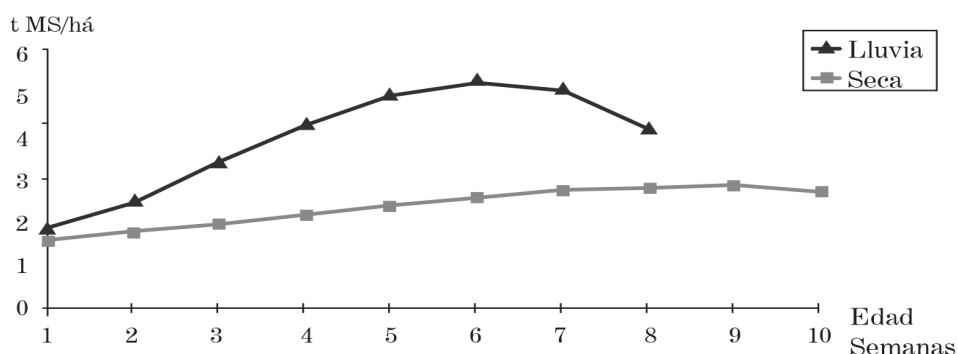
En similares condiciones de manejo del pastoreo, Milera y Machado (1995) encontraron que el rendimiento de masa seca de esta especie no varió de forma significativa con el aumento del tiempo de reposo, aunque sus mayores valores se lograron entre los 50 y 59 días de rebrote, con una tasa de crecimiento promedio de 73,3 kg de MS/ha/día.

En esta misma especie Pozo (1998) informó un incremento de la masa seca total (RMST) y de sus componentes morfológicos con el aumento de la edad, y a partir de los ajustes en los cambios de la masa seca total señaló que la máxima velocidad de crecimiento se registró en la tercera y cuarta semanas, con valores de 0,599 y 0,243 t de MS/ha/semana en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente.

La altura de corte o pastoreo es un elemento determinante en la dinámica de crecimiento de los pastos, por su estrecha relación con la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reserva (fig.4).

Cuando el corte o pastoreo se efectúa a baja altura, el crecimiento vegetativo se altera severamente en la primera fase de crecimiento, porque la planta no dispone de suficiente área foliar remanente capaz de efectuar la fotosíntesis activa, que le permita la adecuada conversión de energía lumínica en biomasa, por lo que el crecimiento dependerá en esta etapa de las reservas orgánicas de la planta.

La morfología y el hábito de crecimiento de las especies tienen gran influencia en la interrelación entre la defoliación, el índice de área foliar (IAF) residual y la capacidad de intercepción de la luz, con diferentes respuestas en cada especie de acuerdo con el manejo impuesto.



$$\begin{aligned} \text{Seca RMST} &= 1,50 + 0,04t + 0,04t^2 - 0,003t^3 & R^2 &= 0,99^{***} \text{ ES (RMST)} = \pm 0,18 \\ \text{Lluvia RMST} &= 1,36 + 0,14t + 0,26t^2 - 0,030t^3 & R^2 &= 0,97^{***} \text{ ES (RMST)} = \pm 0,47 \end{aligned}$$

Fig. 4. Comportamiento del rendimiento de MS total en el pasto estrella manejado con alta intensidad de pastoreo.

En las especies de hábito de crecimiento rastrero, Pozo (2003) señaló que estas pueden ser cosechadas a bajas alturas y de forma frecuente sin que se altere su dinámica de crecimiento, productividad y persistencia, debido a las características que presenta su sistema asimilativo. duración de su actividad y la mayor cantidad de puntos de crecimiento no dañados por el corte o por los animales en el pastoreo.

Algunos autores discrepan acerca de la aplicabilidad del índice de área foliar como indicador de la capacidad de rebrote, en especies en las que se hace menos crítico este índice para el crecimiento inicial, debido a que gran parte de las reservas orgánicas pueden ser utilizadas para el mantenimiento de estas estructuras, y de esta forma los asimilatos disponibles para la formación de los nuevos tejidos están afectados por un mayor período de tiempo. Las investigaciones reportan respuestas que pueden ser variables, en dependencia de la especie y el manejo a que sea sometido el pastizal.

Es importante señalar que el efecto de la altura de pastoreo en el crecimiento de los pastos es más severo, tanto a corto como a largo plazos, cuando se realiza cerca de la superficie del suelo y de manera frecuente.

Intensidad de defoliación

En los sistemas de producción basados en los pastos, la carga animal (fig. 5) es una de la variable más importante en el manejo, ya que determina la productividad por animal y por área, y su efecto fundamental se materializa a través de los cambios que se producen en la disponibilidad y en el consumo de los pastos, con marcada influencia en la estructura y la composición química de la planta, lo cual repercute directamente en su fisiología.

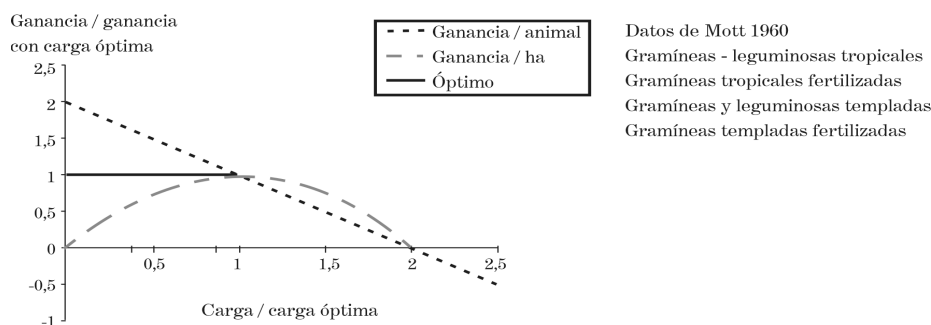


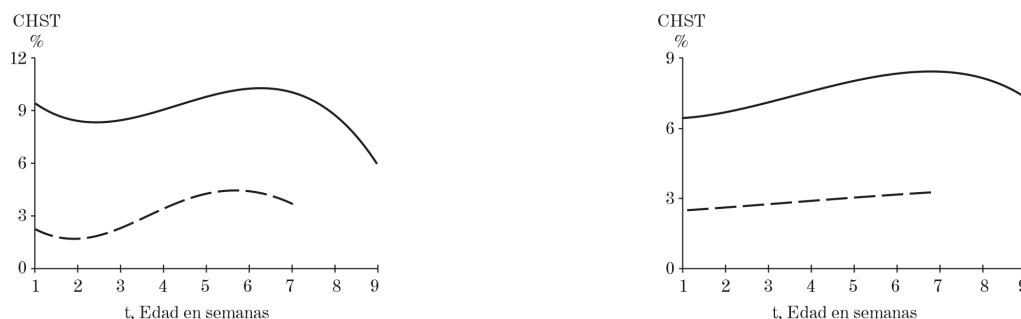
Fig. 5. Relación entre la carga y la ganancia por animal y por hectárea en experimentos conducidos con diferentes pastos y ambientes.

Las respuestas en el rendimiento, el contenido de nutrientes y la digestibilidad de los pastos por el aumento de la intensidad de pastoreo, son variables y dependen de muchos factores. No obstante, el efecto favorable se asocia con la reducción de la cantidad de material senescente, el área rechazada por los animales en el pastoreo y el aumento en el reciclaje de materiales en el ecosistema.

El efecto de la intensidad de defoliación en la tasa de crecimiento media e instantánea (dw/dt), es consecuencia del patrón de los cambios que se originan en la fotosíntesis neta y en la tasa de senescencia (Mosquera *et al.*, 2004). El aumento de la intensidad de pastoreo reduce el área foliar residual y la fotosíntesis neta, aumenta la movilización de las reservas y provoca retraso en la tasa de senescencia foliar y caulinar. Esto último favorece la tasa de crecimiento instantánea y por ello, la acumulación de masa seca de los pastizales, situación que varía en dependencia de la especie de planta.

Machado (2003), al estudiar durante tres años (21 rotaciones) las variaciones morfoestructurales y de la composición botánica de un pastizal de *A. gayanus*, manejado en un sistema flexible en la rotación e intensidad de pastoreo (216,6-240,2 UGM/ha), encontró que la producción de vástagos vivos se incrementó sustancialmente y fue seis veces superior a la tasa de senescencia, con aumento en el diámetro y la densidad de macollas. Se demostró que el pasto base no sufrió deterioro debido a las condiciones de manejo que se impusieron durante ese período.

En relación con el efecto de la intensidad de defoliación en la fotosíntesis, la fijación de carbono, la translocación y la utilización de los carbohidratos de reserva, Maraschin (1996) señaló que es de carácter transitorio, cuya duración en *C. dactylon* puede alcanzar hasta siete días. En *C. nlemfuensis*, Pozo (1998) encontró que la dinámica de utilización de las reservas de carbono y su capacidad fotosintética en la planta varió en dependencia del grado de intensidad de pastoreo con que fue manejado el pastizal (fig. 6).



Ecuaciones A

$$\begin{aligned} \text{Seca (\%)} &= 12,15 - 3,69 t + 1,01 t^2 - 0,07 t^3 \\ R^2 &= 0,78^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0,73 \\ \text{Lluvia (\%)} &= 4,37 - 3,35 t + 1,18 t^2 - 0,10 t^3 \\ R^2 &= 0,88^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0,58 \end{aligned}$$

Ecuaciones B

$$\begin{aligned} \text{Seca (\%)} &= 7,235 - 0,84 t + 0,34 t^2 - 0,03 t^3 \\ R^2 &= 0,53^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0,65 \\ \text{Lluvia (\%)} &= 2,32 + 0,13 t \\ R^2 &= 0,57^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0,38 \end{aligned}$$

Fig. 6. Influencia de la edad de rebrote (t) en los carbohidratos solubles totales (CHST%) en pasto estrella manejado con baja (A) y alta (B) intensidad de pastoreo.

Lemaire y Chapman (1996) argumentaron que, para alcanzar un balance positivo en la asimilación del carbono, debe estar restablecida la capacidad fotosintética del pastizal en sus hojas remanentes y en crecimiento después del pastoreo, así como la presencia de zonas meristemáticas activas que le permitan a la planta la formación del nuevo sistema foliar.

González y Yanes (1995) informaron que los efectos más marcados de la intensidad de pastoreo en el rendimiento de la biomasa de *C. nlemfuensis*, ocurrieron cuando las condiciones climáticas fueron favorables para el crecimiento del pastizal; el mayor contenido de nutrientes se registró cuando el grado de intensidad de pastoreo fue alto, con valores de proteína bruta y digestibilidad de la materia orgánica de sus hojas y tallos de hasta 14,06 y 8,04 %, y de 47,43 y 40,42 %, respectivamente.

En Cuba Reyes *et al.* (1995) informaron similar comportamiento a los anteriores en esta misma especie, en las variables de rendimiento de biomasa y en estructura morfológica, al aumentar la intensidad de pastoreo desde 150 hasta 450 UGM días/ha. Pozo *et al.* (1997) encontraron un efecto favorable en el desarrollo morfológico, la composición química (PB, FB, CHST) y la digestibilidad de la materia orgánica de las hojas y los tallos en *C. nlemfuensis* y argumentaron la necesidad de manejar la intensidad de pastoreo y la edad de rebrote como un sistema, debido a las interacciones entre ambos efectos para cada indicador estudiado.

Esto último esclarece, en parte, los resultados contradictorios informados en la literatura acerca del efecto de la intensidad de pastoreo en el comportamiento productivo de los pastizales, ya que en su gran mayoría parten de diseños experimentales donde no se considera el estado fisiológico de la planta como un efecto. Por otra parte, las respuestas productivas en los pastizales con el aumento de la intensidad de pastoreo no son proporcionales al grado de oferta a los animales; de ahí que dicha técnica se deba manejar de forma tal que no comprometa el equilibrio suelo-planta-animal en los sistemas y, de esta forma, aprovechar las mejoras que ella produce en los indicadores morfofisiológicos y de calidad en los pastizales, independientemente de las que ofrecen a los suelos por el aporte de orina y excreta.

La tecnología de banco de biomasa de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 para la producción de leche y carne, es empleada tanto en Cuba como en otros países tropicales con resultados satisfactorios. Se fundamenta en la acumulación de biomasa durante el período lluvioso para su empleo directo por el animal en el período poco lluvioso. Fortes (2012) y Fortes *et al.* (2013; 2014; 2015) informaron resultados de la evaluación del pasto a través de índices de crecimiento (tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta e índice de área foliar, entre otros) durante varios ciclos de explotación. Señalaron las diferencias encontradas en cuanto al valor numérico y tendencias de los índices en los diferentes ciclos, los que estuvieron determinados por la edad de rebrote, la estación climática, la duración del tiempo de descanso del pasto y el manejo animal.

Consideraciones finales

Las características morfofisiológicas de las gramíneas y las leguminosas tropicales les confieren adaptación y elevada potencialidad productiva a los ecosistemas de pastos en las regiones tropicales. Su calidad y digestibilidad pueden llegar a ser óptimas según la especie, las condiciones ambientales y el régimen de manejo (fitotécnico y animal) a que son sometidas.

Los efectos de los principales elementos climáticos y de manejo en el crecimiento y la calidad de los pastos, a pesar de que se hayan analizado de forma independiente, actúan de forma conjunta, con estrechas relaciones e interrelaciones en dependencia de la época del año, cuyas respuestas varían con la especie de planta y el sistema de explotación.

En la práctica es complejo definir qué frecuencia, intensidad de defoliación o tiempo de ocupación en el pastoreo se debe utilizar, debido a que el objetivo de un sistema de manejo es compatibilizar el crecimiento del pasto y las necesidades de los animales para lograr el adecuado flujo de energía y reciclado de nutrientes en el ecosistema pastizal.

Con el conocimiento que actualmente se posee, es posible explicar adecuadamente las variaciones que se producen en la productividad y la calidad de los pastizales en las regiones tropicales a través del año, así como diseñar estrategias de manejo que permitan desarrollar sistemas de explotación de los pastos de forma racional y con mayor intensidad, en correspondencia con las condiciones ecológicas predominantes en los países que pertenecen a estas regiones.

Es preciso continuar las investigaciones acerca de la estructura, la fisiología y los índices de crecimiento de los pastos tropicales en relación con su adaptación, flujo de masa y tejidos, y en especial con el balance energético, en condiciones controladas y de campo, aspectos aún poco estudiado en las instituciones científicas y universidades del país, lo que permitirá desarrollar sistemas de manejo que optimicen los recursos forrajeros existentes en la región.

Referencias bibliográficas

- BARUCH, Z. & FISHER, M. J. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: *Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación*. Colombia: Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales, CIAT, 1991.
- BLANCO, F. Dinámica de crecimiento y variación de las reservas en *Andropogon gayanus* CIAT-621. *Pastos y Forrajes*. 19 (1):47-58, 1996b.
- BLANCO, F. *Dinámica de crecimiento y variación de las reservas en Panicum maximum. Informe final de etapa. Método de manejo de pastizales (Estudio del PRV)*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1995.
- BLANCO, F. *Fisiología del crecimiento y el desarrollo. Fundamentos de la producción de pastos. Maestría en Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1996a.
- BLANCO, F. & ROCHE, R. Relaciones entre el clima y el rendimiento de tres pastos rastreros bajo la influencia de la fertilización nitrogenada. *Pastos y Forrajes*. 13 (1):47-52, 1990.
- FERNÁNDEZ, M. & PEREYRA, R. O. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical Review in Plant Sciences*. 14:11-148, 1995.
- FORTES, DAYLENI. *Comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos y de calidad de Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba; Instituto de Ciencia Animal, 2012.
- FORTES, DAYLENI; HERRERA, R. S.; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M. & ROMERO, AIDA. Índices de crecimiento de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 utilizado en pastoreo. *XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2013.
- FORTES, DAYLENI; HERRERA, R. S.; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M. & ROMERO, AIDA. Growth analysis of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 in the biomass bank technology. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:167-172, 2014.
- FORTES, DAYLENI; HERRERA, R. S.; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M. & ROMERO, AIDA. *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Indicadores morfofisiológicos. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 103-109, 2015.
- FORTES, DAYLENI; HERRERA, R. S.; TORRES, VERENA; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M.; ROMERO, AIDA *et al.* Determination of a sampling method for the morphophysiological study of grazing *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115. *Cuban J. Agric. Sci.* 41:359-362, 2007.
- FRIEDRICH, T. Manejo sostenible de tierras en el Año Internacional de los Suelos. La integración de pastos y forrajes en sistemas agrícolas sostenibles. V Congreso de Producción Animal Tropical. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- GARNIER, E.; GOBIN, O. & POORTEN, H. Nitrogen productivity depends on photosynthetic nitrogen use efficiency and on nitrogen allocation within the plant. *Annals of Botany*. 76:667-672, 1995.
- GONZÁLEZ, B. & YANES, O. Efecto de la presión de pastoreo y fraccionamiento del nitrógeno sobre el rendimiento y el valor nutritivo de la materia seca del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en la época húmeda. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 12:353-363, 1995.

- HERNÁNDEZ, I. *Utilización de las leguminosas arbóreas Leucaena leucocephala, Albizia lebbeck y Bauhinia purpurea en sistemas silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2000.
- HERRERA, R. S. *Ecofisiología. Su relación con la producción de pastos. Curso impartido en la Universidad de Nariño*. [CD-ROM]. Colombia: Universidad de Nariño, 2006b.
- HERRERA, R. S. Fisiología, calidad y muestreos. En: R. S. Herrera, Idalmis Rodríguez y G. Febles, eds. *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 1-101, 2006a.
- HERRERA, R. S. *Influencia del fertilizante nitrogenado y la edad de rebrote en la calidad del pasto bermuda cruzada (Cynodon dactylon cv. Coast cross-1)*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1981.
- HERRERA, R. S. *Suelo y clima. Su influencia en la producción de biomasa. Curso de producción de pastos. Maestría de producción animal para la zona tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2008.
- HERRERA, R. S.; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M. & ROMERO, AIDA. Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2013.
- HERRERA, R. S. & RAMOS, N. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: R. S. Herrera, ed. *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería*. La Habana: EDICA, Instituto de Ciencia Animal. p. 87-131, 2015.
- HODGSON, J. & ILLIUS, W., Eds. *The ecology and management of grassing systems*. Wallingford, UK: CAB International, 1996.
- HUNT, R. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Baltimore, USA: University Park Press, 1982.
- KEULEN, H. Forecasting and estimating effects of weather on yield. In: *Plant growth modeling for resource management. Current models and methods*. Boca Ratón, USA: University of Illinois, 1987.
- LEMAIRE, G. & CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. Part I: Plants and plants populations. In: J. Hodgson and A. W. Illius. eds. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK: CAB International, p. 3-36, 1996.
- MACHADO, R. *Variaciones morfoestructurales y de la composición botánica en Andropogon gayanus bajo pastoreo racional intensivo*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas, 2003.
- MARASCHIN, G. E. Manejo de Coast-cross-1 sob pastejo. *Anais do workshop sobre o potencial forrajeiro do género Cynodon*. Brasil: EMBRAPA/CNPG. p. 93-107, 1996.
- MILERA, MILAGROS DE LA C. & MACHADO, R. Efecto de un manejo rotacional Voisin sobre el comportamiento de algunos indicadores en el pastizal. *XXX Aniversario del ICA*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1995.
- MOORE, K. J. & HATFIELD, R. D. Carbohydrate and forage quality. In: *Forage quality evaluation and utilization*. Madison, USA: American Society Agronomy Crop Science Soc. p. 229-280, 1994.
- MOSQUERA, L. M. R.; GONZÁLEZ, R. A. & RIGUEIRO, R. A. *Ecología y manejo de praderas*. Santiago de Compostela, España: Editora Tórculo S.A, 2004.
- PEZO, D. & IBRAHIM, M. *Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2*. Turrialba, Costa Rica: CATIE-GTZ, 1999.
- POZO, P. P. DEL. Algunas experiencias de la investigación en la aplicación del Pastoreo Racional Voisin en Cuba. V Encuentro Internacional Pastoreo Voisin. Porto Alegre, Brasil, 2003.
- POZO, P. P. DEL. *Análisis del crecimiento del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) bajo condiciones de corte y pastoreo*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 1998.
- POZO, P. P. DEL & JEREZ, I. Experiencias en la implementación de un módulo silvopastoril en una unidad de producción de leche en Cuba. Primer Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali, Colombia: CIPAV, 1999.

- POZO, P. P. DEL; HERRERA, R. S.; CHÁVEZ, D. & FERNÁNDEZ, L. Selección de variables morfoagronómicas que caracterizan el crecimiento del pasto estrella (*C. nlemfuensis*) bajo condiciones de pastoreo. *Cultivos Tropicales*. 1:22-26, 2000.
- POZO, P. P. DEL; HERRERA, R. S. & GARCÍA, M. Dinámica de crecimiento de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) manejado bajo pastoreo Voisin. *I Congreso de Producción Animal*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2005.
- POZO, P. P. DEL; HERRERA, R. S.; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M.; FRAGA, N. & ROMERO, AIDA. Estandarización del proceso de muestreo para el estudio morfofisiológico del crecimiento y desarrollo del pasto estrella (*C. nlemfuensis*). *Pastos y Forrajes*. 21 (1):53-60, 1998.
- POZO, P. P. DEL; HERRERA, R. S.; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M.; ROMERO, A. & BLANCO, L. Efecto de la intensidad de pastoreo y la edad de rebrote en el desarrollo morfológico del pasto estrella. Evento 90 Aniversario de la Facultad de Medicina Veterinaria. San José de las Lajas, Cuba: ISCAH, 1997.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formule. Their use and abuse. *Crop Science*. 7:171-175, 1967.
- RAMÍREZ, J. *Rendimiento y calidad nutritiva de cinco especies de pastos tropicales en las condiciones climáticas del Valle del Cauto*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Bayamo, Cuba: Universidad de Granma, 2010.
- RAMÍREZ, J. L.; HERRERA, R. S.; LEONARD, I.; CISNEROS, M.; VERDECIA, D.; ÁLVAREZ, Y. *et al.* Relationship between quality Indicators and age on *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:315-320, 2012.
- RAMÍREZ, J. L.; HERRERA, R. S.; LEONARD, I.; VERDECIA, D.; ÁLVAREZ, Y. & ARCEO, Y. Relación de la calidad con los factores del clima en tres variedades de *Megathyrsus maximus* en la región oriental de Cuba. V Congreso de Producción Animal Tropical. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- REYES, J.; GARCÍA-TRUJILLO, R.; SENRA, A.; VIDAL, IBIS & FONTE, DAYMARIS. Estudio de los métodos de pastoreo. II. Efecto de la producción y calidad del pasto estrella. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 29:16-23, 1995.
- RODRÍGUEZ, LOURDES; LARDUET, R.; MARTÍNEZ, R. O.; TORRES, VERENA; HERRERA, MAGALI; MEDINA, Y. *et al.* Modeling of the biomass accumulation dynamics in *Pennisetum purpureum* cv. king grass in the western region of Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 47:119-124, 2013a.
- RODRÍGUEZ, LOURDES; LARDUET, R.; RAMOS, N. & MARTINEZ, R. O. Modeling of dry matter yield of *Pennisetum purpureum* cv. King Grass with different cutting frequencies and N fertilizer dosages. *Cuban J. Agric. Sci.* 47:227-232, 2013b.
- SIMÓN, J. P. & HATCH, M. D. Temperature effect on the activation and inactivation of pyruvate, Pi dixinase in two populations of C4 weed *Echinochloa crusgalli* (Barayard Grass) from sites of contrasting climate. *Aust. J. Plant Physiol.* 21:463-473, 1994.
- VALDÉS, R. C. & BALBÍN, M. I. *Fotosíntesis*. San José de las Lajas, Cuba: Departamento de Bioquímica y Fisiología Vegetal, ISCAH, 1992.
- VAN DER WERF, A. *Growth, carbon allocation, and respiration as affected by nitrogen supply: aspect of the carbon balance. Dynamics of roots and nitrogen in cropping system of semi-arid tropic*. Japan: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1996.
- VERDECIA, D. M. *Composición química y metabolitos secundarios en seis variedades de árboles, arbustos y leguminosas volubles en el Valle del Cauto*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Bayamo, Cuba: Universidad de Granma, 2014.
- VERDECIA, D. M.; HERRERA, R. S.; RAMÍREZ, J.; LEONARD, I.; BODAS, R.; ANDRÉS, S. *et al.* Effect of the regrowth age on the nutritive quality of *Neonotonia wightii* in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 47:89-95, 2013.
- VERDECIA, D. M.; HERRERA, R. S.; RAMÍREZ, J. L.; LEONARD, I.; BODAS, R.; PRIETO, N. *et al.* Effect of regrowth age in the content of secondary metabolites from *Neonotonia wightii* in the Valle del Cauto, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:149-154, 2014.
- VOISIN, A. *Productividad de la hierba*. Madrid: Tecnos S.A, 1963.
- WATSON, D. J. The physiological basic of variation in yield. *Adv. Agron.* 4:101-130, 1952.
- ZAMBRANO, P. P. *Estudio sobre el comportamiento de la dinámica de crecimiento del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) bajo pastoreo rotacional Voisin durante la estación de seca*. Trabajo de diploma. San José de las Lajas, Cuba: ISCAH, 1993.

CAPÍTULO 2. Fundamentación teórica y resultados del programa de introducción

Odalys C. Toral-Pérez, Yuseika Olivera-Castro, Rey. L. Machado-Castro, Esperanza Seguí-Cartaya, Hilda B. Wencomo-Cárdenas y Jorge Reino-Molina
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), CP 44280,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

La introducción de plantas se considera, entre los existentes, uno de los métodos de fitomejoramiento de mayor connotación científica, y a la vez uno de los más dinámicos y económicos, al lograr resultados similares a los de un programa de mejora genética largo y costoso, en un relativamente corto período. Allard (1960), en el capítulo «Introducción y adaptación de nuevos cultivos», de su libro *Principios de la mejora genética*, establece que «la adquisición de variedades superiores importadas de otra zona cumple la misma finalidad que la obtención de variedades superiores a través de los programas de mejora, por lo que la introducción de plantas se puede considerar un método de mejora de las plantas».

Este método ha demostrado, en muchos cultivos útiles al hombre, que permite alcanzar avances productivos y cualitativos, como resultado de la adquisición de material genético previamente identificado o no, cuando se compara con tipos salvajes o naturalizados de la misma especie.

Es incuestionable que el desarrollo de una consistente política de introducción, a la cual puede ayudar un fuerte trabajo de colecta en el territorio nacional, para ciertos cultivos, implica la obtención de un alto número de accesiones portadoras de una gran variabilidad. De ahí que la introducción y la colecta, con el paso de los años, deviene en premisa necesaria para la adecuación de la política de regionalización, acorde con la diversidad ambiental y bioeconómica que caracteriza los ecosistemas agropecuarios del país y se convierte en una fuente imprescindible de variabilidad para la consecución casuística de programas de mejora con la utilización de métodos clásicos y(o) biotecnológicos, una vez que la variabilidad natural se agote paulatinamente por selección.

Allard (1960) sostiene que la introducción de plantas tiene menos importancia como método directo de obtención de variedades y más como suministro de plasma germinal a disposición de los mejoradores. Sin embargo, para los pastos y forrajes, y en particular en las condiciones de Cuba, fue decisivo el papel de la introducción en la adquisición, evaluación y aprobación de las variedades comerciales.

Existen tres caminos para transformar las introducciones en variedades comerciales: a) directamente por medio de la multiplicación en masa del material introducido, como ocurrió en Cuba en el caso de la pangola (*Digitaria decumbens*); b) mediante selección en las introducciones, como se hizo en el país con las primeras 30 variedades comerciales aprobadas y c) por hibridación de dichas introducciones con variedades ya adaptadas, como ocurrió con la mejora de la especie *Megathyrsus maximus* (= *Panicum maximum*), a partir de la introducción de tipos sexuales de esta especie apomítica.

El éxito que se alcanza por cualquiera de estas vías depende, en gran medida, de la diversidad genética presente en la población disponible, ya que las colecciones integradas por tipos nativos (colectados) e introducidos, deben abarcar un rango ambiental que sobrepase el límite inferior y superior de los indicadores ambientales del país, de manera tal que un posible fracaso no tenga como causa la inexistencia de materiales potencialmente útiles fuera o dentro del país.

El propósito de este capítulo es discutir las bases teóricas y los resultados alcanzados en el programa de introducción y selección de los pastos en Cuba, lo que se tratará a través del análisis de todos los elementos y factores que desempeñan un papel determinante en su ejecución.

Fundamentación teórica del programa de introducción

La introducción de plantas como método de mejora de cualquier cultivo, apoya sus potencialidades y aciertos en bases teóricas y prácticas con reconocido rigor científico técnico. Entre estas bases se encuentran la determinación de los centros de origen de las plantas cultivadas, el de los centros secundarios y las diversas teorías que de estos conocimientos emanan.

Centros de origen de las plantas cultivadas

Entre 1927 y 1935, bajo la dirección de Nikolai Vavilov se estudiaron diversas y extensas colecciones de plantas de cultivo de varias partes del mundo. Este insigne investigador de la geografía y la taxonomía de las plantas cultivadas, estableció los postulados sobre el carácter primario y secundario de los centros de diversificación, de los que surgen las diversas teorías actuales sobre la introducción de plantas.

Para el desarrollo y la fundamentación de sus teorías y el establecimiento de estos centros, Vavilov utilizó el método sistemático y geográfico diferencial, el cual comprende los siguientes pasos y procedimientos lógicos:

1. Clasificación de las colecciones de plantas de especies linneanas genuinas mediante métodos taxonómicos aceptados y su ordenamiento genético, basado en los caracteres morfológicos, afinidades para la fecundación, similitudes citológicas y reacción a las enfermedades.
2. Determinación de las áreas geográficas ocupadas por las especies, si era posible hasta épocas remotas, cuando las comunicaciones eran muy difíciles.
3. Determinación detallada de las variedades y razas (más exactamente de los caracteres hereditarios variables), de cada especie linneana y del sistema general de la variación hereditaria.
4. Establecimiento de la distribución de la diversidad hereditaria de las formas de una especie determinada, en diferentes regiones del mundo, para determinar los centros geográficos donde estaba concentrada esta diversidad.

Basado en esta secuencia lógica de principios, Vavilov (1926; 1951) reconoció seis y después ocho centros primarios de origen de las plantas cultivadas.

Centros primarios y centros secundarios

Vavilov sugirió que el centro de diversidad o centro de origen de la especie, es aquella región donde la variación genética es máxima; es decir, es aquella área fitogeográfica donde se concentra un amplio o reducido número de especies, pero cuya variabilidad genética es sumamente grande y donde se encuentran las plantas primigenias o ancestrales de los géneros y especies de un mayor o menor número de familias.

Los centros de diversidad genética de un grupo determinado de plantas no siempre coinciden con los centros primarios de origen. En este sentido, existen casos en que la máxima diversidad varietal se encuentra lejos de los centros geográficos de origen. A estos centros se les conoce como «centros secundarios». Un papel de suma importancia en la formación de los centros secundarios lo desempeñan la actividad antropogénica y la similitud existente entre las condiciones edafoclimáticas de países de diferentes continentes. No obstante, es válido resaltar que la formación de variabilidad lejos de los centros primarios también puede estar influenciada por la manipulación genética con la creación de razas o tipos mejorados, a través de la utilización *ex profeso* de métodos clásicos y(o) biotecnológicos.

Teoría de las fronteras

Vavilov consideró que el grado de variabilidad y de concentración aparente de genes dominantes es mayor en el centro de la zona de origen o en la zona de distribución de la especie, y que la variabilidad disminuye hacia los límites de esta zona, donde normalmente se manifiestan genes recesivos como resultado de la presión de selección natural, el aislamiento y la autofecundación.

Vavilov notó que precisamente en esos límites se encuentran formas exclusivas, únicas, lo que permite definir, de esta manera, las llamadas «fronteras». La prospección y colecta en estas fronteras facilita al introductor encontrar material genéticamente variable; es decir, tipos morfológica o genéticamente diferentes al resto de la población y disponer con ello de la óptima variabilidad permisible en los materiales obtenidos. Por tanto, ello permite alcanzar un máximo de la variabilidad específica como elemento de importancia en el trabajo de evaluación y selección de las especies, lo que deviene en trascendentales avances desde el punto de vista práctico y, de hecho, se amplían las posibilidades de orden teórico en este campo de las ciencias naturales.

Teoría de las microfronteras

Posteriormente a las investigaciones realizadas por Vavilov y su equipo de especialistas, algunos investigadores prosiguieron esta línea de trabajo y llegaron a consideraciones de sobresaliente importancia en este tema. Harlan, al desarrollar en 1951 las teorías de Vavilov, descubrió que dentro del centro primario existen centros pequeños (microcentros), donde la evolución se produce aceleradamente y por este hecho presentan un interés especial para la colecta y multiplicación de ese material existente.

A partir del hecho de que es posible encontrar en las fronteras de estos microcentros fenotipos interesantes cuyas características difieren marcadamente del resto de las poblaciones que los forman, queda definido el concepto de microfrontera, cuyo interés es indudablemente reconocido, y es aceptada su importancia para el trabajo de introducción.

Basado en la existencia de las microfronteras y de que Cuba sea potencialmente un centro secundario para la especie *M. maximus* (hierba de guinea), se trató de encontrar las microfronteras posibles en estos microcentros para esta especie. Al desarrollar un trabajo de colecta de ecotipos de hierba de guinea donde se enfrentaban ambientes contrastantes microfronterizos, como por ejemplo «el llano xerofítico y la ciénaga», se encontró el ecotipo gigante verde; y donde se enfrentó «la colina rocosa con el bosque», se encontró el ecotipo serpentínicola. De esta forma se hallaron nuevos y variados genotipos en la especie *M. maximus* distribuida en el país y de modo particular en lugares microfronterizos, cuyas diferencias morfológicas e incluso fisiológicas resultaron indiscutiblemente notorias, los que sirvieron de base, con posterioridad, para el trabajo de mejora desarrollado durante los últimos años de la década del 70, durante la década del 80 y en los primeros años de la década del 90 en la EEPFIH.

La aplicación de esta teoría en la colecta de especies de otras familias, como la de las leguminosas, resultó inobjetablemente importante y permitió a la EEPFIH la adquisición de innumerables accesiones de importantes especies de esta familia desde el punto de vista forrajero, con lo que se incrementaron algunas colecciones, como las de los géneros *Centrosema*, *Teramnus* y *Leucaena*, entre otros de gran interés para la ganadería; ello hizo posible su evaluación casuística dirigida a la selección de material promisorio como base de la propuesta y aprobación de nuevas variedades comerciales, como ocurrió con *Teramnus labialis* Semilla Clara y *Centrosema pubescens* (= *C. molle*) IH-129.

Teoría de los homólogos climáticos

En esencia, esta teoría desarrollada por Nuttussen en 1948, plantea que «existe gran probabilidad de que plantas provenientes de regiones homólogas en cuanto a sus condiciones climáticas, muestren una adaptación inmediata al nuevo lugar».

A pesar del rigor y veracidad de esta teoría, es posible que una clasificación meramente climatológica no ponga de relieve ciertos factores que son importantes para la implantación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, mientras que la cantidad de humedad y la temperatura alta determinan la velocidad de crecimiento vegetativo, la época e intensidad de la fase reproductiva están reguladas

muchas veces por la duración del día y las bajas temperaturas. Por ello, como el valor agronómico de una especie de gramínea o leguminosa está muy influido por el equilibrio que exista entre el fructificación de la semilla y el crecimiento vegetativo continuo, cualquier clasificación agroecológica que se haga deberá tener en cuenta la distribución de la duración del día y el papel que desempeñan las temperaturas. Ello significa que toda clasificación de ambientes regionales tendrá más valor si se combina con una clasificación ecológica de las plantas cultivadas, ya que dentro de la misma especie puede existir una gran diversidad genética en respuesta a factores tanto de origen biótico como abiótico.

A pesar de todo lo planteado, queda claro que las clasificaciones en este sentido son amplias, y el esquema descrito posee gran valor para las comparaciones al nivel continental y facilita las pautas y estrategias a seguir en el proceso dinámico de la introducción de plantas, principalmente si se considera la elección errónea de regiones marcadamente contrastantes.

Centros de origen de la familia de las gramíneas

En 1956 Hartley y Williams distinguieron los posibles centros de origen de los pastos tropicales, y señalaron a África Oriental como centro de origen de especies como *Brachiaria mutica* (= *Brachiaria purpurascens*), *Chloris gayana*, *Cenchrus ciliaris*, *Cynodon dactylon*, *M. maximus*, *Pennisetum purpureum*, *Pennisetum clandestinum*, *Setaria sphacelata* (= *S. anceps*); y a Brasil austral y Argentina para *Paspalum* spp. Esos investigadores destacaron a América Central como único centro de *Tripsacum laxum*, y no distinguieron centros de diversificación para la familia de las leguminosas e hicieron referencia solamente a que América austral era la más rica en muchas de las especies de esta importante familia.

La familia de las gramíneas en Cuba

A pesar de que Cuba cuenta en su flora con 25 tribus de la familia de las gramíneas, representadas por 105 géneros y 400 especies, y que las condiciones del país son favorables para su cultivo, muy pocas tienen adecuado valor para la explotación intensiva. A partir de la clasificación utilizada por Tzvelov, quien dividió las gramíneas en dos grandes subfamilias: Bambusoideae (Nees.) y Pooideae (A. Br.), se comprueba que la primera posee cinco tribus (Bambuseae, Chusqueae, Arthrostylideae, Phareeae y Olyreae), con ocho géneros y 17 especies, ninguna de las cuales resulta de importancia para su utilización en la producción de pastos o forrajes.

De las 20 tribus restantes (subfamilia Pooideae), solo tienen algún valor 3 de los 16 géneros de la tribu Chlorideae, 9 de los 26 géneros de Andropogoneae, 12 de los 32 géneros de Paniceae y el único género de la tribu Sporoboleae (*Sporobolus*), ninguno de los cuales son endémicos. De ahí la importancia actual y futura de continuar la introducción de estos taxones, especialmente de aquellos que se consideran importantes sobre la base de la experiencia existente.

Centros de origen de la familia de las leguminosas

La importancia de los componentes de la familia de las leguminosas, debido a que constituyen una valiosa fuente de nutrimentos, que incluye las proteínas de alto valor nutritivo y son eficaces mejoradores de los ambientes en general, motivó la realización de profundos estudios acerca de sus centros de origen en el mundo. Uno de los trabajos de mayor connotación lo condujeron los especialistas hindúes Mehera y Magoon en 1974, en el que se señaló, de modo preciso, los principales centros de genes de las leguminosas pratenses tropicales y subtropicales, muchas de las cuales poseen especial interés para las condiciones de Cuba. Esos autores, basados en la teoría Fitogeográfica diferencial propuesta por Vavilov, indicaron que los principales centros de genes para las leguminosas tropicales y subtropicales son los siguientes: Nuevo Mundo (45 especies), África (17 especies), India (89 especies), Asia del este (11 especies) y de origen politópico (17 especies).

La familia de las leguminosas en Cuba

Es posible precisar que la familia de las leguminosas es eminentemente tropical por el número de géneros, especies y la marcada diferenciación alcanzada. En la tribu Phaseoleae de la subfamilia Faboideae aparece su mayor diversificación específica.

En Cuba existe una amplia distribución y diversificación de especies de esta familia. En su flora se encuentran 305 especies endémicas de la América tropical, lo que constituye 78 % de sus leguminosas, incluyendo 32 % de endemismo en particular (tabla 1).

Tabla 1. Distribución de las especies de las leguminosas endémicas de la flora cubana neotropical

Comunes con:	Caesalpinioideae	Mimosoideae	Faboideae	Total	% de 389
Jamaica	1	3	0	4	1,02
Bahamas	2	6	3	11	2,82
Otras Antillas	9	7	11	27	6,94
Yucatán, México	4	4	1	9	2,31
Florida y Antillas	4	2	5	11	2,82
México, Centro América y Antillas	5	1	11	17	4,37
Resto del Caribe	15	4	18	37	9,51
América Tropical Central	12	12	40	64	16,42
Cuba sola	36	33	56	125	32,13
Total de endémicas de América tropical	88	72	145	305	78,00

Fuente: Yepes y Alfonso (1973)

La introducción de pastos en Cuba

Factores determinantes

Muchos son los factores que pueden condicionar que en un país o en determinadas regiones se realice un programa de introducción de pastos de gran envergadura. Por ejemplo, la flora extremadamente pobre en especies para pastizales fue el factor decisivo para desarrollar un extenso y complejo programa de introducción en Australia; mientras que en Estados Unidos y muchos países de Europa la gran variabilidad del clima y el desarrollo impetuoso de sus economías, fueron el motor impulsor en esos contextos.

En Cuba, la flora existente, particularmente de la familia de las gramíneas y los sistemas de explotación intensiva, en correspondencia con las áreas dedicadas a la explotación agropecuaria, y factores socioeconómicos de relevante connotación, se consideran determinantes en los esfuerzos implícitos que conllevaron el desarrollo de un eficaz programa de introducción de plantas forrajeras, como un medio imprescindible en la mejora de la base alimentaria en este sector.

Otros factores importantes son los siguientes: los agroclimáticos, determinados por la especialidad de sus indicadores; los del suelo, por la gran diversidad de tipos y subtipos genéticos; la diversidad de los sistemas de explotación, inherentes al desarrollo particular y al grado de explotación en los ecosistemas ganaderos existentes; y aquellos que se relacionan con la productividad; el valor nutritivo, la resistencia y(o) tolerancia de los pastos a los factores estresantes (como plagas, enfermedades y efecto de la sequía); la persistencia de las especies y las variedades, y los relacionados con los indicadores reproductivos de las especies y su factibilidad práctica.

Directrices del programa de introducción

En 1973, Dudar, Muñiz y Yepes propusieron los aspectos siguientes como directrices fundamentales en el programa de introducción:

1. Recolección y estudio de los recursos vegetales.
2. Concentración de un material rico y variado para los trabajos de selección.
3. Conservación del material primario en relación con la disminución que ocurre en el germoplasma de cultivos contemporáneos y la rápida destrucción que se produce en el medioambiente.
4. Adelantos de trabajos relacionados con la evolución y la genética.

Los autores antes citados consideraron importante atender, para las plantas pratenses, la búsqueda de poblaciones locales silvestres o cultivares con buena resistencia a la sequía, a las plagas o las enfermedades, mayor longevidad, rendimientos altos y estables y aceptable calidad, aspectos que coincidían con los objetivos propuestos posteriormente por Williams, Burt y Strickland en 1976, quienes consideraron, además, la búsqueda de nuevas especies, variedades y ecotipos que superaran las deficiencias del material existente para diferentes propósitos, tales como resistencia a la sequía, variedades con tolerancia a la salinidad, persistencia, productividad bajo pastoreo y alta producción de semillas.

Premisas para el programa de introducción

Para Cuba se plantearon cuatro premisas con un peso relevante en la consecución del trabajo de introducción de especies pratenses y forrajeras:

1. La escasez de gramíneas endémicas o naturalizadas adecuadas para la explotación de pastizales, excepto *M. maximus* y hasta cierto punto *B. purpurascens*, debido a la importancia que poseen estas especies en el volumen y la composición dietética de los animales, principalmente en los rumiantes.
2. La mejora genética de la masa ganadera, la cual produjo una profunda transformación del potencial de los animales con el concurso de sangre de la raza Holstein, para lo cual era preciso la mejora cuantitativa y cualitativa de los pastizales y potreros en función de su alimentación.
3. La alta variabilidad del espectro edáfico y climático existente en el territorio nacional.
4. La profunda diversificación de la producción en el sector agropecuario cubano.

Objetivos del programa de introducción

Estas premisas permitieron proponer y ratificar los objetivos básicos del programa de introducción, los cuales inicialmente promovieron la creación y ampliación de un germoplasma voluminoso inexistente en el país y, con posterioridad, obedecieron a aquellos que fueron propuestos en 1970, estos objetivos fueron:

1. Suministro de pastos para los ambientes representativos de la ganadería cubana.
2. Recolección y estudio de los recursos vegetales endémicos y naturalizados.
3. Búsqueda de nuevas especies, variedades, cultivares y(o) ecotipos potencialmente adaptables.
4. Creación de un amplio y variado germoplasma forrajero y su conservación con el fin de contrarrestar la erosión genética.
5. Adquisición de material con posibilidades de producir y persistir en sistemas con riego y fertilización o sin estos.
6. Obtención de fuentes adecuadas para los sistemas de explotación que contemplan la biodiversidad y los sistemas sostenibles de producción.
7. Creación de una amplia diversidad genética como base del mejoramiento casuístico por otras vías que lo justifiquen.

Estas directrices, premisas y objetivos de la introducción, y en particular de los pastos, sentaron las bases para dar curso a un elemento de vital importancia para el caso de Cuba: alcanzar, mediante

este método de mejora, la adquisición de especies y variedades mejoradas o no, que produjeran incrementos sustanciales en la producción pecuaria en las condiciones que depararon los avances que se fueron experimentando paulatinamente en el orden investigativo y productivo, desde el punto de vista técnico y económico.

Resultados del programa de introducción y mejora

Selección y aprobación de variedades comerciales

La forma más conveniente de medir el cumplimiento de los objetivos propuestos en un programa de introducción es hacerlos patentes, y ponderar, con posterioridad, los resultados alcanzados.

Inicialmente, la puesta en práctica del programa de introducción de pastos y forrajes proporcionó al país un germoplasma variado desde el punto de vista genérico y específico, no así por el número de accesiones correspondientes a las especies, con algunas excepciones (tabla 2).

Tabla 2. Accesiones introducidas y colectadas desde 1962 hasta 1995

Período	Gramíneas	Leguminosas	Prospección	Total
1962-1974	368	230	-	598
1975-1981	681	621	-	1302
1982-1985	447	165	-	612
1986-1990	275	535	-	810
1991-1995	90	357	204**	651

** Leguminosas (se incluyen 48 arbóreas o arbustivas)

Solo se evaluaron las accesiones de especies tropicales y subtropicales de interés, para seleccionar el material más apropiado y de mayor potencialidad. De esta forma, se evaluaron 1 238 accesiones de gramíneas y 766 de leguminosas.

Se emprendió un arduo y complejo trabajo investigativo desde 1976 hasta 1993 con el material previamente seleccionado, que comprendió la puesta en marcha de 56 ensayos en 24 localidades representativas de los ecosistemas ganaderos de mayor importancia, con uno o más ensayos, incluyendo la EEPFIH.

Los ensayos se hicieron, indistintamente, en condiciones favorables de: suelo, uso de riego y fertilización, o en condiciones desfavorables en términos de suelo, explotación en secano y con o sin fertilización en la época de lluvia. Paralelamente se realizaron importantes estudios complementarios relacionados con la agrotecnia, el efecto de la fertilización (N, P y K), la producción de semilla, la fabricación de heno y ensilaje, el valor nutritivo de estos últimos y del forraje, el manejo y los sistemas para la producción de leche, carne y el potencial de los pastos preseleccionados para estos propósitos.

Los resultados de la evaluación y selección del material escogido y de las investigaciones complementarias permitieron que en 1987 se aprobaran las primeras 21 variedades comerciales de pastos y forrajes, a las cuales se adicionó otra entre 1989 y 1991, dos más hasta 1994 y otras seis hasta 1997, con lo que se alcanzaron 30 variedades, cifra que llega alrededor de 50 variedades si se consideran aquellas que tradicionalmente se utilizaron para la producción de forraje, como la pangola común, la bermuda común y de costa, la guinea silvestre, las variedades de hierba elefante (merker, merkerón mexicano, napier, king grass y selección 1, entre otras), algunas variedades de caña, soya y girasol, así como la glycine y el millo forrajero y de grano.

Entre las gramíneas aprobadas se encuentran especies macollosas, como: *M. maximus* cvs. Likoni, Uganda, Común de Australia y la selección IH-27 (SIH-127); *C ciliaris* cvs. Biloela y Formidable; y *Andropogon gayanus* CIAT-621 y la especie pseudomacollosa *C. gayana* cv. Callide. Todos estos tipos

comerciales se propagan mediante semilla, de las cuales se producen entre 150 y más de 400 kg/ha/año y poseen magníficas características pratenses y forrajeras.

Las seis variedades de hábito rastrero, preferiblemente para pastoreo, fueron: *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (CIAT-606), *C. dactylon* 68 y 67, *Digitaria decumbens* A-32 (conocida como PA-32), *Cynodon nlemfuensis* Tocumen y *B. purpurascens* (= *B. mutica*), las cuales se propagan por propágulos y en el caso del cv. Basilisk también por semilla; mientras que las tres variedades de hábito erecto, idóneas para la producción de forraje de alta calidad, fueron: *Pennisetum purpureum* 801-4, Taiwan A-144 y CRA-265. En la tabla 3 se indica el rango de adaptación de estas gramíneas comerciales.

Tabla 3. Adaptación de las variedades comerciales de gramíneas

Variedad	Adaptación, preferencia y tolerancia
<i>M. maximus</i> cvs. Likoni y Uganda	Alta plasticidad ecológica en suelos comprendidos entre los franco-arenosos y los gleyes arcillosos. Prefieren los profundos de mediana a alta fertilidad
<i>M. maximus</i> cvs. Común de Australia y SIH-127	Amplio margen de adaptación. Expresa su potencial en condiciones edáficas desfavorables
<i>C. gayana</i> cv. Callide	Suelos de textura variable, excepto mal drenaje. Soporta altos niveles de salinidad
<i>C. ciliaris</i> cvs. Biloela y Formidable	Suelos de textura variable de mediana a baja fertilidad. Prefieren los ligeros ricos en P y Ca; soportan cierto grado de acidez y salinidad
<i>A. gayanus</i> cv. CIAT-621	Gran variedad de suelos. Específica para suelos infértiles con bajos niveles de N y P y alta acidez
<i>C. dactylon</i> cvs. 68 y 67	Amplio margen de adaptación. Prefieren suelos de mediana a alta fertilidad. Soportan mal drenaje superficial y alto grado de salinidad
<i>D. decumbens</i> cv. A-32	Más resistente a la sequía que el tipo común. Específica para suelos bajos en P, baja fertilidad y drenaje regular
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	Específica para suelos de baja fertilidad, ácidos, pero bien drenados
<i>C. nlemfuensis</i> cv. Tocumen	Persiste en suelos pesados con mal drenaje superficial
<i>B. purpurascens</i>	Específica para suelos bajos, encharcados e incluso de baja fertilidad y deficientes en P
<i>P. purpureum</i> cvs. 801-4, Taiwan A-144 y CRA-265	Prefieren suelos de mediana a alta fertilidad. Su crecimiento se deprime en suelos ácidos y marcadamente húmedos

Fuente: Machado y Seguí (1997)

Todas estas variedades, independientemente de su hábito de crecimiento, pueden alcanzar, con un buen manejo, un potencial medio de producción de biomasa que varía entre 15,6 y 22,1 t de MS/ha/año, cuando se riegan y fertilizan; entre 9,8 y 16,0 t de MS/ha/año en seco y fertilizadas en lluvia; y entre 9,0 y 11,0 t de MS/ha/año, sin incluir las erectas, en seco y sin fertilización, lo que representa un incremento medio de 35,7; 44,6 y 40,4 % por encima de lo que producen los pastos naturales y(o) naturalizados (tabla 4), lo que se puede considerar un éxito de señalada connotación, a través de este método.

Tabla 4. Rendimiento medio de gramíneas comerciales vs. pastos naturales bajo diferentes condiciones ambientales (resultados de 24 localidades de Cuba)

Variedad	Rendimiento, t de MS/ha (riego + fertilización)	Rendimiento, t de MS/ha (secano + fertilización)	Rendimiento, t de MS/ha (secano sin fertilización)
	X = 200 kg N/ha	X = 150-180 kg N/ha	-
Macollosas	15,5-21,7	11,6-19,5	10,0-12,0
Rastreras	13,8-20,1	8,0-16,5	8,0-10,0

Variedad	Rendimiento, t de MS/ha (riego + fertilización)	Rendimiento, t de MS/ha (secano + fertilización)	Rendimiento, t de MS/ha (secano sin fertilización)
	X = 200 kg N/ha	X = 150-180 kg N/ha	-
Erectas	20,0-24,6	10,0-12,0	-
	15,6-22,1	9,8-16,0	9,0-11,0
Pastos naturales	10,0-15,0	6,0-8,0	5,0-7,0
Incremento de variedades comerciales/pastos naturales, %	39,3-32,2	39,2-50,0	44,5-36,4
Incremento medio	35,7	44,6	40,4

Fuente: Machado y Seguí (1997)

Entre las leguminosas se aprobaron ocho variedades herbáceas: *Lablab purpureus* cv. Rongai, variedad bienal o anual apropiada para corte e incluso para pastoreo; *Medicago sativa* Gilboa africana, preferentemente utilizada para la producción de forraje; así como *Stylosanthes guianensis* CIAT-184, *Teramnus labialis* Semilla Clara, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, Centrosema híbrido CIAT-438, *C. pubescens* (= *C. molle*) IH-129 y *Arachis postrata*; todas poseen características eminentemente pratenses e idóneas para el pastoreo, preferentemente en asociación. Se aprobaron, además, cinco variedades arbustivas y(o) arbóreas: *Leucaena leucocephala* cvs. Cunningham, Perú, Ipil-Ipil y CNIA-250, con posibilidades para producir forraje, pero preferentemente para el ramoneo en bancos de proteína o en asociaciones en los sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles; y *Albizia lebeck*, también para estos propósitos como para la confección de harina a partir de sus legumbres y semillas secas.

Estas leguminosas producen suficiente semilla, de 100 a 1 500 kg/ha/año, excepto *A. postrata*, y pueden fijar entre 70 y 600 kg N/ha/año, lo que representa un ahorro por concepto de fertilizantes, además de la mejora que aportan a la fertilidad del suelo, a su estructura y a la conservación del medioambiente.

En la tabla 5 se indican las condiciones en que estas variedades presentan su mejor adaptación.

Tabla 5. Adaptación de las leguminosas seleccionadas como variedades comerciales

Variedad	Adaptación
<i>T. labialis</i> Semilla Clara	Amplia gama de suelos, excepto los muy erosionados o escabrosos
Centrosema híbrido CIAT-438 y <i>C. pubescens</i> (= <i>C. molle</i>) IH-129	Amplia adaptación edáfica. Prefiere los tipos Pardos, Oscuros Plásticos y Fersialíticos
<i>A. postrata</i>	Prefiere suelos friables, sueltos, aunque se adapta bien a los pesados
<i>S. guianensis</i> CIAT-184	Suelos de textura variable. Prefiere los ligeros, pero produce bien en los de pH ácido
<i>M. sativa</i> Gilboa Africana	Muy específica para suelos bien drenados, con pH neutro a alcalino y con altos contenidos de Ca y P
<i>M. atropurpureum</i> cv. Siratro	Prefiere suelos bien drenados, con contenidos de P de medios a altos
<i>L. purpureus</i> cv. Rongai	Desde suelos ligeros a arcillosos. No es exigente a la fertilidad. Produce bien en suelos deficientes en P
<i>A. lebeck</i>	Gran plasticidad ecológica. Se adapta a suelos de baja fertilidad y escasa capa vegetal
<i>L. leucocephala</i> cvs. Cunningham, Perú, Ipil-Ipil y CNIA-250	Amplia gama de suelos, incluyendo los de baja fertilidad. Toleran la alcalinidad y la salinidad, no así el encharcamiento prolongado

Fuente: Machado y Seguí (1997)

El potencial de producción de MS de estas leguminosas se encuentra entre 8 y 24 t de MS/ha/año y puede llegar a 27 t en la Gilboa africana en las condiciones de Guantánamo, y hasta 30 t (planta entera) en el caso de *A. lebbeck*. El cv. Rongai produce un menor potencial como cultivo puro (1,2-3,7 t MS/ha/año), pero suele alcanzar hasta 10 t asociado con maíz o millo.

En la tabla 6 se indican los rendimientos de las variedades comerciales de leguminosas como resultado de 10 ensayos realizados en la EEPFIH y en las provincias de la Habana¹, Ciudad de La Habana, Guantánamo, Las Tunas y en el municipio especial Isla de la Juventud, así como las cepas específicas recomendadas para su inoculación y las plagas y enfermedades a las que fueron susceptibles.

Tabla 6. Rendimiento de MS, cepas efectivas y principales plagas y(o) enfermedades

Variedad	Rendimiento de MS, t/ha	Cepas efectivas recomendadas	Susceptibilidad
Semilla Clara	10,0-17,0	IH-002	Fusarium, Alternaria, crisomélidos
CIAT-184	8,0-17,0	IH-001	Hedylepta, Diplodia
Siratro	11,0-12,0	Ninguna	Corticium, Rhizoctonia
Rongai	1,2-3,7 hasta 10,0	-	Coleopteros (crisomélidos)
Gilboa Africana	Hasta 27,0	-	Crisomélidos, bacterias y hongos (occidente de Cuba)
Híbrido CIAT-438 e IH-129	9,0-17,0	IH-1018 (solo en el caso del híbrido)	Virosis (baja), crisomélidos
Cunningham, Perú, Ipil-Ipil, CNIA-250	12,0-23,6	IH-016	Homópteros, Heteropsylla cubana, Erwinia sp. (en las 4 variedades)

Fuente: Machado y Seguí (1997)

1.2.5.2. Continuidad del flujo varietal

Con posterioridad a la propuesta y aprobación de las variedades comerciales, entre 1996 y 2016 continuó el desarrollo del trabajo de introducción foránea y colecta en el territorio nacional, así como las actividades del flujo varietal de especies (tabla 7). Con ello se logró caracterizar y evaluar el nuevo material, labor en la que se incluyó el obtenido a través del programa de mejora genética y la biotecnología. Su desempeño permitió caracterizar 115 accesiones de leguminosas y 53 de gramíneas, cuyos resultados permitieron la liberación de 35 accesiones para el flujo varietal, entre los que se encontraban seis genotipos mejorados de *M. maximus* seleccionados para condiciones de sombra (tabla 8).

Tabla 7. Material introducido 1996-2016

Quinquenio	Gramíneas	Leguminosas	Colecta	Total
1996-2000	35	91	63	189
2001-2005	295	112*	242*	649
2006-2016	61	546	571	1178
Total	391	749	876	2016

* Se incluyen 175 accesiones arbóreas y arbustivas

En esta etapa Olivera *et al.* (2008) desarrollaron ensayos con colecciones de *Brachiaria* spp., en condiciones de suelos ácidos (alíticos), en los que se estudió: una colección de *Brachiaria brizantha* (36 accesiones) y una colección de *Brachiaria* spp., conformada por: *Brachiaria decumbens* (14), *Brachiaria dictyoneura* (8), *Brachiaria ruziziensis* (3), *Brachiaria humidicola* (3), *B. purpurascens* (1) y

¹ Actual provincia de Mayabeque y Artemisa en la nueva distribución política administrativa, publicada en la gaceta Oficial No. 023 Extraordinaria de 2 de septiembre de 2010. asamblea nacional del poder popular. acuerdo número. VII-49.LEY No. 110/10

Brachiaria arrecta (1). De estas dos colecciones se seleccionaron 19 y 18 accesiones de *B. brizantha* y *Brachiaria* spp., respectivamente. Además, en estos suelos se llevó a cabo un trabajo de evaluación de 51 accesiones de *Centrosema* spp., y sobresalieron tres accesiones de la especie *C. molle* (= *C. pubescens*) (Olivera *et al.*, 2005).

Del género *Brachiaria* también se estudiaron 20 accesiones en un suelo de mal drenaje (hidromórfico), en el que se seleccionaron seis por su comportamiento sobresaliente en términos de producción de biomasa, calidad y persistencia ante el estrés causado por el exceso de humedad (Olivera y Machado, 2004). Las accesiones que mejor comportamiento mostraron en las diferentes colecciones, en los ambientes estudiados, se relacionan en la tabla 9.

Tabla 8. Accesiones de genotipos mejorados de *M. maximum* seleccionados para condiciones de sombra

Genotipo	Características
Seleccionados: K-183, K-237, CTH-5, CTH-6, T-62, CIH-25	Aceptable disponibilidad ($x = 2,47$ t de MS/ha), buena utilización, poca afectación por enfermedades, alta hojiosidad, poca afectación por clorosis y aceptable vigor
No seleccionados: G-26, K-188	Muy afectados por hongos, el peor vigor (G-26) y el peor porcentaje de hojas, poca utilización y mayor afectación por plagas (K-188)

Fuente: transformado de Machado y Olivera (2004)

Tabla 9. Accesiones seleccionadas para condiciones de suelos ácidos y de mal drenaje

Género	Especie	Accesiones	Tipo de suelo	Observaciones
<i>Brachiaria</i>	<i>brizantha</i>	CIAT-16300, CIAT-16322, 1539, CIAT-16819, CIAT-16334, CIAT-26646, CIAT-16197, CIAT-16809, CIAT-16128, CIAT-16332, CIAT-16335, CIAT-16317, CIAT-16132, CIAT-26290, CIAT-16303, CIAT-16448, CIAT-16485, CIAT-26032 y CIAT-16154	Alítico	Crecen, se desarrollan y producen en condiciones de suelos ácidos (pH~4,9) y de mal drenaje; poseen una aceptable cobertura y vigor; mínimas afectaciones por plagas y enfermedades tanto en la época de escasas como en la de máximas precipitaciones
	<i>decumbens</i>	CIAT-16449, Sena, N° 1, CIAT-16500, Basilisk, 1536, CIAT-16491, CIAT-16497, CIAT-16504		
	<i>dictyoneura</i>	CIAT-16178, CIAT-16867, N° 3, CIAT-16886, CIAT-26130, CIAT-16182, CIAT-6133, CIAT-16182	Hidromórfico	
	<i>ruziziensis</i>	CIAT-26795, N° 2	Alítico	
	<i>ruziziensis</i>	CIAT-26795	Hidromórfico	
	<i>humidicola</i>	1537		
	<i>purpurascens</i>	-		
<i>Centrosema</i>	<i>molle</i>	CIAT-5151, PII-89, CIAT-476	Alítico	

Se continuó con la evaluación del flujo varietal y se estudiaron 19 accesiones de *B. brizantha* seleccionadas anteriormente (colección de 36 accesiones): CIAT-16300, CIAT-16317, CIAT-16809, CIAT-16469, CIAT-16322, CIAT-16132, CIAT-16128, CIAT-16335, 1539, CIAT-26290, CIAT-16332, CIAT-16819, CIAT-16303, CIAT-16334, CIAT-16448, CIAT-26646, CIAT-16485, CIAT-16197 y CIAT-26032, en un sistema de pastoreo simulado y asociadas con la leguminosa *S. guianensis* CIAT-184 (Olivera *et al.*, 2014).

Cuando culminó el período de explotación, se pudo comprobar que 13 de las 19 accesiones evaluadas (68,4 %) finalizaron con una relación vástagos vivos/vástagos muertos favorable, es decir, con una tasa de producción de vástagos vivos por encima de 1; se destacaron las accesiones CIAT-16335, CIAT-16332 y CIAT-26646 por terminar con un índice superior a dos, las cuales mostraron diferen-

cias altamente significativas ($p < 0,001$) al compararlas con el resto. Sin embargo, aunque la accesión CIAT-16322 también culminó el período experimental con un índice superior a dos, fue estadísticamente inferior a las tres anteriores.

Las asociaciones formadas con las accesiones CIAT-16335 y CIAT-26646 se seleccionaron como los mejores tratamientos, ya que en estas se constataron, de forma integral, los valores más sobresalientes para la mayoría de las variables agronómicas y del valor nutritivo, estructurales y de la composición florística tomadas en consideración.

Con ello se accede a los materiales de mayor potencialidad de utilización, en calidad de variedades precomerciales, para agroecosistemas que se caractericen por la acidez de sus suelos.

Programa de mejora genética de M. maximus

De forma simultánea al trabajo de introducción y evaluación, se desarrolló un importante trabajo de mejora genética de la especie *M. maximus* por las vías clásicas del cruzamiento, la biotecnología y la selección masal, por ser esta una planta ampliamente distribuida y naturalizada en Cuba, y poseer un potencial productivo superior al de los pastos nativos y otras especies naturalizadas.

Se logró una colección compuesta por más de 1 200 accesiones de diferentes procedencias, de las cuales 70 % son nacionales y 30 % introducidas.

Las accesiones nacionales se colectaron en las 15 provincias del país y en el municipio especial Isla de la Juventud además de las obtenidas por cruzamiento (híbridos CIH) y por cultivo de tejidos (somaclones CTIH). Las introducidas son originarias, fundamentalmente, del este de África (Kenya, Tanzania y Angola, entre otros), o provienen de Australia, Venezuela, Costa de Marfil, Puerto Rico, Guadalupe y otros países. Algunas fueron colectadas de poblaciones naturales; mientras que otras fueron mejoradas en diferentes instituciones internacionales; ejemplo de ello son los cvs. Makueni, Uganda, Likoni, Gramalote de Puerto Rico y el cultivar sexual que se denominó Burton.

Las accesiones colectadas en Cuba mostraron variabilidad morfológica y agronómica. Según su biosistema *in situ*, las poblaciones de mayor variabilidad procedían de las provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus, seguidas por las de Matanzas; mientras que el resto mostró una amplitud menor. Sin embargo, las poblaciones que procedían de Pinar del Río, Matanzas y Cienfuegos fueron las de mayor potencial productivo; las de Granma, Camagüey y Santiago de Cuba presentaron un comportamiento medio; y las procedentes de La Habana, Isla de la Juventud, Villa Clara y Sancti Spíritus fueron las de más bajo potencial. Este estudio permitió conocer los biosistemas de mayor influencia en la formación de los cambios genéticos y fenotípicos en las poblaciones naturalizadas en Cuba, así como dirigir las colectas hacia las zonas de mayor variabilidad morfológica y agronómica.

Las introducciones mostraron un amplio rango de variación y una alta potencialidad productiva en términos de materia seca, sobre todo en los cultivares mejorados, y una mayor variabilidad en las que procedían del centro de origen.

Los híbridos que formaron parte de la colección nacional (44 híbridos), fueron preseleccionados en la fase inicial de evaluación (selección preliminar) por superar a los progenitores masculinos y(o) su testigo (el cv. Likoni).

También forman parte de la colección 12 somaclones (CTIH) obtenidos en la EEPFIH por cultivo de tejidos, que mostraron ser superiores a su donante (Likoni) en términos de rendimiento de MS y porcentaje de PB.

La colección fue plantada en la EEPFIH (suelo Ferralítico Rojo) y evaluada con/sin riego y con/sin fertilización. Los materiales seleccionados se estudiaron en distintas localidades del país en los períodos lluvioso y poco lluvioso para definir su potencialidad en condiciones favorables o desfavorables, así como la variabilidad y el potencial productivo de las poblaciones.

La colección se clasificó en tres grandes grupos, según el porte de los individuos que la conforman: pequeño, mediano y gigante.

El grupo pequeño se caracteriza por la desproporción en las dimensiones de sus componentes; por ejemplo, las hojas son largas y finas o cortas y anchas; tallos finos con internodios largos o tallos gruesos con internodios cortos. Las panojas tienden a ser pequeñas, predominando las espículas moradas, así como un gran número de vástagos por macolla.

Esta población, aunque poco productiva, posee gran interés por su resistencia a las plagas y las enfermedades, el alto porcentaje de proteína bruta y la elevada producción de semilla llena.

Las guineas del grupo mediano son las más abundantes en Cuba; por ello, en ocasiones han recibido el nombre de guinea común o tipo común. Se caracterizan por su gran adaptación a una amplia gama de suelos: arcillosos, francos y pesados, arcilloso-limosos e incluso los arenosos de mal drenaje interno y deficientes en nutrimentos, aunque en estos últimos no manifiestan su máximo potencial productivo.

Las guineas de porte gigante que abundan en Cuba son poco productivas, debido a sus escasos tallos vegetativos y generativos, y su pésima hojiosidad; no obstante, en la colección cubana se encuentran accesiones de tipo gigante (originarias del este de África) que han mostrado un alto potencial productivo.

Estas accesiones introducidas poseen una gran hojiosidad y un número elevado de tallos vegetativos, por lo que existe la posibilidad de que sean utilizadas como plantas forrajeras de alta calidad.

Las guineas de porte gigante constituyen un material genético de gran interés por sus características forrajeras o de pastoreo y por su adaptación a los suelos problema.

La caracterización de la colección permitió conocer la gran diversidad fenotípica de *M. maximus*, su potencial productivo, así como su adaptación a diferentes condiciones edáficas, la organización del proceso de mejoramiento genético y las perspectivas de explotación para cada grupo,

La planta sexual tetraploide (Burton) fue cruzada por polinización abierta con los tipos apomícticos Montícola, Likoni, Makueni, SIH-421, SIH-127, Gigante Azul, Gigante Verde y Enana Peluda, y se obtuvieron más de mil híbridos; después de evaluados en su fase I fueron seleccionados 35 y en fase II 9 apomícticos (CIH-1, CIH-5, CIH-10, CIH-11, CIH-12, CIH-3, CIH-16, CIH-17 y CIH-25) y 3 sexuales (CIH-9, CIH-13 y CIH-15). Estos últimos se utilizaron en nueve cruzamientos con los progenitores masculinos Likoni, T-92, T-112, Uganda y Makueni, y se obtuvieron más de 300 híbridos; de ellos fueron seleccionados el CIH-72 y CIH-59 por superar al cv. Likoni en rendimiento de MS, sobre todo en el período lluvioso, y mostrar mayor porcentaje de proteína bruta.

También se estudiaron los parámetros genéticos que son indicadores importantes en el mejoramiento vegetal, al expresar el comportamiento genotípico y fenotípico de la población, explicar las posibilidades que tiene la especie y la dirección del avance genético.

Heredabilidad en sentido ancho. En la tabla 10 se observa que para un grupo de caracteres de interés agronómico los valores fueron elevados ($H > 0,5$), lo que garantiza altas posibilidades de mejora en la especie; esto también se encontró en el porcentaje de ganancia esperada.

Heredabilidad en sentido estrecho. En un estudio de progenie se definió la mejor combinación entre los progenitores (Likoni x CIH-6) debido a lo positivo de los efectos familiares (medios hermanos y hermanos completos) en los períodos lluvioso y poco lluvioso. El progenitor masculino (cv. Uganda) y el femenino (CIH-9) fueron los de mejor habilidad combinatoria específica en términos de MS.

Tabla 10. Caracteres de interés agronómico

Caracteres	Media general	Varianza genética	Coefficiente de variación genética	H	Ganancia esperada, %
Rendimiento de MS, g/macolla					
Seca	289,9	14 827	53	0,90	104
Lluvia	747,2	39 147	26	0,78	48
Anual	995,2	118 445	35	0,92	57
Altura vegetativa, cm					
Seca	51,2	166	25	0,98	51
Lluvia	89,1	247	17	0,96	35
Porcentaje de hojas					
Seca	74,04	92,65	13	0,91	20
Lluvia	69,89	7,84	4	0,64	7
Fibra bruta, %					
Seca	27,96	8,38	10	0,89	20
Lluvia	34,21	3,91	6	0,80	11
Proteína bruta, %					
Anual	9,83	0,67	8	0,60	14
K	1,26	0,03	14	0,64	37
P	0,21	0,00	12	0,78	24
Ca	1,23	0,03	16	0,67	27

H > 0,5 muestra una alta heredabilidad

Fuente: Machado y Seguí (1997)

Las relaciones entre los caracteres permitieron simplificar el proceso de selección. La correlación múltiple entre el rendimiento de MS, la altura vegetativa y el diámetro de la macolla, expresó la posibilidad de seleccionar los cultivares de mayor rendimiento de MS a través de estos dos componentes, así como reajustar su efectividad a través de otros indicadores, como la asequebilidad (0,82***) y el vigor de la planta (0,90***). La relación del rendimiento de MS con el contenido de sodio (0,81***) permitió inferir una posible afinidad entre *M. maximus* y una planta halófila (*Panicum coloratum*).

Interacción genotipo x ambiente. Al estudiar el comportamiento relativo de los cultivares en el proceso de selección en diferentes momentos (primero, segundo y tercer año de explotación), se observó que el rendimiento de MS de los cultivares en el primer año era inestable con respecto al segundo, ya que en el primero estuvo altamente influenciado por otros factores, como el vigor juvenil. A partir del segundo año existió mayor estabilidad en el rendimiento de MS, y los mejores cultivares se correspondieron en mayor cuantía con los del tercero, por lo que se concluyó que el momento óptimo para realizar la selección es a partir del segundo año.

Las investigaciones permitieron delimitar el número de localidades verdaderamente contrastantes, independientemente de la similitud o diferencia de suelo y clima, así como predecir el comportamiento de los cultivares en otras zonas no evaluadas (siempre que se conozca su índice ambiental); con ello se redujo el número de ensayos regionales y los costos de la investigación en casi 50 %.

Se determinó, además, cuáles fueron los factores ambientales más contrastantes en el comportamiento del pasto (época, localidad, año, fertilización y riego), así como la adaptabilidad general y específica de los cultivares en ambientes favorables y desfavorables.

Como resultado del trabajo de mejoramiento en *M. maximus* se seleccionaron 15 cultivares introducidos (K-249, SN-25, G-30A, K-239, K-170, Gramalote de Puerto Rico, Azul Rizomatoso, T-92, 305,

T-62, T-112, Makueni, Likoni, Uganda y Común de Australia), 11 clones a partir de la población cubana (SIH-10, SIH-14, SIH-597, SIH-398, SIH-721, SIH-759, SIH-421, SIH-810, SIH-745, Gigante Azul y SIH-127), 9 híbridos apomícticos (CIH-1, CIH-3, CIH-5, CIH-10, CIH-11, CIH-12, CIH-16, CIH-17 y CIH-25), 3 sexuales (CIH-9, CIH-13 y CIH-15) y 3 somaclones (CTIH-6, CTIH-9 y CTIH-10). En la tabla 11 se exponen los rangos del potencial productivo de estas selecciones.

Tabla 11. Potencial productivo del material seleccionado

Procedencia	Rendimiento MS (g/macolla)		Índice de calidad		Porcentaje de hojas	
	PPLI	PLI	PPLI	PLI	PPLI	PLI
Introducidos	102,1-333,1	543,0-781,6	17,0-21,1	17,1-20,6	89,5-91,4	80,1-90,3
Colectados en Cuba	125,0-373,0	378,0-580,0	18,2-21,4	17,6-21,3	95,6-100,0	90,5-96,4
Somaclones e híbridos	176,0-251,9	499,0-750,9	21,0-26,6	18,8-19,5	95,4-100,0	90,1-95,4

PPLI: Período poco lluvioso

PLI: Período lluvioso

Fuente: Machado y Seguí (1997)

Se debe destacar que los somaclones e híbridos hicieron un aporte significativo en el índice de calidad en relación con las poblaciones naturales.

2.3. Introducción y colecta de germoplasma arbóreo

De importancia trascendental se considera el trabajo desplegado en la colecta en el territorio nacional y en la introducción de germoplasma foráneo de especies arbóreas y arbustivas,

Para llevar a cabo los trabajos de colecta, se realizaron solicitudes a instituciones extranjeras y labores de prospección en la Ciénaga de Zapata, de la provincia de Matanzas; en Topes de Collantes, de la provincia de Sancti Spíritus; así como recorridos por los jardines botánicos de La Habana, Cienfuegos, Holguín y Guisa. Las visitas a estos últimos y las colectas se efectuaron entre los meses de marzo a mayo de cada año, lo que se correspondió con los momentos de mayor fructificación. Se dio prioridad a aquellas especies de las cuales se tenían referencias con respecto a sus posibles usos en la alimentación animal, además de otros usos. En todos los casos se tomaron muestras representativas de las especies.

Como resultado del trabajo se colectaron, inicialmente, 53 especies arbóreas, a las cuales se adicionaron, entre 1995 y 1998, otras 68 accesiones (29 de ellas colectadas) y con posterioridad, hasta 2005, se introdujo una amplia colección de *Leucaena* spp., procedente fundamentalmente del Centro Internacional de Agricultura Tropical. También se introdujeron en el período comprendido entre 1995 y 2016, 21 accesiones de *Morus alba*, ocho de *Moringa oleifera* y 27 procedencias de *Jatropha curcas*.

Este germoplasma accedido constituyó la base necesaria para la implementación de un *arboretum* con 60 especies de interés para la ganadería, en el que se incluyeron 12 accesiones de *L. leucocephala*, una de *Leucaena macrophylla* y una del género *Morus*; también sirvió para la creación de una colección de campo de *Leucaena* spp. constituida por 169 accesiones de este importante género y un banco de germoplasma de morera, moringa y jatropha.

Resultados de la evaluación de arbóreas y arbustivas

Los resultados que a continuación se exponen están relacionados con los estudios de doctorado de Odalys (2007), los cuales abarcaron más de 10 años de evaluación de diferentes leñosas, que incluyó el establecimiento, la producción de biomasa y la aceptabilidad por parte de los animales

En el *arboretum* se consideró que una altura de 2 m era un buen indicador para considerar las plantas establecidas. De esta forma, se detectó que las especies de más rápido establecimiento resultaron *M. oleifera* (7 meses y 2,04 m de altura), *Pterocarpus* sp. (8 meses y 2,11 m de altura), *L. leucocephala* CIAT-9421 y CIAT-7872 (9 meses y altura de 2,10 m), *L. leucocephala* CIAT-9437 y CIAT-17498, *Bauhinia* sp. y *Cassia festuca* (10 meses y altura entre 2,0 y 2,1 m), *L. leucocephala* CIAT-18483, CIAT-8069 y CIAT-18481, *Enterolobium cyclocarpum*, *Enterolobium contortisiliquum* y *Morus* sp. (11 meses y altura entre 2,02 y 2,27 m), *L. leucocephala* CIAT-17480 y CIAT-17223, *L. macrophylla* CIAT-17240, *Bauhinia pauletia* y *Pithecellobium discolor* (12 meses y altura entre 2,05 y 2,39 m).

Las restantes especies se establecieron después de los 13 meses de plantadas, mientras que 18 especies no alcanzaron la altura prefijada para el establecimiento.

Otros indicadores importantes dentro del proceso de evaluación y determinación de las especies con mayor potencialidad, para considerar su inclusión casuística en los sistemas productivos, fue la producción de biomasa total, la fracción comestible y la aceptabilidad por parte de los animales.

Partiendo de esta premisa, se desarrolló un ensayo durante dos años, en el que las plantas establecidas se sometieron a un régimen de poda (una por época) con el objetivo de determinar la biomasa total, la biomasa comestible, la fracción leñosa y el número de ramas de cada accesión.

Los resultados mostraron que para el período poco lluvioso *Albizia procera* y *E. contortisiliquum* resultaron las de mejor comportamiento en cuanto a la biomasa potencialmente comestible, cuyo valor medio varió entre 0,8 y 4,3 kg de MS/árbol; mientras que un amplio número, constituido por 43 especies, produjo 0,55 kg de MS comestible/árbol. La peor especie fue *Bauhinia malabarica* que solo produjo 0,2 kg de MS comestible/árbol.

En el período lluvioso el agrupamiento de las especies fue similar al del poco lluvioso. *A. procera* continuó siendo la especie de mayor producción (7,2 kg de MS/árbol), y en orden descendente se agruparon *Bauhinia* sp. y *P. discolor*.

Si bien la producción de biomasa, su fracción comestible y su calidad constituyen importantes indicadores para la selección del germoplasma promisorio, su aceptabilidad por parte de los animales pudiera considerarse como una de las cualidades determinantes de este proceso.

La mayor aceptabilidad de las especies arbóreas por los bovinos jóvenes, en ambos períodos del año, se alcanzó en 22 accesiones, que resultaron bien ramoneadas, 37 medianamente ramoneadas; mientras que otras 7 no fueron ramoneadas (tabla 12).

Tabla 12. Aceptabilidad de especies evaluadas con animales

Especies ramoneadas	Especies medianamente ramoneadas	Especies no ramoneadas
<i>Albizia lebbbeck</i>	<i>Albizia berteriana</i>	<i>Albizia falcata</i>
<i>Bauhinia purpurea</i>	<i>Albizia caribae</i>	<i>Pterocarpus</i> sp.
<i>Bauhinia</i> sp.	<i>Albizia cubana</i>	<i>Bauhinia paualetia</i>
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Albizia kalkora</i>	<i>Bauhinia retusa</i>
<i>Cnidoscolus chayamansa</i>	<i>Albizia lucida</i>	<i>Erythrina variegata</i>
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	<i>Albizia odoratissima</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Erythrina berteroana</i>	<i>Albizia procera</i>	<i>Malvaviscus arboreus</i>
<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Albizia saman</i>	
<i>Leucaena leucocephala</i> CIAT-8069	<i>Albizia semani</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-9415	<i>Bauhinia acuminata</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-9421	<i>Bauhinia candicans</i>	

Especies ramoneadas	Especies medianamente ramoneadas	Especies no ramoneadas
<i>L. leucocephala</i> CIAT-9437	<i>Bauhinia malabarica</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-17223	<i>Bauhinia reticulata</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-17480	<i>Bauhinia variegata</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-18481	<i>Bauhinia variegata</i> (var. <i>Candida</i>)	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-18483	<i>Brosimum alicastrum</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-7872	<i>Caesalpinia sappan</i>	
<i>L. leucocephala</i> CNIA-250	<i>Cassia arcoiris</i>	
<i>L. leucocephala</i> CIAT-17498	<i>Cassia festuca</i>	
<i>L. leucocephala</i> cv. <i>Cunningham</i>	<i>Cassia festuca</i> x <i>Cassia nodosa</i>	
<i>L. macrophylla</i> CIAT-17240	<i>Cassia grandis</i>	
<i>Morus</i> sp.	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	
	<i>Erythrina indica</i>	
	<i>Erythrina</i> sp.	
	<i>Gmelina arborea</i>	
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	
	<i>Lonchocarpus longistylus</i>	
	<i>Lonchocarpus punctatus</i>	
	<i>Lysiloma latisiliqua</i>	
	<i>Milletia ovalifolia</i>	
	<i>Morus alba</i>	
	<i>Pithecellobium discolor</i>	
	<i>Samanea saman</i>	
	<i>Schizolobium</i> sp.	
	<i>Trichantera gigante</i>	

En estos ensayos de aceptabilidad fue evidente la preferencia que tuvieron los animales por ramonear, en primer lugar, los ecotipos de *L. leucocephala*. También se observó que una vez que los ecotipos de *L. leucocephala* y *A. lebbeck* carecían prácticamente de follaje disponible para el ramoneo, se consumieron otras especies con mucha menor frecuencia, como *Albizia. berteriana*, *A. procera*, *Albizia odoratissima*, *Albizia cubana*, *Albizia lucida* y *Albizia kalkora*, pero solo a partir del tercer día en el período poco lluvioso, y a partir del quinto y el sexto día en el lluvioso para ambos años.

Dentro de los bancos de germoplasma se encuentra el de *M. alba* que está formado por variedades que se introdujeron principalmente desde Costa Ricay Brasil a finales de la década de los 90 del siglo pasado (Martín *et al.*, 2007). Este germoplasma cuenta con 4 variedades (indonesia, criolla, acorazonada y tigreada) introducidas desde Costa Rica en 1996, una variedad naturalizada que se introdujo desde Etiopía (cubana) en la década de las ochenta y dos selecciones (IZ-40, IZ-64) y tres híbridos (IZ-15/7, IZ-13/6, IZ-56/4), de reciente introducción, provenientes del Instituto de Zootecnia de Brasil, todos de la especie antes mencionada.

Entre los estudios realizados con esta especie se destacan los relacionados con: la capacidad de reproducción vegetativa, la producción de biomasa y la utilización de los abonos como medio para aumentar la producción de biomasa.

En este sentido se puede plantear que la especie *M. alba* puede ser propagada por semilla botánica, estaca, acodo y mediante injertos. Es posible utilizar pequeñas microestacas con una o dos yemas, que se colocan en germinadores y se trasplantan después al campo.

Los resultados de las investigaciones permitieron conocer que la producción de biomasa comestible de la morera está determinada por la interacción de factores tales como la variedad, la frecuencia de corte y la época del año.

La fertilización química y orgánica, la combinación de ambas y la aplicación de biofertilizantes, se ha estudiado en la morera, y en todos los casos se ha encontrado un efecto beneficioso en la producción de biomasa de la especie.

En otro orden de especies evaluadas se encuentra *M. oleifera* (Lam.), de la cual se caracterizaron morfológicamente ocho procedencias del banco de germoplasma, durante sus primeras etapas de desarrollo (Toral *et al.*, 2013), y los indicadores: evaluados fueron: la germinación, la emergencia, la supervivencia, la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de hojas.

La procedencia Holguín-Mayarí tuvo el mejor comportamiento en cuanto a la altura (17,55 cm), la velocidad de crecimiento (0,43 cm/día), el número de hojas (siete) y el diámetro del tallo (0,37 cm). Plain, Holguín-Mayarí y Paraguay fueron las de mejor emergencia y supervivencia (100 %). Los valores más bajos los presentó Guatemala (altura promedio: 14 cm, emergencia: 76 %, germinación: 49 %). Ninguna de las procedencias superó 85 % de germinación. No hubo lesiones por ataque de insectos ni por enfermedades.

Todas las procedencias presentaron características morfológicas que las diferencian entre sí; Holguín-Mayarí mostró el mejor comportamiento en los indicadores evaluados.

Otra de las especies evaluadas dentro del flujo varietal fue *J. curcas* (Machado, 2011). El análisis de varios indicadores (la altura; el grosor de las ramas primarias y del tallo; la altura de la primera rama; las enfermedades; el número de ramas primarias, secundarias y terciarias; el número y el peso de los frutos; el rendimiento de semillas; el peso de 100 semillas; la dimensión de la semilla y el contenido de aceite), permitió la caracterización de la variabilidad morfológica y productiva de las procedencias de la mencionada especie.

Los resultados a partir de un análisis de componentes principales, mostraron la formación de seis grupos en el que la altura fue el indicador más variable, seguido por el grosor de las ramas primarias, el número de ramas secundarias y primarias, y el grosor del tallo, los cuales explicaron 57,7 % de la variabilidad. Los valores extremos superiores, en todos los indicadores morfológicos, se encontraron en el grupo I (SSCS-3), y los inferiores en el grupo IV (SSCS-7 y SSCS-6). Solo seis de las diez procedencias sembradas y todas las que se plantaron produjeron frutos. De las sembradas sobresalieron: San Miguel, D-1 y SSCS-3, con rendimientos estimados de 2325; 243 y 169 kg de semilla/ha; y de las plantadas: Cabo Verde, SSCE-10 y SSCE-7 con 814; 327 y 93,2 kg de semilla/ha, respectivamente. En la SSCE-10 y en la Cabo Verde el porcentaje de aceite alcanzó 32,8 y 35,0 %, respectivamente. Los resultados permitieron identificar las procedencias sobresalientes, tanto en los indicadores morfológicos (SSCS-3) como en los productivos (Cabo Verde, SSCE-10 y San Miguel).

Resultados de la evaluación de la colección de *Leucaena* spp.

Otra de las colecciones evaluadas, de sumo interés para el sector agropecuario, fue la de *Leucaena* spp., en la que se estudiaron diferentes especies en condiciones de suelo de mediana fertilidad.

En la colección evaluada en suelo de mediana fertilidad (tabla 13), se estudió desde la fase de vivero hasta la de explotación.

Tabla 13. Especies y accesiones estudiadas

Especie	No. de accesiones
<i>L. leucocephala</i>	131
<i>L. diversifolia</i>	8
<i>L. macrophylla</i>	10

Especie	No. de accesiones
<i>L. shannonii</i>	2
<i>L. lanceolata</i>	6
<i>L. pulverulenta</i>	1
<i>L. esculenta</i>	4
<i>L. trichodes</i>	2
<i>L. retusa</i>	1
<i>Leucaena</i> sp. Gigante	1
<i>Leucaena</i> sp. CIAT-9386	1
<i>Leucaena cumbrata enana</i>	1
<i>Leucaena</i> sp. CIAT-9397	1
<i>Leucaena</i> sp.	1
Total	169

La curva de crecimiento se manifestó, en general, de forma ascendente, 0,5 cm a la semana de sembrada hasta 61 cm a los 77 días, y la mayor tasa de crecimiento ocurrió a partir de los 56 días. Los valores más altos se alcanzaron en *L. leucocephala* (15 accesiones), *L. lanceolata* (una accesión) y *L. macrophylla* (una accesión).

Desde el punto de vista fenológico se apreció que en *Leucaena* spp. la aparición de flores y frutos puede ser anual, en la mayoría de las especies; así como subanual o continua, y hay una considerable variación entre especies en cuanto a fecha y duración. *L. leucocephala* produce una gran cantidad de semilla desde el primer año, de forma más o menos continúa durante el año, en correspondencia con la humedad existente. Lo mismo ocurre para *Leucaena diversifolia*. La mayoría de las especies de *Leucaena* tienen períodos de floración con una duración estrictamente anual, estacional y corta (pero algo variable, de 2 a 5 meses) y no florecen ni producen frutos de forma abundante.

La producción de semilla en un suelo de mediana fertilidad ocurrió en mayo, agosto y de septiembre a diciembre. Este último coincidió con ser el de mayor producción (118 accesiones produjeron semilla, lo que significó 81,3 % del total de accesiones evaluadas). Las accesiones que más produjeron pertenecen a la especie *L. leucocephala* (CIAT-17478 (3,4 kg), CIAT-17493 (2,5 kg), CIAT-17263 (2,3 kg) y cv. Perú (2,2 kg). Ello pone de manifiesto la superioridad de esta especie con respecto a las restantes.

Se constató que existieron diferencias entre y dentro de las especies y accesiones en cuanto al comportamiento en la fase de establecimiento. *Leucaena* spp. mostró su capacidad de establecimiento, con diferencias entre los individuos estudiados. La accesión *Leucaena trichodes* CIAT-8813 fue la más destacada en esta fase, tanto en el tiempo que demoró en alcanzar 1,50 m (altura prefijada para el establecimiento), como en el número de ramas y el grosor del tallo.

Cuando se evaluó la aceptabilidad o preferencia de los animales por estas plantas, al igual que la capacidad de rebrote después del pastoreo, se pudo apreciar que todas tuvieron buena aceptabilidad, aunque los animales tuvieron preferencia por accesiones, como: *L. leucocephala* CIAT-7965, CIAT-7985, CIAT-9443, CIAT-17483, cv. Cunningham, cv. Perú, cv. CNIA-250, cv. K28, cv. K8, *L. sp.* CIAT-3339, *L. lanceolata* CIAT-17251. De forma general todas las accesiones presentaron una buena capacidad de rebrote después del pastoreo y se destacaron, en este sentido, *L. leucocephala* CIAT-7985, CIAT-8069, CIAT-9437 y CIAT-9133 como las de mejor capacidad recuperativa.

Las accesiones más destacadas en cuanto altura de la planta, grosor del tallo y número de ramas, fueron: *L. leucocephala* cv. Perú, *Leucaena esculenta* CIAT-17226, CIAT-17229, CIAT-17226 y *Leucaena trichodes* CIAT-8813 para la altura; *L. trichodes* CIAT-8814, CIAT-8813, *L. esculenta* CIAT-17229 y *L. leucocephala* CIAT-9133 para el grosor del tallo; *L. esculenta* CIAT-17225, *L. leucocephala* CIAT-17494 y CIAT-17251, *L. trichodes* CIAT-8814 y *L. trichodes* CIAT-8813, para el número

de ramas fueron las más representativas dentro de esta colección, con valores por encima de la media poblacional. En el caso de *L. trichodes* CIAT-8814 los caracteres estudiados se manifestaron en toda su plenitud. También se pudo constatar que todas estas accesiones presentaron un mejor comportamiento que las variedades comerciales *L. leucocephala* cv. Cunningham, Perú y CNIA-250.

Posteriormente se seleccionaron 23 accesiones de la colección (tabla 14), representativas de la población en cuanto a los indicadores de selección estudiados y de cada una de ellas se evaluaron cuatro plantas. Para ello se utilizó una secuencia experimental similar a la de los estudios anteriores, pero además se evaluó la capacidad de recuperación ante la poda, la resistencia a la incidencia de plagas e insectos potencialmente plagas, la disponibilidad de biomasa y su composición química, así como la detección de su polimorfismo isoenzimático.

Tabla 14. Accesiones estudiadas y su procedencia

No.	Clave	Especie	Accesión	Procedencia
1	5	<i>L. leucocephala</i>	cv. Cunningham	Australia
2	6		cv. Perú	Antigua y Barbudas
3	21		CIAT-9119	Colombia
4	26		CIAT-9438	Colombia
5	38		CIAT-751	Colombia
6	42		CIAT-7988	Colombia
7	50		CIAT-7384	Colombia
8	51		CIAT-7929	Colombia
9	52		CIAT-17480	Colombia
10	94		cv. Ipil-Ipil	-
11	95		cv. CNIA-250	-
12	63	<i>L. lanceolata</i>	CIAT-17255	Colombia
13	65		CIAT-17501	Colombia
14	152		CIAT-17253	Colombia
15	166	<i>L. diversifolia</i>	CIAT-17503	Colombia
16	107		CIAT-17270	Colombia
17	109	<i>L. macrophylla</i>	CIAT-17240	Colombia
18	110		CIAT-17233	Colombia
19	111		CIAT-17232	Colombia
20	113		CIAT-17238	Colombia
21	139		CIAT-17231	Colombia
22	124	<i>L. esculenta</i>	CIAT-17225	Colombia
23	130		CIAT-17229	Colombia

Fuente: Wencomo (2008)

En la etapa de establecimiento todas las accesiones cumplieron con los indicadores de selección predeterminados, pero solo 43,5 % de ellas lo hizo en el tiempo previsto, lo cual estuvo relaciona-

do con las características genéticas del material evaluado y con su capacidad de respuesta a los factores bióticos y abióticos existentes en el área experimental (agua y nutrientes). Con relación al comportamiento de la fenología se comprobó que 13,04 % de las accesiones no mostraron la fase reproductiva, lo cual es desfavorable al no completarse para todas las accesiones la totalidad del ciclo biológico. Ello resulta determinante en la capacidad que posee la planta para su ulterior multiplicación.

Por otra parte, se encontró que algunas accesiones se mostraron más caducifolias que otras en la época poco lluviosa, en dependencia de su capacidad de respuesta ante las condiciones prevalecientes en la localidad donde se sembraron. Es importante mencionar que los indicadores evaluados se deben considerar en futuras evaluaciones de plantas arbóreas, debido a la alta variabilidad (87,94 %) explicada a través de ellos.

En cuanto a la disponibilidad de biomasa y su composición química, se puede plantear que las variaciones estuvieron relacionadas con las condiciones ambientales (distribución de las lluvias y de la temperatura durante el período de evaluación) y con el manejo efectuado en los momentos en que coincidieron los muestreos, factores que en su conjunto influyen notablemente en la producción y la calidad.

Los resultados y el alcance del análisis realizado a partir de caracteres como la altura, el número de ramas, el grosor del tallo, las afectaciones por enfermedades e insectos potencialmente plagas, la capacidad de recuperación después de la poda, la composición química, así como la disponibilidad de biomasa, posibilitaron constatar la capacidad adaptativa de las 23 accesiones de las especies del género *Leucaena*, con aceptables respuestas en su comportamiento de modo general; además, se demostró que existe un germoplasma que pudiera ser explotado con un mínimo de insumos, que harían probablemente sostenible y sustentable, desde todos los puntos de vista, cualquier ecosistema ganadero.

A partir del análisis de los resultados, se consideró oportuno recomendar la inclusión de las accesiones *L. leucocephala* CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929 y CIAT-17480; *L. lanceolata* CIAT-17255 y CIAT-17501, y *L. diversifolia* CIAT-17270 en el fomento y desarrollo de nuevas áreas con sistemas silvopastoriles, ya que presentaron un comportamiento aceptable y similar al de las variedades comerciales *L. leucocephala* cvs. Cunningham, Perú, Ipil-Ipil y CNIA-250 (presentes las tres primeras en empresas ganaderas cubanas, que ocupan aproximadamente más de 20 000 ha), lo cual facilitará el incremento de la diversidad de plantas a utilizar en los sistemas mencionados.

En correspondencia con los resultados de determinación de polimorfismo isoenzimático, se pudo constatar que los sistemas isoenzimáticos α y β esterasas fueron los más polimórficos (Wencomo *et al.*, 2011). El hecho de poder diferenciar la especie *L. leucocephala* de las demás, aunque no se lograra la diferenciación entre sus accesiones, constituye un valioso aporte a este tipo de estudio y al futuro del mejoramiento genético de las especies de este género. En el caso de las demás especies se observó similitud genética; sin embargo, ello también significó un paso de avance en el estudio genético y en la caracterización, aspecto que debe estar relacionado estrechamente con que la especie *L. leucocephala* ha sido objeto de diversos programas de mejoramiento con respecto a las demás y de las cuales existe poca información en este sentido, ya que según los reportes revisados solo se tienen en cuenta en dichos programas como progenitores.

Además, a través de este estudio se pudo descartar la posibilidad de que existieran genotipos duplicados, lo cual hubiese sido imposible de determinar a través de la caracterización y evaluación morfológica. Sin duda, sería importante realizar otros estudios, en los que se puedan utilizar otros sistemas isoenzimáticos, incorporando en lo posible técnicas mucho más polimórficas que permitan revelar la variación existente a nivel de ADN, como los microsatélites o AFLP, para ganar información acerca del grado de diversidad genética de esta muestra, así como estudiar la correlación del

polimorfismo isoenzimático con los marcadores moleculares y con los principales caracteres morfoagronómicos evaluados en estas especies.

Estos resultados se corresponden con el principio de que uno de los pasos más importantes e imprescindibles en un programa de investigación en pastos y forrajes lo constituye la introducción, caracterización, evaluación y selección de nuevas especies y accesiones que mejoren cuantitativa y cualitativamente las ya existentes, bien sean nativas, naturalizadas o introducidas»; además de poder incrementar la cantidad de ellas a utilizar en los sistemas pecuarios y en particular los silvopastoriles, por el consiguiente peligro que existe del ataque de un determinado insecto potencialmente plaga o enfermedad.

Otras especies evaluadas en el flujo varietal

La EEPFIH cuenta con un germoplasma de especies cespitosas formado por 12 accesiones de cuatro géneros (tabla 15), las cuales tienen como fin un uso ornamental, principalmente para jardines y campos de golf.

Tabla 15. Especies cespitosas estudiada

Género	Especie	Accesión
<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>	Tifdwarf
		Tifgreen 328
		Tifway 419
		Princess 77
		Sultan
		Sahara
		Southern Star
		Sundevil II
		Sall SN79BC
<i>Paspalum</i>	<i>vaginatum</i>	Salam Sea spray
<i>Zoysia</i>	<i>matrella</i>	-
<i>Stenotaphrum</i>	<i>secundatum</i>	-

Los resultados y el alcance del análisis a partir de caracteres cuantitativos y cualitativos, como el grosor del tallo, el color de la hoja, la longitud de la tercera hoja, el color del internodio, el ancho de la tercera hoja, los pelos en el haz, la longitud de la vaina de la tercera hoja, los pelos en el envés, la longitud de los internodios en los estolones, los pelos en el tallo, la longitud de la inflorescencia, el color de la vaina, el ancho de la inflorescencia, el tipo de lígula, el número de entrenudos, el número de raquis, la altura vegetativa y la altura reproductiva, posibilitaron confirmar la variabilidad de las especies en estudio; ello permite plantear que las accesiones cumplen con las características idóneas para la ornamentación y el fomento de áreas recreativas y deportivas, ya que se encuentran en los rangos establecidos.

Estas accesiones, sin lugar a duda, se pueden emplear para el fomento de diversas áreas, sobre la base de la variabilidad existente entre ellas; además, pueden presentar cualidades potenciales de adaptación a las diferentes labores fitotécnicas en dependencia del uso, ya sea en campos de golf, estadios o jardines (Olivera *et al.*, 2010).

Consideraciones finales

Es factible afirmar que la actividad de introducción y de mejora constituyen en la actualidad métodos de probada efectividad, los cuales se deben perfeccionar incesantemente a partir de las experiencias adquiridas, y dirigir su enfoque acorde con los cambios que se originan en la práctica productiva, tanto en la agricultura cubana como la que se practica en muchos países del área tropical, en el contexto de la llamada agricultura sostenible.

Esta actividad, y en particular aquella que se relaciona con la evaluación del material obtenido, deberá desarrollarse necesariamente a partir de las bases que rigen los complejos sistemas de producción y sus condiciones particulares; los criterios de la utilización de bajos insumos; el efecto del reciclaje de los nutrientes; la utilización de los árboles y el empleo de asociaciones o mezclas como exponentes de la biodiversidad.

Sin embargo, es indispensable no perder, en este sentido, la visión de los cambios que se están produciendo en el medioambiente, lo que reclama la adecuación de las especies y variedades con características adecuadas para estos cambios, es decir, con características probadas de resiliencia.

La introducción, como método de mejora de las variedades y los métodos clásicos de mejora genética y la biotecnología, no constituyen una exclusividad del cultivo de los pastos, hecho demostrado para la mayoría de las especies que de una forma u otra son importantes al hombre, sino instrumentos de posible generalización para cualquier cultivo útil a la sociedad y su desarrollo.

Referencias bibliográficas

- ALLARD, R. W. *Principles of plant breeding*. New York: John Wiley and Sons, 1960.
- MACHADO, R. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes* 34 (3):267-280, 2011.
- MACHADO, R. & OLIVERA, YUSEIKA. Evaluación de genotipos mejorados de *Panicum maximum* en condiciones de pastoreo simulado y sombra. *Pastos y Forrajes*. 27 (2):117-127, 2004.
- MACHADO, R. & SEGUÍ, ESPERANZA. Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*. 20 (1):1-19, 1997.
- MARTÍN, G. J.; NODA, YOLAI; PENTÓN, GERTRUDIS; GARCÍA, D. E.; GARCÍA, F. & GONZÁLEZ, E. *et al.* La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 30 (ne):3-19, 2007.
- OLIVERA, YUSEIKA; HERNÁNDEZ, L.; CRUZ, DIANA R.; RAMÍREZ, WENDY & LEZCANO, J. C. Caracterización morfo-botánica de accesiones de la especie *Cynodon dactylon*. *Pastos y Forrajes*. 33 (2):157-166, 2010.
- OLIVERA, YUSEIKA & MACHADO, R. Selección de accesiones de *Brachiaria* spp en suelos de mal drenaje y mediana fertilidad. *Pastos y Forrajes*. 27 (1):13-20, 2004.
- OLIVERA, YUSEIKA; MACHADO, R.; POZO, P. P. DEL; RAMÍREZ, J. & OLIVARES, J. Nota técnica: Persistencia del pastizal en una colección de *Brachiaria* spp. en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 31 (4):333-338, 2008.
- OLIVERA, YUSEIKA; MACHADO, R.; RAMÍREZ, J. & CEPERO, BÁRBARA. Evaluación de una colección de *Centrosema* spp en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 28 (2):99-105, 2005.
- OLIVERA, YUSEIKA; MACHADO, R.; RAMÍREZ, J.; POZO, P. P. DEL & CASTAÑEDA, LISSET. Caracterización morfológica de 19 accesiones de *Brachiaria brizantha* en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 37 (2):138-144, 2014.
- TORAL, ODALYS. *Selección de germoplasma arbóreo con potencial forrajero para la ganadería cubana*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2007.
- TORAL, ODALYS; REINO, J.; SANTANA, H. & CEREZO, Y. Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleifera* (Lam.) en condiciones de vivero. *Pastos y Forrajes*. 36 (4):409-416, 2013.

- VAVILOV, N. I. *Studies on the origin of cultivated plants*. Leningrado: Institut Botanique Appliqui Et d'Amlioration des Plantes, 1926.
- VAVILOV, N. I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica*. 13:1-364, 1951.
- WENCOMO, HILDA B. *Evaluación morfoagronómica e isoenzimática de accesiones de Leucaena spp. con fines silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2008.
- WENCOMO, HILDA B.; ÁLVAREZ, ALBA; COTO, O.; DÍAZ, MAYKELIS & ORTÍZ, R. Caracterización morfoagronómica e isoenzimática de 23 accesiones de *Leucaena* spp. *Pastos y Forrajes*. 34 (4):413-432, 2011.
- YEPES, S & ALFONSO, F. M. Algunos géneros forrajeros de Leguminosae de la América tropical. *Serie Técnico Científica A-3*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1973.

CAPÍTULO 3. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos

Juan José Paretas-Fernández¹ y Mirtha López-Gutiérrez²
Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA), Cuba
² SOCUP-ACPA, Cuba

Introducción

En la producción animal los alimentos cumplen un papel muy importante para la biología, la producción y la economía del sistema, teniendo en cuenta que:

- Influyen decisivamente en el desarrollo reproductivo del hato.
- Constituyen el eslabón principal en la producción final de leche y carne.
- Deciden sobre los costos de producción y la rentabilidad de la finca.
- Aportan el mayor porcentaje a la sustentabilidad de la finca.

En este sentido, se considera que las ventajas comparativas que posee la producción animal en áreas tropicales vienen dadas por la posibilidad de explotar eficientemente el alto potencial productivo y de utilización que poseen los pastos y forrajes; estas ventajas, a su vez, se ven favorecidas y potenciadas cuando las áreas ganaderas pueden disponer de una cubierta arbórea multipropósito (AMP), por su capacidad para aportar importantes beneficios biológicos, económicos y ambientales al suelo, al pastizal, a los animales y a la familia ganadera.

No obstante, estas ventajas rara vez son alcanzadas en la práctica comercial desarrollada en la mayoría de los países tropicales, donde aún resulta insuficiente la intensificación, la productividad y la calidad de las áreas dedicadas a la explotación de los pastos. Lo más común es encontrar áreas ganaderas con suelos desnudos y erosionados, una cubierta vegetal débil y poco productiva, y como resultado final una ganadería con bajos índices productivos y reproductivos, así como con baja competitividad o ninguna.

En ese sentido, en condiciones de sequía y salinidad se han propuesto diversas alternativas para la alimentación del ganado bovino, como la suplementación con ensilaje, forraje y heno, miel, urea, harina de pescado, harina de glycine, harina de forraje (Plaza *et al.*, 2011), concentrado de soya (Delgado *et al.*, 2011), entre otros. Se consideran plantas forrajeras las gramíneas, leguminosas y otras de utilidad en la alimentación animal, como algunos representantes de las familias Euphorbiaceae, Asteraceae, Solanaceae y Caprifoliaceae (Infante, 2013).

La importancia de los pastos tropicales, especialmente de las leguminosas para aumentar la producción de carne, fue señalada en Cuba desde 1969 (Snook, 1969) y gradualmente se ha profundizado en los estudios de esta temática sobre las asociaciones de gramíneas y leguminosas (Febles y Padilla, 1972; Febles, 1973), condiciones de corte y pastoreo, regionalización de los pastos (Paretas, 1990) y recuperación de pastizales (Padilla *et al.*, 2009). Sin embargo, se han reportado problemáticas en la introducción de algunas especies, sobre todo en condiciones de sequía y en algunos casos asociadas a la salinidad del suelo. No obstante, se requieren estudios detallados de la composición botánica de los pastizales, que permitan una evaluación real de estos para el consumo del ganado, más aún cuando los pastos tropicales en la época de sequía no satisfacen las necesidades de los animales para alcanzar ganancias importantes de peso vivo (Infante, 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, en Cuba se ha privilegiado la actividad de investigación-desarrollo (I+D) en la producción-utilización de gramíneas, leguminosas y plantas arbóreas, debido a que constituyen la principal base alimentaria para la producción animal.

Cuba ha desarrollado un excelente y bien dotado sistema de ciencia e innovación tecnológica, que le ha permitido enfrentar con éxito enormes retos impuestos por la política y la economía internacional, y también por los fenómenos meteorológicos comunes al área del Caribe.

En tal sentido, el primer centro de investigación creado (8 de marzo de 1962) por el Gobierno revolucionario (Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey) se dedicó a la ganadería bovina y más específicamente al estudio de los pastos y forrajes.

Posteriormente, en los años siguientes (1965-1969) fueron creados otros centros de I+D en ganadería (Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria e Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes) y en la agricultura (Suelos y Agroquímica; Sanidad Vegetal; Mecanización, etc.); también se crearon centros docentes (universidades, politécnicos y centros de capacitación) con vistas a apoyar el desarrollo del Plan Alimentario Nacional.

En los años 60 se desarrollaba la ganadería en forma extensiva en grandes latifundios, con pastos naturales y bajos insumos, la cual se dedicaba a la producción de carne con animales Cebú. A partir de 1960 se visualizó su transformación hacia una ganadería especializada en la producción intensiva de leche con animales Holstein y sus cruzamientos, que se desarrollaría en grandes empresas estatales y que tendría su base alimentaria en los pastos y forrajes cultivados. En menos de 20 años, el país logró intensificar la producción y alcanzó más de un millón de toneladas de leche por año, con lo que aumentó el consumo de productos lácteos en más de 100 kg/persona.

A partir de los años 90, este nivel de producción disminuyó en casi 50 %, como producto de una fuerte crisis económica. Entonces las grandes empresas ganaderas estatales fueron redimensionadas y se crearon cooperativas de menor tamaño pertenecientes a sus trabajadores; la producción lechera continuó siendo el objetivo primario, pero se le añadieron otros rubros agropecuarios, buscando valores agregados y la diversificación de la producción.

Transformar la ganadería extensiva y productora de carne de los años 60, en otra más intensiva, productiva y especializada en leche, y convertir esta última en una ganadería diversificada en medio de una fuerte y prolongada crisis económica, ha sido posible por el desarrollo de la ciencia y la técnica que dispone el país en el sector ganadero.

Este desarrollo posibilitó la creación, el análisis y la aplicación de una cuantiosa información obtenida por más de 30 años en todo país, que involucraba los principales elementos del sistema suelo-planta-animal; ello permitió clasificar los ecosistemas ganaderos cubanos y brindar múltiples opciones para utilizar las mejores especies y variedades (regionalización) de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos (AMP) adaptadas a los requerimientos naturales e impuestos por el sistema de explotación. Esta información ha servido como base para apoyar el cambio y las transformaciones aplicadas en los sistemas de explotación de la ganadería bovina en Cuba.

En este capítulo se ofrece información sobre los principios que rigen la selección de especies y variedades más adaptadas (regionalización) a las heterogéneas condiciones (ecosistemas) que prevalecen en las principales zonas comerciales de la ganadería cubana; estos principios pueden ser aplicados o adaptados en otros países de la región.

Ecosistemas ganaderos

Según reportes de Oquendo (2013), se ha demostrado que cualquier intento de contar con buenos pastizales para la crianza animal debe partir del principio de la adaptabilidad de las especies al medio, lo que se considera según Paretas (1990) y Ruiz (2007) como el criterio esencial para la difusión en un territorio específico. Para que esto sea posible es necesario un conocimiento profundo de los agroecosistemas ganaderos y de la flora forrajera natural y naturalizada predominante. Quebrantar este principio ha provocado errores costosos en muchos países, los cuales han sido recurrentes en el caso

particular de Cuba; con sensibles pérdidas económicas que se han manifestado, generalmente, en la poca persistencia de las especies establecidas y los consecuentes costos de reposición.

Contrariamente a otros cultivos que a lo largo y ancho del país se explotan en condiciones bastante homogéneas y con prácticas agro y fitotecnias muy similares que se han establecido en la cultura agropecuaria del país por decenas de años, la explotación de las áreas ganaderas tiene que enfrentar una infinita diversidad de condiciones que le impone el medio, la economía y el hombre.

Del medio, las condiciones del paisaje, el suelo y el clima resultan decisivas, y cuando son adversas pueden limitar el crecimiento y el desarrollo vegetal. La diversidad en la topografía y la altura del paisaje; las diferentes condiciones físicas, químicas y biológicas que puede presentar el suelo; y los extremos del clima vinculados a la lluvia, la temperatura y la intensidad luminosa, conforman una amplia diversidad de condiciones que pueden limitar el crecimiento y el desarrollo de la vegetación. La limitación depende del grado de adaptación que presenten las especies y variedades a los cambios que ocurren en los factores señalados y sus interacciones.

La disponibilidad y uso de los recursos, sobre todo los relacionados con la cantidad y calidad de los insumos con que se suple o enriquece la dieta animal o los que se aplican al suelo para su enmienda o enriquecimiento, inducen respuestas variables en la vegetación, la que también responde en diferente forma e intensidad a las labores de mecanización, aplicaciones de insecticidas y herbicidas, etc.

El hombre por su parte, según su grado de motivación, capacidad, sagacidad y dedicación, influye de manera diferente en la vegetación. Regularmente, todas las especies y variedades de gramíneas, leguminosas y arbóreas, cuando se utilizan solas y aún más cuando están asociadas, presentan un alto grado de susceptibilidad a los cambios que ocurren en la carga animal instantánea o permanente; al subpastoreo y el sobrepastoreo, al ciclo de rotación con los animales; los días de utilización y descanso de la vegetación, así como otros componentes del manejo, que en el sistema suelo-pasto-animal el hombre gobierna y administra con sus decisiones.

Una condición muy especial y compleja de la ganadería viene dada por la necesidad de sustentar, durante todo el año y en forma cotidiana, la alimentación de los animales con calidad, sobre todo cuando estos cubren sus diferentes requerimientos con la disponibilidad, oferta, calidad y utilización permanente de los productos de la finca.

Cuando la base alimentaria proviene de la finca (pastos, forrajes, árboles), lo más importante desde el punto de vista biológico, económico y social es el resultado de una combinación equilibrada de todos los factores que intervienen en el complejo suelo-planta-animal y que puede definirse como un ecosistema ganadero.

En el ecosistema inciden y se interrelacionan todos los factores que afectan la producción, utilización y permanencia de las especies vegetales y se diferencia de otros ecosistemas; ya sea por el suelo o el clima donde se explotan, por los insumos que se destinan al suelo o al animal, por el propósito con que se explotan y por la intensidad y la forma en que el hombre maneja los recursos naturales e introducidos en el sistema.

La caracterización del sistema mediante la valoración de los factores que influyen en la cadena (establecimiento-producción-utilización-mantenimiento de la cubierta vegetal), así como sus posibles interacciones, tiene una importancia vital para hacer productiva, permanente y racional la explotación de las áreas que se dedican a producir los alimentos.

En la tabla 1 se presentan algunos factores y sus diferentes variantes de intensificación, que aislados o en interacción pueden afectar el comportamiento productivo y la estabilidad de la composición florística del pastizal.

La heterogeneidad, la cuantía y el potencial de interacción de los factores antes señalados, pueden conformar una múltiple y complicada diversidad de ecosistemas; para dar una respuesta adecuada se requiere caracterizarlos y conocerlos en detalle; poseer y conocer la posible respuesta de una amplia colección de especies y variedades de gramíneas, leguminosas y árboles y de ellas seleccionar las

más aptas para producir y mantenerse en cada uno de los ecosistemas existentes; ese es el objetivo principal de la regionalización.

Tabla 1. Heterogeneidad de factores que actúan en una especie de pasto

Factor	Variante de intensificación	
	Corte	Pastoreo
Utilización		
Propósito	Forraje Heno Ensilaje	Leche Carne Cría
Frecuencia de explotación, días	45-90	21-35
Intensidad	Media-baja	Alta-media
Labores	Subsolar e intercalar	Chapear y segregar
Siega	Diferentes equipos y maquinarias	Diferentes animales y peso vivo
Suelos, tipos en uso agroproductivo	6-8 Bueno (1 y 2)	20-29 Mal y regular
Limitantes	Escasos	Numerosos
Necesidad de nutrientes	Alta	Media-baja
Relación NPK	4-1-2	8-1-2
Aplicación	Alta-media	Baja-nula
Pre-excreta	Se aplica (homogénea)	Se recircula (heterogénea)
Aporte de hojas y tallos	2-5	20-30

Regionalización

En Cuba se han desarrollado innumerables investigaciones con especies pratenses y forrajeras en las más disímiles condiciones ambientales, determinadas por los indicadores edáficos y climáticos de cada región, así como por el manejo y el grado de explotación a que han sido sometidas en cada lugar.

Uno de los trabajos más amplios fue el emprendido por el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, con el apoyo de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH) y el Instituto de Ciencia Animal (Paretas, 1990), el cual permitió determinar las bases técnicas que dieron lugar a la implementación de la primera y la segunda versión de la Metodología de Regionalización. Como parte de ese trabajo se tomó en consideración la respuesta de los pastos en 22 tipos de suelo de 11 agrupamientos genéticos, de acuerdo con la segunda clasificación genética de los suelos de Cuba de 1979, entre los que se encuentran los tipos Gley Oscuro Plástico, Gley Húmico Aluvial y Gley Cuar-cítico Concrecionario del agrupamiento Hidromórfico. Sin embargo, estos suelos solo representaron 6,1 % del área sujeta a investigación, por lo que se consideró pertinente la evaluación de un grupo de gramíneas y leguminosas en estos tipos de suelo, debido a la marcada representatividad que poseen en las áreas del país donde se encuentran ubicadas muchas de las empresas dedicadas a la ganadería o relacionadas con esta industria (Machado, 2006).

¿Qué es la regionalización?

Más que un concepto, es un método de trabajo basado en principios científico-técnicos, que puede permitir a los administradores de la finca ganadera —previo conocimiento de los factores de suelo, clima, propósito e intensidad de explotación y posibles insumos disponibles— seleccionar las especies y

variedades de gramíneas, leguminosas y arbóreas más apropiadas para sembrar en su área de acción, lo que posibilitaría utilizar con más productividad y eficiencia los recursos biológicos y económicos disponibles en cada momento; esto permite una mejor y más estable alimentación de los animales y, con ello, incrementar y hacer sustentables los indicadores productivos y reproductivos del ganado y de la finca.

Sin embargo, a pesar de la importancia de la regionalización y de que en la EEPFIH se cuenta con 1 373 accesiones de 158 especies, correspondientes a 51 géneros distribuidos en cuatro familias (Leguminosae, Poaceae, Euphorbiaceae y Asteraceae), con diferentes usos y aplicaciones (Ortiz, 2013), entre las que se encuentran pastoreo directo, corte y acarreo, control de la erosión, barreras vivas, entre otras, en la actualidad no se utilizan en el fomento de las áreas ganaderas, por lo que se recomienda poner esto en práctica en la brevedad posible. Es válido mencionar que según Machado (2013) del germoplasma anteriormente mencionado, la familia de las Leguminosae es la más representativa con 31 géneros (61 %), seguida de Poaceae con 17 géneros (33 %).

En la figura 1 se puede observar el área porcentual que ocupan los diferentes propósitos de producción de las tierras ganaderas y los tipos genéticos de suelos.

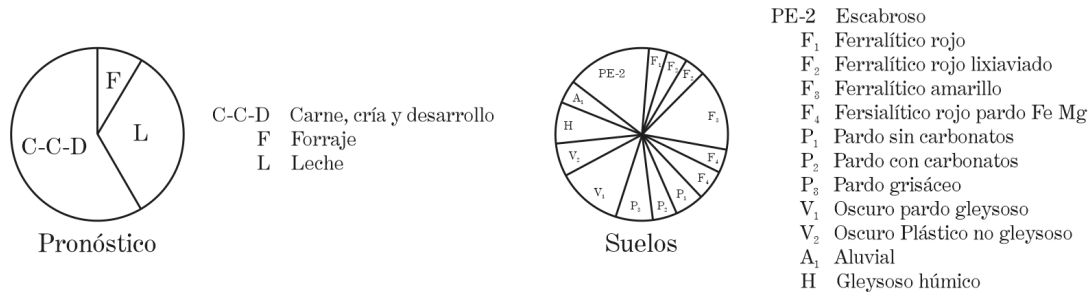


Fig. 1. Factores que componen los ecosistemas y frecuencia de repetición. Propósito y suelo.

En la figura 2 se muestran las áreas porcentuales correspondientes a la precipitación, el P, el K y el pH.

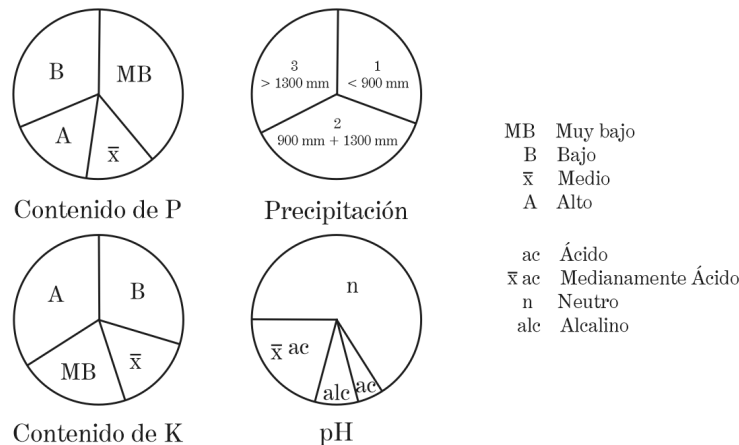


Fig. 2. Porcentaje de área nacional con diferentes niveles de P, K, pH y precipitación.

En la figura 3 se observan los porcentajes que ocupan los principales factores limitantes de los suelos en diferentes regiones de Cuba.

La interacción que producen los factores antes señalados aportó los elementos que permitieron categorizar los suelos dedicados a la ganadería en diferentes regiones del país (fig. 4); más de 60 % resultaron malos o muy malos.

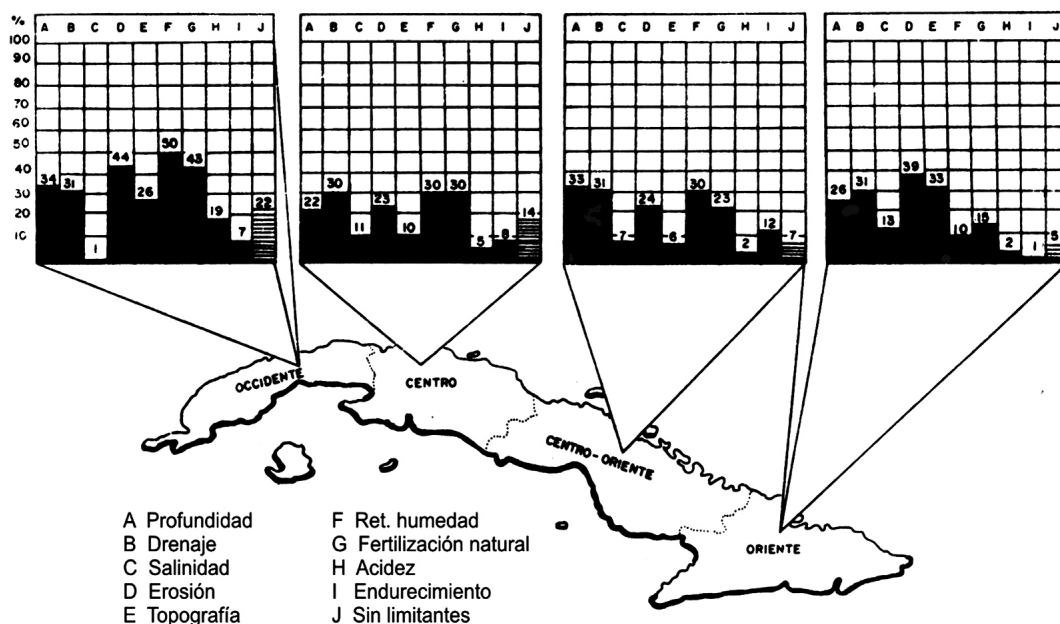


Fig. 3. Factores limitantes de los suelos por regiones.

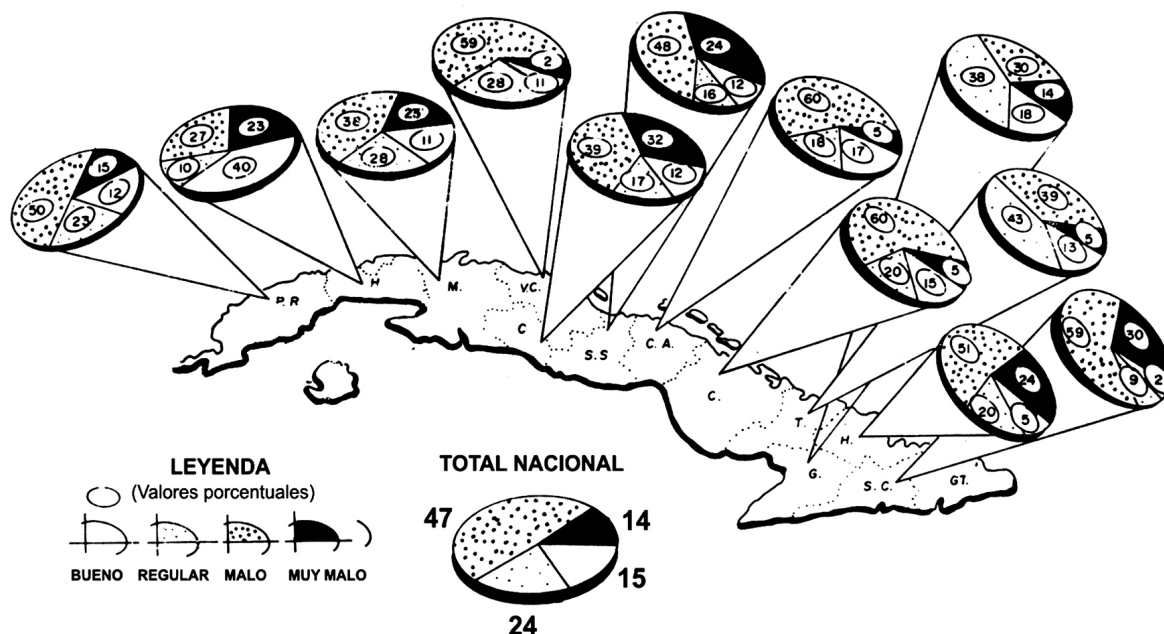


Fig. 4. Calidad de los suelos.

Aplicando los principios de la regionalización a las disímiles y difíciles condiciones que están presentes en las fincas ganaderas, se pueden encontrar múltiples soluciones mediante una amplia gama de especies y variedades que se adaptan, producen bien y pueden mantenerse en este medio con diferentes propósitos y grado de intensificación. Con ello, se puede determinar, en cualquier unidad pecuaria o finca ganadera, la estructura más adecuada de variedades para cada lugar. El Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes desde 1980 ha generado metodologías, perfeccionadas en 1985 con la primera «Metodología para la Regionalización de Pastos y Forrajes en Cuba» (Funes, 2006), que se continuaron con el libro «Ecosistema y Regionalización de Pastos» (Paretas, 1990) y mediante programas computadorizados se ha seguido profundizando en los múltiples factores que inciden en la adaptación regional de las especies forrajeras.

Regionalización de especies y variedades de gramíneas, leguminosas y árboles

A continuación, se ofrece la información sobre el grado de adaptación de 90 especies (26 gramíneas, 12 leguminosas y 52 árboles) en las diferentes condiciones que prevalecen en más de 80 % de las fincas ganaderas en Cuba. En las tablas 2-10 también se presentan los resultados y las respuestas validadas para los diferentes grupos de plantas.

Gramíneas

La descripción de las especies (I), suelos (II) y sus limitantes (III) y factores de manejo estudiados (IV) aparecen a continuación:

I. Especies y cultivares

- Andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth) cv. CIAT 621
- Bermuda [*Cynodon dactylon* (L) Pers.] cvs. Cruzada 1, 67, 68 y Costa
- Brachiaria [*Brachiaria purpurascens* (Henr.)], Blumea cv. Aguada
- Brachiaria (*Brachiaria decumbens* Staph) cv. CIAT 606
- Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) cvs. Biloela, Formidable y Verde Azul
- Caña (*Saccharum officinarum* L.)
- CRAAG (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. CRAAG-265
- Guinea (*Megathyrsus maximus* Jacqs.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs.cvs. Común, Likoni, Uganda, australiana y SIH-127
- King grass (*Pennisetum purpureum* Schum.)
- Pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) cvs. Común y PA-32
- Paraná [*Brachiaria purpurascens* (Henr.) Blumea]
- Pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) cvs. Panameño, jamaicano y Tocumen
- Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv. Callide
- Taiwan (*Pennisetum purpureum* Chuar.) cvs. 144 y 801-4

II. Agrupamientos y tipos de suelos estudiados

III. Factores limitantes

- Profundidad efectiva (Pf)
 - Buena (B): Pf > 30 cm
 - Mala (M): Pf < 30 cm
- Permeabilidad (Per)
 - Buena (B): Pe > 5 mm/h
 - Regular (R): Pe de 2 a 5 mm/h
 - Mala (M): Pe < 2 mm/h
- Erosión
 - Leve (L): pérdida de 0-25 % horizonte A
 - Media (M): pérdida de 50-100 % horizonte A
 - Alta (A): pérdida de 100 % horizonte A

- Mecanización (M)
 - Conjuga aspectos de jocosidad, pedregosidad, hardpan, gravilla, erodabilidad, etc.
 - B: Mecanizable
 - R: Medianamente mecanizable
 - M: No mecanizable
- Fertilidad natural (FN)
 - Relaciona cantidad, disponibilidad y relación entre nutrientes y características de textura.
 - Alta: 7-8 t de MS /ha sin uso de abonos
 - Media: 5-6 t de MS /ha sin uso de abonos
 - Baja: 2-4 t de MS /ha sin uso de abonos
- Grado de pH (pH)
 - Muy ácido (2 A): < 5,5
 - Ácido (A): 5,5-6,5
 - Neutro (N): 6,6-7,5
 - Básico (B): > 7,5
- Salinidad (S)
 - Poco salino (Ps): < 2 000 ppm
 - Salino (S): 2-4 000 ppm
 - Muy salino (Ns): 4-5 000 ppm
- Pendiente (Pen)
 - Leve (L): > 8 %
 - Regular (R): 8-16 %
 - Mucha (M): > 16 %
- IV. Factores de manejo
 - Se escogieron los que más afectan la producción y persistencia de los pastizales.
- Utilización y producción de:
 - Forraje verde (FV)
 - Heno (H)
 - Ensilaje (E)
 - Leche (L)
 - Carne (C)
 - Cría (CR)
- Intensidad de explotación (IE)
 - Alta en primavera (Ap): 3,0-4,0 UA/ha
 - Media en primavera (Xp): 2,0-3,0 UA/ha
 - Media en época de sequía (Xs): 1,6-2,4 UA/ha
 - Baja en época de sequía (Bs): 1,0-1,5 UA/ha
- Necesidad de fertilizantes (NPK-oriexcreta) (NF)
 - Alta > 5 aplicaciones/año (160-240 kg de N/ha)
 - Media 3-4 aplicaciones/año (120-160 kg de N/ha)
 - Baja 1-2 aplicaciones/año (< 80 kg de N/ha)

- Respuesta al fertilizante (RF)

Alta (A)

Media (X)

Baja (B)

- Respuesta al riego (Rr)

Alta (A)

Media (M)

Baja (B)

Las respuestas y diferentes opciones para seleccionar especies de gramíneas a diferentes tipos de suelos, factores limitantes y de manejo, aparecen en las tablas 2, 3 y 4.

Leguminosas

Las especies y los cultivares recomendados para regionalizar (I), los suelos (II), factores limitantes (III) y de manejo (IV), aparecen a continuación:

I. Especies y cultivares

- Alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. Gilboa
- Centro (*Centrosema pubescens* Benth) cvs. CIAT -438 y Villanueva
- Centro (*Centrosema brasilianum*) cv. CIAT -5234
- Conchita (*Clitoria ternatea* L.) cv. Clara
- Dolichos (*Lablab purpureus* (L.) Sweet) cv. Rongai
- Glycine (*Neonotonia wightii* Lackey) cv. Tinaroo
- Kudzu (*Pueraria phaseoloides* Benth) cv. CIAT-9900
- Leucaena [*Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt] cvs. Ipil Ipil, Perú y Cunningham
- Siratro [*Macroptilium atropurpureum* (D.C.) Urb] cv. Siratro
- Stylo (*Stylosanthes guianensis* Swartz) cvs. CIAT-136 y 184
- Teramnus [*Teramnus labialis* (L.F.) Spreng] cv. Semilla Clara

II. Suelos

Agrupamiento: Tipos

Ferralíticos: F1, F2 y F3

Fersialíticos: F4

Pardos: P1, P2 y P3

Vertisoles: V1

Hidromórficos: H1

Aluvial: A1

Poco evolucionado: PE-2

Tabla 2. Factores a tener en cuenta para regionalizar las gramíneas. I. Tipos de suelo

Especie	F1	F2	F3	F4	P1	P2	P3	H1	V1	H1	S1	A1	PE1	PE2
Andropogon	B	-	B	B	-	R	M	M	M	M	R	M	B	B
Bermuda cruzada-1	M	B	R	B	R	R	M	M	B	M	R	B	M	M
Bermuda 67	B	B	R	B	B	B	M	R	M	-	-	B	M	M
Bermuda 68	B	B	R	B	B	B	M	R	R	-	-	B	M	M
Brachiaria de costa	R	-	B	-	-	R	M	B	B	B	B	B	M	R
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Aguada	B	B	R	-	B	-	B	B	M	M	-	M	M	M
<i>Brachiaria decumbens</i> 606	B	B	R	B	B	-	B	-	B	-	-	B	-	R
Buffel biloela	R	B	R	B	B	B	R	M	R	B	-	B	B	R
Buffel formidable	B	-	R	B	B	B	B	M	R	B	-	B	B	R
Buffel verde azul	B	-	R	B	B	B	R	M	R	B	-	B	B	R
Caña de azúcar	B	-	-	B	B	B	B	-	B	-	-	B	M	M
CRAAG-265	R	B	R	B	M	-	B	R	-	-	-	R	M	M
Estrella jamaicano	R	B	B	-	B	B	R	B	B	B	R	B	R	M
Estrella panameño	R	B	R	B	-	B	R	B	B	R	R	R	R	M
Estrella tocumen	-	-	-	B	-	B	R	B	-	-	-	-	R	M
Guinea australiana	-	-	R	B	B	B	R	R	-	R	M	-	-	-
Guinea común	B	-	M	B	B	B	R	R	B	R	-	R	B	B
Guinea likoni	B	B	R	B	B	B	R	R	B	R	M	B	B	B
Guinea SIH-127	R	-	R	B	B	B	R	R	-	-	M	-	-	-
Guinea uganda	B	R	B	B	B	B	-	-	-	M	M	B	-	B
King grass	R	B	B	B	B	-	B	R	-	-	-	R	M	M
Pangola común	R	R	R	R	-	B	-	B	R	R	R	B	M	R
Pangola PA-32	R	B	R	B	B	M	M	B	R	B	B	R	M	M
Paraná	M	M	-	-	M	R	-	R	B	B	-	B	M	M
Rhodes callide	B	-	R	B	-	B	B	M	R	B	R	B	B	B
Taiwán 144	R	B	R	R	B	-	M	R	-	-	-	R	M	M
Taiwán 801-4	R	B	R	R	B	-	B	R	-	-	-	R	M	M

Leyenda: B-Bueno R-Regular M-Malo -No estudiado

Tabla 3. Factores a tener en cuenta para regionalizar las gramíneas. II. Factores limitantes

Especie	Pf		Per.			Pen.			E			M			FN			pH				S		
	B	M	B	R	M	L	R	M	L	M	A	B	R	M	A	M	B	2A	A	N	B	Ps	S	Ms
Andropogon	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	-	-
Bermuda cruzada-1	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	x	-	-
Bermuda 67	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-
Bermuda 68	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-
Bermuda de costa	x	x	-	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	x	x	-	-	x	x	x	x	-
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Aguada	x	-	-	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-
<i>Brachiaria decumbens</i> 606	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
Buffel biloela	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x	-
Buffel formidable	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x	-
Buffel verde azul	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	-	x	x	x	-	-
Caña de azúcar	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-	x	x	-	-	-
CRAAG-265	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-	-
Estrella jamaicano	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x	x	x	x	x	-
Estrella panameño	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x	x	x	x	x	-
Estrella tocumen	x	x	-	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	-	-
Guinea australiana	x	-	x	-	-	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	-	-	x	x	-	-	-
Guinea común	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	-	-
Guinea likoni	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	-	-
Guinea SIH-127	x	-	x	-	-	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	-	-	x	x	-	-	-
Guinea uganda	x	-	x	-	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	-	x	-	x	-	-
King grass	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	x	-	-
Pangola común	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	-	-
Pangola PA-32	x	-	x	x	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	-	-
Paraná	x	-	-	-	x	x	x	-	x	-	-	x	x	-	-	x	x	x	-	x	x	-	-	-
Rhodes callide	x	-	x	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	-	-	x	x	x	x	-
Taiwán 144	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-	-
Taiwan	x	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-	-

Leyenda: x-se adapta -No es conveniente

Tabla 4. Factores a tener en cuenta para regionalizar las gramíneas. III. Factores de manejo

Especie	Utilización						IE				NF			RF			Rr			Ass	
	FV	H	E	L	C	CR	Ap	Xp	Xs	Bs	A	M	B	A	X	B	A	M	B	M	P
Andropogon	x	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-	x	x	-	-	-	x	-	x	-
Bermuda cruzada	x	x	x	x	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	x	-	x	x	-	-	x
Bermuda 67	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x
Bermuda 68	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x
Bermuda de costa	x	x	-	-	x	x	x	-	x	-	-	x	x	-	x	-	-	x	x	-	x
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Aguada	x	-	x	x	x	x	-	x	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x
<i>Brachiaria decumbens</i> 606	x	-	-	x	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-
Buffel biloela	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	x	x	x	-	-	x	-	-	-
Buffel formidable	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	x	x	x	-	-	x	-	-	-
Buffel verde azul	x	x	x	x	x	x	-	x	-	x	-	x	x	-	x	-	-	-	x	-	-
Caña de azúcar																					
CRAAG 265	x	-	x	x	-	-	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-
Estrella jamaicano	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x
Estrella panameño	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x
Estrella tocumen	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	x	-	-	-	x
Guinea australiana	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	x	x	x	-	-	x	-	x	-
Guinea común	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	-	x	-
Guinea likoni	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x
Guinea SIH-127	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	x	-	x	-	-	x	-	-	x
Guinea uganda	x	-	x	x	-	-	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-
King grass	x	-	x	x	-	-	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-
Pangola común	x	x	x	x	x	x	-	x	-	x	-	x	x	-	x	-	-	-	x	-	x
Pangola PA-32	x	x	x	x	x	x	-	x	-	x	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x
Paraná	x	-	-	-	x	x	-	x	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-	x	-	x
Rhodes callide	x	x	x	x	-	x	-	x	x	-	-	x	-	x	x	-	x	-	-	x	-
Taiwán-144	x	-	-	x	-	-	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-
Taiwán 801-4	x	-	x	x	-	-	x	-	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x

Leyenda: x-Bueno -No es conveniente

III. Factores limitantes

Se estudiaron los 8 grupos de factores limitantes que se mencionan para las gramíneas.

IV. Factores de manejo

A diferencia de las gramíneas, se introducen los factores banco de proteína y asociada, como las vías idóneas para explotar este grupo.

1. Utilización

- Forraje verde (FV)
- Heno (H)
- Ensilaje (E)
- Banco de proteína (BP)
- Asociada (ASS)

2. Intensidad de explotación

- Alta en primavera (Ap): 2,0-2,5 UA/ha
- Media en primavera (Xp): 1,5-2,0 UA/ha
- Media en seca (Xs): 1,5-1,8 UA/ha
- Baja en seca (Bs): 1,0-1,5 UA/ha

3. Necesidad de fertilizantes (solamente el P)

- Alta > 50 kg cada 2 años
- Baja < 50 kg cada 2 años

4. Respuesta al fertilizante

- No se evalúa por falta de información

Los factores a tener en cuenta para la regionalización de las leguminosas aparecen en las tablas 5, 6 y 7.

Árboles multipropósito (AMP)

Uno de los principales problemas que presentan las áreas ganaderas en los países tropicales es la falta de plantas arbóreas. Las grandes sabanas desprovistas de árboles están sometidas a los extremos climáticos, que inducen grandes pérdidas en los recursos agua, suelo y vegetación, además de afectar el confort de los animales y a la familia ganadera.

La arborización de las fincas ganaderas con árboles de uso múltiple posibilita disponer de más y mejor alimento y bienestar para los animales, fundamentalmente en la época de bajas precipitaciones y altas temperaturas, lo que mejora los indicadores productivos y reproductivos del ganado. La posibilidad de producir valores agregados y mejorar el medio ambiente y los recursos naturales en general, incrementa paulatinamente el nivel económico de la finca y la vida material y espiritual de los ganaderos y su familia.

Tabla 5. Factores a tener en cuenta para regionalizar las leguminosas. III. Factores de manejo

Especie	F1	F2	F3	F4	P1	P2	P3	V1	H1	A1	PE-2
<i>Medicago sativa</i>	B	-	-	-	-	B	R	-	B	B	-
<i>Centrosema. pubescens</i>	-	R	B	B	B	M	B	B	-	B	R
<i>Centrosema. brasilianum</i>	-	R	B	B	B	M	B	B	-	B	R
<i>Centrosema. macrocarpum</i>	-	R	B	B	B	M	B	B	-	B	R
<i>Clitoria ternatea</i>	B	R	-	R	B	B	R	-	B	B	M

Especie	F1	F2	F3	F4	P1	P2	P3	V1	H1	A1	PE-2
<i>Lablab purpureus</i>	B	-	B	B	B	B	B	-	B	R	-
<i>Neonotonia wightii</i>	B	-	M	B	B	B	B	B	B	B	B
<i>Pueraria phaseoloides</i>	R	R	B	B	R	R	M	M	-	R	B
<i>Leucaena leucocephala</i>	B	-	B	B	B	B	R	B	R	B	R
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	B	M	M	R	R	B	B	M	R	R	R
<i>Stylosanthes guianensis</i>	R	B	B	B	B	R	B	M	M	M	R
<i>Teramnus labialis</i>	R	B	B	B	B	R	R	B	B	B	M

Leyenda: B-Bueno R-Regular M-Malo -No es conveniente

Un AMP, para integrarse a la finca, debe presentar las características siguientes:

- Establecimiento rápido
- Rebrote seguro
- Mantener el follaje por largo tiempo
- Tronco recto
- Copa redonda y prolífera
- Raíces geotróficas
- Cantidad de vainas o frutos
- Sin espinas o muy escasas
- Uso múltiple: fijar nitrógeno, melífera, frutal, maderable, otros

Las especies seleccionadas deben reaccionar bien al manejo de la finca; ser capaces de compartir agua y nutrientes con los pastos; mantener y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, y mejorar el medioambiente y el paisaje de la finca, entre otros propósitos.

La respuesta de los AMP a diferentes tipos de suelos, factores limitantes y de manejo y los múltiples usos que poseen, aparecen en las tablas 8, 9 y 10.

Tabla 6. Factores a tener en cuenta para regionalizar las leguminosas. I. Tipos de suelo

Especie	Pf		Per			Pen			E			M			FN		pH				S			
	B	M	B	R	M	L	R	M	L	M	A	B	R	M	A	M	B	2A	A	N	B	Ps	S	MS
<i>Medicago sativa</i>	x	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	x	x	x	x	-
<i>Centrosema pubescens</i>	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	-	-	-	-	-	-
<i>Centrosema brasilianum</i>	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	x	x	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Centrosema macrocarpum</i>	x	x	-	x	x	-	x	-	x	x	-	-	x	x	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Clitoria ternatea</i>	x	x	x	-	-	x	x	-	x	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	x	x	-
<i>Lablab purpureus</i>	x	-	x	x	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	-	-	x	x	-	x	-	-
<i>Neonotonia wightii</i>	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	x	-	x	-	-
<i>Pueraria phaseoloides</i>	x	x	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	x	x	x	-	-	-	-	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	x	-	x	-	-	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-

Especie	Pf		Per			Pen			E			M			FN			pH				S		
	B	M	B	R	M	L	R	M	L	M	A	B	R	M	A	M	B	2A	A	N	B	Ps	S	MS
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	x	x	x	-	-	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	x	-	x	-	-
<i>Stylosanthes guianensis</i>	x	x	x	x	-	x	x	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-
<i>Teramnus labialis</i>	x	x	x	x	-	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	-	-

Leyenda: X-se adapta -No es conveniente

Tabla 7. Factores a tener en cuenta para regionalizar las leguminosas. II. Factores limitantes

Especie	Utilización					IE				NF	
	FV	H	E	BP	Ass	Ap	Xp	Xs	Bs	A	B
<i>Medicago sativa</i>	x	x	-	-	-	-	x	a	-	x	-
<i>Centrosema pubescens</i>	-	-	-	x	x	x	-	-	x	-	x
<i>Centrosoma brasilianum</i>	-	-	-	x	x	x	-	-	x	-	x
<i>Centrosema macrocarpum</i>	-	-	-	x	x	x	-	-	x	-	x
<i>Clitoria ternatea</i>	x	-	-	x	x	x	-	-	x	-	x
<i>Lablab purpureus</i>	x	-	x	x	x	-	x	-	x	x	-
<i>Neonotonia wightii</i>	x	x	x	x	x	-	x	x	-	x	-
<i>Pueraria phaseoloides</i>	-	x	-	x	x	x	-	-	x	-	x
<i>Leucaena leucocephala</i>	x	-	-	x	x	x	-	x	-	-	x
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	-	-	-	x	x	-	x	-	x	-	x
<i>Stylosanthes guianensis</i>	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	x
<i>Teramnus labialis</i>	-	-	-	x	x	-	x	-	x	-	x

Leyenda: X-Buena

Especies forrajeras multipropósito

A continuación, se ofrecen diferentes opciones para los productores de Centroamérica acerca de 16 gramíneas, 13 leguminosas herbáceas, seis leguminosas arbustivas y otras tres especies de interés, las cuales pueden ser utilizadas en las condiciones de explotación que han sido descritas, o en diferentes zonas de Cuba u otras regiones tropicales (Peters *et al.*, 2003).

Tabla 8. Árboles multipropósitos para ecosistemas ganaderos. Suelos

No.	Árboles multipropósitos	F 2 y 3	F1 y 2	P2 y 3	P1	PE1 y 2	F4	Vr	S1	Hr	Ar
1	Aguacate	x	x	x	x						x
2	Algarrobo	x	x	x	x		x				x
3	Algarrobo de olor										
4	Almácigo	x	x		x	X	x	x			x
5	Almendra	x		x		X	x		x		
6	Anón		x		x						x
7	Ateje	x	x	x	x	X	x			x	x

No.	Árboles multipropósitos	F 2 y 3	F1 y 2	P2 y 3	P1	PE1 y 2	F4	Vr	S1	Hr	Ar
8	Ateje costa	x		x		x	x		x		x
9	Baría	x	x	x	x						x
10	Bienvestido	x	x	x	x	x	x	x			x
11	Bucare	x	x		x	x					
12	Caimito	x	x	x	x	x		x			x
13	Caoba	x	x	x	x	x		x			x
14	Cambrón	x	x		x	x	x				
15	Cañandonga	x		x		x	x				
16	Cedro	x	x	x	x	x					x
17	Chirimoya		x		x			x			x
18	Ciruela	x		x		x	x				x
19	Coco	x	x	x	x	x	x	x		x	
20	Eucalipto	x		x		x	x				
21	Framboyán		x		x						x
22	Guáimaro		x	x	x		x				x
23	Guamá					x		x		x	x
24	Guanábana		x		x			x			x
25	Guásima		x	x	x		x				x
26	Guasimilla	x	x	x	x	x	x				
27	Guayaba	x	x	x	x	x	x				x
28	Güira cimarrona	x		x		x	x		x	x	x
29	Güira		x	x	x			x		x	x
30	Jobo		x		x			x		x	x
31	Leucaena		x	x	x		x	x			x
32	Limón	x	x	x		x	x				x
33	Majagua		x	x		x	x				x
34	Mamey		x	x	x		x				x
35	Mamoncillo	x	x	x	x		x	x			x
36	Mango		x	x							x
37	Marañón	x	x				x				x
38	Naranja	x	x		x	x		x			
39	Nim	x	x	x	x		x	x			x
40	Níspero	x	x		x	x	x				
41	Ocuje		x	x	x		x	x		x	x
42	Oreja judío		x	x	x	x					x
43	Palma	x		x		x	x				
44	Palma real		x		x		x	x			x
45	Paraíso	x	x	x	x	x	x	x			x
46	Piñón pito										
47	Ramón caballo										
48	Roble		x		x	x	x				x
49	Tamarindo		x		x			x	x	x	x

No.	Árboles multipropósitos	F 2 y 3	F1 y 2	P2 y 3	P1	PE1 y 2	F4	Vr	S1	Hr	Ar
50	Teca										
51	Toronja	x	x			x	x				
52	Yaba		x		x	x	x				

Tabla 9. Árboles multipropósitos para ecosistemas ganaderos. Suelos

No.	Árboles multipropósitos	Pf	Dr	Ms	S	Ac	N y G	Pv	E	CR	CL
1	Aguacate	x	x	x	x			x		x	
2	Algarrobo	x	x	x			x	x		x	
3	Algarrobo de olor										
4	Almácigo	x	x	x					x	x	
5	Almendra	x	x				x	x			x
6	Anón		x		x		x	x		x	
7	Ateje	x	x	x			x		x	x	
8	Ateje costa		x				x			x	x
9	Baría	x	x				x	x			
10	Bienvestido		x	x							
11	Bucare	x	x	x	x			x	x		
12	Caimito	x	x	x			x			x	
13	Caoba	x	x					x			x
14	Cambrón	x	x				x	x	x	x	
15	Cañandong						x			x	
16	Cedro	x	x					x	x		x
17	Chirimoya	x	x				x	x			x
18	Ciruela		x		x				x	x	
19	Coco		x			x		x			
20	Eucalipto	x	x				x	x		x	
21	Framboyán	x			x		x	x		x	
22	Guáimaro	x	x				x				x
23	Guamá	x			x		x				x
24	Guanábana	x	x	x	x		x	x		x	
25	Guásima	x	x	x							
26	Guasimilla	x	x	x							
27	Guayaba		x		x		x	x		x	
28	G. cimarrona						x			x	
29	Güira	x		x			x		x		x
30	Jobo			x					x	x	
31	Leucaena	x	x		x	x	x	x			x
32	Limón		x		x			x		x	
33	Majagua	x	x	x	x		x	x		x	
34	Mamey	x	x	x			x	x			x
35	Mamoncillo	x		x			x			x	
36	Mango	x	x		x		x	x		x	
37	Marañón			x			x	x			x

No.	Árboles multipropósitos	Pf	Dr	Ms	S	Ac	N y G	Pv	E	CR	CL
38	Naranja		x		x			x		x	
39	Nim			x	x		x	x			x
40	Níspero	x	x	x			x	x		x	
41	Ocuje	x		x			x	x			x
42	Oreja judío	x		x				x		x	
43	Palma				x		x				x
44	Palma real	x		x			x	x			x
45	Paraíso	x		x	x			x		x	
46	Piñón pito								x	x	
47	Ramón caballo										
48	Roble	x	x	x				x		x	
49	Tamarindo		x			x	x	x			x
50	Teca	x									
51	Toronja				x			x		x	
52	Yaba	x	x		x		x	x		x	

Pf: Profundidad total; Ny G: Siembra natural y gámica; Dr: Drenaje; Pv: Plantas de vivero; Ms: Manto freático superficial; E: Esquejes; S: Salinidad; Cr: Crecimiento rápido; Ac: Acidez; CL: Crecimiento medio lento

Tabla 10. Árboles multipropósitos para ecosistemas ganaderos. Usos

No.	Árboles multipropósitos	F	S	C	N	Ft	MB	MA	ME	O	MD
1	Aguacate		x			x					x
2	Algarrobo	x	x		x	x	x	x	x	x	
3	Algarrobo de olor		x		x						
4	Almácigo	x		x			x	x		x	x
5	Almendra		x			x		x		x	x
6	Anón					x					x
7	Ateje					x		x	x		x
8	Ateje costa					x		x	x		x
9	Baría		x			x	x		x	x	x
10	Bienvestido	x	x	x	x			x	x	x	x
11	Bucare	x	x	x	x						
12	Caimito		x			x		x			
13	Caoba		x				x		x		x
14	Cambrón	x				x		x			
15	Cañandonga		x		x	x		x	x	x	
16	Cedro		x				x		x		x
17	Chirimoya					x					

No.	Árboles multipropósitos	F	S	C	N	Ft	MB	MA	ME	O	MD
18	Ciruela			x		x		x			
19	Coco					x		x	x	x	x
20	Eucalipto							x	x		x
21	Framboyán		x		x			x	x	x	
22	Guáimaro	x	x	x				x		x	x
23	Guamá				x			x			x
24	Guanábana					x					
25	Guásima	x	x			x		x			x
26	Guasimilla							x			
27	Guayaba		x			x		x	x		x
28	G. cimarrona		x			x		x	x		x
29	Güira					x		x	x		x
30	Jobo	x	x	x		x		x			x
31	Leucaena	x	x	x	x	x		x			
32	Limón					x			x		x
33	Majagua						x		x	x	x
34	Mamey					x		x	x		x
35	Mamoncillo		x			x		x	x		
36	Mango		x			x			x		
37	Marañón			x		x		x	x		
38	Naranja					x			x		x
39	Nim		x	x				x	x	x	x
40	Níspero		x			x	x				x
41	Ocuje							x		x	x
42	Oreja judío		x				x		x		
43	Palma		x			x		x	x	x	x
44	Palma real		x			x		x	x	x	x
45	Paraíso		x				x		x	x	x
46	Piñón pito	x	x	x	x				x		
47	Ramón caballo										
48	Roble		x				x		x	x	
49	Tamarindo		x		x	x	x		x	x	

No.	Árboles multipropósitos	F	S	C	N	Ft	MB	MA	ME	O	MD
50	Teca						x				
51	Toronja					x					
52	Yaba		x				x				x

F: Forraje; N: Fijación de nitrógeno; MA: Madera; MD: Medicinal; S: Sombra; Ft: Fruta; ME: Melífera; C: Cerca; MB: Madera buena; O: Ornamental

Tabla 11. Adaptación biofísica de especies forrajeras

Nombre científico	Adaptación al pH	Fertilidad de suelo	Drenaje	Altura	Precipitación	Sequía	Sombra
Gramíneas							
<i>Andropogon gayanus</i>	4,0-7,5	B-M	BD	0-1 300	700-3 000	xx	x
<i>Brachiaria brizantha</i>	4,0-8,0	M-A	BD	0-1 800	1 000-3 500	xx	x
<i>Brachiaria decumbens</i>	3,8-7,5	B	BD	0-1 800	1 000-3 500	x	-
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	3,5-6,0	B	BD	0-1 800	1 200-3 500	xx	x
<i>Brachiaria humidicola</i>	3,5-6,0	B	BD	0-1 800	1 000-4 000	x	x
<i>Brachiaria híbrido</i>	4,5-8,0	M	BD	0-1 800	1 000-3 500	xxx	-
<i>Cynodon plectostachyus</i>	4,5-8,0	M-A	BD	0-2 000	800-3 500	x	x
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	4,5-8,0	M-A	BD	0-2 000	800-3 500	x	x
<i>Dichanthium aristatum</i>	4,5-8,0	M	BMD	0-1 400	> 800	xx	-
<i>Echinochloa plystachya</i>	4,5-8,0	M-A	MD	0-1 000	> 1 900	-	-
<i>Hyparrhenia rufa</i>	4,5-8,0	B-M	BD	0-2 000	700-3 000	-	-
<i>Megathyrsus maximus</i>	5,0-8,0	M-A	BD	0-1 500	1 000-3 500	xx	x
<i>Paspalum atratum</i>	4,0-8,0	M-B	MD	0-1 500	> 1 000	x	x
<i>Pennisetum hybridum</i> (king grass)	4,5-7,0	A	BD	0-2 300	800-4 000	x	-
<i>Pennisetum purpureum</i> (elefante enano)	4,5-7,0	A	BD	0-2 300	800-4000	x	-
<i>Saccharum officinarum</i>	5,5-7,5	M-A	BD	0-2 000	800-2 000	-	-
Leguminosas herbáceas							
<i>Arachis pintoi</i>	3,5-8,0	M-A	BD	0-1 800	> 1 200-<3 500	-	xx
<i>Canavalia brasiliensis</i>	4,3-8,0	B	BD	0-1 000	1 000-2 500	x	x
<i>Canavalia ensiformis</i>	4,3-8,0	B	BMD	0-900	900-1 200	x	x
<i>Centrosema plumieri</i>	4,5-7,0	B	MD	0-1 100	700-3 000	x	x
<i>Centrosema pubescens</i>	4,5-7,0	B-M	MD	0-1 700	1 000-1 750	x	x
<i>Clitoria ternatea</i>	4,5-8,7	B	BD	0-2 000	400-2 500	xx	x
<i>Desmodium heterocarpon</i>	4,0-7,0	B	MD	0-1 800	> 2 000	x	xx
<i>Lablab purpureus</i>	4,5-8,0	B-A	BD	0-2 100	700-2 500	xx	-
<i>Mucuna pruriens</i>	5,5-8,0	M-A	BD	0-1 600	1 000-2 500	-	-

Nombre científico	Adaptación al pH	Fertilidad de suelo	Drenaje	Altura	Precipitación	Sequía	Sombra
<i>Pueraria phaseoloides</i>	3,5-5,5	M-A	BMD	0-1 600	> 1 500	x	xx
<i>Stylosanthes guianensis</i>	3,5-6,5	B	BD	0-1 200	1 000-2 500	x	-
<i>Vigna radiata</i>	5,0-7,0	B	BD	0-1 850	600-1 800	-	-
<i>Vigna unguiculata</i>	4,0-8,0	B-A	BD	0-1 600	700-2 000	-	-
Leguminosas arbustivas							
<i>Cajanus cajan</i>	5,4-8,4	B	BD	0-2 000	> 700	xx	-
<i>Calliandra calothyrsus</i>	3,8-7,5	B	BD	0-2 000	1 000-4 000	x	-
<i>Cratylia argentea</i>	3,8-6,0	B	BD	0-1 200	1 000-4 000	xxx	-
<i>Flemingia macrophylla</i>	3,8-8,0	B	MD	0-2 000	1 000-3 500	xxx	-
<i>Gliricidia sepium</i>	5,0-8,0	B-M	BD	0-1 600	800-2 300	xx	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	5,2-8,0	M	BD	0-1 800	> 750	xx	-
Otras especies de interés							
<i>Digitaria swazilandensis</i>	5,5-6,5	M-A	BD	0-1 000	> 1 000	x	-
<i>Ischaemum indicum</i>	4,0-8,0	M-A	BMD	0-1 000	> 1 000	x	-
<i>Tithonia diversifolia</i>	4,5-8,0	B-M	BD	0-2 500	800-5 000	x	-

Fertilidad: B: Baja; A: Alta; M: Media
Drenaje: BD: Buen drenaje; MD: Mal drenaje; BMD: Moderado
Sequía/sombra: x: Grado de tolerancia; -: No tolera
Fuente: Peters *et al.* (2003)

Tabla 12. Uso de especies forrajeras

Nombre científico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gramíneas												
<i>Andropogon gayanus</i>		++										
<i>Brachiaria brizantha</i>	++	+++		+						+	+	
<i>Brachiaria decumbens</i>		+++										
<i>Brachiaria dictyoneura</i>		+++					++					
<i>Brachiaria humidicola</i>		+++					++					
<i>Brachiaria híbrido</i>	+	+++								+	+	
<i>Cynodon plectostachyus</i>	++	+++					++					
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	++	+++					++					
<i>Dichanthium aristatum</i>		+++										
<i>Echinochloa plystachya</i>		++										
<i>Hyparrhenia rufa</i>		++										
<i>Panicum maximum</i>	+	+++		+						+	+	
<i>Paspalum atratum</i>		+++		++								
<i>Pennisetum hybridum</i> (king grass)	+++			+						+	+	
<i>Pennisetum purpureum</i> (elefante enano)	+++			++						+	+	
<i>Saccharum officinarum</i>				+					++	+	+	

Nombre científico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Leguminosas herbáceas												
<i>Arachis pintoi</i>		+++					+++	+++				
<i>Canavalia brasiliensis</i>					++	+++						
<i>Canavalia ensiformis</i>						+++						
<i>Centrosema plumieri</i>	+	+			++							
<i>Centrosema pubescens</i>	+	+			++	+				+	+	
<i>Clitoria ternatea</i>	+	++			++	+				+	+	
<i>Desmodium heterocarpon</i>		+++			+		+++	+++				
<i>Lablab purpureus</i>	+++	+			+++	+++			++	+++	+++	+++
<i>Mucuna pruriens</i>	++				+++	+++	+	+				++
<i>Pueraria phaseoloides</i>	+	++			++	+	++					
<i>Stylosanthes guianensis</i>	+	+			++	+						+++
<i>Vigna radiata</i>	++				+++	+++			++			
<i>Vigna unguiculata</i>	+++				+++	+++			++	+++	+++	+++
Leguminosas arbustivas												
<i>Cajanus cajan</i>	+++			+	+					++		+
<i>Calliandra calothyrsus</i>	+++		+	+					+			
<i>Cratylia argentea</i>	+++	++	+	+++					+++	++	+++	+++
<i>Flemingia macrophylla</i>	+++	+	+	+					+		+	+
<i>Gliricidia sepium</i>	+++		++	+								
<i>Leucaena leucocephala</i>	+++	++	+	+					+++			+++
Otras especies de interés												
<i>Digitaria swazilandensis</i>		+										
<i>Ischaemum indicum</i>		+										
<i>Tithonia diversifolia</i>	+			+++	++	++						

Leyenda:

1: Corte y acarreo; 2: Potreros; 3: Cercas vivas; 4: Barreras vivas; 5: Barbecho mejorado; 6: Abono verde; 7: Cobertura en cultivos perennes; 8: Cobertura suelo-control erosión; 9: Suplemento en época seca; 10: Heno; 11: Ensilaje; 12: Concentrado; -: No uso; +: Posible uso; ++: Buen uso; +++: Muy usada

Fuente: Peters *et al.* (2003)

Consideraciones finales

La información brindada permite apreciar las múltiples, heterogéneas y difíciles condiciones que prevalecen en las fincas ganaderas, condicionadas por el medio natural o el hombre. En este capítulo se evidencia que estas pueden ser enfrentadas con ventajas comparativas y en forma exitosa, si el ganadero estudia y llega a conocer las condiciones imperantes (ecosistema local) y selecciona para ellas una gama de especies y variedades de gramíneas, leguminosas y AMP adaptadas (regionalización) para establecerse, producir y mantenerse en ese medio; ello posibilita incrementar la cantidad, calidad y estabilidad de los alimentos producidos para alimentar el ganado y mejorar en forma sustentable la economía y el medioambiente de la finca.

También aparecen las respuestas en Cuba con 90 especies de posible uso para enfrentar más de 70 % de las diferentes condiciones que pueden ser encontradas en las distintas regiones donde prevalece la producción bovina.

Las recomendaciones brindadas pueden posibilitar un aumento considerable en la producción de alimento en la misma finca, lo que se manifiesta en los indicadores productivos y reproductivos del rebaño y en la economía y el bienestar del ganadero; además, pueden contribuir a mejorar los indicadores medioambientales, que normalmente se destruyen cuando la vegetación es pobre e inestable y el suelo es sometido a la compactación y la erosión.

Por otra parte, amplía y fortalece la información sobre ecosistemas y regionalización de pastos y AMP en Cuba, lo que brinda la posibilidad de incrementar la gama de especies forrajeras y arbustivas que pueden tenerse en cuenta para recuperar, mejorar o incrementar las áreas dedicadas a la producción de alimentos en la propia finca, con la finalidad de nutrir más y mejor a los animales

Referencias bibliográficas

- DELGADO, D.; FRANZOLIN, R. & MAZZA, P. H. Fermentación y cinética ruminal en búfalos alimentados con heno de bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* (L.) Pears) y concentrado con soya integral o extrusada. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 45 (1):39-43, 2011.
- FEBLES, G. Efecto del pastoreo y el corte en la composición botánica y los rendimientos de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 7 (2):125-144, 1973.
- FEBLES, G. & PADILLA, C. Efecto del pastoreo en asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 6 (3):405-410, 1972.
- FUNES, F. *Pastos y forrajes tropicales, ganadería sostenible y medio ambiente*. La Habana, 2006.
- INFANTE, F. P. *Ganadería eficiente. Bases fundamentales*. La Habana: Asociación Cubana de Producción Animal, 2013.
- MACHADO, R. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas en suelos hidromórficos del humedal Ciénaga de Zapata. Establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 29 (2):1-12, 2006.
- MACHADO, R. Diversidad del CDBAE ubicado en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas. En: R. Ortiz, comp. *La diversidad agrícola en manos del campesinado cubano*. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. p. 45, 2013.
- OQUENDO, G.; MACHADO, R.; CORELLA, P.; PUPO, NANCY; OLIVERA, YUSEIKA; IGLESIAS, J. M. *et al.* Prospección y colecta de especies forrajeras en formaciones vegetales del municipio Rafael Freyre, Holguín, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 36 (2):159-168, 2013.
- ORTIZ, R., Comp. *La biodiversidad agrícola en manos del campesinado cubano*. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 2013.
- PADILLA, C.; CRESPO, G. & SARDIÑAS, Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 43 (4):351-354, 2009.
- PARETAS, J. J. *Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba*. La Habana: Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Ministerio de la Agricultura, 1990.
- PETERS, M.; FRANCO, L. H.; SCHMIDT, A. & HINCAPIÉ, B. *Especies forrajeras multipropósito. Opciones para productores en Centroamérica*. Publicación CIAT No. 333. Cali, Colombia: CIAT, 2003.
- PLAZA, J.; IBALMEA, R. & MARTÍNEZ, Y. Niveles de harina de forraje en raciones integrales para terneros. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 45:21-24, 2011.
- RUIZ, R. Utilización de los pastos y forrajes para la producción de leche en Cuba. En: F. Delgado, R. O. Martínez y O. S. Fundora, eds. *Estrategia de alimentación para ganado bovino en el trópico*. San José de las Lajas, Cuba: EDICA, p. 167, 2007.
- SNOOK, L. C. Symposium sobre la producción de carne en los trópicos. 2. El uso de leguminosas en los pastos tropicales para aumentar la producción de carne. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 3:131-140, 1969.

CAPÍTULO 4. La conservación de los suelos ganaderos y los indicadores de sostenibilidad en los agroecosistemas de pastizales

Sandra Lok-Mejías y Gustavo Jacinto Crespo-López
Instituto de Ciencia Animal

Carretera Central, km 47. Apartado Postal 24, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba

Introducción

Los procesos de degradación de los pastizales tienen su origen en factores sociales, económicos y culturales (FAO, 2008a), que se traducen en la sobreexplotación de los recursos naturales por la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de estos agroecosistemas y, en particular, del manejo del suelo y el agua. La consecuencia de todo ello es la pérdida de la productividad de los pastizales y, por tanto, influye en el detrimento de la producción de alimentos (Melado, 2014).

Durante las últimas décadas se han realizado numerosos esfuerzos para detener el deterioro de los pastizales, fundamentalmente a través de la sensibilización de los actores y decisores en el alcance y repercusión del problema. También se han generado tecnologías basadas en técnicas de conservación de suelos que han probado su eficiencia. Por otra parte, hay avances en el seguimiento y control del estado de estos sistemas mediante el uso de indicadores de sostenibilidad. Sin embargo, el proceso de cambio para su adopción por parte de los productores aún presenta un índice bajo.

Por todo ello, en este capítulo se abordan algunos conceptos básicos acerca de la conservación de los suelos en sistemas de pastizales y se informan los avances relacionados con la selección y el uso de indicadores de sostenibilidad en dichos sistemas.

1. El deterioro de los suelos

El deterioro del suelo es el preámbulo de la desertificación y constituye el problema ecológico contemporáneo de mayor importancia en los países en desarrollo (Botero, 2001). En el mundo se estima que el 52 % de los suelos agrícolas se encuentran entre moderado y severamente degradados (Vargas, 2015).

Este proceso se define como “la disminución o destrucción del potencial biológico del recurso natural suelo ocasionado por el mal uso y manejo, lo que trae como consecuencia procesos degenerativos del medio físico, económico y social asociados en su entorno” (FAO, 2008b). Sus principales procesos son: el deterioro físico, químico y biológico; la degradación de la cobertura vegetal; la erosión hídrica y eólica, y la salinización.

La pérdida de la fertilidad natural de los suelos latinoamericanos asciende a 45 % debido, fundamentalmente, a los manejos inadecuados a que son sometidos y a los fenómenos climáticos como las intensas sequías y las lluvias. Como consecuencia su productividad y rendimiento agrícola disminuyeron en los últimos años. Cingolani *et al.* (2008) plantearon que los cambios globales inducidos por el hombre en los suelos conllevan, en muchos casos, a procesos de degradación, y enumeraron para las regiones tropicales los siguientes: sabanización, empobrecimiento, erosión, acidificación, empantamiento, salinización secundaria, contaminación, destrucción fitotécnica y mecánica de la fertilidad.

Febles (2009) planteó que uno de los problemas más complejos y difíciles de encontrarle una solución adecuada, es el uso racional y óptimo de los suelos en los trópicos húmedos, sin que se hayan alcanzado hasta el presente resultados definitorios o concluyentes que permitan diagnosticar el uso y el manejo más ajustado en conformidad con los ambientes biofísicos que caracterizan a cada ecosistema.

La diversificación productiva y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles deben ser la clave para garantizar la vida del suelo y mejorar la calidad de vida de la población. En ese sentido, serán determinantes la competitividad de las estrategias agroecológicas para manejar el suelo, en especial los suelos agrícolas cubanos.

En Cuba, un ejemplo típico de compactación se encuentra en los suelos Ferralíticos Rojos de la llanura cársica meridional Habana-Matanzas, que conlleva a la disminución del contenido de materia orgánica y a la destrucción de la bioestructura (Febles, 2009). No obstante, los agroecosistemas pueden modificarse mediante técnicas de cultivo y aprovechamiento de residuos que preservan la bioestructura de los suelos en lugar de degradarla. La activación del complejo biológico puede lograrse al introducir combinaciones de plantas en el tiempo y en el espacio, de manera tal que sus interacciones sean beneficiosas. Ejemplo de ellos son las rotaciones de cultivos y los cultivos mixtos, que incluyen combinaciones de plantas perennes y anuales.

La agricultura cubana se encuentra en una etapa de sustitución de insumos o de conversión horizontal (producción con menos insumos agroquímicos, técnicas para la recuperación de suelos y el manejo integrado de plagas basado en el control biológico, entre otros), pero aún los resultados obtenidos de forma aislada no se relacionan íntegramente con la concepción agroecológica del desarrollo agrícola para aprovechar los mecanismos de sinergia.

Investigaciones desarrolladas bajo diferentes tecnologías en áreas de pastos, cultivos varios y caña de azúcar de la llanura cársica meridional Habana-Matanzas y en zonas de laderas de la provincia de Pinar del Río, indican la tendencia no sostenible del manejo de los suelos a partir de la pérdida progresiva de la materia orgánica por efecto de la erosión, que causa una alta dispersión de las partículas, el debilitamiento de los agregados agrónomicamente valiosos y la reducción de la permeabilidad hídrica (Febles *et al.*, 2007).

Uno de los factores que limitan la productividad de los suelos son sus bajos contenidos de nutrientes y de materia orgánica. Los estudios agroquímicos de los últimos años en áreas de cultivos de importancia económica evidenciaron que la mayoría de los suelos cubanos poseen un bajo contenido de nutrientes, una tendencia a la acidez y drástica reducción de la materia orgánica, componente base para la sostenibilidad de los ecosistemas (Febles *et al.*, 2008). Ponce de León (2004) informó una depreciación del recurso suelo, solo por concepto de carbono y nitrógeno, de 10 526 M USD/ha, correspondiéndole al carbono 94 % del monto total. La disminución del contenido de materia orgánica de los suelos limita la relación agua-aire y, por tanto, interfiere en la disponibilidad de los nutrientes para los cultivos agrícolas. Esta situación es más drástica en suelos dedicados a la producción ganadera, ya que con este propósito se destinan aquellos suelos que presentan, generalmente, una menor productividad y numerosos factores limitantes.

En términos generales, la degradación del suelo ocasiona alteraciones en su fertilidad y, consecuentemente, en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Según Bertoni y Lombardi (1985), y Guzmán-Aranda *et al.* (2011), esta degradación o pérdida de la productividad de las tierras agrícolas puede ocurrir por cuatro causas fundamentales: degradación de la estructura del suelo, disminución de la materia orgánica, pérdida del suelo y pérdida de nutrientes. Ello se relaciona básicamente con el uso y manejo inadecuado del suelo, y por la acción de la erosión acelerada (Wildner y Veiga, 1993).

La pérdida de nutrientes básicos para el desarrollo de los cultivos y de la microfauna edáfica puede ser causada, a su vez, por la disminución de la cobertura del suelo, la que generalmente ocasiona pérdidas de alrededor de 124 kg de N/ha, 1,03 kg de P/ha, 23,91 kg de K/ha, 31,94 kg de Ca/ha y 7,04 kg de Mg/ha (Quirós, 2002). En el otro extremo, con cobertura de 90 % del suelo, estas pérdidas de nutrientes por escorrentía se reducen considerablemente. En promedio se pueden llegar a perder aproximadamente 14,5 kg de N/ha, 0,12 kg de P/ha, 1,72 kg de K/ha, 2,56 kg de Ca/ha y 0,65 kg de Mg/ha (tabla 1). Estudios realizados por Wildner y Veiga (1993), Febles *et al.* (2007) y Teasdale (2011) evidenciaron que la pérdida de la cobertura del suelo ocasiona la eliminación de la mejor protección de este recurso para evitar o contrarrestar los procesos erosivos, así como

desfavorece la relación suelo-planta, y con ello la incorporación natural de materia orgánica al suelo y la activación de su biota edáfica.

Tabla 1. Pérdida de nutrientes en escorrentía, en promedio kg/ha

Cobertura, %	Nutrientes, kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
0	124	1,03	23,91	31,94	7,04
40	63,5	0,67	10,45	15,6	3,4
90	14,5	0,12	1,72	2,56	0,65

Fuente: Hernández *et al.* (1997)

2. El suelo y su conservación

El suelo es un sistema biodinámico, estructural, complejo, abierto, polifásico, polidisperso, polifuncional, que tiene fertilidad en la capa superficial de la corteza de meteorización de las rocas; es una función de la roca, los organismos, el clima, el relieve y el tiempo. Suministra nutrientes y agua; en él habitan numerosos organismos y sirve de sostén a las plantas. Es un recurso natural renovable, como ecosistema biológico, donde hay entradas y salidas de energía; bajo esta óptica cualquier cambio, ya sea natural o inducido por el manejo, puede ocasionar daños difíciles de recuperar. La formación del suelo según Vargas (2015) requiere de largos períodos de tiempo; así la creación de un centímetro de suelo puede demorar alrededor de 1 000 años, lo que demuestra lo pausado que pueden ser los procesos para su recuperación.

El suelo constituye el medio principal de producción agropecuaria porque es el lugar donde crecen y se desarrollan las plantas; de sus propiedades depende la producción vegetal y de los herbívoros, por ello en el sistema suelo-planta-animal en cada tipo de agroecosistema, las características edáficas son determinantes para lograr productividad, eficiencia y sostenibilidad.

La conservación del suelo es el mantenimiento de su salud y calidad, es decir, es su capacidad de funcionar adecuadamente, lo que se manifiesta mediante el estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas para lograr una productividad agrícola sostenible con un impacto ambiental positivo. Asimismo, la conservación edáfica está relacionada con la resiliencia del suelo, que no es más que su capacidad para recuperar su integridad funcional después de un disturbio, manteniendo un equilibrio dinámico en sus procesos y funciones Obando (2004). Cuando el suelo es continuamente disturbado, decrece su capacidad para restablecer el equilibrio dinámico de sus funciones (fig. 1a), y requiere de la aplicación de buenas prácticas de manejo para recuperarse. Cuando los disturbios se reiteran, el suelo puede perder su capacidad de recuperación (fig. 1b).

A su vez, los factores que afectan la resiliencia del suelo son fundamentalmente el clima y el manejo (quema, cambios en la composición florística, manejo animal, labores culturales y otras).

La conservación del suelo se determina a partir de sus propiedades específicas (p.ej. el contenido en materia orgánica), y por la observación de su estado (p.ej. la fertilidad). La manifestación de procesos tales como la compactación, la pérdida de materia orgánica, la pérdida de su estructura, la salinización y la acidificación, son indicadores de su degradación. En ese sentido, el conocimiento de la salud y calidad del suelo, su conservación y la prevención de su deterioro, deben ser elementos básicos para el manejo de los pastizales. La salud del suelo es un término recurrente que se utiliza en muchas ocasiones como sinónimo de su calidad, aunque hace referencia a propiedades descriptivas y cualitativas. Por ello, su uso está más extendido entre los agricultores, que utilizan juicios de valor para distinguir entre suelos “sanos” e “insanos”, frente a la utilización del término calidad del suelo, mucho más utilizada por los científicos.

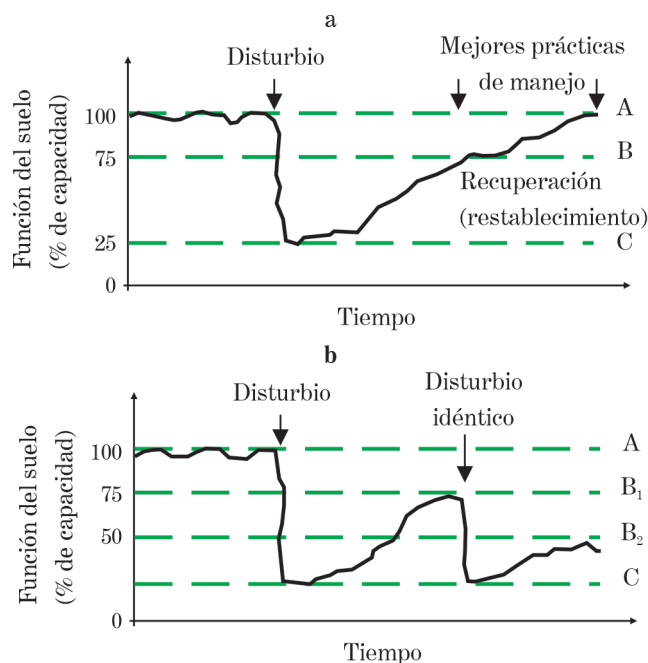


Fig. 1. Capacidad del suelo para recuperar sus funciones debido a disturbios ambientales.
Fuente: Obando (2004)

La salud del suelo evidencia la idea de un organismo vivo y dinámico que funciona holísticamente, aunque no hay una definición precisa del término y existen fuertes controversias en la literatura, quizás como consecuencia de la subjetividad con la que se utilizan los juicios de valor que, inevitablemente, están asociados al concepto. Un suelo sano sería aquel que carece de limitaciones físicas, químicas o biológicas para el desarrollo vegetal y es, por tanto, un suelo productivo, desde el punto de vista agronómico. Por ello los suelos ácidos, salinos y sódicos, o los que tienen episodios de encharcamiento (pseudogley), deben ser considerados “insanos” a pesar de que son muy frecuentes en la naturaleza y “funcionan” dentro de los límites que imponen los factores ambientales que les afectan. Del mismo modo, un manejo inadecuado puede facilitar la aparición de plagas y enfermedades que eventualmente pueden desaparecer en el momento que se restituya un manejo adecuado (rotaciones, barbechos, etc.); por lo que el manejo delimitaría la frontera entre un suelo sano o insano.

Según Amézquita *et al.* (2004) un suelo de buena calidad para el desarrollo de la agricultura debe tener una adecuada conductividad hidráulica de modo que permita que en él entre el agua y que esta se redistribuya fácilmente dentro del volumen del suelo ocupado por las raíces; con una resistencia a la penetración que posibilite que la presión ejercida por las raíces en su proceso de crecimiento sea capaz de deformarlo para que ellas puedan penetrarlo, con una porosidad de por lo menos 50 %, con una buena distribución de macroporos (18 %), mesoporos (25 %) y microporos (12 %), lo que debe garantizar un buen ingreso de agua, un correcto almacenamiento y una humedad residual adecuada. Además, debe presentar un contenido apropiado de todos los elementos nutritivos en forma disponible y un buen reciclado. Entre estas características, el contenido de materia orgánica (4-5 %) tiene gran importancia por su efecto en el equilibrio de las condiciones físicas, químicas y biológicas.

La conservación del suelo en áreas dedicadas a la ganadería tiene como objetivo realizar prácticas de manejo que permitan detener la degradación de este recurso o recuperar sus características en un rango que no afecte la producción y la calidad de los pastos y forrajes. Debe basarse en el conocimiento del estado de sus propiedades, el tipo de suelo, la pendiente, el tipo de pasto presente, con qué fin se explota y las características del ganado.

Entre los principios básicos que permiten la conservación del suelo en áreas dedicadas a la ganadería se encuentran su utilización según su aptitud agrícola, la regionalización de los pastos, el uso

de tecnologías que se adecuen a las potencialidades edafoclimáticas de cada sistema, el empleo de leguminosas, los sistemas silvopastoriles, la fertilización estratégica, el uso de abonos orgánicos, el laboreo mínimo para la siembra y el adecuado manejo animal, así como plantar siguiendo las curvas de nivel, mantener una alta cobertura, usar abonos verdes, entre otros, que al integrarse o combinarse acertadamente posibilitan el manejo integrado de la conservación del suelo.

Las medidas para la conservación pueden ser de carácter temporal o permanente. Las de carácter temporal se realizan con cultivos temporales cada vez que estos se siembran, y las permanentes son generalmente de mayor grado de complejidad.

El manejo acertado de las situaciones asociadas a la degradación del suelo, deber estar sustentado por un proceso secuencial de análisis del problema Lascano (2004):

1. Diagnóstico del problema.
2. Identificación del tipo de degradación.
3. Efecto de la degradación.
4. Evaluación del impacto ecológico, social y económico de la degradación.
5. Respuestas tecnológicas que permitan la reducción, la rehabilitación y la prevención.
6. Seguimiento y control sistemático del efecto de las respuestas tecnológicas aplicadas mediante indicadores de sostenibilidad.

Este análisis es particular para cada agroecosistema, y de su realización depende la eficiencia del proceso de mejora y conservación del suelo.

Unido estrechamente a la definición de calidad del suelo y a su conservación o mejora, aparece la necesidad de su evaluación cuantitativa y cualitativa. La medida de la calidad puede establecerse a partir de indicadores apropiados, que expresen los procesos esenciales (físicos, químicos y biológicos) que transcurren en el suelo, a la vez que sean sensibles para detectar diferencias en el espacio y el tiempo, estableciendo con claridad una relación causa-efecto.

Para el adecuado manejo de los pastizales y la conservación del sistema como un todo único equilibrado, no solo se debe circunscribir su valoración y control a aquellos indicadores que muestran la calidad del suelo, sino que es necesaria la evaluación integral del funcionamiento del sistema a partir de un grupo de indicadores del complejo suelo-planta-animal que sean capaces de monitorear dicho funcionamiento y que, oportunamente, alerten e indiquen la mejor conducta a seguir para su manejo.

En este sentido, a continuación, se abordan los principales resultados en el seguimiento y control del estado de los pastizales mediante indicadores del sistema suelo-planta-animal.

2.1 Indicadores de sostenibilidad para el seguimiento del estado productivo y ecológico de los pastizales

En las dos últimas décadas las palabras sostenibilidad y desarrollo sostenible aparecen reiteradamente en los estudios académico-científicos, en los documentos de las principales organizaciones internacionales, en la agenda de los partidos políticos y en todas las propuestas normativas relacionadas con las políticas públicas, tanto cuando se trata de economía en general, como de medioambiente, urbanismo, sanidad y educación, por lo que el tema de la sostenibilidad ha sido ampliamente abordado principalmente como un llamado a garantizar la persistencia y la sobrevivencia de la especie humana.

Un sistema que es sostenible bajo determinadas condiciones socioeconómicas y edafoclimáticas, no necesariamente lo es cuando cambian las condiciones (Astier-Calderón *et al.*, 2002). Por ello, la definición de indicadores y sus valores como guía para la determinación de la sostenibilidad, debe basarse en estudios particulares y en correspondencia con las peculiaridades de cada agroecosistema.

Los pastizales ocupan algo más de la cuarta parte de la superficie emergida del planeta (Newman, 2000). Cerca del 60 % de las tierras agrícolas del mundo se utilizan para pastorear unos 360 millones de cabezas de ganado y más de 600 millones de ovejas y cabras. El pastoreo proporciona cerca del 10 % de la

producción mundial de carne de bovino y alrededor del 30 % de la carne de ovino y de caprino. Para 100 millones de personas de las zonas áridas y probablemente para un número parecido de otras zonas, la ganadería es la única forma viable de ganarse la vida. Así, dentro de la denominación general de pastizales se incluyen ecosistemas sometidos a condiciones ambientales y de manejo muy variadas, en los que aún no hay suficientes estudios, para establecer las bases ecológicas para su manejo (Rebollo y Gómez-Sal, 2003).

Los pastizales constituyen un recurso renovable por lo que es necesario usarlos de manera sostenible. Estos están formados por un conjunto de factores complejos e interrelacionados entre sí, como los aspectos ecológicos, sociales, productivos, económicos e inclusive éticos. Por esto, en la producción ganadera basada en los pastos y los forrajes, el sujeto más importante desde el punto de vista biológico, económico y social es el resultado de la combinación equilibrada de todos los factores que intervienen en el complejo “suelo-planta-animal-hombre” y que se define como un ecosistema de pastos. En él influyen y se relacionan todos los factores que determinan la producción, utilización y permanencia del pasto, y se diferencia de otro ecosistema por el suelo o el clima donde se explotan, por los insumos que se destinan al suelo o al animal, por el propósito con que se explotan y por la forma en que el hombre los maneja.

El control sistemático de estos agroecosistemas y su evolución, es tarea de primer orden para garantizar su sostenibilidad. Por tal motivo, es necesario tener como herramientas de trabajo indicadores que de manera confiable, fácil y eficiente permitan realizar el seguimiento.

El concepto de sostenibilidad

El término *sostenibilidad* o sustentabilidad es una inadecuada traducción del inglés. Más correctamente debería llamarse desarrollo continuable o desarrollo perdurable, ya que el desarrollo no se sostiene en el tiempo ni se sustenta en el tiempo; más bien, continúa o puede continuar en el devenir o perdura o puede perdurar en el tiempo.

La primera definición internacionalmente reconocida de desarrollo sostenible o desarrollo continuable se encuentra en el documento conocido como Informe Brundtland (Brundtland *et al.*, 1987), fruto de los trabajos de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en la Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3ro. de la Declaración de Río: “aquél desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”. De esta manera se oficializa un enfoque en el que se compatibilicen los aspectos ambientales, económicos y sociales, desde la perspectiva solidaria intergeneracional.

Por tanto, el concepto de desarrollo sostenible o desarrollo continuable, si bien procede de la preocupación por el medioambiente, no responde solamente a temas fundamentalmente ambientalistas, sino que trata de superar la visión del medioambiente como un aspecto unido de cierta manera a la actividad humana que hay que preservar. El medioambiente está relacionado con la actividad humana, y la mejor manera de protegerlo es tenerlo en cuenta en todas las decisiones que se adopten.

El concepto de desarrollo sostenible tiene un vector ambiental, uno económico y uno social (fig.2) según lo expresado por Hünne Meyer *et al.* (1997). La sostenibilidad ecológica se refiere a las características fundamentales para la supervivencia que deben mantener los ecosistemas a través del tiempo en cuanto a componentes e interacciones. La sostenibilidad económica implica la producción con rentabilidad razonable y estable a través del tiempo, lo cual haga atractivo continuar con dicho manejo. Mientras, la sostenibilidad social se relaciona con la organización social de modo que tenga un grado aceptable de satisfacción de sus necesidades.

El manejo sostenible puede, por lo tanto, tener significados diferentes según la función principal del recurso o del momento histórico en que se hace una evaluación. El desarrollo agrícola sostenible abarca las tres vertientes. No parece posible optimizar simultáneamente cada uno de los tres componentes de la definición anterior; lo más conveniente es definir ciertos límites aceptables para cada uno de ellos y optimizar primero uno, procurando que la intensidad de los otros dos se ubique en el límite

aceptable para ese momento y condición particulares. Con el transcurso del tiempo, los tres objetivos deberían ir acercándose a los óptimos ideales para cada uno de los tres componentes.

La interpretación integrada de estas tres dimensiones supone considerar el sistema económico dentro de los sistemas naturales, y no por encima de ellos; es decir, aplicar la interpretación global y no unidimensional. Todos los agentes sociales, que tratarán de lograr la sostenibilidad a largo plazo, y el propio sistema natural establecerán los límites del sistema medioambiental, como por ejemplo el del consumo máximo posible de recursos naturales. Es después cuando aparecen los instrumentos económicos, no como determinantes, sino como un camino para lograr la solución más eficiente. En la búsqueda de un desarrollo sostenible global, cuando se vayan a tomar decisiones, habrá que considerar también reducir las diferencias sociales entre los seres humanos, para acabar con las actuales desigualdades e inequidades, tanto dentro de cada país como entre países.

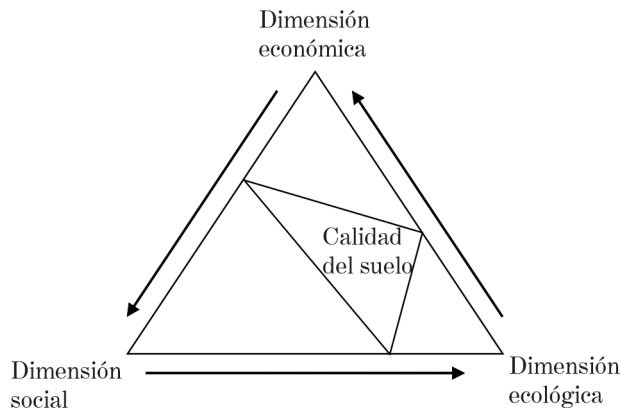


Fig. 2. Triángulo Moebius para las tres dimensiones implícitas en el concepto sostenibilidad.

Fuente: Hünne Meyer *et al.* (1997)

El enfoque para la definición de los indicadores propuesto por Hünne Meyer *et al.* (1997) se muestra en la figura 3. Este enfoque hace que los indicadores se consideren dinámicos en el tiempo, por lo que, para cada momento histórico o situación particular, habría que buscar el equilibrio entre los tres objetivos del desarrollo sostenible. Para que un sistema sea sostenible, la energía que se produce debe ser mayor o al menos igual a la que se consumió, lo cual indica que posee la adecuada productividad. Asimismo, debe ser estable, es decir, que su productividad se mantenga constante, aun cuando se enfrenten pequeñas distorsiones causadas por las condiciones climáticas y las fluctuaciones de otras variables ecológicas y económicas. También el sistema debe ser capaz de recuperarse de las distorsiones causadas por fuerzas externas, lo cual indica su capacidad de resiliencia o sea, conseguir la distribución equitativa de los beneficios y riesgos generados por el manejo del sistema.

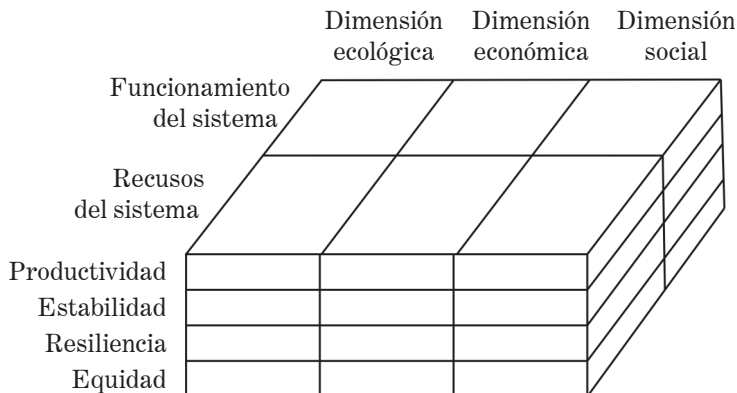


Fig. 3. Enfoque para la definición de los indicadores

Para algunos científicos la sostenibilidad constituye un paradigma o imperativo moral y cultural cuya función es guiar las acciones humanas en aras de garantizar la conservación de la naturaleza para las futuras generaciones (Fürst, 2000; Pozuela, 2006).

Sistemas de pastizales

Los ecosistemas de pastizales se caracterizan por presentar la vegetación abierta dominada por especies herbáceas y cuya producción primaria es aprovechada directamente por los herbívoros (Miller, 1990). También pueden estar formados por la unión armónica de especies herbáceas, arbustivas, arbóreas y otras, lo que origina los denominados sistemas silvopastoriles. Suelen estar situados en zonas con productividad relativamente baja que no son adecuadas para usos agrícolas intensivos (Kaine y Tozer, 2005). En ellas, el pastoreo es un procedimiento eficaz para recolectar y transformar su producción primaria en productos para uso o consumo humano. A pesar del predominio herbáceo, el componente arbustivo y arbóreo desempeña, con frecuencia, un papel clave como protección o recurso trófico, en especial durante la época de escasez de herbáceas (Toval, 2003). La composición y la productividad de los pastos están reguladas por la actividad de los herbívoros, y el hecho de que su manejo requiera contar con otro nivel trófico, además del de los productores, supone un grado añadido de complejidad para la ecología aplicada al manejo de los recursos naturales (Quero *et al.*, 2007).

Huss *et al.* (1996) y Yado *et al.* (1996) definen como “pastizal” cualquier área que produce pastos para el consumo del ganado. Según estos autores se reconocen dos clases fundamentales de pastizales, cuya diferencia principal reside en la intensidad de manejo y los tratamientos culturales a que son sometidos. Estas dos clases son los pastizales naturales, que son aquellas tierras que asientan pasto nativo o autóctono para el consumo animal, y los pastizales artificiales, que son aquellas tierras de pastoreo con manejo intenso, que usualmente tienen especies forrajeras introducidas y reciben prácticas culturales.

Según Herrero (2005) los pastizales, independientemente del tipo, están constituidos por elementos bióticos y abióticos que conforman una unidad indisoluble, de cuya dinámica y armonía depende el adecuado funcionamiento del ecosistema. Entre los componentes abióticos se encuentran las sustancias inorgánicas que intervienen en los ciclos materiales, el régimen climático, el suelo, la topografía y la altitud. Entre los bióticos se ubican las plantas u organismos autótrofos, los consumidores de materia orgánica y los desintegradores, como las bacterias, hongos, nemátodos y otros. Todos los componentes poseen funciones específicas e interactúan entre sí, por lo que la estabilidad productiva del pastizal y su persistencia en el tiempo estarán influidas por su equilibrio dinámico en el sistema.

Otros elementos que actúan en los ecosistemas de pastizales y son parte indisoluble de ellos, son los factores económicos, sociales y culturales, cuya influencia se evidencia directamente en el manejo a que son sometidos. Todos estos componentes son interdependientes e interactivos, y funcionan como un todo único, en el que la alteración de alguno de ellos se manifiesta en los otros y, por lo tanto, en el funcionamiento armónico del ecosistema.

La heterogeneidad de los factores que influyen en el pastizal, cuando actúan solos y relacionados, su complejidad en el sistema de producción y el uso de los pastos, conforman la diversidad de ecosistemas que hay que enfrentar con el conocimiento de causa. Esto conlleva, ante todo, a identificar los grandes problemas biológicos y económicos, así como los problemas secundarios que se relacionan con los factores mencionados. Por todo ello, la determinación de los indicadores de sostenibilidad debe orientarse a aquellas variables del comportamiento de estos agroecosistemas que mayor variabilidad presenten y que puedan indicar oportunamente, por tanto, los cambios en la estabilidad del equilibrio dinámico del complejo suelo-planta-animal-hombre.

Algunos elementos que favorecen el uso sostenible de los pastizales

Gómez-Sal (2001) y Ribaski (2006) consideran fundamental, para el manejo ecológico de los ecosistemas de pastizales, que estos mantengan elementos estabilizadores que reduzcan el riesgo de sobre-

explotación, entre los que señalan: el uso de los sistemas silvopastoriles en las zonas más frágiles; el mantenimiento de la fertilidad de los suelos mediante el aporte adecuado de materia orgánica, por lo que es importante la elaboración de compost y la rotación de cultivos; el empleo de razas de ganado y variedades de plantas autóctonas adaptadas a las condiciones locales; la atención especial al ciclo del agua y su calidad (cuidado de fuentes, acequias, balsas o charcas ganaderas y pequeñas lagunas), evitando la contaminación, tanto de los cursos de agua superficiales como de los acuíferos subterráneos, y el establecimiento de sistemas ganaderos mixtos.

En general, la dificultad para llevar a cabo el uso sostenible de los pastizales aumenta en la medida que se explotan con menor productividad primaria (Behnke Jr *et al.*, 2000). Estos pastizales están situados, frecuentemente, en áreas con una menor abundancia o con una peor distribución de las precipitaciones. Pueden sufrir procesos degradativos por la combinación de sobrepastoreo con otras perturbaciones frecuentes en estos medios, como la sequía y el fuego (Dávila y González, 2013). En estas condiciones no es adecuado mantener, de manera prolongada, una alta densidad de animales; además es necesario lograr el suministro externo de agua y alimento si se observan indicios de sobrepastoreo, disponer de áreas forrajeras de reserva para los períodos de escasez y utilizar una estrategia de pastoreo basada en el desplazamiento total o parcial de los animales hacia las áreas de mayor disponibilidad de biomasa vegetal.

Importancia del uso de indicadores como medida de seguimiento y control del funcionamiento de los sistemas de pastizales

Se deduce que los pastizales no son entidades estáticas y su uso sostenible requiere conocer, en cada momento, cuál es su “estado” y sus tendencias de cambio. Esto se debería llevar a cabo mediante el seguimiento de indicadores del sistema suelo-planta-animal y la velocidad de respuesta de cada componente del pastizal a estos cambios.

Según Behnke Jr *et al.* (2000) y FAO (2008b) el sistema de seguimiento y control debe incluir indicadores relacionados con: a) los animales y sus producciones, como son la tasa de fertilidad, tasa de crecimiento, cantidad y calidad de la producción, estado físico y sanitario, entre otros; b) la vegetación, como la cobertura de la vegetación por estratos, abundancia de las especies, producción herbácea, calidad del forraje, proliferación de especies resistentes al pastoreo, y c) el suelo, donde es especialmente importante hacer el seguimiento de los fenómenos erosivos y de contenido de materia orgánica y nutrientes.

Esta diversidad de indicadores es esencial porque la velocidad de respuesta o su tasa de cambio, como consecuencia del pastoreo, es diferente en cada sistema de producción y no existen relaciones claras entre (FAO, 2003). Por ejemplo, el cambio en la composición de especies de plantas es relativamente rápido, el de la producción primaria neta aérea es intermedio y el de la reserva de nutrientes del suelo es lento. Los cambios en la composición de especies no indican necesariamente cambios en la producción total, o pueden que no se deban al efecto del pastoreo.

La elección de indicadores de sostenibilidad de los ecosistemas que permitan un análisis íntegro no está exenta de dificultades. Según Scheffer *et al.* (2001), la medición integral no debiera basarse en la presencia de alguna especie o en el inventario de especies, sino en los conocimientos del estado sucesional de las mismas en el ecosistema en cuestión. Según Borrelli (2001) sería necesario saber cuál es el estado “saludable o íntegro”, así como los de “enfermedad” de los ecosistemas, para poder caracterizarlos. Es decir, según este autor, la elección de los indicadores requeriría del conocimiento, con cierta profundidad, del funcionamiento de los ecosistemas. Preguntas tales como: ¿cuáles son las especies clave?, ¿qué hábitat requieren?, ¿cuáles son sus umbrales de requerimientos mínimos? y muchas otras relacionadas con procesos ecológicos esenciales, implican cierto grado de conocimiento para poder ser respondidas. La selección de indicadores para controlar los sistemas es el primer paso de un largo proceso que incluye la clasificación, el inventario, el chequeo, las mediciones y el manejo de estos sistemas (Basaure, 2010).

La degradación y el deterioro de los pastizales son problemas mundiales crecientes, que puede conducir a la desertificación. Ante la urgente necesidad de desarrollar técnicas de cuantificación temprana de estos procesos degradativos, la búsqueda de indicadores vegetales y edáficos es una de las prioridades de la ciencia. Entre los indicadores de la vegetación, la presencia de determinadas plantas o comunidades vegetales, puede ser sugerente de procesos degradativos (Tschirley, 2010).

Un aspecto esencial en el uso sostenible de los pastizales, es mantener adecuadas cantidades de nutrientes para la vegetación y el suelo a largo plazo. En este sentido, es importante recordar la diferente composición en elementos químicos entre los productores primarios, es decir, los organismos autótrofos (formados principalmente a partir de C, H y O) y los herbívoros que presentan, además, una proporción importante de N, P y Ca (Bie *et al.*, 2010). Esto hace que los herbívoros sean importantes acumuladores de N, P y Ca en los ecosistemas de pastizales, con una capacidad reguladora de estos elementos, potencialmente elevada, a través de sus producciones y deyecciones.

Llama la atención de que, a pesar de la deficiencia crónica de N en el alimento de los herbívoros, la selección natural no favoreció más la simbiosis entre los herbívoros y los microorganismos fijadores de N. Debido a esta diferente composición química, los herbívoros presentan una compleja estrategia de pastoreo dirigida a garantizar el suministro de estos elementos limitantes, especialmente durante el período de crecimiento y lactación. Esta estrategia se basa en la selección del alimento consumido tomando complejas decisiones a varias escalas espaciales (Sombroek, 2010). Ningún individuo de la población de herbívoros es tan exigente respecto a la calidad del alimento como una hembra al final del período de gestación y en los momentos más álgidos de la lactación. Este hecho posiblemente está relacionado con importantes aspectos del metabolismo animal, mucho más complejo en las hembras que en los machos. Por todo lo anterior, es de gran importancia controlar el contenido de nutrientes asimilables en el suelo y en la vegetación como indicadores del estado de los pastizales.

El control de la dinámica de la población de las especies presentes en un pastizal, puede servir como indicador de su estabilidad y su evaluación puede basarse en varios indicadores, como la distribución de la comunidad vegetal y la cantidad de las especies representativas. The Heinz Center (2002) propone un sistema de indicadores que permite dar seguimiento a la evolución de los sistemas de pastizales, partiendo de la presencia de especies invasoras, de especies nativas, los cambios del área total dedicada al pastizal, el estado de las comunidades de especies deseables y los regímenes naturales de fuego, entre otros aspectos. Estos indicadores coinciden con los propuestos por la convención de Montreal Manteiga y Sunyer (1998) y persiguen cubrir todas las posibles variaciones que pueden ocurrir en el pastizal y que puedan ser indicativas del posible deterioro o pérdida de su estabilidad productiva.

Dale *et al.* (2000), Flather y Sieg (2000), Soyza *et al.* (2000) y FAO (2008b) coinciden en definir un grupo de indicadores del suelo y de la vegetación que pueden servir para controlar eficazmente los sistemas de pastizales y mostrar su estado de sostenibilidad. En el caso del recurso suelo se señalan como mejores indicadores: la disminución significativa del contenido de materia orgánica o de la relación C: N, los cambios en la estabilidad de los agregados, la actividad microbiológica, la erosión (hídrica o eólica), los cambios significativos en la composición de la biota edáfica natural del pastizal y en las condiciones hídricas. En la vegetación estos autores proponen indicadores que controlan la capacidad productiva del pastizal, tales como la productividad de la biomasa, el tipo y carga de ganado, el porcentaje de pasto consumible por el ganado, la presencia y la densidad de grupos funcionales de plantas silvestres o nativas y de plantas invasoras, y los cambios en la composición botánica.

Costa *et al.* (2002) realizaron estudios botánicos mediante inventarios florísticos y la medición de la cobertura de la vegetación y su estado de vitalidad para buscar indicadores vegetativos y edáficos del proceso de desertificación; en el suelo evaluaron el pH, el porcentaje de carbonato cálcico equivalente y activo, y el porcentaje de carbono, de nitrógeno y de materia orgánica, así como el análisis granulométrico y textural. Estos autores encontraron que puede haber correspondencia entre el grado de deterioro de un suelo y el de la vegetación que soporta, aunque el suelo posee mayor resistencia al cambio que la comunidad vegetal. Aseguran que el riesgo de degradación de un suelo está en función de su propia estructura

y composición, pero sobre todo de factores externos, como la pendiente, la pluviosidad, la escorrentía y la desaparición de la cubierta vegetal. Además, encontraron que todos los suelos presentaban alteraciones en sus características, pero donde había comunidades vegetales arbóreas tenían una mejor estructura.

Senra *et al.* (2004) expresaron que existen índices del animal que excepcionalmente se evalúan durante el desarrollo de los sistemas de explotación, que son determinantes para indicar el estado de la masa animal y sus posibilidades productivas y que, por tanto, señalan su sostenibilidad. Estos son la curva de potencial mínimo relativo para planificar la producción de leche, la condición corporal, la estimación del peso vivo y la ganancia diaria. Estos autores plantearon que es indispensable dar seguimiento a la producción individual de vacas en ordeño y a la producción total de leche. Asimismo, recomendaron que se mida sistemáticamente la presión de pastoreo para controlar la carga y poder tomar las medidas necesarias con relación a la cantidad y el momento de ofrecer los alimentos durante el año. Otros autores como Schomaker (2010) han tomado como base del manejo la intensidad de pastoreo, la que se expresa en UGM (unidades de ganado mayor) por hectárea, que indica el peso total de los animales por unidad de área, sin considerar la cantidad de hierba o alimento disponible, lo que puede conducir a serios errores en el manejo del pastizal.

A su vez, Heimlich y Anderson (2001) y FAO (2008a) plantearon que existe un conjunto de factores económicos, políticos, sociales y culturales que influyen en el uso de los pastizales, que no deben ignorarse al evaluar su estado, porque pueden ser indicadores de las posibilidades del sistema de ser o no sostenible. Entre estos indicadores destacan las características de la estructura social, la satisfacción de la comunidad, la presencia de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, la diversidad de empleos, la estructura agrícola, la pirámide poblacional y los cambios en la población, el nivel cultural y técnico de la población, el apoyo institucional y gubernamental, y los problemas migratorios, entre otros. Esto sucede porque el hombre es un ser social y las condiciones en que se desenvuelve harán que adopte determinada actitud ante cada acción que realice y la evolución de los pastizales depende, en gran medida, de su manejo, en el que el hombre es el principal componente.

El objetivo de la evaluación de los pastizales es proveer de información que permita tomar decisiones de manejo para optimizar la producción de bienes y servicios, y proteger los recursos naturales. Basado en lo anteriormente explicado, entre los indicadores a medir resaltan la composición botánica; la biomasa producida por el pastizal; las especies presentes y su frecuencia, abundancia y cobertura; la disponibilidad de pastos; la altura de las especies clave; el estado del suelo en cuanto a estabilidad estructural, erosión y contenido de materia orgánica, así como la salud y producción animal. La evaluación debe fundamentarse en el conocimiento de la dinámica de los indicadores que caracterizan la evolución del pastizal como resultado del manejo. Para ello, es indispensable en cada agroecosistema de pastizales realizar investigaciones capaces de abarcar el amplio espectro de medidas y seleccionar aquellas que mejor caractericen el estado en que se encuentra el ecosistema y que permitan el seguimiento sistemático de manera fácil y confiable del efecto de las tecnologías aplicadas en él.

De manera general, los pastizales son ecosistemas dinámicos, susceptibles de encontrarse en estado de equilibrio donde es compatible la explotación y la conservación o, por el contrario, están degradados como consecuencia tanto del exceso, como del defecto de pastoreo. El uso sostenible de los pastizales requiere del establecimiento de un sistema de indicadores para el seguimiento y control de su estado a corto, medio y largo plazos.

Otros indicadores de sostenibilidad ambiental a medir en los agroecosistemas de pastizales

Para realizar el análisis profundo de la sostenibilidad ambiental, es necesario considerar el conjunto de indicadores que apuntan a dimensiones muy básicas del desarrollo ambiental y que se refieren al cambio global (y en particular al cambio climático, analizando las emisiones de gases de efecto invernadero), al uso de recursos, como la energía, los materiales (y producción de residuos), el agua y el suelo, junto a indicadores de calidad ambiental y salud. La biodiversidad es otro indicador que debe tenerse en cuenta por su importancia en la sostenibilidad de los procesos ecológicos fundamentales.

Todos los índices e indicadores pueden estructurarse acorde con los componentes del desarrollo sostenible (y sus interacciones) y con los temas de sostenibilidad rural. Los indicadores (básicos y complementarios) también pueden estructurarse según las categorías de indicadores (presión, impacto, estado y respuesta).

Selección de los indicadores

La selección debe partir de la identificación del marco conceptual en el que serán seleccionados los indicadores, los cuales son cruciales para estructurar la información que se requiere para reconocer patrones de desarrollo, identificar necesidades y prioridades, definir políticas y ejecutar acciones. La ausencia de marcos conceptuales genera datos incompatibles, información difícil de usar y multiplicación de un conjunto de indicadores que son difíciles de ajustar. Por otro lado, el marco escogido debe ser flexible para que exprese el contenido, el nivel y el método del proceso de seguimiento y análisis. De ese modo se pueden hallar diferentes necesidades en el mismo marco utilizando indicadores iguales para todos Lok *et al.* (2015).

Una vez identificado el marco conceptual práctico para organizar los indicadores, el paso siguiente es seleccionar los indicadores con los que se hace el seguimiento del desarrollo rural sostenible.

Tener demasiados indicadores con una cantidad abrumadora de detalles, puede generar confusión en las prioridades, tanto para quienes los elaboran, como para los usuarios.

Según Doran y Parkin (1996), Kerridge (1997) y Fürst (2000) los criterios básicos para definir, elegir y garantizar la operatividad de los indicadores de sostenibilidad, son:

- Correlacionar con los procesos del agroecosistema.
- Integrar propiedades y procesos químicos, físicos y biológicos, así como también económicos y sociales cuando el alcance del trabajo lo requiera.
- Ser relativamente sencillos bajo condiciones de campo durante su empleo y ser evaluables, tanto por los especialistas, como por los productores.
- Ser sensibles a las modificaciones ambientales.
- Mostrar el estado y la tendencia de un agroecosistema bajo prácticas de manejo específicas, de modo que permita cuantificar el grado de deterioro o no y la respuesta ecológica a dicho manejo.
- Ser repetibles en el tiempo.

3. Estado del arte en el tema de indicadores de sostenibilidad en los pastizales

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (Embrapa), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), así como en la Universidad Central de Venezuela se han realizado estudios en la búsqueda de los indicadores idóneos para mostrar la sostenibilidad de los sistemas de pastizales.

En el CIAT se le ha dado el enfoque local y los estudios se encaminaron, principalmente, a los indicadores relacionados con la calidad del suelo, ya que argumentan que la sostenibilidad de los sistemas ganaderos depende del mantenimiento de las mejoras que se realicen a las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Las investigaciones señalaron que entre los factores del suelo que pueden influir en la sostenibilidad de los agroecosistemas, se incluyen el contenido de materia orgánica y de nutrientes (déficit o toxicidad), procesos de acidificación, salinización y compactación, entre otros. Estos definen la calidad y fertilidad del suelo debido a que todos se interrelacionan en los procesos dinámicos que en él ocurren. Por ello, estas propiedades pueden ser utilizadas como indicadores de cambios en los sistemas (Singer y Swing, 2002; Amézquita *et al.*, 2004).

En la tabla 2 se muestra el grupo mínimo de indicadores que según Soil Science Society of America son necesarios para determinar la calidad edáfica, y coinciden con lo planteado por Doran y Parkin (1996), y Seybold *et al.* (1997).

Tabla 2. Conjunto mínimo de datos físicos, químicos y biológicos necesarios para controlar la condición, calidad y salud del suelo

Indicador	Función y procesos que regulan
Físicos	
Textura	Retención y transporte de agua y nutrientes
Profundidad de suelo, suelo superficial y raíces	Productividad potencial y erosión
Infiltración y densidad aparente	Productividad, lixiviación y erosividad
Capacidad de retención de agua	Disponibilidad de agua, transporte y erosión
Químicos	
pH	Fertilidad y disponibilidad de nutrientes
Materia orgánica	Actividad biológica y disponibilidad de nutrientes
Conductividad eléctrica	Actividad microbiológica y salinización
N, P y K	Fertilidad e indicadores de calidad ambiental
Biológicos	
C y N microbianos	Potencial catalítico microbiano
Fracción ligera de la materia orgánica	Elementos potencialmente mineralizables
Respiración basal	Pérdida de C y actividad microbiana

Fuente: Adaptado de Doran y Parkin (1996)

Jiménez y Thomas (2003), y Velásquez *et al.* (2004) estudiaron las comunidades de invertebrados de suelos en los llanos de Colombia, y determinaron que la macrofauna del suelo constituye un indicador sensible a los cambios en la calidad del suelo.

Otros estudios de casos se realizaron por la Unidad de Estudios Biológicos del Estado Guárico en Venezuela, en los que se comprobó el efecto del fuego, el pastoreo y la cobertura permanente de suelo en el comportamiento de los indicadores físicos, químicos y biológicos (tabla 3). Estos resultados mostraron que el pastizal protegido, sin afectaciones por el fuego, cubierto de pasto y bajo pastoreo, presentó los mejores valores de los indicadores evaluados; ello demostró que un adecuado manejo de estas áreas, debe incidir en la mejora de sus propiedades edáficas.

De acuerdo con estas ideas, no habría un enfoque único para generar un conjunto de indicadores para cada propósito. Los enfoques pueden cambiar con el tiempo a medida que se incrementa el entendimiento de los problemas ambientales y de acuerdo con la evolución de los valores sociales.

Uno de los enfoques ampliamente utilizados por lo inmediato de su comprensión, es en el que trabaja la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD). Se trata del sistema presión-estado-respuesta, el cual se basa en una cadena de causalidades, en la que se entiende que las actividades humanas originan presiones sobre el ambiente (indicadores de presión) que modifican la calidad y cantidad de los recursos naturales (indicadores de estado), en virtud de lo cual se produce una respuesta que tiende a modular la presión (indicadores de respuesta).

Tabla 3. Comparación de los indicadores de calidad del suelo en un pastizal natural (sometido al fuego y al pastoreo) y un pastizal protegido por 30 años (con pastoreo, sin fuego, siempre cubierto de pasto)

Indicador	Pastizal natural		Pastizal protegido	
	Media	ES	Media	ES
Físicos				
Densidad aparente, g/cm ³	1,66 ^a	±0,04	1,54 ^b	±0,4
Capacidad de campo, %	4,97 ^a	±0,49	16,51 ^b	±0,4
Contenido de humedad, %	13,35 ^a	±0,27	14,84 ^b	±0,18
Químicos				
pH	5,61 ^a	±0,19	6,29 ^b	±0,19
Bases cambiables, cmol/kg	0,57 ^a	±0,05	0,76 ^b	±0,03

Indicador	Pastizal natural		Pastizal protegido	
	Media	ES	Media	ES
P, mg P/kg	1,67 ^a	±0,06	1,63 ^a	±0,05
% carbono	1,15 ^a	±0,02	1,09 ^b	±0,01
N, mg N/kg	458 ^a	±87	530 ^b	±137
Biológicos				
C microbiano, mg C/kg	114 ^a	±45	153 ^b	±13

Promedios seguidos de letras diferentes corresponden a diferencias significativas (test Kruskal-Wallis, $p = 0,05$).

Modificado de Güerere (1992).

Fuente: López *et al.* (2005).

Por ejemplo, dentro del enfoque presión-estado-respuesta, la OECD (2003) ha propuesto algunos indicadores ambientales que se relacionan con la calidad del suelo, como el riesgo de erosión hídrica, de erosión eólica y de acumulación de C.

En los Estados Unidos de América se constituyó el Soil Quality Institute, organismo encargado de difundir entre los productores agrícolas los principios básicos de los indicadores de calidad del suelo y proponer metodologías simples para realizar mediciones (Soil Quality Institute, 1996). También la Unión Europea y Canadá publicaron información valiosa al respecto (Gregorich *et al.*, 1994; Anon, 1998). Asimismo, International Fertilizer Development Center ha desarrollado una ardua labor en la determinación y divulgación de indicadores para el manejo de la fertilidad de los suelos (Thompson, 2000).

En el 18 Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo, se discutió ampliamente el tema sobre el uso de indicadores de sostenibilidad para el manejo eficiente de la fertilidad del suelo. En la tabla 4 se muestran algunos de los trabajos más complejos y completos en este sentido; los países desarrollados fueron los que principalmente abordaron esta temática. Se manifestó, además, una tendencia al análisis integrado de todas las propiedades edáficas para mejor comprensión y manejo de este recurso.

En Argentina también se han informado estudios sobre la temática. En este sentido Nasca *et al.* (2006) evaluaron entre los indicadores ambientales la producción ganadera, la cobertura del pasto base, las plantas arvenses, el mantillo orgánico, el suelo desnudo, la materia orgánica del suelo, la estimación de CH₄ y el riesgo de utilización de energía fósil. Entre los indicadores económicos sobresale el margen bruto de la actividad; y entre los sociales, la responsabilidad técnica.

Tabla 4. Principales indicadores utilizados para determinar la calidad del suelo.

Indicador	Autores	País
Carbono orgánico total	Bruand <i>et al.</i> (2006) Lok (2006) Moebius <i>et al.</i> (2006) Hajabbasi <i>et al.</i> (2006) Gal <i>et al.</i> (2006) Camargo <i>et al.</i> (2006) Preston (2007)	Francia Cuba EE.UU. Canadá e Irán Alemania y Hungría Brasil
Materia orgánica		
Nitrógeno total		
Distribución de agregados		
Densidad aparente		
Concentraciones de CaCO ₃		
Capacidad de intercambio catiónico		
Saturación de bases		
Estabilidad de microagregados		
Poblaciones de microorganismos (bacterias y hongos)		
Densidad de lombrices		
Acumulación de humus	Dilly (2006)	Colombia
Respiración edáfica		
Secuestro de carbono en el suelo		
Contaminación por nitratos	Drury <i>et al.</i> (2006)	EE.UU.
Nitrógeno residual en el suelo		

Monzote *et al.* (2005) y Funes-Monzote (2006) plantearon que un buen indicador de la sostenibilidad en los sistemas ganaderos puede ser la eficiencia energética del sistema. Estos autores describen a este indicador como el balance entre los gastos energéticos y las producciones obtenidas en cualquiera de los niveles tróficos o energéticos de la naturaleza, y explican que en estos agroecosistemas es importante controlar la eficiencia energética, porque entre las especies de los animales existen algunas más eficientes que otras, desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía en función de la producción. Además, la producción animal desempeña un importante papel, ya que las fuentes proteicas que de ella provienen es parte sustancial de la dieta humana. Otros indicadores que recomiendan son la producción total de leche o carne, la producción por animal, el porcentaje de natalidad y mortalidad, la biodiversidad del sistema y el porcentaje de reforestación del área.

Lok (2006) realizó la selección de indicadores de estabilidad en tres diferentes tipos de pastizales y confeccionó tablas con rangos de valores de estabilidad para cada uno de los indicadores seleccionados (tablas 5 y 6). El estudio constituyó el primer paso para adentrarse en la temática, y solo incluyó en los análisis los indicadores relacionados con el suelo y el pasto. Para completar el trabajo sería necesario incluir indicadores del animal y el manejo a que se someten estos sistemas, así como la validación de los indicadores seleccionados.

Tabla 5. Rangos de valores que indican estabilidad para los indicadores seleccionados en cada pastizal en la vegetación en un intervalo de confianza de 95 % de probabilidad

Pastizal	Componente	Indicador	Época	Valor
Silvopastoril	Densidad de guinea	Densidad de guinea, plantas/m ²	Poco lluviosa	8,6-9,5
			Lluviosa	7,9-9,0
		Cobertura vegetal, %	Poco lluviosa	99,4-99,6
			Lluviosa	99,5-99,6
	Disponibilidad de biomasa	Disponibilidad total de biomasa, t de MS/ha	Poco lluviosa	5,4-6,3
			Lluviosa	6,0-7,1
Monocultivo	Composición botánica	Leguminosas, %	Poco lluviosa	2,6-2,7
			Lluviosa	1,3-1,4
		Plantas arvenses, %	Poco lluviosa	7,4-7,5
			Lluviosa	19,9-20,1
	Cobertura del pastizal	Cobertura vegetal, %	Poco lluviosa	96,6-96,7
			Lluviosa	98,2-98,3
Mezcla de leguminosas rastreras	Densidad de leguminosas	Densidad de glycine, plantas/m ²	Poco lluviosa	22,2-22,8
			Lluviosa	34,2-34,6
		Disponibilidad de biomasa, t de MS/ha	Poco lluviosa	2,6-3,4
			Lluviosa	3,4-4,4
	Composición botánica	Leguminosas, %	Poco lluviosa	83,2-83,3
			Lluviosa	77,2-77,3
		Gramíneas, %	Poco lluviosa	10,7-10,8
			Lluviosa	14,7-14,8

Tabla 6. Rangos de valores que indican estabilidad para los indicadores del suelo seleccionados en cada pastizal en un intervalo de confianza de 95 % de probabilidad

Pastizal	Componente	Indicador		Valor
Silvopastoril	Distribución de agregados en húmedo	Agregados 1 a 5 mm, %		58,7-58,9
	Distribución de agregados en seco	Agregados > 10 mm, %		20,3-20,5
	Valor n	Valor n		0,24-0,28
	Fitomasa subterránea	De 35 a 42 cm, g 100 cm ⁻³	Poco lluviosa	0,64-0,79
			Lluviosa	0,62-0,78
	Macrofauna	Individuos, individuos m ⁻²		29,5-30,8
Mesofauna	Individuos, individuos m ⁻²		29,6-31,8	
Monocultivo	Distribución de agregados en húmedo	Agregados 1 a 5 mm, %		68,2-68,3
	Valor n	Valor n		0,25-0,28
	Indicador químico	Materia orgánica		3,8-5,7
	Fitomasa subterránea	De 35 a 42, g 100 cm ⁻³	Poco lluviosa	0,49-0,68
			Lluviosa	0,57-0,68
Macrofauna	Lombrices, individuos m ⁻²		10,5-12,8	
Mezcla de leguminosas rastreras	Índice de plasticidad	IP, %		37,6-37,9
	Distribución de agregados en húmedo	Agregados 1 a 2 mm, %		34,5-34,6
	Resistencia a la penetración	De 20 a 30 cm, Mpa		0,78-1,13
	Fitomasa subterránea	De 35 a 42 cm, g 100 cm ⁻³	Poco lluviosa	0,62-0,78
Lluviosa			0,59-0,72	

Consideraciones finales

La temática relacionada con la conservación del suelo, el estudio y la selección de indicadores de sostenibilidad en el sistema suelo-pasto, es de gran novedad e interés mundial. Los indicadores deben ser confiables, fáciles de medir y repetibles en el tiempo. Para que un sistema de pastizal sea sostenible debe lograr el equilibrio dinámico entre sus elementos constituyentes, de modo que se consiga la adecuada productividad, la resiliencia, la equidad y la estabilidad en las dimensiones económica, social y ecológica.

Los estudios realizados en pastizales señalan como principales indicadores de la vegetación a la composición botánica, la cobertura vegetal, la presencia de especies invasoras y nativas, la producción de biomasa y la disponibilidad de biomasa. En el suelo: el contenido de materia orgánica, la biota edáfica (macrofauna, microfauna y mesofauna), la estabilidad de los agregados, la textura, el contenido de humedad y de nutrientes. En el componente animal: la producción total y por animal, y la presión de pastoreo son algunos de los más reiterados en la literatura. La determinación de los indicadores debe ser específica para cada tipo de pastizal.

Referencias bibliográficas

- AMÉZQUITA, E.; THOMAS, R. J.; M., RAO I.; MOLINA, D. L. & HOYOS, P. Use of deep-rooted tropical pastures to build-up an arable layer through improved soil properties of an Oxisol in the eastern plains (Llanos Orientales) of Colombia. *Agric. Ecosyst. Env.* 103 (2):269-277, 2004.
- ASTIER-CALDERÓN, MARTA; MASS-MORENO, M. & ETCHEVERS-BARRA, J. Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia.* 36 (5):605-620, 2002.
- BASAURE, P. *Manejo sostenible de la fertilidad del suelo.* <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/organica.pdf>. [23/06/2010], 2010.

- BEHNKE JR, R. H.; SCOONES, I. & KERVEN, CAROL, EDS. *Range ecology at disequilibrium*. London: Overseas Development Institute, 2000.
- BERTONI, J. & LOMBARDI, N. F. *Conservação do solo*. Piracicaba, Brasil: Livrocere, 1985.
- BIE, S. W.; BALDASCINI, A. & TSCHIRLEY, J. B. *El contexto de los indicadores de la FAO. Indicadores de calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible*. Roma: FAO, 2010.
- BORRELLI, P. Producción animal pastizales naturales. En: P. Borrelli y G. Oliva, eds. *Ganadería sustentable en la Patagonia Austral*. Argentina: INTA. p. 129-160, 2001.
- BOTERO, J. A. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono. En: M. A. Sánchez y M. Rosales, eds. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma: FAO. p. 75-92, 2001.
- BRUAND, A.; BALBINO, L. C.; VOLLAND-TUDURI, N.; COUSIN, I.; REATTO-BRAGA, A. & LOPES DE OLIVIERA, M. I. *et al.* Modelling bulk density according to structure development: toward an indicator of microstructure development in Ferralsols. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- BRUNDTLAND, C. H.; BRUNDTLAND, GRU; KHALID, MANSOUR; AGNELLI, SUSANNA; AL-ATHEL, SALI & CHIDZERO, B. *et al.* *Our common future*. USA: Oxford University Press, 1987.
- CAMARGO, CARLA M.; ROLOFF, G. & MALINOVSKI, J. R. Water quality originating from forest roads in Southern Brazil. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- CINGOLANI, A. M.; NOY-MEIR, I.; RENISON, D. D. & CABIDO, M. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? Compatibilidad entre ganadería y conservación. *Ecología Austral*. 18:253-271, 2008.
- COSTA, MARGARITA; GUTIÉRREZ, J. C.; HERNANDO, J.; HERNANDO, ISABEL; MARTÍN, ANA & MORENO, MARGARITA. Indicadores edáficos, vegetales y microbianos (ciliados colpódidos) de procesos de desertificación. *Anales de Biología*. 24:175-183, 2002.
- DALE, V. H.; BROWN, S.; HAEUBER, R. A.; HOBBS, N. T.; HUNTLY, N. & NAIMAN, R. J. *et al.* Ecological principles and guidelines for managing the use of land. *Ecol. Appl.* 10:639-670, 2000.
- DÁVILA, A. X. & GONZÁLEZ, J. E. *Beneficios del manejo sostenible de la tierra*. Quito: Ministerio del Ambiente, 2013.
- DILLY, O. M. Humus accumulation, microbiological indicators and respired carbon dioxide in soil. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- DORAN, J. W. & PARKIN, T. W. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Special Publication no. 35. Madison, USA: Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., 1996.
- DRURY, C. F.; YANG, J. Y.; DE JONG, R.; YANG, X. M.; HUFFMAN, T. & KIRKWOOD, V. *et al.* The canadian agri-environmental indicators for nitrogen: residual soil nitrogen and the risk of water contamination by Nitrate-N. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- FAO. *Conferencia Internacional sobre la contribución de los criterios e indicadores para la ordenación forestal sostenible: el camino a seguir (CICI-2003)*. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques, 2003.
- FAO. *Evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas LADA Project*. Roma: FAO, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2008b.
- FAO. *World development report 2008. Agriculture for development*. Washington. USA: World Bank, 2008a.
- FEBLES, J. M. Estado de los suelos dedicados a la ganadería en la llanura Habana-Matanzas. *Conferencia del II Taller Nacional de Fertilidad de Suelos*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2009.
- FEBLES, J. M.; VEGA, M. B.; FEBLES-PÉREZ, G.; TOLÓN, A. & JEREZ, L. Indicadores agroambientales de sostenibilidad para caracterizar la erosión de los suelos en regiones cársicas de uso ganadero. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 42 (4):423-429, 2008.
- FEBLES, J. M.; VEGA, M.; FEBLES, G.; PÉREZ-TOLÓN, A. & JEREZ, L. Criterios de selección para determinar valores umbrales de sostenibilidad de los suelos en áreas piloto de La Habana, Cuba. *Actas del I Congreso Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e Indicadores*. Almería, España: Universidad de Almería, 2007.
- FLATHER, C. H. & SIEG, CAROLYN H. Applicability of Montreal process criterion 1-conservation of biological diversity-to rangeland sustainability. *Int. J. Sust. Dev. World.* 7 (2):81-96, 2000.
- FUNES-MONZOTE, F. *Eficiencia energética de los sistemas agrícolas integrados ganadería/agricultura*. Roma: LEAD, 2006.
- FÜRST, E. *El debate actual sobre indicadores de sostenibilidad*. Costa Rica: Centro Internacional en Política Económica, Universidad Nacional Heredia, 2000.

- GAL, ANITA; SZEGI, T.; SIMON, BARBARA; SZEDER, B.; MICHELI, ERIKA & TOMBACZ, ETELKA *et al.* Indicators of soil degradation processes on a Chernozem field in Hungary. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- GÓMEZ-SAL, A. Aspectos ecológicos de los sistemas agrícolas. Las dimensiones del desarrollo. En: J. Labrador y M. A. Altieri, eds. *Agroecología y desarrollo*. Madrid: Mundi Prensa. p. 83-119, 2001.
- GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M. & ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 74:367-386, 1994.
- GÜERERE, I. *Comparación de parámetros químicos, físicos y de la biomasa microbiana del suelo entre una sabana protegida del fuego y una sabana quemada anualmente*. Trabajo especial de grado. Caracas: Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, 1992.
- GUZMÁN-ARANDA, J. C.; HOTH, J. & BLANCO, E., Eds. *Plan de acción para la conservación y uso sustentable de los pastizales del desierto de Chihuahua en el estado de Chihuahua 2011-2016*. Chihuahua, México: Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, 2011.
- HAJABBASI, M. A.; SHARIFI, M. & SHEKLADI, M. Changes in soil quality indicators, in adjacent protected forest and deforested lands in Central Iran. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.a,
- HEIMLICH, R. E. & ANDERSON, W. D. *Development at the urban fringe and beyond: impacts on agriculture and rural land*. No. 803. Washington: Economic Research Service, USA, Department of Agriculture, Agricultural Economic, 2001.
- HERNÁNDEZ, R. G.; RUIZ, A.; DÍAZ, J. & BARRANTES, G. *Degradación de suelos y sus efectos sobre la productividad*. Heredia, Costa Rica: Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, 1997.
- HERRERO, J. A. *Criterios e indicadores de manejo forestal sostenible, una visión de futuro*. La Habana: AGRINFOR, 2005.
- HÜNNEMEYER, J. A.; DE CAMINO, R. & MÜLLER, S. *Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales*. San José, Costa Rica: IICA/GTZ, 1997.
- HUSS, D. H.; BERNANDON, A.; ANDERSON, D. & BRUN, J. M. *Principios de manejo de praderas naturales*. Chile: FAO, INTA, 1996.
- JIMÉNEZ, J. J. & THOMAS, R. J. *Las comunidades de invertebrados de suelos en llanos de Colombia*. Cali, Colombia: CIAT, 2003.
- KAINE, G. W. & TOZER, P. R. Estabilidad, capacidad de recuperación y sostenibilidad basada en sistemas de pastos. *Los Sistemas Agrícolas*. 83:27-48, 2005.
- KERRIDGE, P. C. *Indicadores económicos y ambientales en sistemas de doble propósito: principios para su selección. Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. Cali, Colombia: Consorcio Tropicheche, 1997.
- LASCANO, C. Prevención, reducción y rehabilitación de tierras degradadas en los trópicos, un desafío para el CIAT y sus socios. *Simposio Fertilidad de Suelo*. [CD-ROM]. Cali, Colombia: CIAT, 2004.
- LOK, SANDRA. Soil indicators for determining the impact of management on the stability of grasslands in cattle exploitation. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- LOK, SANDRA; DÍAZ, J.; CRESPO, G. & TORRES, VERENA. Servicios ambientales generados por la aplicación de tecnologías ganaderas en sistemas agropecuarios tropicales. *Memorias del Congreso Suelos*. La Habana: Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, 2015.
- MELADO, J. *Manual de manejo sostenible de pastizales*. (Eds. P. Gallizioli y E. Mendoza). La Paz: Programa de Amazonía sin Fuego, 2014.
- MILLER, G. T. *Resource conservation and management*. USA: Wadsworth Publishing Company, 1990.
- MOEBIUS, B. N.; VAN ES, H. M.; ABAWI, G.; WOLFE, D.; IDOWU, O. J. & THIES, J. *et al.* Indicators of soil health: rapid assessment of soil quality using laboratory procedures and VNIR reflectance spectroscopy. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- MANTEIGA, LOLA & SUNYER, C. *Sistema español de indicadores ambientales. Subáreas de agua y suelo*. Madrid: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, 1998.
- MONZOTE, MARTA; MUÑOZ, E. & FUNES-MONZOTE, F. Integración ganadería-agricultura. En: *Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible*. La Habana: ACTAF-CEAS, p. 235-256, 2005.
- NASCA, J.; TORANZOS, MANUELA & BANEGAS, NATALIA R. Evaluación de la sostenibilidad de dos modelos ganaderos de la llanura deprimida salina de Tucumán, Argentina. *Zootecnia Trop.* 24 (2):121-136, 2006.
- NEWMAN, E. I. *Applied ecology and environmental management*. London: Blackwell Science, 2000.
- OBANDO, F. H. Evaluación de la salud y resiliencia del suelo en tierras de ladera con base en indicadores locales. *Simposio Fertilidad de Suelo*. Cali, Colombia: CIAT, 2004.

- OECD. Soil organic carbon and agriculture: developing indicators for policy analyses. *Proceedings of an OECD expert meeting*. Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development, 2003.
- PONCE DE LEÓN, M. *Determinación de las reservas de carbono de los suelos minerales de Cuba. Aporte metodológico al cálculo y generalización espacial*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, 2004.
- POZUELA, A. *La sostenibilidad ambiental como paradigma moral*. <http://www.mideplan.go.cr/sinades/Publicaciones/Articulo%25Pozuelar%25Pozuela.html>. [15/05/2007], 2006.
- PRESTON, S. *El manejo sostenible de suelos*: Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible, 2007.
- QUERO, A. R.; ENRÍQUEZ, J. & MIRANDA, LEONOR. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances y estado actual. *Interciencia*. 32 (8):566-571, 2007.
- QUIRÓS, O. La conservación de suelos en la producción orgánica. *Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica. Agricultura Conservacionista*. San José, Puerto Rico: MAG, 2002.
- REBOLLO, S. & GÓMEZ-SAL, A. Aprovechamiento sostenible de los pastizales. *Ecosistemas*. XII (3). <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/231/227>. [15/05/2005], 2003.
- RIBASKI, J. Sistemas agroflorestales pecuarios: algunas experiencias desarrolladas no Brasil. *Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción agropecuaria sostenible*. [CD-ROM]. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2006.
- SCHOFFER, M.; CARPENTER, S.; FOLEY, J. A.; FOLKE, C. & WALKER, B. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*. 413:591-596, 2001.
- SCHOMAKER, M. *Desarrollo de indicadores ambientales en el marco de PNUMA*. Roma: FAO, 2010.
- SENRA, A.; MARTÍNEZ, R. O.; JORDÁN, H. & REYES, J. Principios del pastoreo rotacional eficiente sostenible para el subtrópico americano. *XV Fórum de Ciencia y Técnica*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2010.
- SEYBOLD, C. A.; MAUSBACH, M. J.; KARLEN, D. L. & ROGERS, H. H. Quantification of soil quality. In: R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follet and B. A. Stewart, eds. *Soil process and the carbon cycle*. Boca Ratón, USA: CRC Press, p. 387-403, 1997.
- SINGER, M. J. & SWING, S. Soil quality. In: M. E. Sumner, ed. *Handbook of soil science*, ed. Boca Ratón, USA: CRC Press, p. 271-298, 2002.
- Soil Quality Institute. *Indicators for soil quality evaluation*. Washington: USDA Natural Resources Conservation Service, 1996.
- SOMBROEK, W. M. Evaluación de los recursos de la tierra y la función de sus indicadores. En: *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible*. Roma: FAO, 2010.
- SOYZA, A. G.; VAN ZEE, J. W.; WHITFORD, A.; NEALE, N.; TALLENT-HALLSEL, J. E. & ERIC, W. G. *et al.* Indicators of great basin rangeland health. *J. Arid Environ.* 45:289-304, 2000.
- TEASDALE, J. R. Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. En: *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma: FAO, 2011.
- The Heinz Center. *Summary and highlights. The state of the nation's ecosystems: Measuring the lands, waters and living resources of the United States*. The H. John Heinz III Center for Science Economics and the Environment. <http://www.heinzctr.org/ecosystems>. [23/06/2010], 2002.
- THOMPSON, M. *Report*. vol. 25. Alabama, USA: International Fertilizer Development Center, 2000.
- TOVAL, A. H. Hacia una silvicultura sostenible en el trópico seco: el caso de la finca Piedra Rala, Nicaragua. *Ecosistemas*. XII (2), 2003.
- TSCHIRLEY, J. Utilización de indicadores en la agricultura sostenible y desarrollo local. En: *Dimensions: Environment: policy and integrated managements*. Roma: FAO, 2010.
- VARGAS, R. Plan de implementación de la alianza regional de suelos. *VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*. La Habana: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, 2015.
- VELÁSQUEZ, E.; RUIZ, N. & LAVELLE, P. Soil macrofauna as Indicator of soil quality. *XIV International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. Session 7. Functional groups and valuation as indicators of soil fauna. Abstracts*, 2004.
- WILDNER, L. DO P. & VEIGA, M. DA. *Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Erosión de suelos en América Latina*. Santiago de Chile: FAO, 1993.
- YADO, R.; SALINAS, J. & LERMA, E. *Manejo de recursos naturales*. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, 1996.

CAPÍTULO 5. El reciclaje de nutrientes y la fertilidad del suelo

Gustavo Jacinto.Crespo-López¹, Idalmis D. Rodríguez-García¹, Julio Jesús Reyes-González¹, Milagros de la Caridad.

Milera-Rodríguez² y Marta Beatriz Hernández-Chavez²

¹ Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central, km 47, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana, Cuba

² EEPFIH CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

Desde finales del siglo anterior, la actividad ganadera en Cuba no dispone de los fertilizantes tradicionalmente usados para mantener la fertilidad de los suelos. Sin embargo, estas áreas pueden disponer de una cantidad de nutrientes y enmiendas, procedentes de las excreciones de los animales.

En el pastoreo racional Voisin (PRV) el reciclaje de los nutrientes puede ocurrir eficientemente a través de los tres componentes básicos que conforman el sistema de producción animal; o sea, el suelo, el pasto y el animal.

Aunque la mayor cantidad de nutrientes que se reciclan en estos sistemas ocurre mediante las excreciones de los animales (excretas y micciones), otras vías que merecen ser analizadas son la hojarasca, el agua de lluvia y el sistema radicular de los pastos.

El objetivo del presente capítulo es revisar el conocimiento existente en Cuba acerca del reciclaje de los nutrientes y la fertilidad del suelo en las áreas de pastoreo donde se practica el sistema rotacional Voisin.

Características de las excreciones de los animales

La alimentación animal influye directamente en la cantidad y la disponibilidad de nutrientes que retornan al pastizal mediante las heces y la orina. En este sentido, el número de excreciones diarias, su tamaño, peso y volumen, así como la superficie de suelo que ellas cubren, influyen en el balance del reciclaje de los nutrientes (Crespo y González, 1983; Petersen *et al.*, 2007). Teóricamente, a mayor carga animal corresponderá una mayor eficiencia en el reciclaje de los nutrientes (Saam *et al.*, 2005b).

El número diario de defecaciones y micciones de las vacas lecheras y los toros en ceba, y el área de pastizal que ellas cubren (Crespo *et al.*, 2000) se muestran en la tabla 1. Estos vacunos adultos defecan diariamente entre 11 y 12 veces, y orinan entre 8 y 10 veces, mientras que cada excreta pesa entre 1,7 y 2,0 kg y cada micción promedia 2 L.

Tabla 1. Número, peso o volumen de excreciones y micciones por día y área

Indicador	Tipo de ganado	
	Vaca lechera	Toro en ceba
Número de excreciones	12,7	11,1
Peso por excreción, kg peso fresco	2,06	1,78
Área cubierta por excreción, m ²	0,07	0,05
Número de micciones por día	10,1	8,5
Volumen por micción, L	1,9	2,0
Área cubierta por micción, m ²	0,21	0,22

Los valores antes señalados están sujetos a variaciones considerables. Así, el volumen de orina está estrechamente relacionado con la cantidad de agua consumida, de modo que en los días cálidos el consumo de agua y los volúmenes de orina son mucho mayores que en los fríos (Oenema *et al.*, 2007).

Por otra parte, la cantidad de alimento consumido influye en la cantidad de excretas producidas y, por tanto, la producción fecal está afectada por los factores que influyen en el consumo de alimentos (Hirata *et al.*, 1988; Bernal *et al.*, 2007).

La cantidad de nutrientes retornados al suelo por las heces y la orina del ganado vacuno, muestra una variación amplia. No obstante, se pueden hacer estimados bastante reales si se conoce la cantidad de pasto consumido, su composición de nutrientes y los requerimientos de los animales. La tabla 2 indica el contenido promedio de nutrientes en las heces y la orina del ganado lechero.

Algunos nutrientes, como el K, retornan principalmente mediante la orina, mientras que otros como el P, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn lo hacen a través de las heces. Por su parte, el N, Na, Cl y S retornan en proporciones similares en las heces y en la orina. En la figura 1 se muestra este proceso (Valk *et al.*, 2000; Rufino *et al.*, 2007).

Los valores en las proporciones de nutrientes entre las heces y la orina, pueden variar en dependencia de la calidad de la dieta (Bassanino *et al.*, 2011).

También se han encontrado variaciones entre los animales en una misma finca, así como entre días y entre los momentos de un mismo día. Esta variabilidad es causada por diferencias en el consumo de alimentos por los animales y por diferencias fisiológicas entre ellos en el porcentaje del alimento excretado.

Tabla 2. Contenido promedio de nutrientes en heces y orina de vacas lecheras

Indicador	Contenido en la orina, g/L	Contenido en las heces, % de peso fresco	Porcentaje excretado en las heces
Sólidos totales	6,1	15,4	85
N total	11,5	2,9	48
P total	0,2	1,2	95
Cl	2,5	0,61	47
K	7,95	0,84	28
Ca	0,17	1,28	97
Mg	0,56	0,63	78
Na	1,18	0,22	41
Cu	0,001	0,005	95
Zn	0,002	0,02	98
Fe	0,006	0,16	99
Mn	0,0002	0,02	99

Fuente: Crespo y Pérez (1999)

El manejo del ganado vacuno en el pastoreo influye notablemente en la forma en que retornan las excretas al pastizal. Una parte muy importante puede quedar depositada en los establos o naves de sombra, los estanques y las mangas y, por lo tanto, sus nutrientes no entran en el proceso natural de reciclaje en el propio ecosistema de pastizal. Por lo general, los animales excretan más en estas áreas que en el propio pastizal (Rodríguez, 2001).

A medida que la densidad de pastoreo aumenta, la distribución de las excretas tiende a ser más uniforme (Thomas *et al.*, 1990; Granstedt, 2000). Con ello se puede lograr una disminución de las pérdidas de nutrientes y un reciclaje más eficiente dentro del sistema; las subdivisiones en cuartones y el pastoreo rotacional de alta intensidad pueden contribuir a que el reciclaje de los nutrientes en el pastizal sea más eficiente.

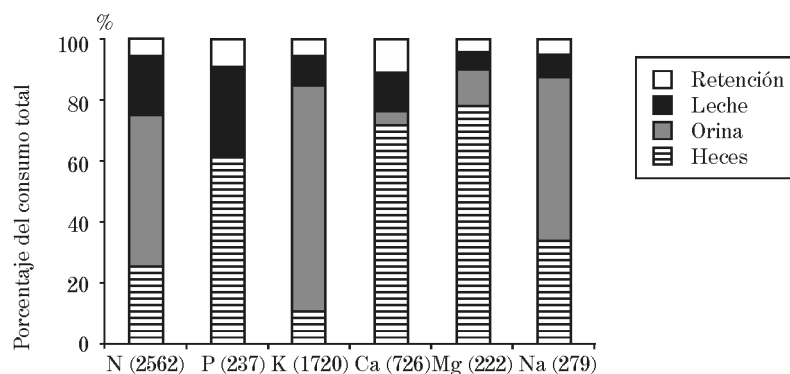


Fig. 1. Porcentaje de excreción y retención de los nutrientes consumidos por vacas lecheras. Los nutrientes consumidos (g/día) se indican entre paréntesis.
Fuente: Haynes y Williams (1993)

Efecto del pastoreo racional Voisin en el suelo y en el pasto

Las investigaciones desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba indicaron que aun con una intensidad de pastoreo elevada (280 UGM/ha), las excreciones de las vacas se concentraron anualmente en solo 19-21 % del área del pastizal y tuvieron una influencia directa en la producción y en la calidad del pasto, así como en la concentración de nutrientes y en la biocenosis del suelo (Rodríguez *et al.*, 2005). El pasto en las áreas cubiertas por las bostas y la orina mostró un mayor rendimiento que el pasto no cubierto por ellas, con un mayor efecto en el mes de julio (tabla 3). Es significativo que en todos los muestreos la orina produjo una mayor concentración de N y K, y una menor de P en el pasto.

Tabla 3. Efecto de las bostas y las micciones en el rendimiento y contenido de N, P y K del pasto

Rendimiento, t de MS/ha		% Base seca		
		PB	P	K
Enero				
Bosta	2,4	10,2	0,36	0,68
Micción	2,6	13,8	0,27	1,68
Testigo	1,5	9,8	0,35	0,41
Julio				
Bosta	2,7	15,1	0,66	1,10
Micción	5,2	17,7	0,42	2,02
Testigo	2,0	12,8	0,57	0,67

El efecto de las excretas de las vacas en el rendimiento del pasto ocurre rápidamente durante la estación lluviosa y es insignificante durante la época poco lluviosa, cuando predomina su momificación. Por otro lado, tanto en la época poco lluviosa como en la lluviosa el efecto de la orina se prolongó después de los 100 días.

En vaquerías típicas se determinó cómo ocurre la distribución de las deyecciones entre el área de pastizal y las naves de ordeño y de sombra. Así, las vacas que pastaban en cuartos de *Cynodon nlemfuensis* con alta intensidad de pastoreo (240 UGM/ha) y que permanecían 14 h en el pastizal y 10 h en las naves, depositaron (como promedio) solo 59 % de las bostas y 43 % de la orina en el pastizal. En un pastizal compuesto básicamente por *Megathyrsus maximus* cv. Likoni, con una intensidad de pastoreo de 180 UGM/ha y tiempo de pastoreo de 14 horas diarias, las vacas distribuyeron las excretas de la for-

ma siguiente: 63 % en el pasto, 24 % en la nave de sombra, 10 % en la nave de ordeño y 2 % en los pasillos entre los cuarterones (mangas); mientras que la orina se distribuyó 30 % en el pasto, 50 % en la nave de sombra, 18 % en el ordeño y 2 % en las mangas. Estos resultados indican que de no ponerse en práctica un sistema eficiente de recolección de las excreciones en la nave de sombra y de ordeño y su devolución al pastizal, se producirán grandes pérdidas de nutrientes en el sistema (Rodríguez, 2001).

Los estudios del reciclaje de N, P y K en un sistema de pastoreo racional Voisin (PRV) en un pastizal compuesto por monocultivo de pasto estrella, mostraron un déficit anual de N (-3 kg/ha) y P (-9 kg/ha), pero un balance positivo de K (+6 kg/ha). En este sistema se midió la producción de biomasa del pasto, la deposición de excretas y orina, la utilización del pasto por el ganado, el reciclaje de nutrientes de los residuos, el aporte de nutrientes por la hojarasca, las pérdidas de N en el pastizal y el aporte de N por las lluvias.

El balance se realizó sin tomar en consideración la devolución de las deyecciones de las naves al pastizal; por lo que existe la posibilidad de lograr una estabilidad del sistema si se recogen con eficacia y se regresa al pasto tales excreciones, o si se aumenta sustancialmente el tiempo de permanencia de las vacas en el pastoreo.

En términos generales, el balance negativo de N y P en este sistema PRV parece explicar la disminución de MO y P del suelo, a los dos años de haberse iniciado el pastoreo (tabla 4), aunque el muestreo efectuado a los tres años indicó una tendencia hacia la elevación de estos valores, excepto el pH. Los demás macroelementos (K, Ca, Mg y N total) no mostraron variación.

Tabla 4. Variación de las características del suelo de un pastizal sometido a PRV

Momento del muestreo	pH	Materia orgánica, %	P, ppm
Inicio	6,8 ±0,08	4,85 ±0,16	35,8 ±1,2
2 años	5,9 ±0,06	3,91 ±0,15	10,7 ±1,1
3 años	5,3 ±0,10	4,25 ±0,25	21,5 ±1,5

Efecto de la intensidad de pastoreo en el comportamiento del pasto, la hojarasca y la macrofauna del suelo en un pastizal de *C. nlemfuensis*

En esta investigación se profundizó en el efecto del PRV, con diferentes intensidades de pastoreo, en el proceso natural de reciclaje de nutrientes mediante las excreciones de los animales y la acumulación de hojarasca.

Se escogieron, según un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas, tres cuarterones de 0,125 ha en un pastizal compuesto básicamente por la especie *C. nlemfuensis*. Cada cuarterón se subdividió en tres áreas iguales de 0,042 ha cada una. A cada subdivisión se le fijó una intensidad de pastoreo diferente: 150, 300 y 450 UGM/ha, durante tres años consecutivos. El suelo del área se clasifica como Ferrálico cálcico (Hernández *et al.*, 2009), de reacción ligeramente ácida (pH 6,3-6,7).

Los resultados mostraron que la disponibilidad promedio anual del pasto fue menor ($p < 0,01$) con la mayor intensidad de pastoreo, con la cual se produjo también el mayor porcentaje de utilización. Por su parte, la hojarasca acumulada fue más alta ($p < 0,05$) con la intensidad de pastoreo más baja (tabla 5).

Tabla 5. Efecto de la intensidad de pastoreo en la disponibilidad y utilización del pasto

Indicador	Intensidad de pastoreo, UGM/ha			
	150	300	450	ES±
Disponibilidad promedio, t MS/ha/año	17,8 ^a	17,9 ^a	16,6 ^b	0,4**
Utilización del pasto, %	41,7 ^c	63,1 ^b	75,2 ^a	0,6**
Hojarasca acumulada, t MS/ha/año	2,8 ^a	1,5 ^{ab}	1,2 ^b	0,5*

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

a, b, c: Medias con superíndices distintos difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

La intensidad de 450 UGM/ha afectó la disponibilidad anual de MS y la hojarasca acumulada. Esto se explica porque a mayor intensidad de pastoreo los animales consumen también los estratos más viejos y lignificados del pastizal, que produce, a largo plazo, una disminución de su disponibilidad total. En este sentido, Fales *et al.* (1995), en pastos templados, y Turmen y Seastedt (1993), en pastos tropicales, resaltaron que el aumento de la intensidad y la frecuencia de pastoreo trae, por lo general, resultados negativos, principalmente en la acumulación de las reservas y en la biomasa aérea de la planta, por lo que debe existir una correspondencia entre la intensidad de pastoreo y el tiempo de reposo, para mantener un pastizal productivo durante muchos años (Senra *et al.*, 2010).

Reyes (2003) encontraron que una alta intensidad de pastoreo produjo una elevada defoliación del pasto y las áreas rechazadas por los animales disminuyeron, lo cual ocasionó un aumento de la producción de hojas y una reducción de material muerto.

En el presente estudio se encontró mayor porcentaje del área de pastizal cubierta por las bostas y las micciones urinarias de las vacas a medida que fue más alta la intensidad de pastoreo (tabla 6).

Tabla 6. Área de pastizal cubierta por las bostas y las micciones en los tres años y por la hojarasca al final del tercer año

Intensidad de pastoreo, UGM/ha	% del pastizal cubierto		
	Bostas	Orina	Hojarasca
450	65 ^a	15 ^a	75 ^b
300	48 ^b	10 ^b	100 ^a
150	25 ^c	4 ^c	100 ^a
ES±	3,1**	2,1*	4,9**

*p < 0,05 **p < 0,01

a, b, c: Medias con superíndices distintos difieren a p < 0,05 (Duncan, 1955)

Estos resultados se refieren a la suma de las áreas ocupadas por las excreciones durante los tres años consecutivos, de modo que el promedio anual osciló entre 8 y 22 % para las bostas y entre 1,3 y 5 % para la orina con las intensidades de 150 y 450 UGM/ha, respectivamente. Estos valores son más altos que los encontrados por Rodríguez (2001) y Saam *et al.* (2005a), quienes emplearon una intensidad de pastoreo inferior a la del presente trabajo.

Los resultados anteriores confirman los planteamientos de Crespo *et al.* (2000) acerca de que aún, con altas intensidades de pastoreo, las excreciones de los animales no cubren más de 30 % del área de pastizal en un año. Este comportamiento también fue informado por Oenema *et al.* (2007) quienes consideraron que esta vía de reciclaje de nutrientes no resulta totalmente eficiente.

El área ocupada por la hojarasca se redujo en 25 % en el tercer año con la mayor intensidad de pastoreo (tabla 6). Aunque con 300 UGM/ha la hojarasca se encontró en el 100 % del área de pastizal, la cantidad acumulada decreció con respecto a la menor intensidad (tabla 5). En este sentido Haynes y Williams (1993) y Su *et al.* (2005) encontraron un efecto negativo en la producción de hojarasca en los pastizales a medida que se aumentó la carga animal.

Varios investigadores han llamado la atención sobre la importancia que tiene la hojarasca en el reciclaje de los nutrientes en los pastizales (Rovira y Rovira, 2010; Crespo-López, 2013). Según Hutchings *et al.* (2007) la hojarasca es indispensable para la formación de humus en el suelo, ya que ciertas fracciones de esta (taninos, ligninas y otros compuestos aromáticos) y algunos productos del metabolismo microbiano sufren, en determinadas condiciones, transformaciones que producen sustancias más o menos polimerizadas.

Es conocido que la humificación es un proceso indispensable para la fertilidad del suelo, pues condiciona, en buena medida, la formación del complejo adsorbente y su estructura. En condiciones favorables la hojarasca se descompone más o menos rápidamente en dependencia de su composición

bromatológica, se eleva la fracción mineralizada y el humus se asocia íntimamente a las arcillas, lo que mejora la fertilidad del suelo (Martínez *et al.*, 2009).

Por tales razones, cuando la intensidad de pastoreo es tal que, en poco tiempo, comienza a disminuir la acumulación de hojarasca, se compromete la estabilidad y la sostenibilidad del sistema por ocurrir una degradación progresiva de las reservas de humus y nutrientes del suelo (Su *et al.*, 2005). En el presente estudio esto comenzó a manifestarse con más de 300 UGM/ha.

Al producirse una mayor deposición de excreciones en el pastizal con el aumento de la intensidad de pastoreo, se retorna una mayor cantidad de N por esta vía al sistema (tabla 7), pero decrece el N retornado por la hojarasca.

Tabla 7. Nitrógeno retornado al pastizal por las bostas, las micciones y la hojarasca durante los tres años

Intensidad de pastoreo, UGM/ha	Nitrógeno retornado, kg/ha		
	Bostas	Orina	Hojarasca
450	181,2 ^a	65,0 ^a	10,8 ^b
300	107,3 ^b	48,0 ^b	13,5 ^b
150	50,0 ^c	27,5 ^c	25,2 ^c
ES±	21,1 ^{**}	3,5 [*]	2,8 ^{**}

*p < 0,05; **p < 0,01

a, b: Medias con superíndices distintos difieren a p < 0,05 (Duncan, 1955)

El principio de mantener elevadas intensidades de pastoreo para incrementar el retorno de nutrientes por unidad de pastizal a través de las excreciones y así mantener o incrementar la fertilidad del suelo, es defendido por Machado-Pinheiro (2004), Petersen *et al.* (2007) y otros. Sin embargo, es necesario señalar que esto es así hasta tanto la magnitud de la intensidad de pastoreo no afecte o disminuya el N que retorna a través de la hojarasca, ya que esta última será la garantía de la formación de humus; su importancia para la fertilidad del suelo se discutió en párrafos anteriores. En el presente estudio la intensidad de 300 UGM/ha fue lo suficientemente alta para provocar una disminución del N retornado por la hojarasca.

Se encontró un predominio de lombrices y coleópteros en el suelo del pastizal (tabla 8), con una disminución (p < 0,01) de la biomasa al aumentar la intensidad de pastoreo.

Tabla 8. Efecto de la intensidad de pastoreo en la biomasa de la macrofauna del suelo en la estación lluviosa del tercer año

Intensidad de pastoreo, UGM/ha	Biomasa, t/ha	Especies predominantes
450	0,98 ^b	Lombrices-coleópteros
300	0,76 ^b	Lombrices-coleópteros
150	1,55 ^a	Lombrices
ES±	0,38 ^{**}	

*p < 0,05 **p < 0,01

a, b: Medias con superíndices distintos difieren a p < 0,05 (Duncan, 1955)

Aunque se ha señalado que las bostas del ganado vacuno producen, por lo general, un aumento de la población de la macrofauna del suelo en los pastizales (Rodríguez *et al.*, 2003), en el presente estudio se encontró una disminución con las mayores intensidades de pastoreo. Este comportamiento pudiera atribuirse a la reducción de la hojarasca producida debido a un mayor consumo de la hierba. Crespo *et al.* (2000) y Xin *et al.* (2005) encontraron resultados similares a los del presente estudio y señalaron que la hojarasca ejerce una notable influencia en la actividad de la fauna del suelo, lo cual garantiza un reciclaje de nutrientes más eficiente.

La intensidad de pastoreo de 450 UGM/ha produjo una reducción apreciable de la hojarasca acumulada en el pastizal, el retorno de N por esta vía y la biomasa de la macrofauna en el suelo, los cuales constituyen indicadores importantes de la inestabilidad de estos sistemas. Se recomienda una intensidad de pastoreo no mayor de 300 UGM/ha en el PRV para no comprometer la estabilidad del sistema.

Efecto del pastoreo rotacional Voisin sobre la fertilidad del suelo en tres pastizales con diferentes especies de pastos

Hernández y Milera (1996) en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en la provincia de Matanzas, estudiaron el efecto del manejo del pastoreo rotacional Voisin en la fertilidad del suelo en tres pastizales con diferentes especies de pastos. La investigación se desarrolló en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado (Hernández *et al.*, 2009) y los pastos evaluados fueron: *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621, *M. maximus* cv. Likoni y *Cenchrus ciliaris* cv. Formidable, los cuales ocuparon 77,27; 8,51 y 12,76 % del área, respectivamente.

Se emplearon 98 cuarterones de 900 m² cada uno (30 x 30 m), distribuidos en bloques de 12 cuarterones con acceso a las mangas. Las unidades de ganado mayor (UGM), la carga instantánea, el reposo y las rotaciones promedio en cada especie, se muestran en la tabla 9. No se empleó fertilizante ni riego.

Para el análisis de suelo se tomaron 10 cuarterones de andropogon, tres de likoni y uno de buffel, que representaron 10,5; 12,5 y 8,3 % de las áreas ocupadas por estos pastos, respectivamente.

Tabla 9. Indicadores de manejo en las especies estudiadas

Indicador	Año 1	Año 2	Año 3
<i>Andropogon gayanus</i>			
UGM	21,62	15,82	19,51
Carga instantánea, UGM/ha	240,25	175,78	216,77
Reposo, días	53,77	50,25	69,62
Rotaciones	3,20	4,38	1,75
<i>Megathyrsus maximus</i>			
UGM	21,08	15,91	19,46
Carga instantánea, UGM/ha	232,49	174,79	216,28
Reposo, días	41,88	44,41	53,42
Rotaciones	3,87	4,25	1,67
<i>Cenchrus ciliaris</i>			
UGM	19,18	15,84	19,46
Carga instantánea, UGM/ha	233,61	176,01	216,28
Reposo, días	36,87	49,23	51,50
Rotaciones	3,49	4,44	1,21

El suelo en que se desarrolló el estudio se considera de fertilidad media (Paretas, 1971), lo cual fue confirmado por los contenidos de los principales nutrientes hallados en el primer muestreo, efectuado antes de que los animales comenzaran el pastoreo (tabla 10). Como se aprecia en esta tabla, los indicadores de fertilidad del suelo mostraron poca variación entre los pastizales estudiados, excepto el aumento del contenido de Na encontrado al final de los pastoreos en *A. gayanus* y *C. ciliaris*.

Tabla 10. Análisis químico del suelo (0-20 cm)

Pasto	Muestreo	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca**	Mg**	K*	Na*
			g/100 g		meq /100 g			
<i>Andropogon gayanus</i>	1	5,6	2,75	3,72	11,07	2,35	0,11	0,14
	2	5,4	1,87	4,62	10,93	2,57	0,10	0,11
	3	5,5	2,62	4,65	11,79	2,53	0,10	0,19
<i>M. maximus</i> <i>cv. Likoni</i>	1	6,0	2,50	4,00	12,59	2,14	0,09	0,15
	2	5,9	3,33	4,25	15,63	2,45	0,09	0,12
	3	6,2	3,80	4,58	17,30	1,45	0,12	0,13
<i>C. ciliaris</i>	1	5,7	1,25	5,35	14,15	0,75	0,10	0,10
	2	5,5	2,50	6,50	12,64	2,25	0,07	0,10
	3	5,4	2,50	6,00	13,57	1,63	0,06	0,25
Inicial		5,7	2,16	4,35	12,60	1,74	0,10	0,13
Final		5,7	2,97	5,07	14,22	1,87	0,09	0,18

Con respecto a la actividad biológica en la hojarasca y en el suelo de estos pastizales, Sánchez *et al.* (1998) encontraron aumentos importantes en las poblaciones de coleópteros y oligoquetos, que desempeñan un importante papel en el reciclaje de los nutrientes en el ecosistema.

Los resultados hallados en el país con relación a los sistemas de manejo animal, sin el empleo de fertilizantes, son diversos y contradictorios. Así, Crespo y Cuesta (1995) informaron que al emplear una carga instantánea alta (260-280 UGM/ha) se produjo una disminución del pH, la materia orgánica y el fósforo asimilable en el suelo, por lo que recomendaron la aplicación de nutrientes para lograr un saldo favorable en el balance de estos.

Sin embargo, Guevara (2005) evaluó el pastoreo racional en una vaquería comercial y no detectó variaciones significativas en el pH, ni en el contenido de K. El P presentó un decrecimiento en los cuarteones de pasto estrella y un incremento en los de guinea; mientras que la materia orgánica aumentó.

Por su parte, Arteaga (1995) y Petersen *et al.* (2007) plantearon que, si el pastoreo es bien conducido, es posible mantener la fertilidad del suelo y ahorrar la fertilización fosfórica y potásica, mediante la incorporación de estos nutrientes con las deyecciones.

Efecto de altas cargas y el manejo de la intensidad de pastoreo en el sistema suelo-planta-animal en condiciones de bajos insumos

Reyes (2003) realizó una investigación para determinar, en un sistema de PRV, el retorno de los nutrientes N, P y K a través de las excreciones y su aporte en el balance de estos, en pastizales sometidos a altas cargas y diferentes intensidades de pastoreo.

La investigación se realizó durante cuatro años en un área de 18 ha de *C. nlemfuensis* cubierto en más de 86 %. Se compararon dos tratamientos: A) alta intensidad de pastoreo, con 72 subdivisiones de 0,125 ha cada una, y B) baja intensidad de pastoreo, con 12 cuarteones de 0,75 ha cada una, ambos con 9 ha de pastizal. La carga global en cada tratamiento fue de 3 UGM/ha, lo que representó intensidades de pastoreo de 352 UGM/ha en A y 59 UGM/ha en B. Se utilizaron 84 vacas Holstein comerciales que estaban entre la primera y la quinta lactancia, con un potencial productivo de alrededor de 4 000 kg de leche por lactancia, distribuidas aleatoriamente en cada tratamiento.

Con la alta intensidad de pastoreo (tratamiento A) el número de bostas depositadas durante el primero, segundo, tercero y cuarto años en los cuartones supero significativamente a la baja intensidad de pastoreo (tratamiento B) en 37,2; 30,4; 18,3 y 15,0 %, respectivamente (tabla 11). Esta deposición de bostas estuvo directamente relacionada con la intensidad de pastoreo empleada.

En ambos tratamientos el número de bostas se redujo a medida que transcurrieron los años de pastoreo para ambas intensidades. Como consecuencia también disminuyó progresivamente la cantidad de materia orgánica retornada. Similares comportamientos señalaron Sugimoto *et al.* (1992) y Rufino *et al.* (2007), quienes lo atribuyeron a una disminución progresiva en la disponibilidad de alimento en el pastizal.

El retorno al suelo de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) por las excreciones totales (bostas y orina), fue mayor con el pastoreo de alta intensidad (tabla 12).

Tabla 11. Bostas depositadas en el pastoreo y retorno de materia orgánica

Variable	Tratamiento	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Bosta, ha/año	Alta intensidad	21 422,32	15 711,25	12 151,42	11 130,07
	Baja intensidad	15 615,75	12 944,45	10 267,99	9 674,14
Materia orgánica, kg/ha/año	Alta intensidad	4 385,82	3 587,33	2 826,06	2 729,57
	Baja intensidad	3 157,61	2 889,15	2 133,12	1 692,62

Tabla 12. Efecto de la intensidad de pastoreo en el retorno de N, P y K por los excrementos en el pastizal

Tratamiento	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha
Alta intensidad	98,41	148,67	365,32
Baja intensidad	76,20	105,50	293,30

No obstante, al estimar el balance de los nutrientes en el suelo y en el sistema total, se encontraron valores negativos con ambas intensidades de pastoreo en los cuatro años de estudio (tabla 13), con mayor déficit en el pastoreo de alta intensidad.

Tabla 13. Balance de nitrógeno, fosforo y potasio en el suelo y en el sistema general en cada método de pastoreo (kg/ha/año)

Componentes	Método	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Balance en el suelo	Alta intensidad	-55,6	-14,9	-146,0
	Baja intensidad	-45,8	-13,8	-118,9
Balance en el sistema	Alta intensidad	-20,6	-7,0	-95,8
	Baja intensidad	-5,9	-3,7	-49,3

Los métodos de pastoreo no mostraron un balance positivo de los nutrientes N, P y K (tabla 13). Esto puede atribuirse a que, prácticamente, la mitad de las excreciones del ganado ocurren en las naves de sombra, en la sala de ordeño y en los pasillos entre los cuartones, de modo que no reciclan sus nutrientes en el pastizal en una cantidad considerable. Estos resultados confirman los hallados en los primeros estudios sobre el funcionamiento del PRV desarrollados en el Instituto de Ciencia Animal.

El comportamiento negativo del balance de los nutrientes en ambos métodos de pastoreo influyó también en la disminución gradual del rendimiento del pasto (tabla 14).

Con el pastoreo de alta intensidad, el pasto presentó mayor rendimiento todos los años y superó al pastoreo de baja densidad en 43,3; 38,1; 29,0 y 31,05 % en el primer, segundo, tercer y cuarto años, respectivamente.

Tabla 14. Efecto de método de pastoreo en el rendimiento del pasto, t de MS/ha/año

Tratamiento	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Alta intensidad	12 890,71	12 608,13	11 252,27	9 565,45
Baja intensidad	8 995,55	9 126,87	8 721,60	7 302,54

Consideraciones finales

En términos generales, las investigaciones relacionadas con la influencia del pastoreo racional Voisin en la fertilidad general del suelo en las condiciones climáticas de Cuba, no han mostrado resultados consistentes. No obstante, queda claro que tanto los excrementos como las micciones de los animales ejercen un importante efecto en la fertilidad del suelo y en el rendimiento y la composición química de la hierba que cubren.

En algunos estudios se encontraron efectos favorables de este sistema de manejo del pastoreo en el mantenimiento de niveles aceptables de la fertilidad del suelo; sin embargo, cuando las investigaciones se realizaron en sistemas de producción, quedó demostrado que el balance de los nutrientes N, P y K, tanto en el suelo como en el sistema, fue negativo. Se demostró que la magnitud del desbalance depende estrechamente de la cantidad de las excreciones que no son devueltas directamente al pastizal por los animales; mientras que en los sistemas muy intensivos puede comprometerse la estabilidad del pastizal al disminuir la acumulación de hojarasca.

Por ello, es necesario implementar diferentes alternativas de ordenación de las áreas de los pastizales, que posibiliten una producción de biomasa tal que los animales encuentren los alimentos necesarios para sus requerimientos y que se logre una prolongada estancia diaria en el potrero y un tiempo mínimo en las naves, lo cual hará más eficiente el reciclaje efectivo de los nutrientes en los sistemas.

El empleo de las tecnologías como el silvopastoreo, los bancos de biomasa, la integración agricultura-ganadería, el manejo integrado de la fertilidad del suelo y otras, pudieran contribuir a la fertilidad sostenible de los suelos en las áreas que ocupa la ganadería vacuna, los cuales constituyen temas centrales que se desarrollan en los centros de investigación del país.

Referencias bibliográficas

- ARTEAGA, O. Manejo y evaluación de pastos con bajos insumos. *Resúmenes. Evento Homenaje André Voisin*. La Habana. p. 10, 1995.
- BASSANINO, M.; SACCO, D.; ZAVATTARO, L. & GRIGNONI, C. Nutrient balance as a sustainability indicator of different agro-environments in Italy. *Ecol. Indic.* 11:715-723, 2011.
- BERNAL, M. P.; MORAL, R. & HOUOT, S. Recycling of nutrients from organic wastes and treatment options. *RAMIRAN '04. Bioresource Technol.* 98:3181-3183, 2007.
- CRESPO, G. & CUESTA, A. El reciclado de los nutrientes en sistemas de producción vacuna. *Seminario Científico Internacional XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 143, 1995.
- CRESPO, G. & GONZÁLEZ, A. Cantidad y distribución de las excretas en el pastizal y su influencia en la fertilidad del suelo. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 17 (1):211-219, 1983.
- CRESPO, G. & PÉREZ, A. A. Significado de la hojarasca en el reciclaje de los nutrientes en los pastizales permanentes. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 33:349-358, 1999.
- CRESPO, G.; RODRÍGUEZ, IDALMIS; TORRES, VERENA; ORTIZ, J. & CABRERA, G. *Contribución al conocimiento del reciclaje de los nutrientes en el sistema suelo-pasto-animales en Cuba*. La Habana: EDICA, 2000.
- CRESPO-LÓPEZ, G. *El reciclaje de nutrientes y su impacto en sistemas ganaderos en el occidente de Cuba*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2013.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11 (1):1-42, 1955.

- FALES, S. L.; MULLER, L. D.; FORD, S. A.; O'SULLIVAN, M.; HOOVER, L. E. & BACK-MASTER, D. R. Stocking rate affects production and profitability in a rotationally grazed pasture system. *J. Prod. Agric.* 8 (1):88-96, 1995.
- GRANSTEDT, A. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment-experience from Sweden and Finland. *Agr. Ecosyst. Environ.* 80 (1-2):169-185, 2000.
- GUEVARA, R. *Contribución al estudio del pastoreo racional Voisin con bajos insumos en una vaquería comercial*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2005.
- HAYNES, R. J. & WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Adv. Agron.* 49:119-199, 1993.
- HERNÁNDEZ, A.; MORALES, M.; ASCANIO, M. O. & MORELL, F. *Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2009.
- HERNÁNDEZ, MARTA & MILERA, MILAGROS. Efecto de un manejo rotacional flexible en la fertilidad del suelo. *Pastos y Forrajes*. 19 (2):177-184, 1996.
- HIRATA, M.; SUGIMOTO, Y. & UENO, M. Effects of cattle dung deposition on energy and matter flows in Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) pasture. I. Changes in sward height and consumed herbage as related to rate of dung disappearance. *J. Jpn. Grassl. Sci.* 33:371-386, 1988.
- HUTCHINGS, N. J.; OLESEN, J. E.; PETERSEN, B. M. & BERNSTSEN, J. Modelling spatial heterogeneity in grazed grassland and its effects on nitrogen cycling and greenhouse gas emissions. *Agr. Ecosyst. Environ.* 121 (1-2):153-163, 2007.
- MACHADO-PINHEIRO, L. C. *Pastoreo racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio*. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2004.
- MARTÍNEZ, J.; DABERT, P.; BARRINGTON, S. & BURTON, C. Livestock waste treatment systems for environment quality, food safety and sustainability. *Bioresource Technol.* 100:5527-5536, 2009.
- OENEMA, O.; OUDENDAG, D. & VELTHOF, G. L. Nutrient losses from manure management in the European Union. *Livest. Sci.* 112:261-272, 2007.
- PARETAS, J. J. *Propiedades de clima y suelo que prevalecen en la EEPFIH*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1971.
- PETERSEN, S. O.; SOMMER-BÉLINE, F.; BURTON, C.; DACH, J. & DOWSON, J. Y. *et al.* Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livest. Sci.* 112:180-191, 2007.
- REYES, J. *Efecto de las altas cargas y el manejo de la intensidad de pastoreo en el sistema suelo-planta-animal en condiciones de bajos insumos*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2003.
- RODRÍGUEZ, IDALMIS. *Influencia de las excreciones de vacas lecheras en el agroecosistema de pastizal*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2001.
- RODRÍGUEZ, IDALMIS; CRESPO, G.; FRAGA, S. & PRIETO, D. Actividad de la macrofauna y la mesofauna en las bostas durante su proceso de descomposición. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 37 (3):319-326, 2003.
- RODRÍGUEZ, IDALMIS; CRESPO, G.; TORRES, VERENA & FRAGA, S. Effect of the dung patches and the urine on the chemical composition of the pasture and their effect on the soil under grazing conditions or not. *Cuban J. Agric. Sci.* 39 (3):341-350, 2005.
- ROVIRA, P. & ROVIRA, R. Fitting litter decomposition datasets to mathematical curves: towards a generalised exponential approach. *Geoderma*. 155:329-343, 2010.
- RUFINO, M. C.; TITTONELL, P.; VAN WIJK, M. T.; CASTELLANOS-NAVARRETE, A.; DELVE, R. J. & DE RIDDER, N. *et al.* Manure as a key resource within smallholder farming systems: analysing farm-scale nutrient cycling efficiencies with the NUANCES framework. *Livest. Sci.* 112:273-289, 2007.
- SAAM, H.; MARK-POWELL, J.; JACKSON-SMITH, D. B.; BLAND, W. L. & POSNER, J. L. Use of animal density to estimate manure nutrient recycling ability of Wisconsin dairy farms. *Agr. Syst.* 84:343-357, 2005.
- SÁNCHEZ, SARAY; MILERA, MILAGROS; ALONSO, O. & SUÁREZ, J. Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. *Resúmenes X Seminario Científico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 18, 1998.

- SENRA, A.; SOTO, S. & GUEVARA, R. Guía estratégica sobre la base de reservas en alternativas de la ganadería cubana, para enfrentar la crisis económica global y el cambio climático. *AIA*. 14 (3):3-18, 2010.
- SU, Y.-Z.; LI, Y.-L.; CUI, J.-Y. & ZHO, W.-Z. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, Northern China. *CATENA*. 59 (3):267-278, 2005.
- SUGIMOTO, M.; BALL, R. R. & THEOBLAD, P. W. Dynamics of nitrogen in cattle dung on pasture under different seasonal conditions. I. Breakdown of dung and volatilization of ammonia. *J. Japan. Grassl. Sci.* 38:167-174, 1992.
- THOMAS, R. J.; NAGAMATU, K.; IROSIDE, A. & BOLTON, G. R. The effect of grazing with and without excretal returns on the accumulation of nitrogen by ryegrass in a continuously grazed upland sward. *Grass For. Sci.* 45 (1):65-75, 1990.
- TURMEN, C. L. & SEASTEDT, T. R. Maximization of above grassland production; the role of defoliation frequency intensity and history. *Ecol. Appl.* 3:175-186, 1993.
- VALK, H.; METCALF, J. A. & WITHERS, P. J. A. Prospects for minimizing phosphorus excretion in ruminants by dietary manipulation. *J. Environ. Qual.* 29:28-36, 2000.
- XIN, K.; WINTER, K. & FILSER, J. Effects of soil mesofauna and farming management on decomposition of clover litter: a microcosm experiment. *Soil Biol. Biochem.* 37 (4):731-738, 2005.

SECCIÓN B.

Fitotecnia para la producción de los recursos forrajeros



CAPÍTULO 6. Agrotecnia para el fomento de sistemas con gramíneas

¹Marta Hernández-Chavez, ¹Luis Alberto Corbea-Martínez, ¹Francisco Reyes-Ocampo, ²César Padilla-Corrales,

¹Saray Sánchez-Cárdenas y ¹Tania Sánchez-Santana

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central, km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Introducción

Como es conocido, la estrategia de la producción ganadera en Cuba está basada en la utilización de los pastos y forrajes como principal fuente de alimentación. Sin embargo, una de las actividades más costosas es su fomento, ya que el rápido deterioro de los pastizales conlleva la siembra periódica de una gran cantidad de área; ello se debe, entre otras causas, a la inapropiada regionalización de los pastos, los ineficientes métodos de manejo y de control de las plantas arvenses, y las sequías prolongadas.

Unido a todo lo anterior, la pérdida de la fertilidad de los suelos es uno de los principales factores que afectan los rendimientos de los pastos en el trópico, donde los requerimientos de fertilizantes son altos, debido a la fuerte remoción de nutrientes que ocurre cuando se obtienen altas producciones, así como a las pérdidas que se producen por lavado y volatilización, y a los bajos contenidos de elementos minerales en el suelo, en especial de N fácilmente asimilable (Mesa *et al.*, 1990; Crespo, 2002).

Se debe señalar que la producción agropecuaria tiene efectos negativos en el medio ambiente, debido a que es la causa principal de contaminación del agua por los nitratos, fosfatos y plaguicidas, además de ser la mayor fuente de gases responsables del efecto invernadero.

Por otra parte, el empleo de los fertilizantes minerales ha estado limitado por el incremento de sus precios en el mercado internacional, por lo que se hace necesario utilizar métodos de producción sostenibles que puedan atenuar los efectos de la agricultura sobre el medioambiente. Estos métodos pueden desempeñar una función importante al almacenar carbono en el suelo, mejorar la filtración del agua y conservar los paisajes rurales y la biodiversidad (González, 2011).

Tomando en consideración lo señalado anteriormente, este capítulo tiene como objetivo tratar los métodos más utilizados en la siembra de los pastos y los factores agrotécnicos que influyen en su establecimiento, así como se darán a conocer algunas alternativas para un mejor manejo de los pastizales en las condiciones de Cuba.

Métodos agrotécnicos empleados en la siembra y el establecimiento de los pastos

El crecimiento demográfico mundial con un carácter más acentuado en los países del Tercer Mundo, crea la necesidad de alimentar a un mayor número de personas cada año, con el imperativo de obtener volúmenes más altos de carne y leche y, a la vez, desplazar progresivamente hacia el consumo humano mayores cantidades de granos y otros productos destinados a la alimentación animal. Debido a ello, cada día aumenta el número de países que basan la alimentación de su ganado fundamentalmente en los pastos y forrajes. Sin embargo, este objetivo no puede alcanzarse con pastos naturales de baja productividad y escaso valor nutritivo. En este sentido, Palacios-Hilario (2014) planteó que en América Latina al menos el 50 % de las áreas de pastoreo estaban en estadios avanzados de degradación; en Cuba 43 % de los suelos están afectados por erosión y 70 % por bajos contenidos de materia orgánica (Lok, 2015) y dentro de estos los de peores condiciones son los que están dedicados a la ganadería, por lo que la introducción de especies mejoradas es una necesidad real.

Sin duda alguna se puede plantear que la base del fomento de un pastizal es un establecimiento eficiente. La rapidez con que transcurra esta primera fase determina la posibilidad de una explotación más intensiva de los suelos dedicados a ese propósito, lo que resulta de particular interés en países que, como Cuba, no disponen de extensas áreas cultivables dedicadas a esta rama de la economía.

El establecimiento de nuevas especies demanda la utilización de métodos y procedimientos que incluyan el empleo de técnicas adecuadas a sus necesidades.

Características del clima y el suelo

Cuba forma parte de un archipiélago ubicado en el mar Caribe (entre los 74° 07'52" y 84° 57'54" de longitud oeste y los 19° 49'36" y 23° 17'09" de latitud norte), muy cerca del trópico de Cáncer. Presenta un clima tropical, caracterizado por veranos lluviosos con temperaturas cálidas e inviernos secos con temperaturas benignas.

La precipitación es el factor principal en la diferenciación estacional del año, con dos períodos: el lluvioso (mayo-octubre) y el poco lluvioso (noviembre-abril) con 80 y 20 %, respectivamente, de la lluvia anual (1 200-1 300 mm), aunque existen zonas donde caen solo 600 mm anuales.

La temperatura promedio mensual se mantiene por encima de los 21 °C y no sobrepasa los 28 °C, con una media anual de 25,2 °C. La temperatura media del mes más frío (febrero) es de 22,1 °C, mientras que en los meses más cálidos (julio y agosto) es de 27,6 °C.

El ritmo de la radiación solar alcanza 480 cal/cm/día en los meses del período lluvioso, mientras que en el período poco lluvioso llega a 300 cal/cm/día. Por otro lado, la humedad relativa promedio es de 80 %.

En relación con los suelos se presenta una marcada variabilidad, representados por más de 120 series, y se han clasificado en siete grupos (arenosos, latosolizados, no calcáreos, calcáreos, plásticos montmorilloníticos, cenagosos y escabrosos) que pueden facilitar las recomendaciones de fertilización y manejo. No obstante, los suelos más extendidos en la ganadería son los calcáreos y le siguen en orden los no calcáreos, los montmorilloníticos, los arenosos y los latosolizados.

Los suelos destinados a la producción de pastos son aquellos que no pueden ser utilizados para otros cultivos debido a diversas causas, pero sobre todo por ser de difícil explotación (topografía), presentan mal drenaje, baja fertilidad y problemas con la profundidad, la salinidad, la erosión, la retención de humedad, el pH y el endurecimiento. Estos son los factores limitantes que más afectan el establecimiento, la producción y la longevidad de los pastizales.

A continuación, se tratan los principales factores agrotécnicos que deben tenerse en cuenta en la fase de la siembra y el establecimiento de los pastos.

Compatibilidad suelo-planta

El primer factor que influye en el fomento de un pastizal o una planta forrajera es el tipo de suelo con que se cuenta, y a partir de esta premisa se determinan las especies que se pueden sembrar y a qué tipo de explotación se someterá la nueva plantación.

Con frecuencia se presentan problemas en el desarrollo de las especies al querer extrapolar resultados o comportamientos observados en una región hacia otra, sin tener en cuenta las características del suelo. Estos problemas se deben a la heterogeneidad de los pastos en relación con sus exigencias respecto al suelo, tales como el pH, el contenido de nutrientes minerales, así como a otras características físicas entre las que desempeñan un papel fundamental el drenaje interno y externo, y la capacidad de compactación. El relieve del terreno tiene una gran importancia práctica para determinar a qué tipo de explotación podrá someterse la nueva plantación; pues si el propósito es fomentar una forrajera el suelo debe poseer condiciones que permitan la mecanización, lo que no sería necesario considerar si la especie sembrada se cosechará directamente por el animal.

Siembra o plantación

El establecimiento del pasto constituye una de las inversiones más costosas en la ganadería, debido a las operaciones que se realizan (preparación del suelo, atenciones culturales y precio de la semilla). No obstante, esto puede compensarse cuando con un buen establecimiento se logra prolongar la vida útil y productiva del pastizal, lo que depende de la especie, la época y los métodos de siembra, así como de la preparación del suelo.

Preparación del suelo

La preparación del suelo para el fomento de los pastizales es quizás uno de los aspectos más controvertidos entre los investigadores. Así, existen recomendaciones donde se plantea realizar un número de labores que proporcione una preparación óptima del terreno, hasta las que señalan la posibilidad de obtener establecimientos satisfactorios con un laboreo mínimo e incluso sin ningún tipo de labor al suelo.

Estos disímiles criterios están dados por la diversidad de condiciones y características en que se realizan los trabajos. Por ejemplo, el número de labores necesarias para obtener un buen lecho de siembra es superior en un suelo muy trabajado (maestro), que en ese mismo tipo de suelo recién buldozeado; una vegetación espontánea compuesta por leguminosas y malváceas se destruye con un menor número de labores con respecto a una de gramíneas cespitosas o rizomatosas.

Las especies de pastos cuyo material de propagación son semillas pequeñas con escasas reservas, exigen un mullido del suelo superior al que se puede proporcionar a una especie que posea semillas con mayores reservas para nutrir la plántula durante un período de tiempo mayor.

Corbea y Fernandez (1986) plantearon que *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano (pasto estrella) sembrado en un suelo Ferralítico Rojo compactado (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015)2015, se estableció mejor al efectuar de cuatro a seis labores de arado y grada, que cuando la preparación se realizó con dos-tres labores.

Los resultados antes expuestos indican que la preparación del suelo, por ser un aspecto donde intervienen varios factores, como el tipo de suelo, la especie, las vías de propagación y la vegetación precedente, no puede tomarse como una metodología única.

En sentido general, se puede decir que una preparación adecuada para el establecimiento de las especies de pastos es aquella que sea capaz de propiciar un buen contacto entre la semilla y el suelo, con la eliminación, en el mayor grado posible, de un factor de riesgo tan importante como es la competencia con la vegetación espontánea en el período inicial de desarrollo de la especie cultivada.

Época de siembra o plantación

La época de siembra o plantación es uno de los factores que influyen en el desarrollo de los pastos, con una incidencia más marcada en países como Cuba, que cuentan con dos períodos estacionales bien definidos desde el punto de vista climático.

Por tanto, en ambos períodos existe un grupo de elementos del clima, como las precipitaciones, la temperatura, la luminosidad y los vientos, entre otros, que interactúan entre sí para producir el ambiente adecuado, y el grado de incidencia de cualquiera de ellos puede ser limitante para que se produzca el desarrollo óptimo de una especie.

El agua es importante en la evolución de los pastos debido a su participación directa e indirecta en todas las funciones fisiológicas de las plantas, pero es particularmente fundamental en la fase de establecimiento por su influencia en el proceso de la germinación y el crecimiento acelerado de las plántulas.

En este sentido, lo más importante que debe tenerse en cuenta es la frecuencia de las precipitaciones posteriores a la siembra y no la cantidad total de lluvia. Una buena germinación debe lograrse cuando ocurren lluvias de poca intensidad en los tres o cuatro días posteriores a la siembra. Suárez y Padilla (1978) encontraron que, al aplicar la misma cantidad de agua total en frecuencias cortas (tabla 1), se incrementó el número de plantas de guinea (*Megathyrsus maximus*). En este mismo trabajo la población se redujo notablemente después de 32 días sin aplicar agua. De ahí que resulte riesgoso realizar siembras al comienzo del período lluvioso, cuando las precipitaciones (aunque pueden ser intensas) ocurren con poca frecuencia, como por ejemplo en el mes de mayo en Cuba.

Tabla 1. Efecto de la población en el establecimiento de *Megathyrsus maximus* cv. Común

Agua aplicada, mm	Población ¹ , miles de plantas/ha	ES±	Primer corte			
			M. maximus, MV t/ha	ES±	Plantas arvenses, MV t/ha	ES±
12,5 c/2 días	227 ^a	22	6,5 ^a	0,7	9,6 ^d	1,2
25,0 c/4 días	215 ^a	22	6,1 ^a	0,7	7,7 ^a	1,2
37,5 c/6 días	156 ^b	22	3,2 ^b	0,7	9,9 ^a	1,2
50,0 c/8 días	86 ^b	26	0,3 ^c	0,8	15,5 ^b	1,4

a, b, c: Promedios sin letras en común dentro de la misma columna difieren para $p < 0,05$

¹ Final del período poco lluvioso

Fuente: Suárez y Padilla (1978)

La temperatura influye en la mayoría de los procesos de crecimiento de las plantas y regula la distribución y la densidad de las especies en el mundo. Las gramíneas tropicales con temperatura mínima de 15 °C y máxima superior a los 40-45 °C, tienen un crecimiento muy lento, que incluso puede llegar a suspenderse totalmente en casos extremos; la temperatura de 35 °C resulta la más beneficiosa.

A pesar de que algunos autores aseguran que es difícil predecir con exactitud la temperatura máxima y mínima para el crecimiento de las plantas, debido a la interacción existente entre las temperaturas diurnas y nocturnas, parece haber consenso en relación con los rangos de temperatura que benefician o limitan el desarrollo de los pastos tropicales.

En sentido general, se puede plantear como la mejor época de siembra aquella en que coincide un mayor porcentaje de condiciones climáticas favorables al desarrollo de las especies.

En Cuba la mejor época de siembra se corresponde con los meses de junio y julio, debido a las frecuentes lluvias, altas temperaturas y mayor duración e intensidad de la luz (tabla 2).

Tabla 2. Relación entre los indicadores del clima y el establecimiento en las condiciones de Indio Hatuey.

Mes	Rendimiento, t de MS/ha	Área cubierta, %	Indicadores climáticos (promedio 10 años)			
			Temperatura máxima, °C	Temperatura media, °C	Lluvia, mm	Luminosidad, horas sol diaria
Enero	3,86* NE**	30,0* 23,0**	26,50	19,00	61,7	6,65
Marzo	2,32* NE**	41,25** NE**	29,82	21,97	44,8	8,35
Mayo	NE* NE**	NE* NE**	31,94	25,63	217,8	7,87
Junio	18,9** 8,02*	80,77** 90,0*	32,19	26,28	244,5	7,43

Mes	Rendimiento, t de MS/ha	Área cubierta, %	Indicadores climáticos (promedio 10 años)			
			Temperatura máxima, °C	Temperatura media, °C	Lluvia, mm	Luminosidad, horas sol diaria
Julio	20,30** 0,87*	76,75** 45,0*	32,80	26,67	164,9	7,81
Septiembre	0,87* 10,12**	45,0* 34,50**	32,45	26,14	198,3	7,23
Noviembre	4,51* 11,05**	55,00* 36,75**	28,83	23,00	43,1	6,97

*Bermuda cruzada-1

**Pasto estrella jamaicano

NE: No establecido

Método de siembra o plantación

En la siembra o plantación de los pastos y forrajes se utilizan generalmente dos métodos: el de línea, en el cual el material de propagación se deposita en una hilera con un orden determinado, y a voleo, en el que el material de propagación se esparce sobre la superficie del suelo sin un orden dado.

La utilización de uno u otro método está determinada por las características del suelo y de la especie.

Se ha demostrado que algunas especies pueden sembrarse con posibilidades de éxito independientemente del método que se emplee (fig. 1), si el suelo se ha preparado convenientemente y se producen condiciones favorables en los días posteriores a la siembra.

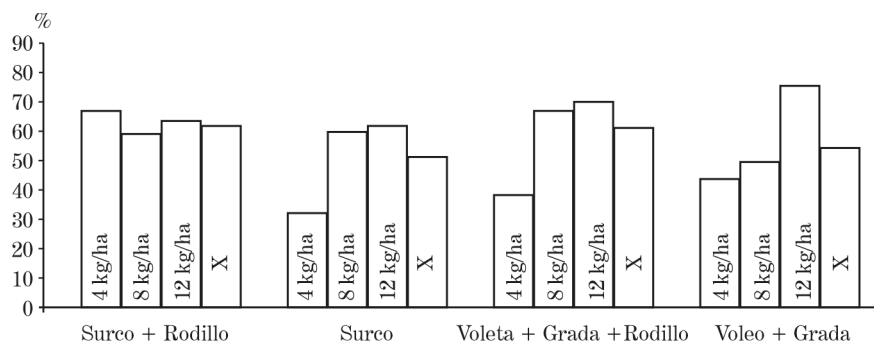


Fig. 1. Área cubierta por guinea en cada método.

La siembra a voleo tiene la ventaja de ser más económica debido a que necesita una menor cantidad de fuerza de trabajo manual y mecanizada; pero a la vez presenta desventajas tales como: la semilla queda depositada en la superficie sin protección alguna; el contacto con el suelo es limitado y se produce un enraizamiento superficial que abarca solamente la capa superior del suelo, que es la que con mayor rapidez pierde la humedad; ello causa que una elevada cantidad de plantas mueran en los primeros estadios de su vida, debido a la escasez de humedad. Por otra parte, la forma desordenada en que quedan depositadas las semillas representa un obstáculo para realizar labores de limpieza en los casos en que sea necesario, así como para la fertilización localizada.

Estas desventajas pueden ser atenuadas, aunque no totalmente eliminadas, con una labor de compactación posterior a la siembra.

La utilización del método a voleo suele ser más frecuente para las siembras con semilla botánica en suelos no laborados o cuando se utiliza el laboreo mínimo, donde la siembra en hileras es más difícil.

En Cuba no se encontraron diferencias en el rendimiento de materia seca en guinea cuando se compararon siembras en línea y a voleo en un suelo con buena preparación.

En las especies que se propagan por semilla vegetativa la elección de un buen método de plantación es aún más importante, debido a la rapidez con que se deshidrata este material de propagación cuando se expone directamente a la acción de los rayos solares y al viento. Ello hace que la siembra a voleo tenga escasas posibilidades de éxito y que los mejores resultados se obtengan con la siembra en hileras y la modalidad vuelta de arado ha sido la más eficiente para especies estoloníferas o erectas (Corbea y Hernández, 1979); ya que por su eficiencia en el tapado asegura un íntimo contacto entre el suelo y el material de propagación, y no es necesaria la labor de compactación, además de que se invierte el prisma del suelo y disminuyen las plantas arvenses (figs. 2 y 3).

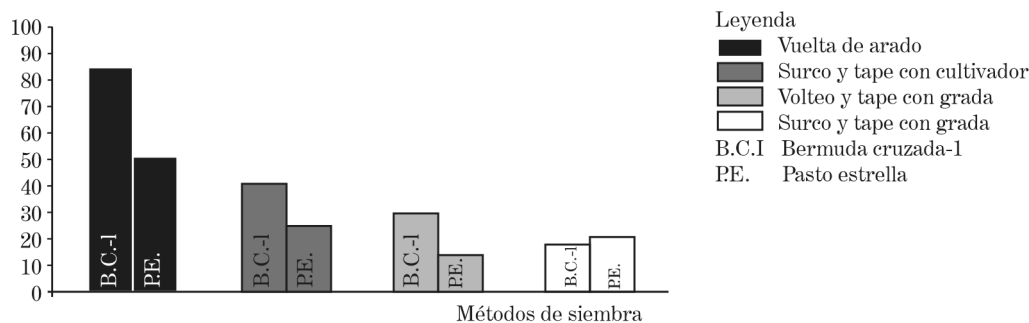


Fig. 2. Área cubierta según los métodos de siembra.

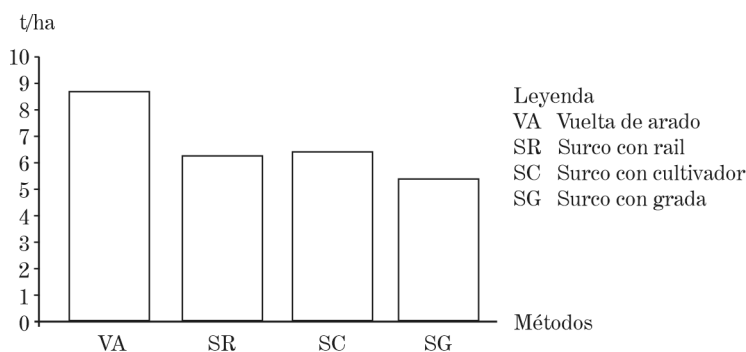


Fig. 3. Rendimiento de MS por método de plantación en CRA-265 y king grass.

En la práctica se acostumbra llamar método a la modalidad de tapado o forma en que se cubre el material de propagación, que es lo que determina la diferencia en los resultados del establecimiento, cuando el resto de las condiciones se mantienen constantes. Entre los de mayor uso para el tapado del material de propagación en las especies estoloníferas que se siembran por propágulos o partes de las plantas, se encuentran a vuelta de arado, tapado con cultivador, tapado con grada y tapado con riel; mientras que para las que se propagan por semilla está el tapado con la propia máquina sembradora, tapado con grada, tapado con el pase de una rama o sin tapar. En todos los casos se recomienda un pase de rodillo subcompactador para propiciar un contacto más estrecho entre la semilla y el suelo.

Para los pastos que presentan estolones largos (*Cynodon dactylon* cv. Callie), el mejor resultado se obtuvo cuando se tapó con un surcador; mientras que en bermuda cruzada-1 (*Cynodon dactylon* cv. Coast-cross-1), de estolones cortos, el tapado más eficiente se logró con la grada. Corbea y Hernández (1979), al estudiar diferentes métodos de plantación, señalaron que a vuelta de arado fue el más eficiente para la bermuda cruzada-1 y el pasto estrella. Esto se relaciona con el hecho de que se cubre la semilla con una capa de suelo (entre 5 y 10 cm), aunque algunos segmentos del estolón deben quedar descubiertos.

En general, se puede resumir que un método de siembra será más eficiente en la medida que proporcione un mejor contacto entre la semilla y el suelo, facilite un mayor aprovechamiento de la humedad residual de este último, y proteja la semilla de los agentes deshidratantes del clima y los organismos biológicos que puedan dañarla.

Distancia y densidad de siembra o plantación

La distancia y la densidad de siembra o plantación son dos factores importantes, ya que si estos son los adecuados puede lograrse un mejor establecimiento de los pastos, lo cual propiciará que los animales cuenten con una fuente de alimento más barata.

Densidad de siembra o plantación

La densidad de siembra o plantación es un indicador variable que puede estar determinado por la fertilidad y la preparación del suelo, las precipitaciones, el método de siembra, la agresividad de la especie cultivada y la necesidad de obtener un establecimiento más o menos rápido. Humphreys (1967) señaló una relación directa entre la cantidad de semilla y la rapidez con que se cubre el área. Sin embargo, existe coincidencia general entre los investigadores de que el efecto que se produce durante los primeros tiempos, debido al empleo de mayores dosis de semilla, desaparece cuando las especies se someten a la explotación.

Por otra parte, la escasez de semilla de pastos mejorados en la mayoría de los países tropicales y su alto costo, conducen a la utilización de las dosis estrictamente necesarias para obtener un buen establecimiento.

En este sentido, el empleo de dosis superiores puede retardar el establecimiento a causa de una mayor competencia intraespecífica por el agua, la luz y los nutrientes del suelo, al producirse una germinación excesiva. Un efecto contrario, pero igualmente perjudicial, se produce cuando se usan densidades extremadamente bajas, debido a la manifestación de la competencia interespecífica. En ambos casos el establecimiento, aunque puede lograrse, ocurrirá en un tiempo superior al necesario si se utilizan dosis adecuadas; esto implica una pérdida de tiempo en el comienzo de la explotación del pastizal.

Corbea *et al.* (1982) señalaron que la densidad de plantación debe ser de 1,5 a 2,0 t/ha en plantas estoioníferas, lo que coincide con lo planteado por Reyes *et al.* (1990a-a) para *Urochloa mutica* (*Brachiaria mutica*=*Brachiaria purpurascens*).

En resumen, se puede plantear que una siembra será más económica y eficiente si se emplea la dosis de semilla mínima que permita disminuir la competencia intraespecífica o interespecífica, lo que proporcionará un establecimiento satisfactorio y rápido del pastizal.

Distancia de siembra o plantación

La distancia de siembra o plantación es un indicador estrechamente relacionado con las características del suelo, su preparación y la capacidad de las especies para cubrir en un corto tiempo los espacios libres entre las hileras o entre las plantas. En suelos poco yerbateros o que hayan recibido una preparación óptima, donde la vegetación espontánea no presenta una fuerte competencia, las distancias más amplias suelen ser más económicas sin perjuicio para el establecimiento y el rendimiento, particularmente en las gramíneas tropicales y subtropicales que tienen la característica de ser muy precoces y agresivas. Así, en el pasto estrella la distancia entre surcos puede ser mayor que en la bermuda de costa, que tiene un crecimiento más lento.

En hierba de guinea sembrada a una distancia entre 25 y 132 cm, los rendimientos de MS por planta aumentaron linealmente ($r = 0,91^{**}$) con la distancia (Ordóñez *et al.*, 1981).

La distancia depende de la agresividad y el crecimiento de las especies; las de crecimiento vigoroso, como el pasto estrella, pueden tener mayores distancias entre surcos que otras de crecimiento más lento, como la bermuda de costa (*C. dactylon*).

Remy y Martínez (1978) recomendaron distancias de 45 o 60 cm para la bermuda cruzada-1 (*C. dactylon* cv.Coastcross-1) en suelo Ferralítico Rojo, ya que al sembrar a 90 cm hubo un mayor porcentaje de área no cubierta.

Los trabajos de Corbea y Martínez (1982) en king grass (fig. 4) sembrado a distancias de 60 a 120 cm entre hileras, mostraron que no hubo diferencias significativas en el rendimiento de MS entre las

menores y mayores distancias; a similares conclusiones llegaron Corbea y Fernandez (1985) para el pasto estrella sembrado a 30, 60, 90, 120 y 150 cm entre hileras (fig. 5).

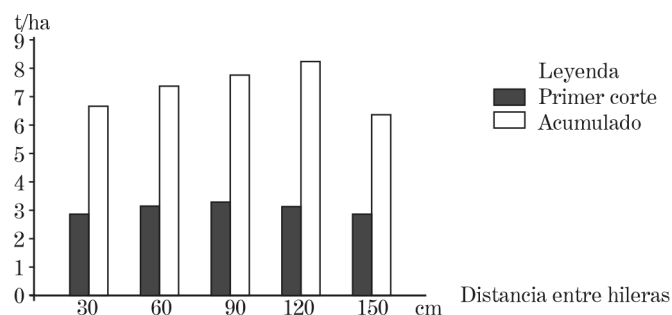


Fig. 4. Rendimiento de MS (t/ha) en el primer corte y acumulado de 4 cortes.

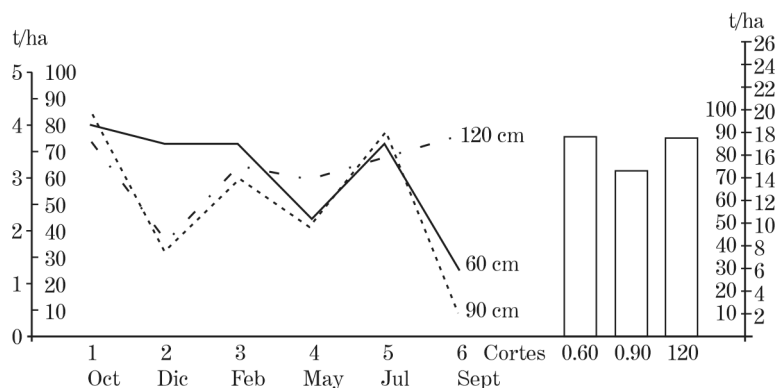


Fig. 5. Producción de MS por cortes y total por tratamientos.

Reyes *et al.* (1990a-b) concluyeron que cuando el pasto se siembra a vuelta de arado los surcos se deben espaciar de 60 a 90 cm, lo que fue corroborado cuando evaluaron *U. mutica* en suelos bajos; sin embargo, en suelos montmorilloníticos (Oscuros Plásticos) la distancia puede llegar a 1,20 m (Reyes *et al.*, 1991).

En Cuba las investigaciones han demostrado que la distancia y la densidad de siembra o plantación varían de acuerdo con el tipo de suelo, el método de siembra y la especie, entre otros. Así, Juan *et al.* (1977) encontraron, en suelos arenosos, que la densidad óptima de plantación para *C. dactylon* cv. Coastcross-1 fue de 2,0 t/ha, con una distancia entre surcos de 75 cm; mientras que Padilla *et al.* (1979a), al estudiar tres densidades en *C. dactylon* cvs. 67, 68 y Callie, concluyeron que en suelo Ferralítico Rojo típico con una buena preparación, baja infestación de plantas arvenses y una humedad adecuada, se puede lograr un establecimiento satisfactorio con 1,0 t de semilla/ha, aunque desde el punto de vista práctico esto resulta difícil con una dosis tan baja.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones, se puede recomendar una densidad de plantación de 1,5 a 2 t de semilla vegetativa/ha; mientras que la distancia debe oscilar entre 60 y 120 cm, en dependencia de la especie, el tipo de suelo, la densidad y el método de plantación. Si se emplean gramíneas que se propagan por semilla, la densidad será de 1,5 a 2 kg de SPG/ha.

Fertilización mineral en el establecimiento

La fertilización mineral desempeña un importante papel en el establecimiento de especies mejoradas de pastos y forrajes en suelos con déficit de algunos elementos que puedan limitar su desarrollo inicial. Esta situación se presenta con frecuencia en suelos de América y otras áreas de clima tropical,

donde las deficiencias de fósforo asimilable y de nitrógeno, fundamentalmente, son las causas de un establecimiento ineficiente y prolongado.

En suelos con escasez de uno o más elementos minerales, donde la vegetación espontánea desarrolla mecanismos o habilidades que le permiten crecer y evolucionar en ese hábitat, suele ser necesario el suministro al suelo de los elementos que están en déficit para ayudar a que la especie cultivada, en su desarrollo inicial, pueda competir con posibilidades de aventajar a las especies nativas que están mejor adaptadas al medio.

Cuando los suelos tienen deficiencia de más de un elemento, la aplicación de uno solo de ellos no produce efectos beneficiosos en el establecimiento, y solo se obtienen buenos resultados cuando se combina la aplicación de los elementos deficientes.

Un aspecto importante para lograr un mejor aprovechamiento del fertilizante por parte de las especies cultivadas, es el momento de su aplicación. En este sentido, si se aplica en el momento de la siembra puede ocasionar pérdida de los elementos por lixiviación o fijación antes de que la especie sembrada disponga de un sistema de raíces capaz de tomarlos para su nutrición. Por otra parte, la vegetación espontánea que generalmente se encuentra apta para nutrirse antes que la especie cultivada, hace un mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se encuentran a su disposición, debido a lo cual le presenta una mayor competencia a la especie cultivada.

En sentido general, la distribución de los fertilizantes a voleo en el momento de la siembra produce un excesivo crecimiento de las plantas arvenses y ocasiona un desequilibrio en las especies cultivadas que se encuentran en establecimiento. Una forma de evitar la pérdida de los fertilizantes o los efectos adversos en el establecimiento, puede ser su aplicación cuando la especie cultivada cuenta con raíces que le permiten tomar el fertilizante inmediatamente.

Sin embargo, no en todos los casos la fertilización en el establecimiento ha sido efectiva o necesaria. Los suelos con fertilidad media a alta, como los Ferralíticos Rojos, parecen aportar a los pastos cultivados los nutrientes necesarios para alcanzar un desarrollo satisfactorio en esta etapa.

Así, Corbea y Fernandez (1983) no encontraron respuestas significativas a la aplicación de fertilizantes en guinea likoni en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado de Cuba. Ello coincide con lo informado por Hernández *et al.* (1992) en *Andropogon gayanus* sembrado en un suelo Oscuro Plástico no gleyzado.

A modo de conclusión, se puede plantear que la fertilización en el establecimiento de los pastos es necesaria cuando existe una escasez marcada de los principales nutrientes en el suelo. Su efectividad se logra al aplicar dosis en consonancia con la deficiencia y al combinar todos los elementos que están en falta. Las aplicaciones en el momento de la siembra suelen ser menos eficientes que las que se hacen después de que la especie cultivada ha desarrollado algunas raíces. En suelos de fertilidad media a alta, la aplicación de fertilizantes en el momento de la siembra es un gasto adicional que no mejora el establecimiento.

Control de plantas arvenses

El control de las plantas arvenses es otra labor necesaria que ayuda a los pastos en su desarrollo y contribuye a un establecimiento más rápido.

Cuando las plantas indeseables son gramíneas, se puede efectuar una chapea alta que elimine una parte de estas y no perjudique al pasto; si la planta invasora es un bejuco u otro tipo de hoja ancha, se hace necesaria la aplicación de herbicidas.

Si el terreno recibió una buena preparación las gramíneas se desarrollan bien, ya que generalmente son más precoces que las plantas invasoras y, por lo tanto, se pueden disminuir las labores que encarecen el establecimiento.

En las condiciones de Cuba la guinea se establece en competencia con las plantas arvenses cuando se siembra en condiciones favorables; en el caso del pasto estrella, este es capaz, debido a su agresividad, de controlar a *Sorghum halepense* en los campos de forraje donde se corta frecuentemente.

Intercalamiento

El intercalamiento de cultivos temporales durante la fase de siembra de los pastos y forrajes puede incrementar el volumen por área plantada. No obstante, el objetivo fundamental de esta técnica es la obtención de una producción extra de forraje sin afectar el establecimiento del pasto base. Este sistema se debe implementar con la calidad requerida, teniendo presente aspectos como: la densidad de siembra, el ritmo de crecimiento y el grado de competencia del cultivo que se emplee, aspectos que pudieran cambiar en función de las características de crecimiento del pasto base, para así disminuir la competencia entre este y el cultivo por la luz, el agua y los nutrientes.

En Cuba se han obtenido buenos resultados con el empleo de esta técnica y se han logrado producciones extras de forraje que varían entre 3 y 10 t de MS/ha, según el cultivo intercalado, con un establecimiento satisfactorio del pasto base.

En un área donde se intercaló sorgo forrajero (*Sorghum* sp.), kenaf (*Hibiscus cannabinus*), maíz (*Zea mays*) y girasol (*Helianthus annuus*) en el pasto estrella, el sorgo produjo el mayor rendimiento y también la mayor afectación en el pasto, debido a la forma de intercalarlo. Posteriormente, Padilla *et al.* (1986) argumentaron que cuando la población de sorgo fue superior a 10 plantas/m², el pasto no se recuperó al año de la plantación, por lo que se sugirió intercalarlo 10 días después de la siembra del pasto con una dosis de 5 kg de SPG/ha.

Comienzo de la explotación

El momento en que se debe comenzar a utilizar el pasto por los animales después de la siembra, es una cuestión de suma importancia para la vida útil del pastizal. Ello está en dependencia del estado de desarrollo del pasto y de la especie, ya que como se conoce las gramíneas en condiciones ambientales adecuadas presentan un crecimiento mucho más rápido que las leguminosas; también está relacionado con las condiciones climáticas, porque en las zonas de mayor precipitación los pastos pueden explotarse más tempranamente.

En el caso de la guinea, Padilla *et al.* (1979b) estudiaron cuatro momentos para comenzar el pastoreo (dos, cuatro, seis y ocho meses después de la siembra) y encontraron que los rendimientos de la guinea fueron similares en todos los tratamientos; sin embargo, el pastoreo temprano permitió el aprovechamiento, por parte de los animales, de especies indeseables que son palatables en sus estadios más jóvenes. Estos autores recomiendan un pastoreo ligero en etapas tempranas del establecimiento, cuando las especies indeseables tienen una palatabilidad aceptable.

Reyes *et al.* (1993) estudiaron el momento de iniciar la explotación en *U. mutica* en suelos bajos, para lo cual establecieron cuatro rangos porcentuales de área cubierta: 40-45, 50-55, 60-65 y 70-75 % de pasto. De acuerdo con los resultados, concluyeron que esta gramínea debe comenzarse a pastar cuando el área esté cubierta entre 70-75 %, ya que en este rango se alcanzó una mayor estabilidad; ello se atribuyó a una mayor cantidad de puntos de crecimiento que hicieron contacto con el suelo.

Como conclusión se puede plantear que el pastoreo inicial no es estático y está en dependencia del crecimiento de las plantas y de las condiciones edafoclimáticas.

Problemática y uso de la fertilización NPK en los pastos y forrajes

Fertilización nitrogenada

El nitrógeno desempeña un papel fundamental en la obtención de altos rendimientos en todos los cultivos agrícolas; sin embargo, en el caso de los pastos y forrajes esta producción por sí sola es menos importante, ya que en el sistema suelo-planta-animal la eficiencia del fertilizante no solo depende del

volumen de alimentos obtenidos, sino que también está estrechamente vinculada con la producción de leche y carne de acuerdo con el consumo, la utilización y la conversión que realicen los animales.

Los suelos no poseen, generalmente, cantidades suficientes de nitrógeno para garantizar altas producciones. Aun en aquellos donde haya suficiente cantidad de este elemento, es indispensable reponer las extracciones que realizan las cosechas con vistas a preservar la fertilidad natural.

A diferencia de otros cultivos que generalmente se utilizan una vez por año, los pastos y forrajes, en dependencia del régimen de explotación, son empleados en un mayor número de ocasiones, de forma directa por el animal o por la cosecha mecánica, con el objetivo de ofrecerlos como forraje verde o en sus formas conservadas. Esta gran diversidad de formas de utilización hace un tanto más compleja la operación de la fertilización, más aún si se tienen en cuenta las diferencias entre el establecimiento y la explotación, la presencia de leguminosas puras y asociadas, y los aportes de nutrientes provenientes de la orina y las excretas.

El fertilizante nitrogenado cuando se aplica al suelo sufre transformaciones y solo es aprovechado por las plantas entre un 30 y 50 %. Su aprovechamiento depende del cultivo, del suelo, el riego, el momento y la forma de aplicación y la dosis entre otros (Almaguer-López, 2013).

Tanto el N presente en el suelo como el aportado por los fertilizantes pueden seguir las vías siguientes:

- a) Ser asimilado por las plantas.
- b) Perderse como producto del lavado hacia profundidades en el suelo donde no es utilizable por las gramíneas, ya que su sistema radical activo solo profundiza entre los 15 y 40 cm.
- c) Ser arrastrado por la erosión.
- d) Escapar a la atmósfera en forma gaseosa, principalmente en forma de amoníaco o como producto de la desnitrificación (N_2O ; N_2 ; NO).

El N que asimilan los pastos puede proceder del que está presente en el suelo, del fertilizante aplicado y del que se suministra a través de la fijación biológica.

Una vez asimilado se encuentra formando parte activa de los metabolitos esenciales, como los aminoácidos, las proteínas, los ácidos nucleicos, las vitaminas reguladoras del crecimiento, los fosfolípidos y la clorofila, por lo que está presente en casi todas las reacciones fisiológicas que ocurren en las células vegetales.

En los pastos, al igual que en otras plantas, la nutrición nitrogenada se efectúa fundamentalmente en forma de nitrato y amonio.

La formación de aminoácidos es más energética en presencia del amonio, ya que los nitratos deben ser reducidos a amoníaco mediante la acción de varias enzimas que contienen Mo, Mn, Cu y Fe como grupos prostéticos. La reacción más aceptada para la reducción es la siguiente:

NO_2^-	NOH	NH_2OH	NH_3
Reductasa del nitrato	Reductasa del nitrito (Cu, Fe)	Reductasa del hiponitrato (Cu, Fe)	Reductasa de la Hidroxilamina (Mn)

En general hay una mayor absorción del NO_3^- , ya que constantemente las bacterias nitrificantes mantienen su acción sobre el amonio dando lugar a la transformación en nitratos.

El contenido de N del suelo depende de la cantidad de humus presente en él. La mayoría de los suelos cubanos contienen de 2 a 3 % de humus; mientras que en los suelos negros de Europa se pueden encontrar valores de hasta 10 %. En la tabla 3 se muestran los valores de N en algunos suelos de Cuba que varían entre 0,15 y 0,25 %.

Tabla 3. Contenido de N en varios suelos cubanos

Suelo	Humus, %			N total, %			N hidrolizable, mg/100 g		
	0-20	20-30	30-40	0-20	20-30	30-40	0-20	20-30	30-40
Ferralítico Rojo	1,9	2,3	1,6	0,17	0,13	0,10	10,1	7,9	6,5
Ferralítico Amarillo	3,3	2,0	0,9	0,20	0,13	0,08	11,1	9,8	6,1
Oscuro Plástico	3,7	2,3	1,4	0,14	0,08	0,06	6,5	6,0	5,2
Gris Amarilloso	3,4	1,8	1,4	0,18	0,12	0,08	9,1	6,3	6,2
Pardo Sialítico	3,7	2,7	1,8	0,25	0,15	0,10	9,8	7,2	6,3

Unido a esta problemática se encuentra el hecho de que los pastos más empleados en Cuba (gramíneas) mantienen un contenido relativamente bajo de N, que varía entre 0,5 y 2,5 %, y está estrechamente interrelacionado con un grupo de factores, entre los que se encuentran: la época del año, la dosis de fertilización, la especie de pasto, la frecuencia de corte o pastoreo, el tipo de suelo y el manejo animal

Otro elemento importante es el relacionado con el N y la humedad del suelo. En la práctica su utilización se reduce considerablemente durante el período poco lluvioso, en el que la precipitación representa 20 %, aproximadamente, del total anual. Durante ese período la disponibilidad alcanza su punto más bajo y las aplicaciones de fertilizante no llegan a contrarrestar la escasez de alimentos.

Por otra parte, la alimentación vacuna cubana se sustenta en la utilización de los pastos y forrajes y sus formas conservadas, y en los últimos años la aplicación de fertilizantes se ha visto reducida drásticamente por problemas económicos; unido a ello se plantea el daño que los fertilizantes minerales causan al medio ambiente.

Un aspecto muy significativo, ligado a la realidad actual de casi todos los países latinoamericanos, es que a diferencia de la producción de fertilizantes fosforados o potásicos (se plantea que hay yacimientos de estos elementos en el mundo para varios siglos), la producción de fertilizantes nitrogenados, hasta el presente, está directamente ligada al problema energético. En su obtención están vinculadas dos materias primas fundamentales: el nitrógeno atmosférico que se encuentra en grandes cantidades y sin posibilidades de agotarse y el combustible (petróleo o gas) que produce la energía necesaria para la transformación del N_2 en NH_3 . De ahí que en los países con escasos recursos energéticos, como Cuba, se agudice el problema de la producción de fertilizante nitrogenado.

Fertilización con fósforo y potasio

El fósforo y el potasio son dos elementos básicos importantes en la nutrición de los pastos y forrajes. El primero desempeña un papel directo en el metabolismo vegetal como conductor de energía, al unirse con algunos compuestos orgánicos y formar compuestos ricos en energía como el ATP, el cual es de suma importancia para la síntesis de proteína, grasa y almidón en las plantas (Devlin, 1975).

Además de las funciones de carácter energético que tiene el P en las plantas, también se le atribuyen funciones de tipo estructural (fosfolípidos) y genético (nucleoproteína, DNA, RNA). Una cantidad considerable de fósforo está contenida en otro compuesto orgánico, la fitina, la cual desempeña un papel de sustancia de reserva y su fósforo lo utiliza el embrión en desarrollo.

En cuanto al potasio, se plantea que este es uno de los tres elementos que por lo general limitan el rendimiento. No es un constituyente de la estructura de las plantas, pero entre sus funciones más importantes están: intensificar el metabolismo del nitrógeno y la síntesis de proteína, influir en el intercambio de carbohidratos y regular el sistema hídrico del vegetal.

De lo señalado anteriormente se deduce la importancia de estos tres elementos en la nutrición de los pastos y forrajes. A ello se une que, generalmente, los suelos dedicados al cultivo de las pasturas son aquellos que presentan limitaciones debido a su baja fertilidad, acidez y salinidad, entre otros, por lo que los requerimientos de fertilizantes son altos.

Transformaciones del fósforo y el potasio en los suelos

Los procesos dinámicos de los fosfatos que ocurren en el sistema fertilizante-suelo-plantas se representan en la figura 6.

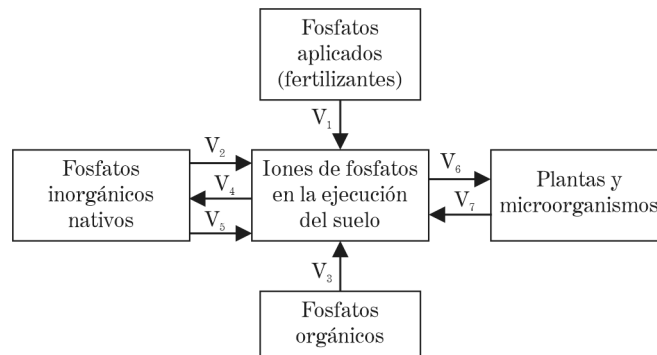


Fig. 6. Ciclo del fósforo en los suelos

Fuente: Fassbender (1975)

La disolución de los fertilizantes aplicados y de los fosfatos inorgánicos nativos, así como la mineralización directa de los fosfatos orgánicos, son los procesos que conducen a la aparición de iones fosfatos en la solución del suelo de donde la planta se nutre (V_6); una parte de los iones H_2PO_4 absorbidos por la planta son segregados por ella y devueltos a la solución del suelo (V_7). Los residuos de las plantas después de la cosecha se incorporan nuevamente al suelo, donde los fosfatos orgánicos presentes son mineralizados (V_8). Al disolverse los fertilizantes en el suelo, presentan una serie de interacciones a través de los procesos de adsorción en la superficie de las partículas coloidales (V) y de precipitación en forma de fosfatos menos solubles (V). Una gran parte del P aplicado es fijado por los minerales de arcilla, especialmente aquellas del tipo 1:1 como la caolinita, por arcillas amorfas como la alófana, y por los óxidos e hidróxidos de Fe y Al, lo cual es un fenómeno común en los suelos meteorizados de las regiones tropicales.

Por su parte, la dinámica del potasio (fig. 7) presenta una naturaleza completamente diferente a la de los elementos nutritivos aniónicos. Como no es un catión componente de la materia orgánica, los procesos son menos complejos.

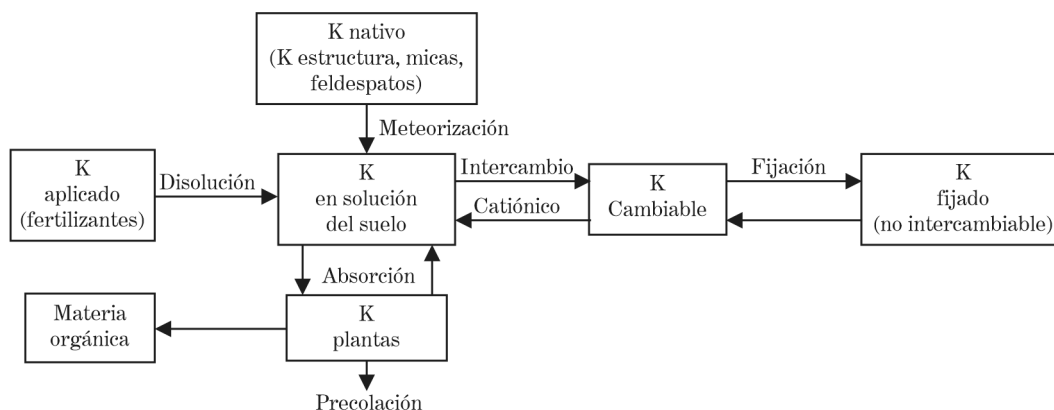


Fig. 7. Ciclo del K en los suelos

Al disolverse los fertilizantes potásicos aplicados, el K liberado pasa a formar parte de la solución del suelo.

El K intercambiable que se encuentra adsorbido en el complejo coloidal (arcillas, materia orgánica, hidróxidos), está en equilibrio con el K de la solución del suelo. Cuando las plantas absorben K, o este es lavado, se produce su reposición en la solución del suelo a partir del K cambiante, por lo que esta fracción es muy importante en la nutrición vegetal, ya que representa una reserva donde se almacena el K que poco a poco se pone a disposición de la planta.

Factores que afectan la respuesta de los pastos al fertilizante fosfórico

A continuación, se describen brevemente algunos factores que influyen en una mayor utilización de los fosfatos aplicados.

Suelo: Según los resultados informados en la literatura, parece ser que el contenido de P asimilable en el suelo y su capacidad de fijación, son los factores más importantes que influyen en la respuesta de los pastos al fertilizante fosfórico. Crespo *et al.* (1979) plantearon que en Cuba debe esperarse respuesta al P cuando los contenidos son menores que 35 ppm de P_2O_5 en suelos Ferralíticos Rojos y menores que 15 a 20 ppm en suelos Pardos; aunque Hernández (1986) no encontró respuesta a la aplicación de fertilizante fosfórico en suelos con un contenido menor de este nutriente, lo cual está relacionado con la especie de pasto de que se trate. Aproximadamente menos de 20 % del P aplicado con los fertilizantes es utilizado en el primer año por los cultivos, y el restante es fijado y se vuelve asimilable lentamente durante los años siguientes, por lo que la dosis empleada depende también de la capacidad de fijación de los suelos.

Especie: Las dosis de fertilización fosfórica en los pastos dependen más de las propiedades de los suelos que de las especies; no obstante, estas difieren en su respuesta al fosfato, así como en su habilidad para usar formas menos solubles; por ejemplo, las leguminosas usualmente responden bien y son capaces de utilizar formas menos asimilables de fosfatos. La respuesta a la fertilización fosfórica puede estar relacionada con su nivel crítico, pues se ha comprobado que las especies y/o variedades difieren en este sentido. En la tabla 4 se ofrecen los niveles críticos de P en las gramíneas y leguminosas de mayor importancia. Como se puede observar, *Centrosema pubescens*, *Stylosanthes guianensis* y *Lablab purpureus* pueden lograr rendimientos máximos con aplicaciones relativamente bajas de P, y con un contenido de este elemento en la planta más bajo que en otras como *Macroptilium atropurpureum* y *Medicago sativa*, las cuales presentan un nivel crítico más alto. Entre las gramíneas, *A. gayanus* y *Urochloa brizantha* presentan los valores más bajos, son menos exigentes en cuanto a los fertilizantes y se recomiendan para suelos de baja fertilidad.

Tabla 4. Nivel crítico de P en gramíneas y leguminosas (%).

Gramínea	P	Leguminosa	P
<i>Cenchrus ciliaris</i>	0,26	<i>Centrosema pubescens</i>	0,16
<i>Chloris gayana</i>	0,23	<i>Desmodium intortum</i>	0,22
<i>Andropogon gayanus</i>	0,11	<i>Neonotonia wightii</i>	0,23
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	0,22	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	0,24
<i>Digitaria decumbens</i>	0,16	<i>Medicago sativa</i>	0,24
<i>Megathyrsus maximus</i>	0,19	<i>Stylosanthes guianensis</i>	0,16
<i>Urochloa mutica</i>	0,11	<i>Teramnus labialis</i>	0,21
		<i>Lablab purpureus</i>	0,16

Fuente: La fuente es otro factor que puede afectar la eficiencia de los fertilizantes fosfóricos. El superfosfato triple y el sencillo son las fuentes que más se aplican a los pastos, debido a su elevada solubilidad y fácil asimilación; sin embargo, el costo de estos fertilizantes en el mercado mundial es alto, por lo que la estrategia en las áreas tropicales debe enfocarse en la utilización de fuentes más económicas y menos solubles, como las rocas fosfóricas. En el caso de los suelos ácidos fijadores de

P, la fertilización debe realizarse con fuentes de disponibilidad lenta, como las escorias básicas y las rocas fosfóricas, ya que en estas el P se va liberando lentamente, lo cual disminuye su fijación y el valor residual es más prolongado.

Frecuencia de aplicación: En la literatura se señalan resultados muy diversos con respecto a la influencia de este factor en la respuesta de los pastos a la fertilización fosfórica. Varios autores recomiendan aplicar el fósforo una sola vez para varios años, lo cual ahorra maquinaria y mano de obra, reduce marcadamente el costo de aplicación y alarga el efecto residual durante algunos años. Otros consideran que las aplicaciones anuales de superfosfato producen una mayor respuesta que una sola aplicación inicial de la misma cantidad total, ya que con esta última se produce una reducción de la disponibilidad del P aplicado por la inmovilización de este en el suelo y en los residuos vegetales no cosechados. En Cuba no se ha encontrado respuesta al fraccionamiento del fertilizante fosfórico.

Método de aplicación. Se ha comprobado que el fósforo es mejor utilizado cuando está lo más cerca posible del sistema radical, por lo que deben tenerse en cuenta las características de crecimiento y desarrollo de los pastos al hacer aplicaciones de fertilizantes. Se ha señalado que 80 % de la cantidad aplicada se queda en los primeros 30 cm del suelo y una parte insignificante se desplaza hasta los 60 cm; la aplicación de los fertilizantes en bandas crea un medio más fértil y favorable a la plántula, y la disponibilidad es mayor en la etapa de establecimiento. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando se emplea solamente este método, el crecimiento de las raíces se limita al área tratada y los cultivos se vuelven susceptibles a la sequía, por lo que se recomienda la administración en bandas combinada con la aplicación a voleo. La fuente de fósforo también influye en el método que se empleará, ya que si se trata de roca fosfórica esta debe incorporarse al suelo para que exista una mayor superficie de contacto entre las partículas del fertilizante y las del suelo, lo cual favorecerá la transformación de los fosfatos difícilmente solubles de la roca en fosfatos asimilables por la planta. Si la fuente de fósforo es soluble, es más eficiente su aplicación localizada (banda o granulada); si es insoluble, debe aplicarse a voleo e incorporarla al suelo. Los resultados son mejores en los suelos que fijan el fósforo y que tienen un contenido bajo de este elemento cuando la aplicación se hace localizada con dosis bajas del fertilizante (Bordolí y Barbazán, 2010).

Factores que afectan la respuesta de los pastos al fertilizante potásico

Suelo: La respuesta a las aplicaciones de potasio depende del contenido de K asimilable e intercambiable en el suelo. El contenido de K en los suelos varía desde menos de 0,05 hasta 2,5 % y está relacionado con el material de origen y el grado de meteorización. Generalmente, la mayor parte se encuentra en forma no intercambiable, y en menores proporciones en formas cambiables y solubles. En Cuba se ha encontrado una respuesta inmediata en suelos que contienen menos de 12 mg de K/100 g de suelo, lo cual es común en los de textura más ligera.

Intensidad de la explotación: El incremento de los rendimientos en los sistemas intensivos de explotación conlleva un empobrecimiento de los nutrimentos del suelo, debido fundamentalmente a las extracciones que hacen los forrajes, por lo que resulta necesario devolverle al suelo los elementos extraídos. Se ha comprobado que los fertilizantes potásicos por sí solos incrementan poco la producción de los pastos; sin embargo, su efecto es notable cuando, conjuntamente con el potasio, se aplican cantidades altas y frecuentes de N.

Frecuencia de aplicación: En la literatura se plantea que el fertilizante potásico debe fraccionarse para obtener una distribución más uniforme del rendimiento y evitar consumo de lujo, sobre todo en los suelos arenosos, de bajo contenido de K y pobre capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, en los suelos rojos de textura arcillosa no se ha encontrado un efecto significativo al aplicar el fertilizante potásico fraccionadamente en los pastos guinea, estrella y king grass.

Sistema de explotación: En las áreas forrajeras el contenido de K disminuye, debido a las grandes extracciones que hacen los forrajes; sin embargo, en condiciones de pastoreo ocurre un reciclaje de los nutrimentos y alrededor de 80 % del K consumido por los vacunos es excretado en la orina y las heces,

y puede recircular constantemente por el sistema. De acuerdo con cálculos teóricos, se plantea que en condiciones de pastoreo es posible reducir la dosis de fertilización aproximadamente en un 20 % de la empleada como óptima en áreas bajo corte.

A modo de resumen se puede concluir que la fertilización de los pastos es un sistema complejo en el que intervienen el suelo, la planta y los animales; esta depende de una serie de factores que posibilitan hacer un uso óptimo y racional de los recursos de que se dispone. Además, la tendencia mundial en los últimos años ha sido la reducción del uso de los fertilizantes minerales, no solo por su elevado costo, sino también por los daños que ocasiona a la ecología, al potencial productivo de los suelos agrícolas, a la calidad de los alimentos y a la salud del hombre.

Por ello es necesario buscar alternativas que promuevan un incremento en los rendimientos y que, a su vez, no causen daños en el medio ambiente; entre estas alternativas pudieran señalarse la aplicación de biofertilizantes y el empleo de leguminosas arbóreas como abono verde o en sistemas asociados (Cuartas *et al.*, 2014; Guevara *et al.*, 2014). Este último tópico se abordará a continuación.

Contribución de las leguminosas arbóreas en los procesos biológicos del suelo y en la producción de biomasa

En la literatura se plantea que la inclusión de árboles y arbustos (especialmente leguminosos) en los pastizales o en otros cultivos puede ser una buena opción debido, entre otros aspectos, a que estos sistemas silvopastoriles, como parte de los sistemas agroforestales pecuarios (SAFP) son un tipo de uso de la tierra que se caracterizan por aplicar simultáneamente varios principios agroecológicos, como la conversión de energía solar en biomasa a través de una vegetación estratificada, la elevada fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, la protección y el uso sustentable del agua, la rehabilitación de suelos degradados, el reciclaje de nutrientes, la provisión de hábitat para organismos controladores biológicos, la conservación y el uso de la biodiversidad (Murgueitio *et al.*, 2015b), la disminución en el uso de insumos externos, la reducción de la contaminación ambiental y el manejo integrado de la salud animal (Dumont *et al.*, 2013). Los productores pueden obtener otros beneficios, como leña, madera y postes; producen sombra, y sus ramas y hojas cuando se utilizan como forraje son un suplemento proteico; además, crean un microclima para la actividad de la fauna edáfica (Iglesias *et al.*, 2011; Simón, 2012).

Los sistemas silvopastoriles comprenden diversas modalidades y prácticas agrícolas en las cuales hay interacciones ecológicas y económicas entre los componentes: árboles, animales y cultivos o pastos. La modalidad que a continuación se expone consiste en depositar el follaje de los árboles podados como mulch o cobertura sobre la superficie del suelo o incorporarlo como abono verde para la producción de forraje de los cultivos base, para lo cual tradicionalmente se han usado leguminosas herbáceas. Los datos que se exponen son el resultado de una serie de investigaciones desarrolladas en la EEPFIH, sobre un suelo Ferralítico Rojo (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015) de mediana fertilidad y topografía llana.

Para ello se emplearon diseños en bloque al azar o en parcelas divididas, y los tratamientos se replicaron cuatro veces. No se usó riego ni fertilización. Las especies arbóreas se aviveraron y se trasplantaron al campo cuando tenían 40 cm de altura. La morera se sembró por estacas; la altura de poda de las arbóreas fue de 40 cm y los cortes se efectuaron en el período lluvioso; en el caso de los árboles asociados con la morera se podaron una vez a una altura de 1,50 m. La macrofauna se determinó de acuerdo con la metodología TSBF (Anderson y Ingram, 1993).

Sistema asociado de *M. maximus*-*Bauhinia purpurea*

El rendimiento de MS de la guinea en el primer año en el tratamiento donde se adicionó 100 % del follaje de bauhinia (T2), difirió significativamente de T1, en el cual los árboles no se cortaron y el pasto solo recibió las hojas y ramas que cayeron naturalmente (tabla 5). A partir del segundo año T2 y T3 (adición de 50 % del follaje) difirieron de T1. Ello pudo estar relacionado con un mayor aporte de

nutrientes a través del reciclaje y con el efecto de la poda, ya que como se conoce el sombreado produce una reducción en la actividad fotosintética de las plantas (Pezo y Ibrahim, 1998).

No obstante, en el presente trabajo se demostró que esta gramínea es una de las de mayor índice de adaptabilidad a los sistemas silvopastoriles, según informaron Penton y Blanco (1997), ya que con el transcurso de los años el rendimiento se incrementó, incluso en T1, por lo que se puede plantear que la sombra no afectó la producción de la guinea.

Tabla 5. Rendimiento de MS (kg/ha/año)

Tratamiento	Año		
	1	2	3
T1	1 708,5 ^b	2 112,3 ^b	2 791,4 ^b
T2	2 802,3 ^a	3 657,7 ^a	5 402,9 ^a
T3	2 408,8 ^{ab}	4 001,6 ^a	4 684,9 ^a
ES±	251,1 [*]	254,7 ^{**}	387,2 ^{**}

a, b: Valores con superíndices no comunes en la misma columna difieren a $p < 0,05$
^{*} $p < 0,05$; ^{**} $p < 0,01$

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la densidad de individuos de la macrofauna edáfica al inicio de la etapa experimental y al final en cada tratamiento estudiado.

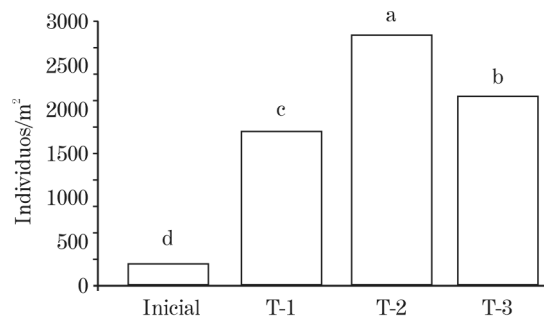


Fig. 8. Densidad de individuos en cada tratamiento
a, b, c, d: Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

Se observó que el número de individuos fue significativamente mayor al final de la etapa en todos los tratamientos respecto al inicial, y se incrementó a medida que aumentó la cantidad de follaje depositado sobre el suelo. Proporcionalmente, los órdenes que mostraron una mayor cantidad de organismos se correspondieron sobre todo con los diplópodos y los oligoquetos (lombrices de tierra), (tabla 6). Estos organismos, conjuntamente con las termitas y las hormigas, se consideran los principales grupos que intervienen en la fragmentación y en el consumo de material vegetal (Agudo-García, 2014; Bottinelli *et al.*, 2015; Lavelle *et al.*, 2016). Ello permite inferir que en este sistema el proceso de descomposición del follaje de bauhinia estuvo influido, en gran medida, por las poblaciones de dichos individuos.

Tabla 6. Densidad de individuos/órdenes en cada uno de los tratamientos

Tratamiento		Orden					
		Coleoptera	Diplopoda	Haplotaxida	Ortoptera	Isopoda	Dermaptera
Inicial		40	88	64	4	40	-
Final	T-1	152	720	692	88	92	4
	T-2	104	1212	992	108	404	8
	T-3	108	688	716	44	552	12

La distribución de los organismos por estratos varió, generalmente, de forma decreciente. Existió un predominio de individuos en la hojarasca y en los primeros 10 cm del suelo; aunque en este último al parecer se conjugan todas las condiciones para el establecimiento de una mayor cantidad de ejemplares. Dicho comportamiento puede estar relacionado con la acción reguladora que ejerció, en el suelo, la capa de hojarasca que se fue formando por la adición del follaje; además, la sola presencia del árbol en este sistema hizo que la temperatura del suelo fuera inferior en 10 °C, en comparación con la alcanzada en terreno abierto (Wilson y Wild, 1991). Por otra parte, según Gómez y Velásquez (1999) la hojarasca permite el desarrollo de una gran diversidad de organismos del suelo que mantienen activo el proceso de circulación de nutrientes.

Sistema asociado de *M. maximus*-*L. leucocephala*

La materia seca de leucaena alcanzó los mayores valores en el primer año ($p < 0,01$), con rendimientos superiores a 9 t de MS/ha (tabla 7). En este sentido, es conocido que esta planta ha sido capaz de producir, en sistemas de cultivo en callejones, rendimientos de biomasa de hasta 12 t de MS/ha/año (Szott *et al.*, 1991).

En el segundo año los rendimientos de los árboles decrecieron, lo cual probablemente estuvo determinado por la baja altura de poda empleada (40 cm), que pudo provocar una competencia muy fuerte (posiblemente por la luz) de la guinea con los árboles y, por ende, un desarrollo más lento de los rebrotes de estos últimos. Así, Fassbender (1993) señaló que, en algunas especies de árboles, incluso sometidas a defoliaciones frecuentes, se produce con el transcurso del tiempo una disminución de su producción de hojas y ramas, y un incremento de la biomasa del tronco; a esto hay que añadir que en el segundo año ocurrió una menor cantidad de lluvias que en el primero y esto también pudo disminuir la cantidad de hojas y ramas de las plantas.

La información sobre la productividad de los árboles manejados con cortes durante períodos prolongados de tiempo, es escasa, ya que generalmente los estudios han tenido poca duración. Se conoce poco en relación con la permanencia de su productividad en el tiempo, aunque es aceptado que son capaces de persistir y producir cantidades adecuadas de biomasa durante varios años.

En relación con la cantidad de material aportado por las podas (tabla 7), no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que se mantuvo una estabilidad en la contribución de las parcelas, independientemente del año y de los tratamientos.

La producción de MS del pasto se mantuvo estable en los dos años analizados, aunque en el control fue inferior a la de los tratamientos 0, 50 y 100 % de adición de follaje de leucaena sobre el suelo (tabla 7).

Tabla 7. Producción de materia seca de *L. leucocephala*.

Producción de leucaena, kg de MS/ha			
Años			ES±
1	2		1 516,3**
9 428	5 786		
Niveles de deposición de follaje, %			
0	50	100	ES±
7 218	7 269	8 333	1 292,9

** $p < 0,01$

En el tratamiento con árboles se observó un decrecimiento de la producción de MS de la guinea en el tiempo (tabla 8). Aunque se conoce que la guinea es una planta adaptada a condiciones moderadas de sombra cuando crece con una especie arbórea adecuada (Ruiz-Hernández *et al.*, 2015), los árboles alcanzaron alturas superiores a los 6 m y se produjo traslape de copas; ello dificultó el paso de los rayos solares y la competencia por la luz y los nutrientes con la leucaena, y pudo afectar la productividad del pasto.

Es posible que la forma de la copa de la leucaena no permita la entrada lateral de los rayos solares. Los cambios morfológicos y fenológicos que ocurren en las especies forrajeras cuando crecen en condiciones de mucha sombra, tienden a comprometer su potencial de persistencia y, por ende, su productividad.

El manejo adecuado de la sombra es un aspecto fundamental en los sistemas de cultivo en callejones, y para aminorar su efecto negativo se recomienda aplicar podas a los árboles (Pezo y Ibrahim, 1999).

La producción de MS de los tratamientos en que se incorporó 100 % del follaje de leucaena, aunque no difirió de la de 0 y 50 %, fue superior numéricamente a la de estos, lo que estuvo directamente relacionado con el aporte de nutrientes al suelo, proveniente de las hojas caídas de forma natural, del material de poda depositado y de la fijación simbiótica de nitrógeno por la arbórea.

Tabla 8. Producción de biomasa de guinea en asociación con leucaena.

Producción de materia seca de guinea, kg de MS/ha					
Años					ES±
1			2		774,2
8 656			6 490		
Tratamiento					ES±
Control	Con árboles	0 %	50 %	100 %	907,3***
6 409 ^{bc}	5 488 ^c	7 795 ^{ab}	8 522 ^{ab}	9 652 ^a	

a, b, c: Valores con igual letra horizontal difieren $p < 0,05$

El mayor rendimiento de materia seca total ($p < 0,01$) se alcanzó con 0, 50 y 100 % de deposición, al compararlo con el control y con el tratamiento donde no se podaron los árboles asociados. Los mayores valores numéricos de materia seca total fueron alcanzados en el tratamiento de 100 % de adición, con 20,2 y 15,5 t de MS/ha para el primer y segundo año de evaluación; esto se relaciona con las altas cantidades de biomasa que se exportaron y se adicionaron en este tratamiento. En este sentido Hernández y Sánchez (1998), al aplicar diferentes proporciones de follaje de *B. purpurea* en guinea, informaron que en el tratamiento donde se aplicó 100 % del follaje se duplicó la producción de la guinea con respecto al tratamiento control (sin árboles).

El potasio fue el elemento que mostró mayores extracciones que deposiciones en todos los tratamientos (tabla 9); en este sentido, (Rodríguez, 1985) obtuvo resultados similares en una asociación de king grass con *Erythrina poeppigiana* y consideró que cuando se trabaja con sistemas donde el pasto se corta, la extracción implica una exportación de este elemento. Al comparar la acumulación de minerales en la biomasa de los árboles de leucaena retornada al suelo con la exportación que hizo el pasto, se observó que la gramínea extrajo del suelo cantidades notables de potasio.

En el caso del fósforo, las extracciones fueron superiores que las deposiciones para la mayoría de los tratamientos, excepto para el de 100 %, aunque probablemente este mineral no haya influido en el rendimiento de la asociación, ya que en el suelo donde se realizó el ensayo (Ferralítico Rojo hidratado) no es necesario aplicarlo para obtener una producción intensiva del pasto guinea (Hernández, 1986).

Tabla 9. Cantidad de minerales aportados, exportados y su balance en la asociación de leucaena y guinea (kg de MS/ha)

Variable		Tratamiento				
		Control	Con árboles	0	50	100
N	Aportado ¹	0	0	0	164	389
	Exportado ²	77	102	467	317	173
	Balance ³	-77	-102	-467	-153	+216
P	Aportado	0	0	0	7	18
	Exportado	13	8	30	24	16
	Balance	-13	-8	-30	-17	+2

Variable		Tratamiento				
		Control	Con árboles	0	50	100
K	Aportado	0	0	0	44	108
	Exportado	93	88	218	186	154
	Balance	-93	-88	-218	-142	-46
Ca	Aportado	0	0	0	76	165
	Exportado	73	59	569	366	143
	Balance	-73	-59	-569	-290	+22

¹ Cantidad de nutrimentos aportados al suelo con la biomasa de la leucaena

² Cantidad de nutrimentos exportados de la asociación de la leucaena y la guinea

³ Cantidad de nutrimentos en déficit en el suelo

En cuanto al nitrógeno, se puede plantear que en el tratamiento de adición de 100 % la extracción de este mineral se repuso, en su totalidad, por el follaje de la leucaena. En este caso también se deben considerar las fuentes adicionales de ingreso, como la fijación de nitrógeno en las raíces y hojas de la leucaena, así como la lluvia y su transferencia a través del escurrimiento foliar y de los tallos (Salas, 1987). Otro aspecto importante es que la entrega del nitrógeno en el caso de las leguminosas perennes leñosas, en muchas ocasiones está más influida por el contenido de polifenoles en sus tejidos que por la relación C/N (Palm y Sánchez, 1991), por lo que el uso de material leguminoso con baja relación C/N o lignina/nitrógeno no necesariamente resulta en altas entregas de nitrógeno o en un incremento de su disponibilidad (Szott *et al.*, 1991).

Se debe señalar que la leucaena acumula altos contenidos de Ca, por lo que las restituciones deben ser altas con el material de poda, aunque se ha reportado que la mayor reserva se encuentra en el suelo (Fassbender, 1987). Las altas cantidades de Ca exportadas en la asociación, principalmente en el tratamiento de 0 %, estuvieron relacionadas con las elevadas proporciones de este elemento que acumula la leucaena (Shelton y Brewbaker, 1994), así como la guinea (Hernández, 1986).

Sistema con caña forrajera (*Saccharum officinarum*)-árboles leguminosos

La producción de biomasa (tabla 10) en el primer año fue mayor en la caña en monocultivo y en la asociación caña más *Gliciridia sepium*, y difirió significativamente del resto de los tratamientos (Hernández *et al.*, 2005). Caña más *Albizia lebbek* y caña más leucaena no difirieron entre sí, aunque los rendimientos fueron más bajos en la asociación con leucaena. Esto último pudo deberse a la altura que alcanzó esta arborea ($X = 4,7$ m), que fue superior a la de la albizia ($X = 3,7$ m) y a la de gliciridia ($X = 3$ m), y también a la de la caña ($X = 3,3$ m), lo que pudo limitar la penetración de la luz solar y con ello la producción de biomasa de la caña, que es una especie heliófila. En este sentido, (Penton, 2002) realizó un estudio de la sombra proyectada por un grupo de especies arbóreas y encontró valores de 45, 43 y 15 % para la leucaena, la albizia y la gliciridia, respectivamente, lo que pudiera explicar por qué la asociación de la caña con esta última mantuvo resultados similares a los del monocultivo.

Tabla 10. Producción de biomasa comestible total (t de MS/ha/año)

Tratamiento	Año				
	1	2	3	4	5
Caña	27,05 ^a	20,41	17,14	15,12	15,42
Caña + albizia	20,16 ^b	18,15	14,27	11,58	11,59
Caña + gliciridia	27,40 ^a	16,98	16,11	12,71	13,73
Caña + leucaena	14,96 ^b	16,07	16,13	13,83	11,93
ES±	1,98 ^{**}	1,06	1,47	1,85	1,56

a, b: Valores con superíndices no comunes en la vertical difieren a $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Sin embargo, a partir del segundo año, cuando se cortaron los árboles y la altura de estos no sobrepasó la de la caña, no se encontraron diferencias significativas en la biomasa comestible total.

Como se conoce, el forraje de caña es, por lo general, de muy baja calidad, sobre todo desde el punto de vista proteico. No obstante, cuando la caña se asoció con la leucaena la producción de proteína bruta total fue significativamente mayor que la del monocultivo y la del resto de los tratamientos, lo cual está relacionado con el volumen de biomasa producido por la leucaena y su alto contenido de PB.

Al hacer un análisis de la sostenibilidad productiva de los sistemas se encontró que la asociación de la caña más leucaena fue la más sostenible, ya que en el segundo y tercer año logró producir 7 % más que en el primero. En el quinto año alcanzó 79,7 % de lo producido en el primero, mientras que la caña en monocultivo y la asociada con la albizia solo produjeron 57 %. Ello pudo estar relacionado con la supervivencia, ya que la leucaena finalizó con 90,8 % de las plantas sembradas inicialmente.

En el caso de la gliricidia (solo 48,3 % de supervivencia y 50,1 % de lo producido en el primer año), la muerte de más de la mitad de las plantas estuvo motivada por la afectación que produjo la lluvia caída durante el ciclón del 2002, en el tercer año de evaluación del experimento, ya que para el adecuado crecimiento de esta arbórea se requiere que los suelos no sean muy compactos, que tengan buen drenaje y que las áreas no sean propensas a la inundación (Cuervo-Jiménez *et al.*, 2013); además, es una planta heliófila, que se afecta cuando existen otras plantas que compiten con ella por la luz.

Al analizar el comportamiento de la macrofauna edáfica (tabla 11) se encontró una tendencia al incremento de la densidad de individuos en los tratamientos donde estaban presentes los árboles. Al inicio se observó una mayor cantidad de individuos en la caña en monocultivo en relación con los demás tratamientos, lo cual puede estar relacionado con el tamaño de las plantas arbóreas; sin embargo, al final de la etapa de estudio se pudo apreciar que la caña asociada con las arbóreas, al recibir el follaje de estas últimas, posibilitó una mayor colonización de organismos respecto a la caña en monocultivo, especialmente con la leucaena.

Tabla 11. Comportamiento de la macrofauna en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Individuos/m ²	
	Inicio	Final
Caña (monocultivo)	23,59	10,81
Caña + <i>Albizia lebbek</i>	14,34	18,24
Caña + <i>Gliricidia sepium</i>	10,96	17,07
Caña + <i>Leucaena leucocephala</i>	13,47	18,53

En cuanto a la diversidad de órdenes, al inicio los diplópodos y las lombrices se encontraban más representados en relación con el resto; al final se apreció el mismo comportamiento, pero los diplópodos representaron el 52 % respecto al total; según la literatura, estos órdenes desempeñan un papel importante en el proceso de descomposición de la hojarasca.

Al analizar estos dos órdenes, las lombrices de tierra al inicio estuvieron más representadas en los tratamientos con gliricidia, leucaena y la caña en monocultivo; sin embargo, al final estas se encontraron en 0,14 % en el monocultivo de caña y con mayores valores en el resto de los tratamientos, especialmente en la asociación de caña con leucaena.

Sistemas de asociación de morera (*Morus alba*) con árboles

La posibilidad de intercalar leguminosas herbáceas, arbustivas y arbóreas, cuyo follaje se utilice como abono verde para estimular la producción de biomasa en la morera (*Morus alba*), constituye un punto de partida para alcanzar sistemas biológicamente sostenibles.

En el rendimiento de MS (tabla 12), se encontraron diferencias entre los tratamientos. *A. lebeck* más 100 % de adición del follaje produjo los mayores rendimientos de MS total; los menores valores se alcanzaron con la morera que crecía bajo los árboles, los cuales no se podaron, aunque no se encontraron diferencias con la morera en monocultivo. El incremento en el caso de la albizia pudo estar motivado por el efecto de la deposición del material de poda en el suelo.

Tabla 12. Efecto de la morera intercalada con plantas leguminosas arbóreas en el rendimiento de MS (t/ha)

Tratamiento	RMS biomasa comestible	RMS total
Morera	4,0	6,8 ^b
Morera + albizia	4,4	6,4 ^b
Morera + gliricidia	3,9	6,5 ^b
Morera + albizia + 100 % de adición del follaje	4,5	8,6 ^a
Morera + gliricidia + 100 % de adición del follaje	4,2	7,9 ^{ab}

RMS: rendimiento de materia seca

La albizia es capaz de suministrar cantidades apreciables de biomasa (3,4 t de MS/ha) y la mayoría de los nutrientes son aportados por el material de poda.

Estos resultados demostraron que la morera es capaz de producir aceptables cantidades de biomasa; en los tratamientos con árboles, cuando se aplicaron como abono verde, se alcanzaron más de 4 t de MS comestible (tabla 13). Si se hace un análisis comparativo con el corte y acarreo de árboles leguminosos para la producción, se puede observar que los sistemas de morera intercalada con árboles permiten incrementar los rendimientos.

En el comportamiento de la densidad de individuos de la macrofauna se obtuvo una respuesta altamente significativa ($p < 0,01$) entre los tratamientos con respecto al inicial. Los valores superiores se alcanzaron en las parcelas asociadas con árboles; incluso en el monocultivo de morera se apreció un incremento notable con respecto a lo obtenido antes de realizar la siembra, sin diferencias significativas del resto de los tratamientos.

Tabla 13. Producción de MS comestible de morera en sistemas intercalados con árboles y en un sistema de corte y acarreo (t/ha/año)

Sistema	<i>L. leucocephala</i> CNIA-250	<i>A. lebeck</i>	<i>G. sepium</i>
Intercalado (aplicando 100 % de las arbóreas al suelo)	4,8	4,5	4,2
Corte y acarreo	1,9	1,6	1,0
Incremento	2,9	2,9	3,2

En la biomasa de los organismos se apreció una respuesta similar, y hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos respecto al inicial.

La presencia de los árboles en el sistema y el hecho de que la adición creciente de su follaje al suelo posibilitara una mayor presencia de individuos, resultan de vital importancia, pues la biota o fauna edáfica desempeña un papel importante en los procesos biogeoquímicos del suelo; según Palm *et al.* (2001), constituye una fracción primordial de la biodiversidad terrestre y la mayoría de la energía capturada por la vegetación es utilizada por ella para las funciones esenciales de la integridad y productividad del sistema. Estas funciones incluyen la descomposición, el reciclaje de nutrientes, la síntesis y mineralización de la materia orgánica y la modificación de la estructura del suelo, entre otras.

En la diversidad de grupos presentes se pudo apreciar (tabla 14) que al inicio se encontraron cuatro órdenes pertenecientes a tres phyla (Artropoda, Annelida y Mollusca). En la medida que se introdujo en el sistema un arbusto (morera), se observó una respuesta positiva en la colonización de los organismos en el suelo, la cual se fue incrementando al estar presente en asociación con los árboles leguminosos y especialmente cuando se depositó el follaje de estos en el suelo.

Como se pudo apreciar, entre los grupos presentes los moluscos ocuparon la mayor densidad y biomasa al inicio. Sin embargo, en todos los tratamientos se observó la colonización de otros grupos, lo cual posibilitó el aumento de la diversidad de la fauna.

La fauna edáfica influyó positivamente en los indicadores productivos de las plantas, lo que se evidenció en el estudio comparativo de los efectos de la asociación y la aplicación del follaje de albizia y gliricidia como abono verde realizado en el área experimental, en el que se apreció un mayor rendimiento de biomasa comestible de morera, cuando se aplicó 100 % del follaje de albizia (Reyes *et al.*, 2002).

Tabla. 14. Diversidad de órdenes presentes en cada tratamiento

Orden	Cantidad de individuos/m ²					
	Inicio	Morera	Morera + gliricidia	Morera + albizia	Morera + albizia, 100 %	Morera + gliricidia, 100 %
Coleoptera	16,3	16,63	30,51	34,63	13,86	27,8
Dermaptera	-	-	-	2,77	4,16	9,7
Orthoptera	-	9,66	2,76	5,5	8,31	6,93
Lepidoptera	-	8,31	2,76	11,09	11,09	6,91
Diplopoda	4	30	23,56	36,12	108,23	91,6
Isopoda	-	39	31,91	37,46	90,51	115,1
Araneae	-	2,77	5,54	2,76	-	4,16
Stylommathophora	53,6	92,8	199,86	144,37	87,42	74,93
Haplotaxida	6,8	13,93	34,63	31,91	16,64	18,02

Los resultados de las investigaciones en Cuba indican que los sistemas productivos con la presencia de plantas arbóreas muestran una riqueza de grupos y una abundancia de la macrofauna comparables con las de los ecosistemas naturales como los bosques, debido a la mayor disponibilidad de recursos para el refugio y la alimentación de la edafofauna (Cabrera, 2012).

Consideraciones finales

A modo de conclusión se puede señalar que en este capítulo se abordaron los métodos de siembra de los pastos, así como los factores que deben tenerse en cuenta para lograr un buen establecimiento en el menor tiempo posible. Un aspecto importante al que se hizo referencia fue al empleo de

los fertilizantes minerales en el establecimiento y en el desarrollo de los pastos, para su posterior explotación, así como los resultados obtenidos en el país; además se hizo mención al elevado costo y los daños que pueden ocasionar estos fertilizantes a la ecología, al potencial productivo de los suelos agrícolas, a la calidad de los alimentos y a la salud humana.

Por ello los últimos acápites muestran los resultados con los árboles, sobre todo leguminosos, ya sean asociados o como abono verde como una alternativa para suplir las deficiencias de nutrientes que se presentan en las áreas ganaderas, debido a las bondades que los árboles presentan, entre las que se encuentran la mejora de la fertilidad de los suelos y el incremento de la productividad de los pastos.

Referencias bibliográficas

- AGUDO-GARCÍA, L. *Manual de Edafología*: IES Cencibel. <http://www.villarrobledo.es/slideshare.net/Lorenzo2061969/manual-de-edafologia>, 2014.
- ALMAGUER-LÓPEZ, J. Fertilización nitrogenada, impactos sobre los rendimientos y el medio ambiente. *Delos: Revista Desarrollo Local Sostenible*. 6 (16):1-8, 2013.
- ANDERSON, J. M. & INGRAM, J., EDS. *Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods*. 2nd ed. Wallingford, UK: CAB International, 1993.
- BORDOLÍ, J. M. & BARBAZÁN, MÓNICA. Aplicación de fertilizantes. *Curso de Fertilidad de Suelos*. Uruguay: Facultad de Agronomía, Universidad de la República. <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/does/Aplicaci1.pdf>, 2010.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M. & PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? *Soil Till. Res.* 146:118-124, 2015.
- CABRERA, GRISEL. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 35 (4):349-364, 2012.
- CORBEA, L. A. & FERNÁNDEZ, E. Efecto de la distancia de siembra en el establecimiento de pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlemfuensis*). *Pastos y Forrajes*. 8 (3):371-388, 1985.
- CORBEA, L. A. & FERNÁNDEZ, E. Efecto de la fertilización NPK en el establecimiento de guinea likoni. *Pastos y Forrajes*. 6 (3):339-349, 1983.
- CORBEA, L. A. & FERNÁNDEZ, E. Influencia de la preparación del suelo en el establecimiento de pastos. I. Estrella jamaicano (*Cynodon nlemfuensis*). *Pastos y Forrajes*. 9 (2):119-125, 1986.
- CORBEA, L. A. & HERNÁNDEZ, R. Influencia del método de siembra en el establecimiento de pastos por vía agámica. *Pastos y Forrajes*. 2 (1):101-109, 1979.
- CORBEA, L. A. & MARTÍNEZ, H. L. Influencia de la distancia de siembra en el establecimiento y producción del king grass. *Pastos y Forrajes*. 5 (2):171-180, 1982.
- CORBEA, L. A.; REMY, V. A. & MARTÍNEZ, H. L. Estudio de la densidad de siembra en el establecimiento de la bermuda cruzada-1. *Pastos y Forrajes*. 5 (3):313-324, 1982.
- CRESPO, G. Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en los sistemas silvopastoriles. *Conferencia del Curso Internacional de Silvopastoreo*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2002.
- CRESPO, G.; ASPIOLEA, J. L. & LÓPEZ, M. Nutrición de pastos. En: F. Funes, G. Febles, M. Sistachs, J. Suárez y F. Pérez-Infante, eds. *Los pastos en Cuba*. La Habana: ACPA. p. 237-253, 1979.
- CUARTAS, C.; NARANJO, J.; TARAZONA, A.; MURGUEITIO, E.; CHARÁ, J. & KU-VERA, J. *et al.* Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Rev Colomb. Cienc. Pecu.* 27 (2):76-94, 2014.
- CUERVO-JIMÉNEZ, A.; NARVÁEZ-SOLARTE, W. & HAHN VON-HESSBERG, CHRISTINE. Características forrajeras de la especie *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, Fabaceae. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 17 (1):33-45, 2013.

- DEVLIN, R. M. *Funciones de los elementos minerales, esenciales y síntomas de deficiencia en Fisiología vegetal*. Barcelona: Ediciones Omega, 1975.
- DUMONT, B.; FORTUN-LAMOTHE, L.; JOUVEN, M.; THOMAS, M. & TICHIT, M. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*. 7:1028-1043, 2013.
- FASSBENDER, H. W. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Serie de materiales de enseñanza. 2 ed. No. 29. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1993.
- FASSBENDER, H. W. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1975.
- GÓMEZ, J. E. & VELÁSQUEZ, J. E. *Proceso integral de recuperación y manejo de praderas*. Colombia: Corpoica-Pronatta, 1999.
- GONZÁLES, F. *Contaminación por fertilizantes: un serio problema ambiental*, 2011.
- GUEVARA, YASMILA; HERNÁNDEZ, A.; SAN JUAN, ANA N. & GÓMEZ, EULALIA. Nitrofix: alternativa para la agricultura orgánica y sostenible. *Agricultura Orgánica*. 20 (2):14-15, 2014.
- HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. M.; BOSCH-INFANTE, D. & CASTRO-SPECK, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- HERNÁNDEZ, MARTA. *Estudio de la fertilización fosfórica en pasto guinea en suelo Ferralítico Rojo*. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: ICA, ISCAH, 1986.
- HERNÁNDEZ, MARTA; MESA, A. R.; REYES, F. & CÁRDENAS, M. Efecto de la fertilización en el establecimiento de *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621. I. Suelo Oscuro Plástico no gleyzado. *Pastos y Forrajes*. 15 (1):41-46, 1992.
- HERNÁNDEZ, MARTA & SÁNCHEZ, SARAY. Aporte del follaje arbóreo en la producción de biomasa de guinea y en la fertilidad del suelo. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 130-135, 1998.
- HERNÁNDEZ, MARTA; SIMÓN, L. & SÁNCHEZ, SARAY. Rendimiento forrajero de la caña de azúcar asociada a leguminosas arbóreas. II. Biomasa comestible total. *Pastos y Forrajes*. 28 (2):149-153, 2005.
- HUMPHREYS, L. R. *Pasturas mejoradas para las regiones tropicales y subtropicales, una guía*. Australia: Welliman Printing Co, 1967.
- IGLESIAS, J. M.; FUNES-MONZOTE, F. R.; TORAL, ODALYS; SIMÓN, L. & MILERA, MILAGROS. Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. Apuntes para el conocimiento. *Pastos y Forrajes*. 34 (3):241-257, 2011.
- JUAN, R.; PEÑA, M. & CAMEJO, R. Métodos de establecimiento para la bermuda cruzada-1 en suelos arenosos. *Resúmenes VI Reunión ALPA*. La Habana. p. 163, 1977.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.; BLOUIN, M. & BROWN, G. Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions. *Soil Sci*. 181 (3/4):91-109, 2016.
- LOK, SANDRA. Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba: Características, manejos, oportunidades y retos. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- MESA, A. R.; MACHADO, HILDA & HERNÁNDEZ, MARTA. Especificidad genética de los pastos para la utilización eficiente de los nutrimentos del suelo. *Pastos y Forrajes*. 13 (2):111-126, 1990.
- MURGUETIO, E.; FLORES, MARTHA X.; CALLE, ZORAIDA; CHARÁ, J. D.; BARAHONA, R. & MOLINA, C. H. *et al.* Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl, eds. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Cali, Colombia; Turrialba, Costa Rica: CATIE, Fundación CIPAV. p. 59-101, 2015.

- ORDÓÑEZ, H.; REYES, C. & SANTHIRASEGARAM, K. Distancia de siembra, producción de forraje y componentes de la planta del pasto guinea (*Panicum maximum*). *Pasturas Tropicales*. 7 (3):8-10, 1981.
- PADILLA, C.; GÓMEZ, J. & FEBLES, G. Estudios de la densidad de plantación en *Cynodon dactylon* cvs. 67, 68 y Callie. *Resúmenes de la II Reunión ACPA*. La Habana. p. 199, 1979a.
- PADILLA, C.; MONZOTE, MARTA & RUÍZ, T. E. Establecimiento de pastizales. En: F. Funes, G. Febles, M. Sista-chs, Suárez y F. Pérez-Infante, eds. *Los pastos en Cuba. Tomo 1. Producción*. La Habana: ACPA. p. 230-268, 1979b.
- PADILLA, C.; RUÍZ, T. E.; DÍAZ, H.; DÍAZ, L. E.; REY, J. & LEÓN, J. J. *Sorgo forrajero como cultivo temporal o intercalado en pastos*. La Habana: EDICA, 1986.
- PALACIOS-HILARIO, E. *Pastos y forrajes tropicales introducidos y experimentados en el alto de mayo*. <https://www.engormix.com>, 2014.
- PALM, C. A. & SÁNCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.* 23 (1):83-88, 1991.
- PALM, C.; SWIFT, M. & BAROIS, ISABELLE. Un enfoque integrado para el manejo biológico de los suelos. *XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo*. La Habana: Instituto de Suelos. p. 60, 2001.
- PENTÓN, GERTRUDIS. Nota técnica: Relaciones entre la sombra proyectada y algunas características morfológicas en especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 25 (4):295-298, 2002.
- PENTÓN, GERTRUDIS & BLANCO, F. Influencia de la sombra de los árboles en la composición química y el rendimiento de los pastos. *Pastos y Forrajes*. 20 (2):101-110, 1997.
- PEZO, D. & IBRAHIM, M. *Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2*. Turrialba, Costa Rica: CATIE-GTZ, 1999.
- PEZO, D. & IBRAHIM, M. Interacciones leñosa perenne-pastura. En: *Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal*. No. 2. Turrialba, Costa Rica: Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. p. 37-61, 1998.
- REMY, V. A. & MARTÍNEZ, J. Influencia de la época y distancia de siembra en el establecimiento de la bermuda cruzada-1 (*Cynodon dactylon* (L) Pers). *Pastos y Forrajes*. 1 (3):407-416, 1978.
- REYES, F.; HERNÁNDEZ, MARTA; MESA, A. R. & RODRÍGUEZ, O. Estudio de la distancia y densidad de plantación en el establecimiento de *B. purpurascens*. II. Suelos montmorilloníticos. *Pastos y Forrajes*. 14 (1):39-44, 1991.
- REYES, F.; HERNÁNDEZ, MARTA; MESA, A. R. & RODRÍGUEZ, O. Estudio de la distancia y densidad de siembra en el establecimiento de *Brachiaria purpurascens*. I. Suelos bajos. *Pastos y Forrajes*. 13 (3):251-256, 1990a.
- REYES, F.; HERNÁNDEZ, MARTA; RODRÍGUEZ, O. & CÁRDENAS, M. Estudio del comportamiento agronómico de *Brachiaria purpurascens*. III. Momento de iniciar la explotación. *Pastos y Forrajes*. 16 (3):257-262, 1993.
- REYES, F.; REMY, V. A.; HERNÁNDEZ, MARTA & MILERA, MILAGROS. Agrotecnia y manejo de la brachiaria en suelos bajos. *Resúmenes VIII Seminario Nacional Científico Técnico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 13, 1990b.
- REYES, F.; SÁNCHEZ, SARAY & PENTÓN, GERTRUDIS. Efecto de la producción y calidad de *Morus alba* en asociación con plantas arbóreas leguminosas. *V Taller Internacional sobre la Utilización de los Sistemas Silvopastoriles para la Producción Animal y I Reunión Regional "Morera: planta multipropósito"*. Matanzas, Cuba: EEPF Infio Hatuey, 2002.
- RODRÍGUEZ, F. *Producción de biomasa de poró gigante (E. poeppigiana) y king grass (P. purpureum x P. typhoides) intercalados en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del poró*. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1985.

- RUIZ-HERNÁNDEZ, F. L.; RODRÍGUEZ-CARO, EDHI G.; PINZÓN, J.; ANZOLA-VÁSQUEZ, H. J. & CASTRO, L. F. Establecimiento y evaluación del guinea *Panicum maximum* cv. Massai en la hacienda Guachicono del Bordo, Patía (Chuca). *Revista Ciencia Animal*. 9:125-154, 2015.
- SALAS, G. DE LAS. *Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical*. San José, Costa Rica: IICA, 1987.
- SHELTON, H. M. & BREWBAKER, J. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legume. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. United Kingdom: CAB International. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e06>, 1994.
- Simón, L., ed. *Silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizal*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2012.
- SUÁREZ, J. J. & PADILLA, C. Efecto de la aplicación de agua sobre la población y el establecimiento de la guinea (*Panicum maximum* Jacq). *Rev. cubana Cienc. agric.* 12:95-102, 1978.
- SZOTT, L. T.; PALM, C. A. & SÁNCHEZ, P. A. Agroforestry on acid soils of the humid tropics. *Adv. Agron.* 45:275-301, 1991.
- WILSON, J. R. & WILD, W. W. M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. *Forages for plantation crops. Proceedings No. 32*. Canberra, Australia: ACIAR. p. 77-82, 1991.

CAPÍTULO 7. Agrotecnia para el fomento de sistemas con leguminosas

Tomás Elías Ruiz-Vázquez y Gustavo Julio Febles-Pérez
Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central, km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Introducción

Se reconoce que en América Latina y el Caribe la ganadería registra bajos niveles de productividad y competitividad en la mayor parte de los sistemas ganaderos tropicales, como consecuencia del agotamiento de los recursos naturales y los impactos ambientales (Molina y Uribe, 2005; Acosta, 2012). Friedrich (2015) señaló que, a pesar de la gran preocupación por un manejo sostenible de las tierras en la comunidad internacional, la degradación continúa, tanto en términos de la biodiversidad, como de los recursos suelo y agua. El uso agrícola, fundamento de la producción de alimentos y la sobrevivencia de la raza humana, contribuye a esta degradación de los ecosistemas, tanto en las áreas de cultivos, como en las de pastos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En los sistemas ganaderos tradicionales uno de los principales problemas es la degradación de las pasturas, lo que se manifiesta en una disminución de la oferta de forraje; ello constituye la principal amenaza a largo plazo para la sostenibilidad del sistema (Ibrahim *et al.*, 2000; Szott *et al.*, 2000), al causar una disminución en la productividad de los pastos y originar una baja eficiencia económica (Jansen *et al.*, 1997). En un informe emitido por la FAO (2000) en una consulta de expertos llevada a cabo en Brasil, se abordó este tema y se planteó que la degradación de las áreas ganaderas aumenta progresivamente.

Sánchez *et al.* (2008) plantearon que las causas principales de esta situación incluyen: las intensas sequías, la baja fertilidad de los suelos por la carencia de reposición de nutrientes, la alta presión de pastoreo, la agresividad de las plantas invasoras, la pobre adaptación de las especies introducidas, la deficiencia en los sistemas de establecimiento y el manejo de los pastos, así como la poca utilización de las leguminosas, la quema indiscriminada, las políticas inadecuadas de desarrollo de los pastos y la deficiente generación y transferencia de tecnologías pecuarias.

En este sentido, Milera (2011) indicó que en la ganadería el problema no es la reforestación *per se*, ni la siembra de lo que esté de moda; sino el cuidado del suelo, las plantas y los animales a partir de los recursos fitogenéticos herbáceos y arbóreos según la regionalización, que contribuyan a cubrir las necesidades o los requerimientos de los animales y que sean sistemas resilientes para mitigar el cambio climático. Olivera (2011) señaló que las leguminosas se destacan no solo por su capacidad para mejorar la producción animal, sino también por el gran potencial que tienen para contribuir a la sostenibilidad de los sistemas integrados de producción agropecuaria.

Al efectuar una revisión de los trabajos publicados en los últimos congresos internacionales de pastos y forrajes desde 1988, en las reuniones de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal a partir de 1995, así como las informaciones emitidas por la FAO, la ONU y otros organismos nacionales dentro del contexto tropical, se indica que en estas reuniones no se discuten sistemáticamente temáticas como las leguminosas herbáceas, el establecimiento, la recuperación y el manejo de pastizales, el silvopastoreo y la relación suelo-planta-animal, y existe una ausencia casi total de investigaciones o estudios que valoren los pastos como un sistema dinámico diverso y, menos aún, que propongan tecnologías integrales que puedan aplicarse al sector productivo (Ruiz y Febles, 2003).

Otras características del análisis que se ha realizado y que se han extraído de los últimos congresos internacionales de pastos, fueron resumidas por Maass y Pengelly (2001). Estos autores señalan que el trabajo con las leguminosas se ha centrado fundamentalmente en la evaluación y recolecta de germoplasma. En este sentido, Botero (2000) planteó que el mejoramiento de praderas en el trópico

ha estado orientado a incrementar su adaptación a factores abióticos (climáticos y edáficos) y bióticos (plagas y enfermedades), y su tolerancia a moderadas presiones de pastoreo.

A lo anterior se debe agregar que la conservación de la biodiversidad y la producción ganadera se basan en los conceptos de diversidad funcional, donde las especies encontradas, manejadas o no contribuyen a la provisión de servicios ecosistémicos valorados por los productores (De Clerck, 2010).

En una reunión efectuada en Panamá en 1987 por la RIEPT, se planteó que al analizar los tipos de problemas prioritarios identificados en el establecimiento de pasturas en 14 países de América Latina y el Caribe, donde se incluyó Cuba, se informaron dificultades con el germoplasma adaptado, las plantas arvenses, el manejo después de la siembra, los métodos de siembra, la competencia con los cultivos, la disponibilidad y la calidad de la semilla, la preparación del suelo, los nutrimentos limitantes en el suelo y la competencia de especies nativas. Estos países identificaron el problema del establecimiento de las pasturas como una de sus prioridades futuras de investigación. Su importancia fue planteada posteriormente por Ruiz y Febles (2001a) y Dias-Filho (2001) durante la celebración del Primer Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes realizado en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba.

En este sentido, Peralta y Toledo (1991), Ruiz y Febles (2001a) y Padilla (2001) indicaron que el éxito del manejo de la pastura durante su establecimiento se basa en el uso eficiente y oportuno de los factores genéticos, ambientales y tecnológicos de que se dispone. Al actuar de esta forma se podrá cambiar, con costos y riesgos mínimos, una vegetación improductiva por otra de alta productividad y sostenibilidad.

Lo anterior se manifiesta también en una revisión de las investigaciones sobre leguminosas realizadas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba desde su fundación (Ruiz *et al.*, 2015) y se indica la necesidad de abordar el tema del establecimiento de estas plantas con un enfoque multidisciplinario, ya que solo así se podrán obtener tecnologías productivas y estables en el tiempo, y por tanto interesantes para el productor.

El objetivo del presente capítulo es brindar información científico-técnica actualizada acerca de aquellos factores que deben considerarse para lograr un establecimiento satisfactorio en leguminosas herbáceas, arbóreas y arbustivas, y que contribuyan a prolongar su vida útil.

Factores que influyen en el establecimiento

La diversidad vegetal es la situación ecológica más común en los pastizales tropicales (Humphreys, 1981). Así, el empleo de pastizales mixtos que involucren una amplia diversidad de estratos horizontales y verticales en su formación, ha sido señalado por diversos autores como una posibilidad de simular los modelos encontrados en la naturaleza en cuanto a estructura y formas de vida.

En Cuba uno de los problemas presentados por las asociaciones de gramíneas y leguminosas ha sido su poca estabilidad en el tiempo. A esto ha contribuido, en parte, la tendencia al mantenimiento riguroso y esquemático de asociaciones de una gramínea con una leguminosa. Dentro de este contexto no se ha tomado en cuenta la diversidad vegetal y se ha valorado como una característica no deseada (Ruiz *et al.*, 1994a).

El establecimiento es una de las etapas más importantes para el desarrollo de las plantas. Lograr buenos establecimientos significa sentar las bases científico-prácticas necesarias para el uso eficiente de las especies vegetales y la prolongación de su vida útil en función de la alimentación animal.

Las especies vegetales sometidas a cultivo para el beneficio del hombre presentan requerimientos específicos para la germinación de las semillas en cuanto a: adecuada temperatura ambiental y del suelo, luz, suficientes nutrientes, oxígeno y agua para la supervivencia de las plantas que están en germinación y las emergidas, así como para su continuo crecimiento posterior.

De ahí que el establecimiento deba ser considerado como un sistema integrado por la siembra, la emergencia, el crecimiento y el manejo temprano del cultivo, lo cual influirá en el tiempo necesario para comenzar la explotación de las áreas.

Es necesario destacar la importancia de los estudios edafoclimáticos y ecológicos, en general, vinculados a las comunidades vegetales. Independientemente de la amplia distribución espacial y temporal que tienen las leguminosas, no cabe duda de que cada especie o conjunto de especies deben ser sembradas en aquellos espacios donde puedan expresar todo su potencial genético en interacción con el ambiente circundante. La no aplicación de estos principios puede influir negativamente en el éxito de cualquier tecnología vinculada al establecimiento.

Estos conceptos están apoyados por el poco éxito que ha tenido, muchas veces, el establecimiento de pastos de leguminosas, debido a: a) la falta de vigor en las plántulas para emerger y sobrevivir; b) la germinación restringida; y c) la mortalidad de las plántulas durante los primeros estadios del crecimiento, debido a la competencia con las plantas arvenses, la falta de humedad, de nutrientes y de rizobios adecuados.

La eficiencia del uso de la tierra es otro concepto que no puede obviarse y cuya necesidad es más evidente en países donde existe una alta densidad poblacional por área. En este sentido, el sistema con leguminosas debe manejarse para lograr que se aplique este concepto. A ello contribuye una serie de acciones, tales como:

- a. Alcanzar el establecimiento de los componentes vegetales lo más rápido posible.
- b. Utilizar, durante esta etapa, cultivos temporales que favorezcan un uso de la tierra más eficiente en un período que es totalmente improductivo.
- c. Lograr varios estratos vegetales, tanto en la dirección vertical como en la horizontal, a través de un número diversificado de especies (leguminosas, gramíneas y otras).

Para que las leguminosas se establezcan satisfactoriamente es fundamental lograr su dominancia sobre otras plantas invasoras desde etapas tempranas del crecimiento, lo que se alcanza por diferentes métodos y está vinculado muy directamente a la competencia y al hábito de crecimiento decumbente, erecto o rastrero de estas plantas.

Desde su inicio la masa poblacional es afectada por el medio y por interferencias competitivas. Algunos autores han considerado la importancia del medio y de las diferentes especies presentes en el pastizal como factores que afectan la composición botánica de un pasto.

Por lo tanto, la composición botánica muestra las habilidades competitivas de las especies individuales, y todas aquellas prácticas que afectan a las leguminosas en un pastizal también influyen en la calidad y la cantidad del material producido, lo que es válido para otros pastos.

Desde un punto de vista más conceptual, se plantea que la competencia entre plantas se debe a que en condiciones específicas el ambiente y el suelo son capaces de proveer solamente cantidades limitadas de los factores esenciales para el crecimiento normal de una población determinada de plantas. A esto se debe añadir que la corrección de las deficiencias nutricionales del suelo que afectan el crecimiento de las leguminosas, es uno de los aspectos más descuidados en el mejoramiento de praderas en las regiones tropicales de América Latina. Cuando las poblaciones exceden el límite de los factores esenciales se inicia la competencia entre las plantas, causada por los factores limitantes. Aquellas plantas que poseen características agresivas y que se encuentran mejor adaptadas para competir favorablemente, dominan a las especies menos competitivas.

El análisis del crecimiento incluye, necesariamente, destacar el papel que en este desarrollan las auxinas. Las investigaciones han demostrado que estas hormonas no solo regulan el crecimiento diario de las plantas, sino que intervienen también en algunas de sus respuestas a los estímulos exteriores.

Se han realizado numerosos ensayos para explicar que existe una concentración mayor de auxinas en las zonas sombreadas de la planta, lo que puede determinar una elongación celular mayor. Esta elongación puede producir debilitamiento de las paredes celulares al no haber deposición de lignina. Se ha demostrado que la reducción de la presión de la pared es el método por el cual esta hormona induce el alargamiento celular.

En cuanto a su fisiología, las gramíneas presentan una serie de ventajas comparadas con las leguminosas. Desde el punto de vista energético, la incorporación del CO₂ en las plantas que siguen el sendero C₄ es más económica que en las del sendero C₃. A esto se une que las gramíneas tienen una tasa de fotosíntesis más elevada que las leguminosas, lo que les confiere un mayor crecimiento y desarrollo.

En este análisis tampoco se puede obviar el hábito de crecimiento de las plantas arvenses presentes en la comunidad vegetal, el cual influye en la selección de los métodos de siembra y de control. Además, es importante considerar el criterio de que las prácticas de control de las plantas arvenses no deben considerarse separadamente del sistema de manejo que se emplee en el pasto.

Otro aspecto conceptual de significativa importancia es que las leguminosas no deben permanecer en reposo durante el período de establecimiento, sino que requieren un manejo que favorezca su predominio en el sistema. Finalmente, el tiempo que debe transcurrir entre la siembra y el inicio de la explotación del pasto tiene una relevancia especial para su vida útil.

Si se asocia este análisis conceptual que comprende aspectos fisiológicos, bioquímicos y morfológicos con la posibilidad de crear una tecnología adecuada para establecer pastos de leguminosas, se deduce la importancia de una serie de estudios que al ser integrados lleven a materializar los objetivos propuestos. Por ello, es importante definir la densidad óptima de siembra, la distancia y la mejor fecha, así como la profundidad de siembra y otros factores que, asociados entre sí y con el clima, contribuyen al éxito del establecimiento de pastizales de leguminosas.

Es necesario plantear que para alcanzar la integración a la que se ha hecho referencia con anterioridad, merecen especial consideración la metodología y el análisis que se empleen para dar solución a la interacción que se presenta entre las especies de interés y el medio que las circunda.

Sistemas con leguminosas herbáceas

La asociación de gramíneas con leguminosas rastreras es uno de los temas que ha recibido mayor atención por parte de los investigadores. Sin embargo, se reconoce un bajo impacto en la adopción por los productores (Pezo *et al.*, 1992). En algunos casos, al ser introducidas han tenido una contribución significativa en los rendimientos del pastizal, pero en general son difíciles de manejar y mantener (Milera, 1991; Sánchez, 1999).

Unos de los problemas esenciales que ocasiona el rechazo de los productores con respecto al empleo de las asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras, es su corta vida productiva, que conduce a la desaparición del componente leguminoso. Esta problemática es común en América Latina y otros países tropicales (Spain y Gualdrón, 1991), e indica que las pérdidas de todo tipo que ha experimentado la producción animal en estas regiones a causa de la degradación de las pasturas es un grave problema tanto económico como ecológico. En este análisis está implícito el deficiente establecimiento de estos sistemas (Ruiz *et al.*, 1995).

Un análisis de la información obtenida en Cuba en relación con el crecimiento de diferentes gramíneas y leguminosas durante el año, indica que este fue semejante para ambas familias durante la estación poco lluviosa y estuvo dentro del rango de 10-40 kg de MS/ha/día. En la estación lluviosa existió una diferencia bien marcada: las gramíneas alcanzaron valores entre 80-110 kg de MS/ha/día y las leguminosas solo 20-60 kg de MS/ha/día.

Lo anterior plantea la necesidad de tener presente las características de dicho crecimiento, con el fin de lograr un manejo para el desarrollo adecuado de gramíneas-leguminosas y con ello una mayor estabilidad de estas últimas en el medio.

El Instituto de Ciencia Animal comenzó los trabajos con leguminosas rastreras a mediados de la década de los años 60 y desarrolló un conjunto de investigaciones sustanciales que han propiciado la conformación de diversas tecnologías aplicadas en condiciones prácticas.

Durante los últimos 20 años, se realizaron varios trabajos con asociaciones de gramíneas y leguminosas, en los que se introdujeron cambios en la forma de manejo y se logró la persistencia (Ruiz y Febles, 2001a) en el sistema durante los 84 meses que duró el estudio. Sin embargo, se señaló la necesidad de profundizar en los métodos de establecimiento, ya que con los existentes se tienen pastizales con bajas poblaciones de leguminosas, así como pocos puntos de enraizamiento; además de existir una alta competencia con la gramínea acompañante; además los métodos de cultivo mínimo no propician un lecho adecuado para la germinación, la emergencia y el desarrollo de la semilla de las leguminosas que se deseen introducir (Ruiz y Febles, 2001a).

Como ejemplo de lo anterior, en el esquema 1 (parte izquierda) se observa lo que sucede comúnmente en los pastizales asociados, donde la leguminosa tiene solamente como punto de anclaje la planta madre, mientras las ramas crecen por encima de la gramínea, pero sin enraizar. Los trabajos relacionados con el establecimiento y la explotación del pastizal deben estar encaminados a lograr una mayor cantidad de plantas y puntos enraizados por área. Cuando estos indicadores presentan un balance positivo en la asociación, se manifiesta una mayor vida productiva de los pastizales.

En un proyecto desarrollado para tratar la problemática anterior durante cinco años (1996-2001), quedó demostrada la persistencia de las asociaciones leguminosas-gramíneas en pastoreo, con porcentajes superiores al 60 %, cuando se emplearon otros conceptos para el establecimiento de estos sistemas.

En estos estudios se destaca el desarrollo armónico de la presencia de plantas y puntos enraizados de las leguminosas rastreras, lo que se evalúa como un resultado importante que se evidencia en la biodiversidad, el equilibrio y la persistencia alcanzada en la producción de biomasa entre los componentes del sistema. De esta forma, se puede disponer de pastizales productivos con una mayor vida útil (no menos de 7 años), contrario a lo obtenido en Cuba con anterioridad (Ruiz y Febles, 2001a).

Con el objetivo de mejorar la estabilidad de estos pastizales, la siembra de dos o más especies de leguminosas en la asociación ofrece más ventajas que cuando se siembra una sola.

En un sistema multiasociado, correctamente diseñado, la diferencia en el comportamiento estacional de las especies, los mecanismos biológicos de supervivencia que determinan su habilidad de adaptación al medio, así como sus tasas de crecimiento diferentes, deben conducir a una mejor explotación de los recursos del ambiente y a una disponibilidad estable de alimento durante todo el año, pero según Humphreys (1981) debe existir claridad acerca de los factores que controlan la interacción entre las plantas y su medio.

Monzote *et al.* (1984) lograron 44 % de leguminosas –38 % de glycine (*Neonotonia wightii*) y 6 % de siratro (*Macroptilium atropurpureum*)–, en el establecimiento de estas plantas en un pastizal mixto de pangola (*Digitaria eriantha*) y pasto natural, que persistieron en el sistema después de tres ciclos de pastoreo con animales jóvenes (entre 30 y 55 %).

Igualmente, Ruiz *et al.* (1994b) lograron establecimientos satisfactorios de mezclas con diferentes proporciones de glycine y siratro asociados en pastos naturales. Las mezclas consistieron en diferentes proporciones de semilla en el momento de la siembra. De los tratamientos utilizados, la mezcla 25:75 de glycine-siratro mostró los mejores resultados, expresados en una estrecha relación entre el número de plantas por metro cuadrado y el rendimiento.

Otros trabajos desarrollados por Ruiz *et al.* (2005) y Castillo y Ruiz (2005) mostraron resultados alentadores al utilizar diferentes mezclas múltiples de leguminosas en asociación con gramíneas, relacionados con la estabilidad de la producción de biomasa, su estabilidad estacional, la persistencia y el comportamiento animal.

Siembra

Las leguminosas forrajeras se siembran en Cuba al final de la estación lluviosa (Ruiz *et al.*, 1995), debido a que en esta etapa existe una menor competencia con las plantas arvenses, así como una disminución de la presencia de plagas y enfermedades. Sin embargo, ello ocasiona que el período de esta-

blecimiento se desarrolle durante un tiempo prolongado (principalmente en la estación poco lluviosa), que puede variar entre 6 y 9 meses. Esto se debe a que las condiciones climáticas son menos favorables para el desarrollo de dichas plantas, lo que implica la aplicación de riego en algunas regiones con el consiguiente incremento de los costos.

Por todo lo anterior, resulta importante estudiar tecnologías que permitan un establecimiento satisfactorio al realizar la siembra al inicio del período lluvioso, lo cual favorece el desarrollo más rápido de las leguminosas en esta etapa por presentar ritmos mayores de crecimiento. Así se logra el establecimiento de las especies en la misma estación de lluvia en que se realiza la siembra, y hay una disminución del tiempo de establecimiento (entre 3 y 4 meses). Además, se adelanta el comienzo de la explotación de las leguminosas y, por tanto, la tierra permanece improductiva menos tiempo (Ruiz y Febles, 2008a; 2008b).

No obstante, las plantas indeseables pudieran ser el elemento que más afecte el establecimiento de la leguminosa, por lo que uno de los aspectos más importantes de estos estudios sería el desarrollo de métodos para su control.

Se determinó que la mejor dosis de siembra de las leguminosas se encuentra entre 4 y 6 kg de semilla pura germinable/ha, y en el caso de las gramíneas es de 1 kg/ha.

El mejor balance entre los elementos del sistema se alcanzó al sembrar simultáneamente dos surcos de leguminosa y uno de gramínea.

Con respecto al momento de sembrar la gramínea se halló al año de la siembra, que el método en que los dos componentes fueron sembrados juntos fue más estable, al presentar 33 % de leguminosas (Ruiz y Febles, 2008a); se encontraron cinco plantas de kudúz (*Pueraria phaseoloides*) enredadas en cada planta de brachiaria (*Urochloa decumbens*) y la población de leguminosa-gramínea por metro cuadrado fue de 12 y 10 plantas, respectivamente; el rendimiento total fue de 10 kg de MS/m² (4 kg de kudúz y 6 kg de brachiaria).

Por otro lado, según Ruiz *et al.* (2007c) la población de plantas arvenses siempre fue mayor cuando se sembró una sola especie de leguminosa, que cuando se incluyó más de una, lo que pudo deberse a que la leguminosa compitió desde una posición más favorable (tabla 1).

Tabla 1. Efecto del número de especies de leguminosas en el establecimiento de asociaciones

Indicador	Stylo-Centro	Calopo-Centro	Stylo-Centro-Calopo	Centro	ES ±
Rendimiento, MS/ha					
Leguminosas	1,35 ^b	1,72 ^b	1,29 ^b	0,26 ^a	0,24***
Gramíneas	1,24 ^b	0,72 ^c	0,89 ^{bc}	2,29 ^a	0,14***
Leguminosas, %	46,6 ^b (53)	57,2 ^b (70)	51,0 ^b (60)	26,5 ^a (20)	4,1***
No. plantas/m ² leguminosas	4,8 ^b (23,2)	4,1 ^b (16,8)	6,6 ^c (44)	3,0 ^a (9,6)	0,3***
No. puntos enraizados/m ² leguminosas	8,7 ^b (76)	7,9 ^b (64)	7,8 ^c (61)	3,8 ^a (15)	0,4***

a, b, c: Medias con superíndices diferentes dentro de cada fila difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

(): Valores reales

El intercalamiento de cultivos en el momento de la siembra ha demostrado ser una técnica adecuada para disminuir la incidencia de plantas arvenses y obtener una producción del cultivo, sin afectar el desarrollo de la asociación para lograr su posterior establecimiento.

Al intercalar sorgo (*Sorghum bicolor*) o maíz (*Zea mays*) se constató que no hubo afectación en los indicadores medidos al compararlos con un control limpio (tabla 2), aunque la población de arvenses en el control limpio fue menor (Ruiz *et al.*, 2007c). En relación con la guinea, esta tuvo afectación cuando

fue intercalada con sorgo, por ser un cultivo de más de un corte. Igual situación se halló en el número de puntos enraizados.

Tabla 2. Efecto del intercalamiento de cultivo temporal en el establecimiento de asociaciones

Cultivo	Población/m ²			Rendimiento (t de MS/ha)			
	Leguminosa	Guinea	Plantas arvenses	Leguminosa	Guinea	Plantas arvenses	Puntos enraizados/m ²
Sorgo	8 (66)	1 ^b (2)	4 ^a (18)	2,1	1,1 ^b	0,8	5 ^b (27)
Maíz	9 (79)	2 ^a (4)	4 ^a (21)	2,3	5,9 ^a	0,8	6 ^a (34)
Control	8 (68)	2 ^a (5)	3 ^b (8)	2,1	6,4 ^a	0,6	6 ^a (36)
ES ±	0,3	0,1**	0,2***	0,1	0,8**	0,1	0,1**

glycine (*Neonotonia wightii*)-centrosema (*Centrosema pubescens*)-siratro
(*Macroptilium atropurpureum*-calopogonium (*Calopogonium mucunoides*))

a, b: Medias con superíndices diferentes dentro de cada fila difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$;*** $p < 0,001$

(): Valores reales

Manejo para el establecimiento

Los métodos de limpieza favorecieron el desarrollo de las leguminosas y, por ende, su establecimiento, debido a la limitación en el crecimiento de las plantas indeseables. La combinación de 2 L de treflán y 4 t de zeolita aumentó la eficiencia del herbicida debido a una prolongación de su efecto en el control de las arvenses, por lo que se necesitó un menor número de labores mecánicas de cultivo; mientras que el herbicida aplicado solo requirió más labores. El cultivador mostró resultados pobres, pero se logró finalmente el establecimiento de la especie. Estos resultados coinciden con otros hallados anteriormente por Ruiz *et al.* (1991).

Los resultados anteriores no pueden valorarse aisladamente, ya que es necesario conocer la evolución de las arvenses durante un tiempo posterior a la siembra. Este proceso debe controlarse desde el principio y proceder a limpiar cuando esté amenazado el desarrollo de la leguminosa (tabla 3). Ello se debe a que se ha demostrado que ninguna plantación puede permanecer más de 20 días enyerbada después de la emergencia de las plantas, y que es necesario mantener el balance adecuado del crecimiento de los componentes (leguminosas-gramíneas-arvenses). Lo anterior se logra prestándole atención al desarrollo de las plantas indeseables durante 60-80 días después de la siembra, para realizar el control en el momento adecuado (Ruiz *et al.*, 2006).

Tabla 3. Influencia del momento de limpieza en algunos indicadores del rendimiento

Indicador	Número de plantas/m ²	Número de puntos enraizados/m ²	Rendimiento (t de MS/ha)
Limpio siempre	4,7 (23)	3,5 ^a (12)	1,21 ^a
Limpio los primeros:			
20 días	3,7 (14)	2,9 ^{ab} (8)	1,19 ^a
40 días	3,9 (15)	2,6 ^{ab} (8)	1,32 ^a
60 días	4,0 (16)	3,3 ^a (11)	1,42 ^a
80 días	4,5 (20)	3,3 ^a (11)	1,54 ^a
Enyerbado los primeros:			
20 días	3,7 (14)	2,7 ^{ab} (8)	1,05 ^b
40 días	3,5 (12)	1,9 ^{abc} (4)	0,5 ^c

Indicador	Número de plantas/m ²	Número de puntos enraizados/m ²	Rendimiento (t de MS/ha)
60 días	3,1 (10)	1,5 ^{abc} (3)	0,3 ^c
80 días	3,0 (9)	0,8 ^c (0,5)	0,2 ^c
ES ±	0,4	0,5*	0,2**

a, b, c: Medias con superíndices diferentes dentro de cada fila difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

(): Valores reales

Explotación

Cuando se prolonga en el tiempo el comienzo del pastoreo después de la siembra de una asociación (gramínea-leguminosa), se afecta el componente leguminoso (tabla 4), expresado en su rendimiento y en el porcentaje que representa, como se puede observar en los tratamientos 9 y 12 meses. Ello puede estar motivado por el incremento del rendimiento de la guinea en el tiempo (Ruiz *et al.*, 2007b).

Tabla 4. Efecto del momento de comenzar el pastoreo después de la siembra en el rendimiento. Primer pastoreo

Indicador	Momento de comenzar el pastoreo (meses)				ES ±
	5	7	9	12	
Rendimiento MS (t/ha)					
Guinea	2,9 ^b	8,3 ^b	18,6 ^a	19,2 ^a	1,9***
Leguminosas	1,5 ^a	1,4 ^a	0,8 ^{ab}	0,5 ^b	0,2*
Malezas	1,6	0,8	1,9	1,2	0,2
Leguminosas (%)	30,9 ^a (27)	21,5 ^b (14)	11,9 ^c (4)	9,2 ^c (3)	2,1***

Siratro-Centrosema-Calopogonium-Kudzú

a, b: Medias con superíndices diferentes dentro de cada fila difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

(): Valores reales

Sistemas con leguminosas arbóreas

Actualmente, la investigación y la innovación buscan modelos productivos que combinen atributos mixtos de adaptación y mitigación en forma simultánea (Murgueitio *et al.*, 2015a). Entre estos se encuentran los sistemas agroforestales, en este caso silvopastoriles (SSP), los cuales son una alternativa para recuperar la productividad y los servicios ambientales en regiones donde es necesario realizar cambios fuertes en los usos de la tierra, como se describe en el libro *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo* (Murgueitio *et al.*, 2009).

Milera (2011) planteó que los SSP, con diversidad de especies de diferentes patrones de desarrollo, garantizan una alta disponibilidad de MS; son autosuficientes; regulan la energía solar que incide sobre la superficie, con un efecto protector contra la erosión edáfica y la temperatura del sistema; las producciones son satisfactorias; hay menor producción de metano por los rumiantes, y son funcionales y resilientes al cambio climático.

Las informaciones brindadas por Shelton (1994) muestran que los ganaderos requieren de árboles que se adapten a un rango de ambientes, lo que está estrechamente unido a los requerimientos específicos para su establecimiento y desarrollo. Una de las mayores ventajas de la gran mayoría de los árboles es que una vez establecidos disponen de vigor, longevidad, crecimiento y, probablemente, inmunidad con respecto a la competencia que pudieran ofrecer las especies herbáceas de los estratos inferiores.

Las características del lento crecimiento inicial de los árboles leguminosos forrajeros están parcialmente relacionadas con su sistema radicular. Los árboles poseen una densidad radicular longitudinal mucho menor que la de las gramíneas. Esto hace que sus raíces tengan dificultad para acceder a aquellos nutrientes de poco movimiento en el suelo, como H_2PO_4^- , K^+ y NH_4^+ .

Debido a que la mayor proporción de estas raíces de los árboles se encuentra en una superficie de suelo entre 15 y 30 cm, es evidente que las gramíneas tienen ventajas para competir, especialmente en la etapa de plántula, es decir, durante los estados iniciales del crecimiento y el establecimiento. Es por esto que las plantas arvenses, y particularmente las gramíneas, deben ser cuidadosamente controladas durante la etapa de plántula de los árboles y los arbustos.

Además, el sistema radicular arbóreo dispone de una zona pivotante y pequeñas raicillas que son las encargadas de tomar los nutrientes y el agua del suelo. Sin embargo, una gran proporción de los productos asimilados es transportada a la zona pivotante, que puede catalogarse como una estructura no productiva que influye directamente en el crecimiento inicial.

La necesidad de escarificación de las semillas, el empleo de rizobios (*Rhizobium* spp.), el vigor inherente de la plántula, la necesidad de aplicación de fertilizantes, la existencia de simbiosis micorrízica vesículo-arbuscular y la vida animal silvestre, son factores importantes que afectan el crecimiento de la joven plántula.

Hay que señalar que los estudios con enfoque ecológico e integrado se han incrementado, debido probablemente a que los sistemas que involucran el uso de árboles y arbustos locales, constituyen una importante opción en los sistemas productivos que interactúan con las pasturas y los animales, en un esquema de manejo integrado (Pérez-Luna *et al.*, 1998).

Estudios para el establecimiento de Leucaena leucocephala

L. leucocephala al igual que muchas especies arbóreas, es lenta en su establecimiento en comparación con las especies herbáceas. En muchos lugares del trópico las plantaciones no pueden considerarse establecidas para ser explotadas hasta después de 12 a 18 meses de la siembra, o aún más. Las pequeñas plántulas son muy vulnerables a la competencia con las arvenses, y a la destrucción y defoliación durante el período de establecimiento, debido a la entrada anticipada de los animales en las áreas de siembra, el ataque de plagas y enfermedades u otras causas.

Es decir, en esta etapa es preciso combinar, de forma favorable, las condiciones inherentes al clima y el suelo, los factores de carácter fitotécnico y las características de la variedad (Machado y Núñez, 1994).

Siembra

La preparación del suelo para la siembra de esta leguminosa puede realizarse de dos formas: preparando el área total que se sembrará, o en franjas si la siembra se va a efectuar en pastizales naturales o mejorados establecidos (Ruiz y Febles, 1987).

Independientemente del sistema empleado, las plántulas deben estar en condiciones favorables para competir con las arvenses, por lo que el lecho de siembra debe quedar bien mullido.

Cuando el técnico selecciona la preparación en franjas debe valorar la población del área de pasto que no se preparará, con el fin de determinar si es necesario realizar en ella alguna labor mecánica o química para su rehabilitación.

El tipo de gramínea acompañante puede influir en el establecimiento de la leucaena cuando se desea intercalarla en un pasto establecido. En la figura 1 se muestra que *Paspalum notatum* afectó el crecimiento de la leucaena, lo que no ocurrió en las áreas donde había jiribilla (*Dichanthium caricosum*) y guinea (*Megathyrsus maximus*). Esto se manifiesta en las labores para el control del crecimiento de la gramínea, que junto con la preparación del suelo puede representar el 69,5 % del total del costo por hectárea para el establecimiento (Ruiz *et al.*, 1997).

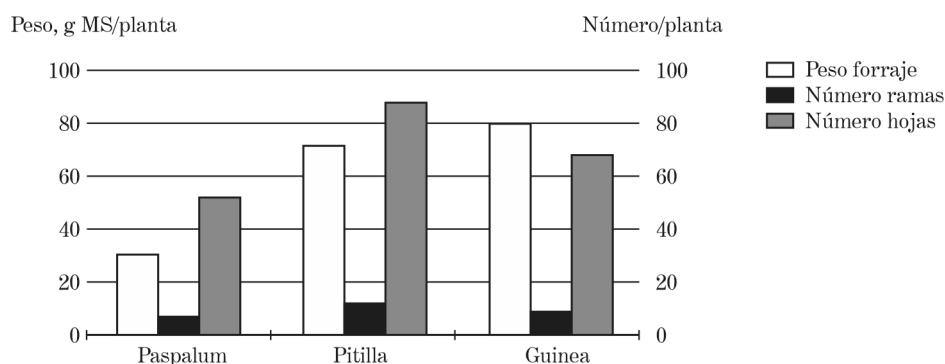


Fig. 1. Algunos indicadores del establecimiento de plantas de leucaena intercaladas en diferentes pastizales de gramíneas

Fuente: Ruiz *et al.* (1997)

Para lograr el intercalamiento de leucaena en pasto estrella establecido, es necesario quemar antes de que comiencen las lluvias e inmediatamente realizar las labores de preparación de las franjas (arado-picadora-cultivador). Es imprescindible mantener la vigilancia sobre el comportamiento de las arvenses durante los primeros 90 días posteriores a la emergencia de la leguminosa; el tratamiento a la semilla y la inoculación son también aspectos esenciales a considerar en la siembra.

Esta leguminosa presenta un tipo de dormancia exógena debido a sus cubiertas seminales duras e impermeables. La información existente en este sentido brinda un conjunto de tratamientos para eliminar la impermeabilidad, que comprenden la aplicación de ácido, agua a diferentes temperaturas y la escarificación mecánica. Hay poca o ninguna dormancia endógena, y la semilla cosechada puede germinar y emerger si la cubierta es horadada mediante los métodos antes citados. Febles y Ruiz (1987) sugirieron el empleo de ácido sulfúrico en concentraciones entre 50 y 75 %, y el agua a temperatura de 85 °C o superior, que propician un incremento sustancial en la germinación. Resultados similares (tabla 5) fueron planteados por Razz y Clavero (1996).

Tabla 5. Métodos de escarificación de *L. leucocephala*

Tratamiento	Germinación (%)	Referencia
Agua caliente, 2 minutos	89,5	González y Mendoza (1995)
Agua caliente, 5 minutos	81,5	
Agua caliente, 20 minutos	81,0	
Papel de lija	40,0	Razz y Clavero (1996)
Agua caliente, 5 minutos	49,7	
Agua caliente, 30 minutos	54,5	
H ₂ SO ₄ 5 %, 10 minutos	16,7	
H ₂ SO ₄ 10 %, 10 minutos	24,0	

Fuente: Adaptado de Razz y Clavero (1996)

Además, una inoculación efectiva es esencial para lograr un crecimiento vigoroso en esta planta, y se ha investigado la efectividad de diferentes cepas de *Rhizobium* spp., tanto en suelos alcalinos como ácidos en diferentes regiones tropicales del mundo (fig. 2), como Malasia, Australia, Indonesia, Cuba y otros países; se ha demostrado que la leucaena es altamente específica en cuanto a sus requerimientos de rizobio (López, 1987).

Unido a este aspecto, es importante mencionar que *L. leucocephala* forma asociaciones con las micorrizas, que son importantes para el establecimiento y el crecimiento general de la planta. Las plántulas jóvenes requieren una rápida infección con micorrizas para el suministro de cantidades adecuadas de fósforo. Los niveles de micorrizas vesículo-arbusculares en el suelo dependen de un grupo

de factores, como la historia del área de siembra, la vegetación natural, la acidez y el encharcamiento. En Cuba, en un suelo Pardo grisáceo Ojeda *et al.* (2015) encontraron un incremento de hasta 40 % en el rendimiento de MS de esta leguminosa al emplear MicoFert, biofertilizante constituido por una mezcla de diferentes cepas de hongos micorrizógenos.

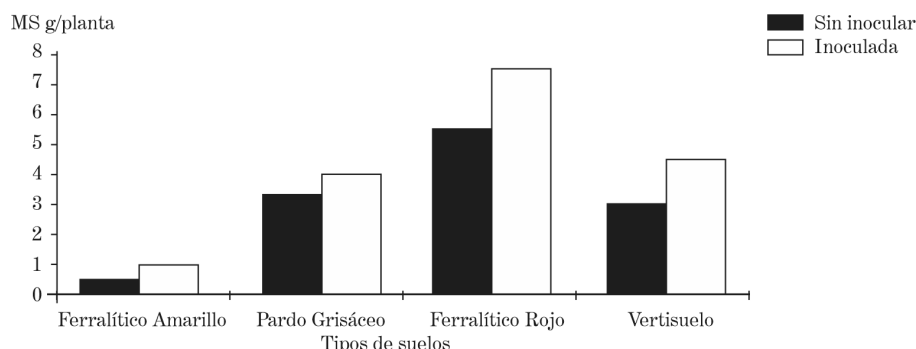


Fig. 2. Efecto de la inoculación en el rendimiento de MS de *Leucaena leucocephala* cv. Perú

Fuente: López (1987)

Por otro lado, Ruiz *et al.* (1989), Shelton y Brewbaker (1994) y Piggin *et al.* (1995) consideran que, en relación con la época de siembra, el momento óptimo depende de la localidad.

En las zonas semiáridas de Timor, donde la estación de primavera se extiende de marzo a diciembre, Piggin *et al.* (1987) encontraron que *L. leucocephala* se estableció satisfactoriamente en agosto, octubre y diciembre, que coincide con la época de primavera en el hemisferio Sur.

La tabla 6 muestra el comportamiento de un grupo de componentes de esta especie sembrada durante el período lluvioso en Cuba. Se demostró, durante tres años, que en condiciones de limpieza, el mejor comportamiento en todas las mediciones ocurrió entre abril y junio.

Las plantas sembradas entre septiembre y octubre (final del período lluvioso en Cuba) demoraron 11 meses para alcanzar 2 m de altura (Vargas y Franco, 1998). A iguales consideraciones llegaron Ruiz *et al.* (1989) al estudiar durante varios años lo que ocurría con las siembras durante los meses de agosto, septiembre y octubre, con y sin enyerbamiento. Ello indica el efecto tan marcado que tiene la época de siembra en el crecimiento de estas plantas.

Tabla 6. Efecto de la fecha de siembra en los componentes del rendimiento en condiciones de limpieza cinco meses después de la siembra

Medida	Fecha de siembra					
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	ES ±
Altura de la planta (cm)	125,9 ^a	137,6 ^a	120,0 ^a	90,9 ^b	49,7 ^c	7,5***
No. de ramas/planta	2,6 ^{ab} (6,8)	2,5 ^b (6,3)	2,9 ^a (8,5)	1,9 ^c (3,3)	1,8 ^c (3,3)	0,1***
No. de hojas/planta	6,8 ^b (47,8)	7,5 ^{ab} (56)	8,4 ^a (70,6)	5,7 ^{bc} (32,7)	4,5 ^d (21,2)	0,3***
No. de hojas en el tallo	4,2 ^a (17,6)	4,4 ^a (19,1)	3,6 ^b (13,4)	2,9 ^{bc} (8,5)	2,6 ^c (6,8)	0,1***
Peso/planta (g de MS)	131,9 ^a	126,9 ^a	102,5 ^{ab}	67,5 ^b	16,8 ^c	15,2***

(): Medias originales

***p < 0,001

a, b, c, d: Medias sin letras en común en la misma fila difieren significativamente a p < 0,05 (Duncan, 1955)

Fuente: Ruiz *et al.* (1989)

La profundidad de siembra es otro aspecto que debe considerarse como esencial. Piggin *et al.* (1987) compararon diferentes profundidades de siembra en *leucaena* en suelos alcalinos sedimentarios de Timor. Estos autores encontraron una emergencia de 80 % cuando se sembró a 5 cm de profundidad, que disminuyó a 20-25 % cuando la siembra se realizó en la superficie y a solo 0,8 % a 15 cm de profundidad.

En Cuba, las investigaciones de Ruiz *et al.* (1985) mostraron que la mejor profundidad en suelo Latosólico fue de 2 cm y en Pardo tropical entre 2 y 4 cm; mientras que la peor germinación y emergencia ocurrieron cuando la siembra fue superficial (fig. 3).

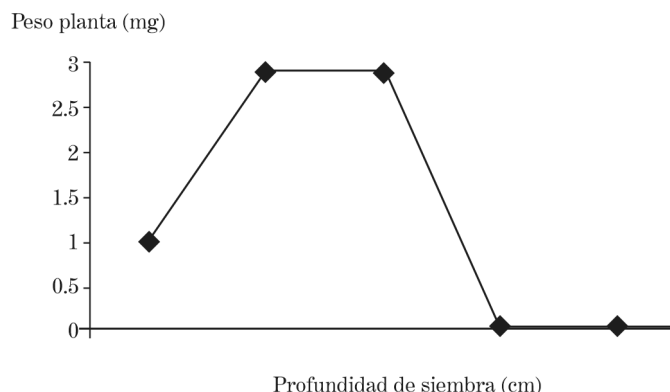


Fig. 3. Efecto de la profundidad de siembra en el rendimiento en MS de plantas recién germinadas. Fuente: Ruiz *et al.* (1985).

La dosis de siembra depende de la densidad poblacional que se requiere tener en el campo, el peso y la viabilidad de la semilla, así como del espaciamiento entre surcos y la supervivencia. Es decir, existe una relación entre el espaciamiento y la dosis. Algunos autores sugieren que la dosis de siembra cuando ocurren precipitaciones puede variar entre 0,5 y 5 kg de semilla por hectárea en dependencia del lecho de siembra y el espaciamiento. Con respecto a este último factor, los resultados de Shelton y Jones (1995) recomiendan espaciamientos entre 1,5 y 5 m en función del objetivo productivo del área. Ruiz y Febles (1987) plantearon que los mejores resultados se alcanzan con la siembra en surcos dobles a 0,70 m entre sí, espaciados a 3 m, y depositando la semilla a 0,50 m, por golpe.

En estudios sobre el establecimiento de la leucaena, Ruiz *et al.* (1996) recomendaron sembrar (cuando esta planta tiene 8-9 cm de altura) tres o cuatro surcos de una gramínea rastrera, separados a 0,60 m entre ellos, a vuelta de arado, en el centro de la calle, entre las hileras de leucaena sembrada a 4 m de distancia. El rendimiento acumulado al emplear bermuda (*Cynodon dactylon*) sembrada en tres surcos fue de 1 137,3 g de MS/m² y con un costo total de \$76,18 MN; mientras que cuando se emplearon cuatro surcos el rendimiento fue de 1 074,4 g de MS/m² (tabla 7) y el costo total, de \$82,36 MN. Estos costos pueden variar de acuerdo con el grado de enyerbamiento presente en el área de siembra y la eficiencia de la labor de limpieza.

Tabla 7. Comportamiento acumulado del peso seco de las hojas y los tallos de leucaena (parte consumible), *Cynodon-68* y de las plantas arvenses

Tratamiento	Leucaena (g/planta)	<i>Cynodon-68</i> (g/m ²)	Plantas arvenses (g/m ²)
Leucaena sola (control)	63,8 ^{bc}	-	1066,9 ^b
Leucaena + 2 surcos de C-68	50,8 ^a	769,9 ^b	33,6 ^a
Leucaena + 3 surcos de C-68	56,7 ^{ab}	1137,2 ^c	59,3 ^a
Leucaena + 4 surcos de C-68	63,8 ^{bc}	1074,4 ^c	87,6 ^a
Leucaena (60-70 cm) + 6 surcos de <i>Cynodon 68</i>	81,5 ^a	22,0 ^c	18,8 ^a
Leucaena + 6 surcos de <i>Cynodon 68</i>	72,1 ^{cd}	863,5 ^b	13,5 ^a
ES ±	3,7 ^{**}	39,0 ^{**}	25,3 ^{**}

a, b, c, d: Medias sin letras en común en la misma fila difieren significativamente a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$

Fuente: Ruiz *et al.* (1996).

Manejo para el establecimiento

Independientemente de la posibilidad que tienen todos los indicadores anteriores de garantizar un adecuado establecimiento, no cabe duda de que el control de las plantas arvenses es esencial durante este período.

Según planteó Larsen (1998), el control de las arvenses tiene una influencia marcada en el buen establecimiento de la leucaena y en la obtención de plantas de 2 m de altura a los seis meses; mientras que sin control esa altura se logra a los 3 años posteriores a la siembra. Ello se debe al lento crecimiento inicial de esta especie mientras se está estableciendo y la competencia con las arvenses lo restringe severamente. En este sentido, Hill (1970) informó en Papua-Nueva Guinea que la limpieza periódica incrementa el crecimiento de la leguminosa de 30 a 100 % en los primeros tres meses.

En trabajos realizados en Cuba se observó que excepto la chapeadora sola, los otros tratamientos fueron mejores que el control enyerbado (tabla 8). También se halló que la dosis de 1 L de ingrediente activo de treflán por hectárea, garantizó el mejor desarrollo de las plantas, que fue comparable al tratamiento control limpio (tabla 9).

Tabla 8. Efecto de diferentes métodos de control de arvenses en el desarrollo de los componentes del rendimiento de leucaena cinco meses después de la siembra

Método	Altura (cm)	No. de ramas/planta	Largo de las ramas (cm)	No. de hojas/planta
Chapeadora	24,8 ^a	0,7 ^a (1,0)	2,5 ^{ab} (5,6)	3,2 ^a
Chapeadora + Treflán	85,5 ^{bc}	1,9 ^{cd} (3,5)	5,4 ^{cd} (29,7)	22,7 ^{bcd}
Chapeadora + Treflán	68,2 ^b	1,7 ^{bcd} (2,7)	4,5 ^{cd} (21,3)	11,9 ^{abc}
Control limpio	174,6 ^d	3,9 ^e (14,8)	9,7 ^e (95,6)	36,0 ^d
Control enyerbado	19,1 ^a	1,0 ^{ab} (1,1)	1,9 ^a (3,9)	1,5 ^a
Cultivador	78,4 ^b	1,7 ^{bcd} (2,6)	4,4 ^c (19,5)	7,6 ^{ab}
Cultivador + Treflán	102,5 ^c	2,3 ^d (5,4)	6,1 ^d (40,3)	26,3 ^{cd}
Cultivador + Surfán	72,3 ^b	1,5 ^{abc} (1,9)	4,1 ^c (17,9)	26,8 ^{cd}
ES ±	7,0 ^{***}	0,2 ^{***}	0,5 ^{***}	4,9 ^{***}

(): Medias originales

***p < 0,001

a, b, c, d, e: Medias sin letras en común en la misma columna difieren significativamente a p < 0,05 (Duncan, 1955)

Fuente: Ruiz *et al.* (1990).

Al analizar a partir de qué momento se debía comenzar a limpiar cuando se siembra en mayo, se comprobó que el desarrollo de la leucaena no se afectó al mantenerse limpia durante los primeros 60-80 días después de la siembra. El crecimiento disminuyó cuando el enyerbamiento se mantuvo después de 20 días. Esta leguminosa permite cierto enyerbamiento durante los primeros 20 días a partir de la siembra, lo que conduce a una mayor flexibilidad para iniciar la labor de control de las arvenses (fig. 4).

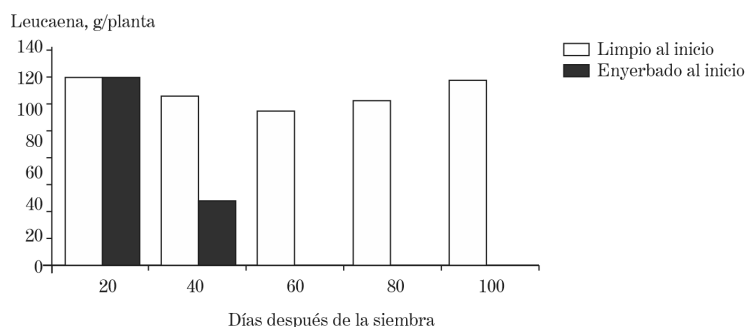


Fig. 4. Efecto del control de arvenses en *L. leucocephala* en diferentes momentos después de la siembra.

Fuente: Ruiz *et al.* (1990).

Tabla 9. Efecto de trifluralín en el establecimiento de leucaena a los 180 días de la siembra

Tratamiento	No. plantas/ha	Altura (cm)	No. de ramas/planta	No. de hojas/planta	Peso/planta (g de MS)	Arvenses (t de MS/ha)
Cultivador	83,4 ^b (7083,8)	139,6 ^b	2,7 ^a (7,5)	8,9 (81,2)	34 ^a	5,01 ^a
Trifluralín 0,75	94,6 ^b (8958,0)	158,9 ^b	3,1 ^b (9,7)	9,2 (85,7)	47 ^{ab}	4,44 ^a
L/ha i. a.						
Trifluralín 1.00	95,7 ^b (9166,3)	162,5 ^a	3,2 ^b (10,4)	9,7 (94,2)	53 ^b	3,53 ^a
L/ha i. a.						
Trifluralín	92,3 ^b (8541,3)	173,6 ^a	3,0 ^b (9,4)	9,5 (91,5)	55 ^b	3,28 ^a
1,25 L/ha i. a.						
Control limpio	96,8 ^b (9374,5)	159,5 ^b	3,1 ^b (10,1)	9,5 (91,8)	65 ^b	-
Control	62,9 ^a (3124,7)	-	-	-	-	8,12 ^b
Enyerbado						
ES ±	4,0 ^{***}	7,2 [*]	0,1 [*]	0,3	5 [*]	0,54 ^{***}

(): Medias originales

*p < 0,05; ***p < 0,001

a, b: Medias sin letras en común en la misma columna difieren significativamente a p < 0,05 (Duncan, 1955)

Fuente: Ruiz *et al.* (1990)

Un método alternativo para deprimir la competencia e incentivar la limpieza consiste en intercalar cultivos de ciclo corto, así como realizar un uso más eficiente de la tierra, todo lo cual puede abaratar los costos de establecimiento mediante la venta de las producciones de grano (Ruiz *et al.*, 2006a; 2006b). Los resultados indicaron que después de 100 días de crecimiento la leucaena estaba en condiciones de recibir su primer pastoreo (90-100 cm, altura de la planta); mientras que en los espacios entre los surcos se podía alcanzar un rendimiento de granos de maíz (*Z. mays*) de 1,8-2,1 t/ha, vigna (*Vigna unguiculata*) de 0,8-1,7 t/ha según la variedad utilizada, y de girasol (*Helianthus annuus*) de 0,5 t/ha. Estos cultivos pueden sembrarse a las dos o tres semanas a partir de la siembra de la leucaena.

Varios autores coinciden con estos resultados. Fernández-Zoby (2000) indica que los bancos de proteína pueden ser formados con cultivos anuales como una forma de disminuir los costos de fomento. Milera *et al.* (2000) plantearon que el intercalamiento de cultivos temporales durante el establecimiento de las arbóreas no interfirió en el rendimiento de estas plantas y propició un saldo económico positivo, debido a la producción de granos; similares valoraciones hicieron Reyes *et al.* (2000).

Al estudiar los insectos presentes en estos ecosistemas, Valenciaga y Mora (1997) comprobaron que el cultivo del maíz permite la disminución de insectos-plagas y evita que algunos de estos afecten la leucaena en un momento dado, ya que favorece el desarrollo de un mayor número de biorreguladores, lo que logra mantener el equilibrio entre los organismos presentes.

La fertilización es otro aspecto que debe tenerse en cuenta durante el período de establecimiento de *L. leucocephala*. No obstante, es necesario valorar su aplicación cuidadosamente y en consonancia con las condiciones edáficas de las áreas objeto de siembra, ya que la práctica de la fertilización aumenta los costos y, en consecuencia, puede encarecer las tecnologías.

Sin embargo, existe información disponible que indica que esta leguminosa responde bien a la fertilización durante la fase de establecimiento.

En Cuba se ha encontrado que solo en la etapa inicial de crecimiento es necesario aplicar fertilizante para acelerar el desarrollo de la leucaena, y que pueda competir favorablemente con las arvenses. En suelos poco fértiles (menos de 2,5 y 6,8 mg de P₂O₅ y K₂O/100 g, respectivamente), esta leguminosa crece más rápido cuando se aplican 30, 45 y 50 kg de N, P y K/ha, respectivamente. No es necesario aplicar fertilizante químico a partir del momento en que las plantas alcancen 150 cm de altura (Crespo y Curbelo, 1991).

Explotación del sistema

El conocimiento de cuándo un pasto está en condiciones para la primera defoliación es usualmente subjetivo, y se basa en el estado de crecimiento y otras consideraciones que definen la vida útil del pasto (Ruiz *et al.*, 1988).

En este sentido es necesario tener presente que después de sembrado el árbol se necesita de un período prudente para su completo establecimiento, tiempo necesario para el buen desarrollo de sus raíces, tallo y follaje y, por tanto, no debe ser cosechado o pastoreado antes de haber alcanzado el estado óptimo (CIPAV, 2009).

Esto se pudo apreciar en una investigación desarrollada en Cuba por Ruiz *et al.* (1988), en plantaciones que comenzaron a pastarse en diferentes momentos después de la siembra (tabla 10), en la que se concluyó que cuando el pastoreo comenzaba a una altura de 90-100 cm no se comprometía la vida útil y futura del pastizal.

Tabla 10. Efecto de la altura de la planta a la que comenzó a pastarse después de la siembra, en la altura y el peso por planta.

Altura de la planta para comenzar a pastar (cm)	Tiempo transcurrido desde el inicio (meses)			
	Inicio	12	18	24
Altura (cm)				
200-210		220,3 ^c	233,7 ^c	221,2 ^c
140-150		208,1 ^c	222,5 ^c	210,9 ^c
90-100		159,4 ^b	197,5 ^b	178,4 ^b
40-50		113,7 ^a	148,1 ^a	148,4 ^a
ES ±		6,4 ^{***}	6,8 ^{***}	9,3 ^{***}
Peso/planta (g de MS)				
200-210	124 ^c	67,0 ^c	285,0 ^c	67,0 ^b
140-150	106 ^c	56,0 ^{bc}	196,0 ^b	50,0 ^{ab}
90-100	69 ^a	45,0 ^{ab}	155,0 ^{ab}	33,0 ^a
40-50	4 ^b	35,0 ^a	112,0 ^a	33,0 ^a
ES ±	8 ^{***}	4,0 ^{***}	7,0 ^{***}	8,0 ^{***}

***p < 0,001

a, b, c: Medias sin letras en común en la misma columna difieren significativamente a p < 0,05 (Duncan, 1955)

Fuente: Ruiz *et al.* (1990)

En las plantas que alcanzaron una altura por encima de 200 cm, el 60 % de su disponibilidad no estuvo al alcance de los animales adultos. Las plantas que comenzaron a pastarse por debajo de 100 cm posibilitaron que se efectuara un consumo total de las partes activas de crecimiento; en cierto grado se controló el desarrollo vertical de la leucaena y, en consecuencia, se prolongó la necesidad de la poda y la vida útil de la plantación. La altura de la planta, el peso/planta y otras mediciones tuvieron un mejor balance cuando el pastoreo se realizó entre 90-100 cm.

En relación con lo anterior, los trabajos desarrollados en Colombia (CIPAV, 2009) también señalan que el primer pastoreo se puede realizar cuando la leucaena alcance al menos un metro de tallo leñoso (lignificado), para evitar que el ganado arranque el árbol o lo ramonee a muy baja altura.

Al analizar el crecimiento y desarrollo de *L. leucephala* vc. Ipil Ipil durante el establecimiento desde los 42 hasta los 294 días de la siembra, Pozo *et al.* (2000) informaron que a partir de los 129 días puede iniciarse la explotación de la leucaena en el agroecosistema, la cual presenta una altura de 197 cm, rendimiento de masa seca total de 103,4 g de MS/planta y 40 % de follaje en la biomasa superior.

Otro aspecto vinculado con el establecimiento de esta leguminosa indica que la limitación más seria de *L. leucocephala* es la susceptibilidad al defoliador psílido *Heteropsylla cubana*. Sin embargo, la mayor

parte de las investigaciones acerca del establecimiento de la leucaena se desarrollaron antes de 1986, cuando esta plaga comenzó a extenderse en el mundo tropical, lo que probablemente ha contribuido con la carencia de información científica acerca del efecto de este insecto en la germinación y el establecimiento. Investigaciones conducidas por Valenciaga y Mora (1997) en Cuba, en las que se estudió la presencia de insectos durante el establecimiento de *L. leucocephala* intercalada con maíz en dos momentos a partir de la siembra, indicaron que el intercalamiento de esta especie 15 días después de la siembra alcanzó un número de individuos de *Heteropsylla* y otras especies que no produjeron daños económicos ni al maíz ni a la leucaena durante su establecimiento, y se logró un uso más eficiente de la tierra. Los insectos presentes en el ecosistema se concentraban en las arvenses, las que sirven de reservorios de insectos-plagas y biorreguladores, con lo que se alcanzó un mejor equilibrio biológico al incrementarse la biodiversidad. El intercalamiento de vigna produjo un efecto similar, ya que disminuyó el daño producido por *H. cubana* a la leucaena durante la fase de establecimiento de esta leguminosa.

Estudios para el establecimiento de otras leguminosas arbóreas

El objetivo esencial de estas investigaciones fue conocer el comportamiento de algunos aspectos fitotécnicos vinculados al establecimiento, que garantizan el crecimiento y la supervivencia, en condiciones de campo, de un grupo de especies que se habían destacado anteriormente en pruebas de evaluación. Los trabajos se desarrollaron en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba.

Se trabajó en cuatro direcciones:

1. Siembras comparativas entre semilla gámica y agámica, y diferentes momentos del desarrollo de las plantas para el traslado del vivero al campo.
2. Influencia del peso de la semilla de la especie.
3. Número de bolsas por nicho.
4. Época de siembra.

Los resultados fundamentales fueron los siguientes:

1. *Erythrina mysorensis* (leguminosa introducida) fue capaz de crecer y mantenerse en el campo mediante la siembra por semilla botánica, en comparación con la siembra en bolsas y diferentes momentos de traslado del vivero al campo. El comportamiento del crecimiento, las condiciones de acamamiento y la supervivencia tuvieron resultados apreciables (tabla 11).

Tabla 11. Comportamiento en el campo de *E. mysorensis* a los cinco meses de trasplantada o sembrada

Tratamiento	Crecimiento (cm)	Grosor del tallo (cm)	No. de hojas \diamond	Acamamiento \diamond (%)	Supervivencia (%)
Siembra por semilla botánica	79,3 ^a	2,6	5,3 ^b (29)	0	84,5 ^a (96,2)
Trasplante con 3-5 cm de altura	76,8 ^a	2,9	7,1 ^a (51)	0	57,1 ^b (70,0)
Trasplante con 23-25 cm de altura	40,1 ^b	2,4	5,0 ^b (26)	13,8 (14,7)	65,9 ^{ab} (76,6)
Trasplante con 34-36 cm de altura	33,7 ^b	2,6	6,1 ^{ab} (39)	25,9 (26,6)	82,9 ^a (93,3)
ES \pm	4,7 ^{**}	0,1	0,4 [*]	8,7	6,1

a, b: Medias con diferentes superíndices dentro de cada columna difieren $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

\diamond : datos transformados según $\text{sen inv } \sqrt{x}$, (): Valores reales

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$

Fuente: Alonso *et al.* (1999)

Sin embargo, *Bauhinia galpinii* no fue capaz de crecer independientemente mediante siembra gámica, y fue necesario su aviveramiento para que las plántulas pudieran sobrevivir en condiciones de determinado estrés.

2. Especies de leguminosas arbóreas destacadas en evaluaciones anteriores, de los géneros *Albizia*, *Enterolobium*, *Samanea*, *Bauhinia*, *Cassia*, *Caesalpinia* y *Samanea*, se separaron en tres grupos en orden ascendente según el peso de la semilla individual de cada especie. Se valoró que a medida que aumentó el peso de las semillas de estas arbóreas, la supervivencia era mejor en condiciones de campo; se destacaron *Bauhinia purpurea*, *Cassia moschata* y *Enterolobium* spp. El peso varió entre 1,11 y 1,40 g, y 3,45-4,50 g. Hubo incluso especies cuya velocidad de crecimiento fue superior a la de *L. leucocephala*. Estos estudios se realizaron durante dos años consecutivos (tablas 12 y 13).

Tabla 12. Crecimiento (cm) de dos especies arbóreas sembradas por semilla botánica

Tratamiento	Muestreo◇		
	3	4	Total
<i>L. leucocephala</i>	56,2	83,5	140,0
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	72,5	102,5	175,0
ES ±	2,5*	0,8**	1,8**

**p < 0,01; *p < 0,05

◇ Efecto 9 meses después de sembrada

Fuente: Febles *et al.* (2000)

Tabla 13. Estadígrafos de posición y de dispersión para la altura (cm) en especies sembradas mediante semilla botánica

Especie	Muestreo					
	3			4		
	Media	DS ±	CV %	Media	DS ±	CV %
<i>Cassia moschata</i>	27,5	9,2	33,4	32,0	7,9	24,6
<i>E. cyclocarpum</i>	72,5	10,8	14,9	102,5	9,2	8,9

Fuente: Febles *et al.* (2000)

3. La población necesaria para lograr éxito en el establecimiento de leguminosas no domesticadas genéticamente, puede lograrse mediante técnicas agronómicas, como el incremento del número de bolsas trasplantadas del vivero a nichos en el campo. Hubo variaciones entre especies (tabla 14), aunque la supervivencia se vio afectada a medida que disminuía el número de bolsas por nicho. Se estudiaron los géneros *Lysiloma*, *Erythrina*, *Albizia* y *Adenanthera*.
4. La mejor época de siembra para el establecimiento se evaluó durante dos años consecutivos. Las épocas se correspondieron con el inicio y el final del período lluvioso en Cuba. Las especies estudiadas fueron *E. cyclocarpum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *B. pupurea*, *Albizia lebbekoides*, *B. galpinii* y *Acacia cornigera*. Los resultados fueron variables, aunque la supervivencia tuvo un comportamiento lineal en el tiempo, con cierta tendencia a disminuir en octubre (tabla 15). Los resultados globales se inclinan a la siembra en el mes de julio, preferiblemente, cuando existe una mayor estabilidad de las precipitaciones.

Tabla 14. Efecto de la siembra en la supervivencia (%) de especies arbóreas

Especie/número de bolsas	Muestreo			
	1	2	3	4
<i>Erythrina mysorensis</i>				
1	79,6 (91,7)	74,6 (83,3)	15,0 (16,7)	15,0 (16,7)
2	85,9 (99,3)	85,9 (99,3)	25,0 (25,0)	10,0 (8,3)
3	85,9 (99,3)	79,6 (91,7)	29,6 (24,3)	29,6 (24,3)
ES ±	6,1	7,1	9,2	11,6
<i>Lysiloma bahamensis</i>				
1	25,0 ^a (25,0)	25,0 ^a (25,0)	10,0 ^a (8,3)	10,0 ^a (8,3)
2	85,9 ^b (99,3)	85,9 ^b (99,3)	64,8 ^b (75,0)	64,8 ^b (75,0)
3	85,9 ^b (99,3)	85,6 ^b (99,2)	79,6 ^b (91,7)	79,6 ^b (91,7)
ES ±	7,3 ^{**}	7,2 ^{**}	11,4 [*]	11,4 [*]

a b: Medias con diferentes superíndices dentro de cada columna difieren $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

(): Valores reales. Datos transformados según $\text{arc sen } \sqrt{\%}$

^{**} $p < 0,01$; ^{*} $p < 0,05$

Fuente: Febles *et al.* (2000)

Tabla 15. Estadígrafos de posición y dispersión para las especies estudiadas

Especie indicadora	Julio 1998			Octubre 1998		
	Media	DS	CV, %	Media	DS	CV, %
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>						
Supervivencia (%)	84,3	16,1	19,0	88,2	16,0	18,1
Altura (cm)	138,9	46,6	33,6	100,7	36,8	36,6
Diámetro del tallo (cm)	2,7	0,2	8,6	2,3	0,2	7,2
<i>Bauhinia purpurea</i>						
Supervivencia (%)	100,0	-	-	91,4	13,2	14,4
Altura (cm)	150,5	39,2	26,1	105,7	20,4	19,3
Diámetro del tallo (cm)	2,9	0,5	18,5	2,1	0,2	9,2
<i>Albizia lebbek</i>						
Supervivencia (%)	-	-	-	83,2	21,2	25,5
Altura (cm)	-	-	-	75,6	18,9	24,9
Diámetro del tallo (cm)	-	-	-	1,5	0,5	5,4
<i>Acacia cornigera</i>						
Supervivencia (%)	100,0	-	-	78,2	22,4	28,7
Altura (cm)	96,9	26,5	27,3	53,7	13,4	24,9
Diámetro del tallo (cm)	1,9	0,3	13,6	1,3	0,1	5,4
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>						
Supervivencia (%)	-	-	-	100,0	-	-
Altura (cm)	-	-	-	15,4	29,2	25,3
Diámetro del tallo (cm)	-	-	-	2,4	0,2	7,8

Fuente: Febles *et al.* (2000)

Consideraciones finales

En este capítulo se brinda información válida y práctica, tanto nacional como internacional, acerca del establecimiento de leguminosas herbáceas y arbustivas en condiciones tropicales.

Los elementos que se dilucidaron en estos trabajos constituyen, integralmente, nuevas opciones para poder utilizar estas plantas asociadas a gramíneas en los sistemas ganaderos de Cuba.

Debe destacarse que, en el momento de aplicar las técnicas descritas, es necesario efectuar las adecuaciones pertinentes basadas en el hecho de que se está trabajando con una entidad biológica susceptible a variaciones en su interacción con el medio y a una gran variabilidad, principalmente en aquellas especies menos domesticadas. Además, el lugar o entorno en que se desarrolla la tecnología, así como las condiciones, posibilidades y disponibilidad de recursos con los que cuenta el productor, son también otros componentes esenciales que hay que valorar en su justa medida.

Por ello, es evidente la necesidad de un cambio en los sistemas ganaderos tradicionales, que deben evolucionar de la extensividad a la intensificación, del uso no racional de la base de recursos naturales a su uso sostenible y de su sobrevivencia en condiciones de políticas proteccionistas hacia una verdadera competitividad en la nueva etapa de globalización de los mercados.

Referencias bibliográficas

- ACOSTA, A. C. Cambio climático y desarrollo pecuario: desafíos institucionales para el desarrollo sostenible de sistemas silvopastoriles en Centroamérica. *VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. p. 160-169, 2012.
- ALONSO, J.; FEBLES, G.; RUIZ, T. E. & GUTIÉRREZ, J. C. Siembra con semilla botánica y diferentes alturas de trasplante en el establecimiento de *Erythrina maysorensis*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 33:319-323, 1999.
- BOTERO, R. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro del carbono. *Reunión de Expertos FAO*. Roma: FAO, 2000.
- CASTILLO, E. & RUIZ, T. E. Sistema de manejo de pastizales de leguminosas para la producción bovina. *III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2005.
- CIPAV. Establecimiento y manejo. Proyecto Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. En: E. Murgueitio, ed. *Sistemas silvopastoriles*. Cali, Colombia: CIPAV, 2009.
- CRESPO, G. & CURBELO, F. Relación entre factores nutricionales del suelo y el crecimiento de leucaena. *Rev. cubana Cienc. agric.* 25:89-92, 1991.
- DE CLERCK, F. Aplicaciones ecológicas para la adaptación al cambio climático en paisajes ganaderos. *VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, CIPAV. p. 6. <https://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/seminarios%20y%20congresos/Panama2010/Fabrice.declerck.pdf>, 2010.
- DÍAZ-FILHO, M. B. Processos e causas de degradação e estratégias de recuperação em pastagens tropicais. *Conferencia del I Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2001.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- FAO. *Consulta de expertos*. Brasil: EMBRAPA, 2000.
- FEBLES, G. & RUIZ, T. E. Semillas. En: *Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtropical*. La Habana: EDICA. p. 31-46, 1987.
- FEBLES, G.; RUIZ, T. E.; ALONSO, J. & CHONGO, BERTHA. Metodología de evaluación de germoplasma autóctono y foráneo para su empleo en sistemas silvopastoriles en Cuba. *Simposio Internacional sobre Sistemas Agroforestales Pecuarios en América del Sur*. Juiz de Fora, Brasil: EMBRAPA-FAO. p. 43. 2000.
- FERNÁNDEZ-ZOBY, J. L. Leucena em banco de proteína como complemento de pastagens do Cerrado na alimentação de bovinos. En: M. M. Carvalho, M. J. Alvim y J. C. Carneiro, eds. *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para as áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora, Brasil: Embrapa Gado de Leite, FAO. p. 45-49, 2001.

- FRIEDRICH, T. Manejo sostenible de tierras en el Año Internacional de los Suelos. La integración de pastos y forrajes en sistemas agrícolas sostenibles. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- GONZÁLEZ, YOLANDA & MENDOZA, F. Efecto del agua caliente en la germinación de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 18 (1):59-65, 1995.
- HUMPHREYS, L. R. Plant interrelations: competition and interference. In: *Environmental adaptation of tropical pasture plants*. Queensland, Australia: Department of Agricultural, Queensland University. p. 185-202, 1981.
- IBRAHIM, M.; ABARCA, S. & FLORES, O. Geographical synthesis of data on Costa Rica pastures and their potential for improvement. In: C. Hall, P. V. Laake, C. Perez and G. Leclerc, eds. *Quantifying sustainable development: the future of tropical economies*. p. 423-448, 2000.
- JANSEN, H. G. P.; IBRAHIM, M.; NIEUWENHUYSE, A.; T'MANNETJE, L. T.; JOENJE, M. & ABARCA, S. The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the atlantic zone of Costa Rica. *Tropical Grassl*. 31:588-598, 1997.
- LÓPEZ, M. Simbiosis rizobio-Leucaena: Inoculación. En: *Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtropico*. La Habana: EDICA. p. 43-55, 1987.
- MAASS, B. L. & PENGELLY, B. C. Tropical forage genetic resources-will any be left for future generations. *Proceedings of the XVI International Grasslands Congress*. Brasil. p. 123-128, 2001.
- MACHADO, R. & NÚÑEZ, C. A. Caracterización de variedades de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje. I. Establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 17 (1):13-19, 1994.
- MILERA, MILAGROS. Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34 (2):127-143, 2011.
- MILERA, MILAGROS. Utilización del banco de proteína para la producción de leche. *V Reunión Avances Agropecuarios. Trópico 91*. México. p. 216-219, 1991.
- MILERA, MILAGROS; REYES, F.; IGLESIAS, J. M.; GONZÁLEZ, T. & FERNÁNDEZ, E. Establecimiento de arbóreas con intercalamiento de leguminosas temporales. *IV Taller Internacional Silvopastoril*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 211-212, 2000.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington: Island Press, 2005.
- MOLINA, C. H. & URIBE, F. Experiencia de producción limpia de ganaderías en pastoreo. *III Seminario Internacional sobre Competitividad en leche y carne. Experiencia en producción limpia de ganadería en pastoreo*. Cali, Colombia. p. 333-354. 2005.
- MONZOTE, MARTA; CASTILLO, E. & GARCÍA, M. Comparación de sistemas de alimentación basados en gramíneas puras o asociadas con leguminosas para la producción de carne. I. Comportamiento del pastizal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 18:233-241, 1984.
- MURGUEITIO, E.; BARAHONA, R.; CHARÁ, J. D.; FLORES, M. X.; MAURICIO, R. M. & MOLINA, J. J. Los sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- MURGUEITIO, E.; CUADRAS, C. & NARANJO, J., eds. *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. 2da ed. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, 2009.
- OJEDA, L.; FURRAZOLA, E. & HERNÁNDEZ, CONSUELO. Respuesta de *Leucaena leucocephala* cv. Perú a la aplicación de diferentes dosis de MicoFert agrícola. *Pastos y Forrajes*. 38 (3):176-182, 2015.
- OLIVERA, YUSEIKA. Evaluación agronómica y selección de accesiones de *Teramnus* spp. *Pastos y Forrajes*. 34 (1):21-28, 2011.
- PADILLA, C. Siembra y establecimiento de pastizales de gramíneas. *I Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. San José de las Lajas, Cuba; Instituto de Ciencia Animal, 2001.
- PERALTA, A. & TOLEDO, J. M. La problemática del establecimiento y la recuperación de las pasturas. En: C. E. Lazcano y J. M. Spain, eds. *Establecimiento y recuperación de pasturas*. Cali, Colombia. p. 1-15, 1991.
- PÉREZ-LUNA, E.; KU-VERA, J.; RAMÍREZ, L. & MARTÍNEZ, S. Suplementación con *Gliricidia sepium*. Efecto sobre el consumo de pasto, la digestión ruminal y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo en Chiapas, México. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril «Los árboles y arbustos en la ganadería»*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 151-156. 1998.
- PEZO, D.; ROMERO, F. & IBRAHIM, M. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. En: S. Fernández-Baca, ed. *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. Santiago de Chile: FAO. p. 47-98, 1992.
- PIGGIN, C.; MELLA, P.; JANING, M.; AKLIS, M. S.; KERRIDGE, D. C. & ZAINGO, M. *Report 1985-87*. Timur, Indonesia, 1987.

- PIGGIN, C.; SHELTON, H. M. & DART, P. Establishment and early growth of *Leucaena*. *Leucaena: Opportunities and limitations. Proceedings of a Workshop Held*. Bogor, Indonesia. p. 77-98, 1995.
- POZO, P. P. DEL; HERRERA, R. S.; CHÁVEZ, D. & FERNÁNDEZ, L. Selección de variables morfoagronómicas que caracterizan el crecimiento del pasto estrella (*C. nlemfuensis*) bajo condiciones de pastoreo. *Cultivos Tropicales*. 1:22-26, 2000.
- RAZZ, ROSA & CLAVERO, T. Leguminosas forrajes arbóreos: sus perspectivas para el trópico americano. *Rev. Fac. Agron, LUZ*. 13:49-63, 1996.
- REYES, F.; RODRÍGUEZ, R.; SIMÓN, L.; LAMELA, L. & SUÁREZ, J. Intercalamiento de *Phaseolus vulgaris* durante el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en un sistema silvopastoril. *Memorias del IV Taller Internacional Silvopastoril*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 310-313. 2000.
- RUIZ, T. E.; ALONSO, J.; FEBLES, G. & LOK, SANDRA. Las leguminosas para la producción de biomasa en el trópico. *Conferencia del III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2005.
- RUIZ, T. E.; CRESPO, G.; BERNAL, G. & DÍAZ, L. E. Efecto de la zeolita en la eficiencia del herbicida aplicado en la siembra de siratro (*Macroptilium atropurpureum*) al inicio de la estación lluviosa. *Memorias de la 3ra. Conferencia Internacional sobre Zeolita Natural Zeolita 91*. p. 25, 1991.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. Agrotecnia para el fomento de sistemas asociados con leguminosas rastreras. *Diplomado en Ganadería Tropical: Modulo II: Pastos tropicales, principios generales, agrotecnia y producción de biomasa. CDT Tantakin 2008*. México: FIRA. p. 199, 2008a.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. Algunas valoraciones conceptuales sobre el establecimiento de las leguminosas en el trópico. *I Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2001a.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. Establecimiento de leguminosas rastreras en cultivo puro. *Diplomado en Ganadería Tropical: Modulo II: Pastos tropicales, principios generales, agrotecnia y producción de biomasa. CDT Tantakin 2008*. México: FIRA. p. 185. 2008b.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. *Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico*. La Habana: EDICA, 1987.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. Potencial para la producción de biomasa en sistemas con leguminosas perennes. *II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2003.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G. & ALONSO, J. Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Cuban J. Agric. Sci.* 49:233-241, 2015.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; BERNAL, G. & DÍAZ, L. E. Estudio de la fecha de siembra de *Leucaena leucocephala* en Cuba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 23:203-208, 1989.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; CASTILLO, E.; BARRIENTOS, A.; DÍAZ, L. E. & BERNAL, G. Comportamiento de asociaciones de glycine y pasto natural ante diferente acceso de animales de carne al banco de proteína. *AIA*. 3:44-56, 1994b.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; CASTILLO, E.; BERNAL, G. & DÍAZ, L. E. Establecimiento de *Leucaena leucocephala* intercalada en diferentes pastizales de gramíneas. *Rev. cubana Cienc. agric.* 31:91-96, 1997.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; COBARRUBIA, O.; DÍAZ, L. E. & BERNAL, G. La altura de la planta como criterio para comenzar a pastar *Leucaena leucocephala* después de la siembra. *Rev. cubana Cienc. agric.* 22:201-207, 1988.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; DÍAZ, H. & DÍAZ, J. Estudio del número de leguminosas rastreras asociadas a una gramínea y su persistencia en el pastizal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 41:271-274, 2007c.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; DÍAZ, H. & DÍAZ, J. Momento de limpieza en el establecimiento de una asociación de gramíneas con mezclas múltiples de leguminosas rastreras. *Rev. cubana Cienc. agric.* 40:221-227, 2006.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; DÍAZ, H.; MÉNDEZ, E. & DÍAZ, J. Momento de comenzar a pastar después de la siembra de asociaciones múltiples de leguminosas rastreras y *Panicum maximum*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 41:81-85, 2007b.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; JORDÁN, H. & CASTILLO, E. Las leguminosas para la producción animal. *7ma. Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria. Trópico 94*. México: Universidad de Colima. p. 198-200, 1994a.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; JORDÁN, H.; CASTILLO, E. & FUNES, F. Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico. *Evento Científico XXX Aniversario del ICA*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 75. 1995.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; JORDÁN, H.; CASTILLO, E.; ZARRAGOITIA, L. & DÍAZ, J. *et al.* Tecnología de explotación de bancos de proteína de leucaena para hembras en desarrollo y producción de leche y carne. *Conferencia del Seminario Científico Internacional XXV Aniversario*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 186, 1990.

- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; PADILLA, C. & DÍAZ, H. Empleo de cultivos temporales en el establecimiento de leucaena-guinea. *Rev. cubana Cienc. agric.* 40:117-121, 2006a.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; PADILLA, C. & DÍAZ, H. Momento del intercalamiento de maíz (*Zea mays*) en el establecimiento de leucaena-guinea (*Leucaena leucocephala-Panicum maximum*). *Rev. cubana Cienc. agric.* 40:111-115, 2006b.
- SÁNCHEZ, M. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma: FAO. p. 143-168, 1999.
- SÁNCHEZ, SARAY; CRESPO, G.; HERNÁNDEZ, MARTA & GARCÍA, Y. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*. 31 (2):99-118, 2008.
- SHELTON, H. M. & BREWBAKER, J. L. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legume. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. United Kingdom: CAB International. p. 15-29, 1994.
- SHELTON, H. M. Establishment of forage tree legumes. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. United Kingdom: CAB Internacional. <https://www.betuco.be/coverfodder/Forage%20Tree%20Legumes%20in%20Tropical%20Agriculture%20FAO.pdf>, 1994.
- SPAIN, J. M. & GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de potreros. Conceptos, experiencias y enfoques de la investigación. *Red Internacional de Evaluación de pastos tropicales. Sexta Reunión Comité Asesor*. Cali, Colombia: CIAT, 1991.
- SZOTT, L.; IBRAHIM, M. & BEER, J. *The hamburger connection Hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America*. Serie Técnica. Informe Técnico/CATIE No. 313. Turrialba, Costa Rica: CATIE-DANIDA-GTZ, 2000.
- VALENCIAGA, NURYS & MORA, C. Estudio de incidencia de insectos en una siembra de *Leucaena leucocephala* intercalada con maíz en dos momentos a partir de la siembra. *Rev. cubana Cienc. agric.* 31:161-166, 1997.
- VARGAS, S. & FRANCO, R. Efecto del momento de siembra sobre el establecimiento y la composición botánica del banco de proteína. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 85-87. 1998.

CAPÍTULO 8. Degradación y recuperación de los pastizales

César Padilla-Corrales
Departamento de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Introducción

Los procesos de degradación de los pastizales tienen su origen en factores sociales, económicos y culturales, que se traducen en la sobreexplotación de los recursos naturales y en la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de estos agroecosistemas, en particular de los suelos y del agua. La consecuencia de todo ello es la pérdida de la productividad de los pastizales, lo que conlleva al detrimento de la producción de alimentos (Lok, 2015). En la actualidad, la degradación de los pastizales es motivo de preocupación para estadistas y científicos. Los pastos degradados en el planeta totalizan 680 millones de hectáreas, cinco veces el área cultivable de los Estados Unidos. El deterioro de los pastizales trae consigo, además, la merma de la fertilidad de los suelos y la disminución de la productividad del ganado, efectos que ocasionan grandes pérdidas económicas. Según Lok (2015) esta realidad es más grave aún, si se tiene en cuenta que aproximadamente 4/5 partes de la producción bovina y caprina mundial (52 millones de toneladas) provienen de los animales que se alimentan de los pastos. La reducción de la fertilidad de los pastizales en las zonas tropicales y subtropicales, con la consiguiente disminución de la producción de biomasa repercute en la ganadería vacuna, pues influye notablemente en el rendimiento de leche y carne, y en el incremento de los costos de producción animal.

Es importante considerar también que el deterioro de los pastizales conduce inevitablemente a la desertificación. A escala global, más de mil millones de personas, en casi 100 países, experimentan las consecuencias de este fenómeno, y el 70 % de la superficie del planeta se halla también amenazada. En el mundo, la desertificación ocasiona pérdidas que se calculan en 42 000 millones de dólares al año, además de ser un proceso complejo, que obedece a causas humanas y naturales.

Dias-Filho (2001) presentó un enfoque integral del fenómeno de la degradación de los pastizales. Al respecto planteó que, en dependencia del estado de la degradación de un pasto, este puede necesitar diferentes intensidades y formas de acción para recuperar su productividad.

Para considerar un pasto degradado se debe tener en cuenta que la degradación puede estar caracterizada por el cambio en la composición botánica, debido al aumento del porcentaje de plantas arvenses dicotiledóneas y a la disminución de la biomasa forrajera, y no necesariamente por la pérdida de la capacidad de acumular biomasa vegetal (almacenar carbono). En ocasiones, este indicador puede aumentar debido a la mayor capacidad de las plantas herbáceas y leñosas de producir biomasa. Además, el proceso de degradación puede estar marcado por el desplazamiento gradual de las gramíneas forrajeras mejoradas por gramíneas y otras especies nativas de menor vigor y valor nutritivo, o también por la aparición de áreas de suelo descubierto.

Según Dias-Filho (2006), en el contexto de la productividad agrícola (disminución de la capacidad de soporte), una pastura degradada se puede definir como un área con acentuada disminución de la especie deseada, aunque el sistema no haya perdido su capacidad de acumular carbono y mantener la productividad desde el punto de vista biológico (fig. 1).

En sentido general, se podría considerar que un pasto está degradado cuando la especie deseable ha perdido su vigor y capacidad productiva por unidad de área y por animal, y es reemplazada por áreas despobladas y especies indeseables, de escaso rendimiento y valor nutritivo. Esto origina un deterioro de los niveles ecológicos y económicos, no compatibles con los sistemas ganaderos productivos. Algunos ambientalistas (Reina, 2007) consideran que la ganadería es responsable, en parte, de

la desertificación y degradación de los suelos, mostrándose escépticos ante los sistemas de producción bovina con pastos. Sin embargo, este criterio no es tan absoluto, pues los pastos bien manejados son una alternativa que contribuye a mantener la fertilidad de los suelos.

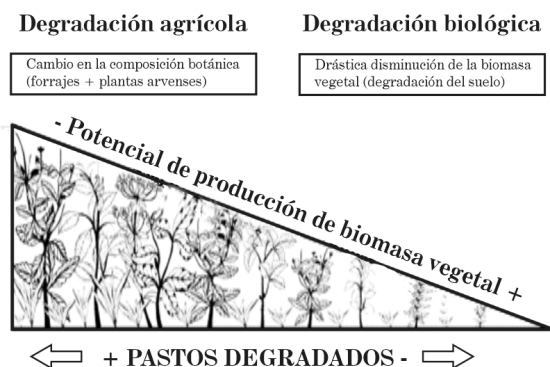


Fig. 1. Representación del concepto de degradación de pastizales.

Fuente: Dias-Filho (2006)

En este capítulo se trata el tema de la degradación de los pastizales en Cuba y otras regiones tropicales. Se ofrecen algunas alternativas que permiten introducir nuevas especies adaptadas y reponer las que están próximas a degradarse, con el propósito de restituir la productividad de las praderas tropicales. Se presentan, además, los resultados obtenidos en Cuba en la labor de recuperación.

Causas de la degradación de los pastizales

Las causas de la degradación de los pastos son múltiples y se interrelacionan entre sí. Autores como Padilla y Cino (2003), Dias-Filho (2005), Andrade *et al.* (2006) y Souza *et al.* (2015) citan, entre otras causas, la selección de especies de pastos no adecuadas para el área en cuestión, la baja fertilidad de los suelos, la presión de pastoreo, la sequía, la presencia de plantas invasoras, las plagas y las enfermedades, la inadaptación de las especies introducidas, las deficiencias en los sistemas de establecimiento y el manejo de las pasturas, los insuficientes implementos agrícolas para la descompactación del suelo, el uso limitado de la fertilización y la ausencia de leguminosas. A estos factores se adicionan las políticas inadecuadas de desarrollo de los pastos y la deficiente generación y transferencia de tecnologías pecuarias.

La no implementación inmediata de medidas que detengan el deterioro de los pastizales provocaría, en poco tiempo, los graves efectos de la desertificación. En Cuba, por ejemplo, este último problema y la sequía afectan el 14 % del territorio nacional (1 580 996 ha, distribuidas en 24 subzonas edafoclimáticas). En estas afectaciones inciden los suelos dedicados a la ganadería (Fuentes *et al.*, 1997)1997, debido a la concentración del ganado en los pastizales y a la insuficiente presencia de leguminosas, unido a la no reposición de los nutrientes del suelo. En este sentido, Dias-Filho (1998) planteó que en la Amazonia oriental brasileña uno de los factores que determinan el potencial de degradación de estas áreas, es la ineficiencia en el ciclo de los nutrientes, particularmente del fósforo.

En gran parte de los suelos de la Amazonia, la cantidad de fósforo disponible en la capa arable es baja (León y Hammond, 1985). Después del derrumbe y la quema, el contenido de este elemento aumenta, en dependencia de la deposición de ceniza del material descompuesto. Sin embargo, una vez establecido el pasto, el que se encuentra en la capa superficial disminuye de forma drástica, lo que indica un efecto de mineralización en el suelo. La reducción del contenido de fósforo disponible está asociada al decrecimiento en la producción de biomasa de las gramíneas forrajeras, lo que causa la degradación del pastizal. En esas áreas degradadas, las gramíneas forrajeras responden, generalmente, a la fertilización fosfatada (tabla 1), aunque no a la fertilización con otros nutrientes. Ello sugiere que la disponibilidad de este nutriente puede ser el principal factor que limita la productividad del pasto en esta región del mundo.

Tabla 1. Respuesta de *Andropogon gayanus* a la fertilización con P y N en pastos recuperados mediante la quema y fertilización

Fertilización (kg/ha)	Producción de MS(kg/ha)
0 N + 0 P	828
0 N + 50 P	1 456
75 N + 0 P	405
55 N + 50 P	2 875

Fuente: Dias-Filho (1998)

Huss *et al.* (1996) al valorar la condición de un pastizal, de acuerdo con el porcentaje de vegetación y el clima a través del tiempo, plantearon que con los años de sobreutilización continua, las especies preferidas por el ganado tienden a desaparecer por la selección que hace el animal. Sin embargo, las menos apetecibles se incrementan momentáneamente y, al ser consumidas por estos, también disminuyen, por lo que llegan a ser predominantes las especies arvenses. El sobrepastoreo lleva al ganado a consumir algunas especies invasoras que más tarde son reemplazadas por otras de menor consumo. Este proceso puede propiciar la aparición de superficies de suelos desnudas.

El mal manejo, caracterizado por las condiciones de sobrepastoreo, causa una acentuada modificación en la composición botánica del pastizal. El sobrepastoreo determina el crecimiento reducido de la parte aérea, con la correspondiente merma del sistema radicular y disminuye la capacidad de absorción de agua y de los nutrientes, lo que se manifiesta en la producción y calidad del pasto, y permite el crecimiento de plantas arvenses.

Crespo *et al.* (1995), al estudiar en Cuba el efecto de la intensidad de pastoreo en algunos indicadores del pasto, tales como la hojarasca y la macrofauna del suelo en un pastizal de *Cynodon nlemfuensis*, informaron que el aumento de la intensidad de pastoreo produjo disminución de su disponibilidad y un aumento marcado en el porcentaje de utilización (tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la intensidad de pastoreo en la disponibilidad y utilización del pasto

Indicador	UGM/ha			
	150	300	450	EE ±
Disponibilidad (t de MS/ha/año)	16,87 ^a	16,22 ^a	15,34 ^b	0,41**
Utilización (%)	31,7 ^c	53,1 ^b	76,2 ^a	0,61**

a, b, c Medias con letras diferentes en cada línea difieren a $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Fuente: Crespo *et al.* (1995)

Por otra parte, el uso frecuente y mal orientado del fuego puede perjudicar tanto al pasto como al suelo, ya que destruye toda la cobertura vegetal, y deja a este último desprotegido hasta que rebroten las hojas de las plantas. En esa etapa, cuando el suelo se encuentra descubierto, pueden ocurrir lluvias intensas que ocasionan el arrastre de partículas y el posible inicio de un proceso erosivo.

Entre las consecuencias negativas de la quema para el suelo se mencionan las siguientes:

- Impide el retorno de la materia orgánica y aumenta su degradación.
- Lo expone a la erosión.
- Promueve su compactación.
- Destruye su fauna.

La quema también reduce la humedad del suelo, debido al aumento de la velocidad de escurrimiento y la evapotranspiración.

Además de lo anterior Dias-Filho (1998) reportó que la gran cantidad de plagas y enfermedades que existen en el trópico también contribuyen, de cierta forma, a la degradación de los pastos. Por

ejemplo, en regiones de la Amazonia brasileña es muy común la mancha foliar, provocada por *Cercospora fusimaculans*. Esta plaga ataca a la especie *Megathyrsus maximus* (pasto guinea), disminuye la eficiencia fotosintética, y afecta consecuentemente el vigor del pasto, la producción de semillas viables y la capacidad de renovación natural del pasto. En Cuba y en el trópico latinoamericano, el falso medidor (*Mocis* spp.) y el salivazo (*Monocophora bicincta fraterna*) también destruyen los pastizales y causan su degradación en un corto período.

Diversas enfermedades agreden también a las leguminosas forrajeras y afectan su producción; este es el caso de *Rhizoctonia solani* y *Cercospora* spp. en *Centrosema* spp. Según Valenciaga *et al.* (1999), en Cuba se informan ataques de *Heteropsylla cubana* en *Leucaena leucocephala* (leucaena) que pueden ocasionar la degradación de esta especie. En otras regiones del mundo, dicha plaga constituye un azote para la leucaena.

La presencia de arvenses o plantas invasoras, más que una causa de degradación del pasto, es consecuencia de ese proceso, ya que estas especies por su comportamiento oportunista ocupan los espacios descubiertos que, eventualmente, dejan el pasto base. Algunas de ellas también pueden presentar atributos ecofisiológicos que auxilian su potencial de infestación, a través de la germinación y la longevidad de sus semillas en el suelo (Dias-Filho, 1990).

La mayoría de las plantas invasoras establecen competencia con el pasto, por la luz, los nutrientes, el agua y el espacio vital. Este es un factor negativo que determina el efecto adverso de las plantas arvenses en el pasto. Al respecto, estudios desarrollados por Lambert y Arnason (1986) en pastizales infestados por arvenses, demostraron que una gran cantidad de nutrientes fueron inmovilizados en el tejido de la planta (tabla 3).

Tabla 3. Concentración de P y N en *Hyparrhenia rufa*, en la vegetación invasora y en la hojarasca de un pasto degradado (%)

Variable	P	N
Gramínea	0,10	0,63
Invasora	0,20	1,70
Hojarasca	0,06	0,78

Fuente: Dias-Filho (2001)

Se conoce que la presencia de plantas arvenses en un pastizal influye negativamente en la reducción de la biomasa Dias-Filho (1990) planteó que cada kilogramo de arvense que se produce en un pastizal ocasiona pérdidas similares en el pasto mejorado. En estudios realizados por Sardiñas (2011) en *Sporobolus indicus* (espartillo), se informó que el costo de la tonelada de MS de guinea por hectárea se incrementó de 25,21 pesos cubanos sin la presencia de espartillo, a 78,63 cuando había 6 plantas/m² (fig. 2).

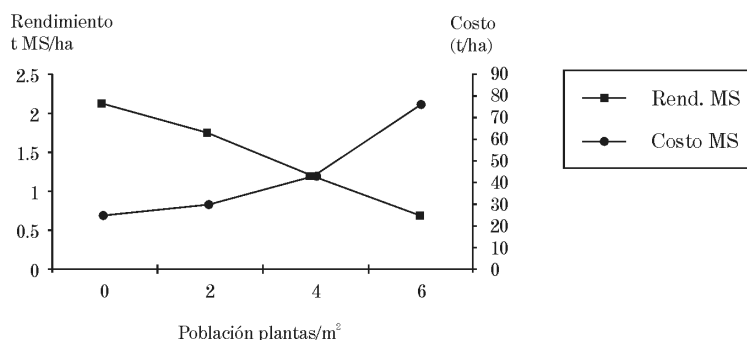


Fig. 2. Efecto de la población de espartillo en el costo de producción de biomasa de pasto guinea.

Fuente: Sardiñas (2011)

Padilla *et al.* (2010) demostraron que a medida que se incrementó la población de espartillo, disminuyó significativamente el porcentaje de rendimiento del pasto y se redujo la producción de biomasa de guinea a 34 %, con respecto al control (fig. 3).

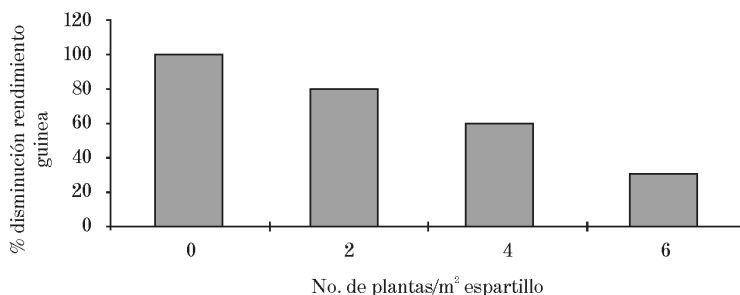


Fig. 3. Porcentaje de la producción de biomasa.

Fuente: Padilla *et al.* (2010)

Es lógico suponer que el pasto que se desarrolla en medio de plantas invasoras presenta un volumen limitado de raíces, ya que la competencia que se establece por el espacio vital ocurre tanto en la zona radical como en la aérea. Según Taiz y Zeiger (2013), esto trae como consecuencia una menor absorción de nutrientes y agua del suelo, y disminución de la tasa fotosintética de las plantas. Las sequías prolongadas reducen el vigor y la capacidad de competencia del pasto, y dejan espacios abiertos para el establecimiento de plantas invasoras.

Igualmente, es posible que el exceso de humedad durante la época lluviosa favorezca la proliferación de plagas y enfermedades. En áreas donde la cobertura vegetal es escasa, las fuertes lluvias pueden contribuir a la pérdida de la fertilidad del suelo debido a la erosión y la lixiviación. El mayor volumen de precipitación que se produce en el trópico durante cortos períodos influye en la compactación de los suelos, pues una gota de agua sobre un suelo desnudo puede provocar una alta compactación. Una vez abordados los factores que afectan la degradación de las pasturas, se ofrecen a continuación algunos criterios que el productor o técnico deben tener en cuenta para determinar la condición de sus pastizales:

1. Disminución de la cobertura vegetal, pequeño número de plantas nuevas provenientes de la resiembra natural.
2. Reducción de la producción y calidad del forraje, inclusive en épocas favorables para su crecimiento.
3. Presencia de plantas arvenses de hojas anchas.
4. Procesos erosivos por acción de las lluvias.
5. Gran proporción de especies arvenses, colonización de pasturas por gramíneas nativas y procesos erosivos evidentes.

El porcentaje de invasión de especies indeseables que predomina en un potrero o parcela también es un indicador para caracterizar el grado de degradación de un pastizal (Andrade *et al.*, 2006). Un pasto que presente 1-10 % de especies indeseables puede ser productivo. Sin embargo, cuando las arvenses alcanzan entre 61 y 100 %, se considera que el estado de deterioro del pasto es avanzado (tabla 4).

Tabla 4. Grado de degradación de un pastizal

Grado de degradación	Porcentaje de área con especies invasoras
Productiva	0-10
Degradación leve	11-35
Degradación moderada	36-60
Degradación avanzada	61-100

Fuente: Andrade *et al.* (2006)

Técnicas para la recuperación de los pastos

La recuperación o rehabilitación de un pasto consiste en la restitución de su capacidad productiva por unidad de área y por animal, hasta alcanzar categorías ecológica y económica aceptables. El término rehabilitación supone la presencia de una o más especies forrajeras deseables, las cuales pueden ser conservadas, estimuladas o complementadas (Spain y Gualdrón, 1991). Por tanto, en el momento de aplicar alguna labor de recuperación del pastizal debe tenerse en cuenta que las especies deseables tengan una presencia aceptable en su composición botánica.

En sentido general, la recuperación consiste en el restablecimiento de la producción de pastos o forrajes, con el objetivo de mantener la misma especie o los mismos cultivares. Se puede hacer directamente, sin preparación del suelo, cuando el factor limitante es solamente la deficiencia de nutrientes. También es posible realizar una preparación mínima del suelo, reponer los nutrientes deficientes y descompactar con la aplicación de labores mecánicas. En la recuperación de los pastizales, el vigor de las especies que se van a recuperar es de gran importancia para la restitución de la capacidad productiva.

Se acepta que la presencia de 50-60 % de especies estoloníferas en el pastizal que se va a recuperar, es un valor aceptable para obtener buenos resultados en la rehabilitación. En especies que producen semilla sexual, este valor puede ser menor, y se alcanzan buenas rehabilitaciones del pasto cuando las semillas se desgranar en el área durante la producción del año anterior, y en el siguiente se aplican labores de recuperación al inicio de las lluvias. En Cuba, *M. maximus* es un buen ejemplo de este procedimiento (Lorenzo, 2011).

Según las experiencias de investigadores, técnicos y productores, como Dias-Filho (2005), Padilla *et al.* (2009) y Rocha *et al.* (2013), los objetivos de la rehabilitación son los siguientes:

- Crear un sistema estable de producción de pastos o forrajes.
- Eliminar del sistema ecológico las plantas indeseables que compiten con la especie mejorada por un nicho ecológico.
- Restaurar el vigor, la calidad y la productividad del pastizal.
- Incrementar las poblaciones de las especies deseables y que estas predominen en el ecosistema.
- Proteger el suelo de la erosión.

Por ello, la creación de un sistema estable de producción de pasturas implica la consolidación de condiciones ecológicas favorables en el pastizal, de modo que el pasto mejorado compita favorablemente con las especies indeseables. Para que esto ocurra, las condiciones físicas y químicas del suelo deben favorecer el crecimiento y desarrollo de las especies preferidas por el animal. La reposición de los nutrientes, la descompactación del suelo, el control de las plantas arvenses y el empleo de una correcta carga animal después de aplicadas las labores, son métodos seguros para recuperar la estabilidad del ecosistema de un pastizal deteriorado.

En ese sentido, Huss *et al.* (1996) caracterizaron los cuatro estados reconocibles de la vegetación clímax que determinan las condiciones del pastizal (fig. 4), cuando inciden en él varios años de buen manejo:

- Aumento en el vigor de las especies decrecientes y la densidad de las especies invasoras más apetecibles.
- Cambio en la composición, marcado por el incremento de las especies crecientes y decrecientes, que trae como consecuencia el descenso de las invasoras o indeseables.
- Modificaciones en la composición, caracterizadas por el aumento de las especies decrecientes, el cual es aún mayor en las crecientes, y por la disminución de las invasoras.
- Cambio en la composición, marcado por el aumento de las especies decrecientes, disminución de las crecientes y mayor disminución de las invasoras.

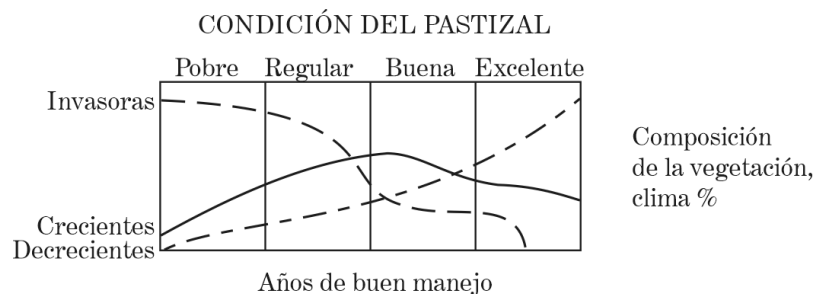


Fig. 4. Ejemplo de sucesión secundaria.

Fuente: Huss *et al.* (1996)

Para la recuperación de los pastizales se deben considerar los factores químicos y físicos del suelo y su tipo, la especie, así como el grado de degradación de las plantas que se restaurarán. La experiencia en Cuba indica que las labores mecánicas al suelo son eficientes cuando se tiene en cuenta la época, el pasto y las plantas invasoras que se quieren eliminar del ecosistema (Martínez, H. L. *et al.*, 1984; Sistachs y León, 1986).

Desde el punto de vista práctico y económico, llevar un pastizal deteriorado hasta el predominio de las especies deseadas es una tarea que se debe estudiar con profundidad. La eliminación de leñosas de hoja ancha en pastizales de gramíneas es relativamente fácil, pues existen estudios eficientes y disponibilidad de herbicidas selectivos que permiten el control adecuado de este tipo de planta. Sin embargo, esta labor se complica cuando las especies invasoras son gramíneas como el espartillo (*S. indicus*), que además de ser poco apetecible para los animales, su control tanto químico como mecánico aún no está bien definido (Padilla y Cino, 2003).

En Cuba se han empleado diferentes métodos para la recuperación de los pastos degradados, según el diagnóstico del área, la especie que se va a rehabilitar y el análisis químico y físico del suelo. La reposición de los nutrientes constituye, en suelos deteriorados, la vía más rápida para recuperar los pastizales, aunque, desde el punto de vista económico, algunos investigadores y productores cuestionan su rentabilidad.

Los trabajos de Padilla (2002) en hierba guinea indican que existe mejor respuesta en cuanto al rendimiento, la altura y el área cubierta cuando se aplica una fertilización basal en el momento de realizar las labores mecánicas al suelo (tabla 5).

Según reportes de Rosales *et al.* (2015), a partir de las funciones de las micorrizas en los agroecosistemas de pastizales, su inclusión en los programas de recuperación podría ser una opción económica y ecológicamente viable para mejorar la productividad de los pastos y, a la vez, reducir los volúmenes de fertilizantes que se utilizan en esta labor. Asimismo, estos autores indicaron que el uso del arado y la grada incrementó significativamente el porcentaje de área cubierta y el rendimiento de la biomasa de la especie mejorada en relación con el testigo que no fue rehabilitado; ello coincidió con lo encontrado por Sardiñas *et al.* (2011), quienes no descartaron que la mejora del área cubierta por la guinea y el incremento del rendimiento del pasto haya sido también el resultado del efecto indirecto de las labores mecánicas en el aumento de su población, ya que al removerse la capa superficial del suelo se crean las condiciones necesarias para la emergencia de las semillas de esta especie.

Tabla 5. Labores de rehabilitación en guinea en el primer corte

Tratamiento	Área cubierta (%) Δ		No. macollas/m ² $\Delta\Delta$	Altura (cm)	MS guinea (t/ha)
	Basal	Total			
<i>Labores al suelo</i>					
No laboreo	29,6 ^b	62,1 ^b	2,8 ^b	99,3 ^a	3,2 ^{ab}
Arado	23,6 ^a	52,5 ^a	2,3 ^a	123,8 ^b	4,1 ^b

Tratamiento	Área cubierta (%) Δ		No. macollas/m ² $\Delta\Delta$	Altura (cm)	MS guinea (t/ha)
	Basal	Total			
Arado + grada	23,9 ^a	56,4 ^{ab}	2,3 ^a	130,7 ^b	5,5 ^c
Subsolador	26,9 ^{ab}	53,6 ^a	2,5 ^{ab}	102,0 ^a	2,7 ^a
Grada	30,9 ^c	61,6 ^b	2,6 ^b	93,2 ^a	3,1 ^{ab}
EE \pm	1,1 ^{***}	12,1 [*]	0,07	3,4 ^{***}	0,3 ^{**}
<i>Dosis de fertilizante, kg/ha</i>					
0	24,2	47,0	2,6	97,0	1,9
500	29,8	67,5	2,4	122,6	5,5
EE \pm	0,7 ^{**}	1,3 ^{**}	0,05	2,1 ^{**}	0,2 ^{**}

a, b, c: Valores con diferentes superíndices en la misma columna difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Δ Transf. arc. sen. \sqrt{x}

$\Delta\Delta$ Transf. \sqrt{x}

Fuente: Padilla (2002)

Rosales *et al.* (2015) informaron que entre las cepas evaluadas, *Glomus cubense* resultó la más eficiente. Su aplicación permitió la recuperación de 10 ha de pastizales cultivados de pasto guinea (*M. maximus* vc. Likoni), con más de 20 años de explotación. También la inoculación con la mencionada cepa como parte de las labores para la rehabilitación, mantuvo un efecto positivo al menos hasta los 270 días después de su aplicación. El pasto mejoró el porcentaje de área cubierta cuando se combinó la cepa de HMA con 50 y 70 % de la dosis del abono orgánico y el fertilizante nitrogenado respectivamente, con lo cual se alcanzaron rendimientos de biomasa con un valor nutritivo similar al que se obtiene con la aplicación de 100 % de las dosis de ambos fertilizantes en ausencia de inoculación micorrízica; ello significó un ahorro de 75,67 CUP/ha, por concepto de la reducción del uso del fertilizante nitrogenado y orgánico, que se aplica al pasto como parte de las labores para su rehabilitación.

Padilla y Cino (2003), al combinar las labores de grada media, subsolador y quema con una fertilización nitrogenada, obtuvieron mejoras en la productividad de *M. maximus* (tabla 6). Esta especie logró desplazar (entre 60 y 70 %) en cinco meses a las especies indeseables; mientras que con las labores de grada y subsolación se elevó el rendimiento en 250 y 260 %, respectivamente.

Tabla 6. Efecto de la rehabilitación en la composición botánica y rendimiento de guinea en el corte de establecimiento

Método de rehabilitación	Guinea (%)	Rend. de MS (t/ha)	
		Guinea	Especies indeseables
Control absoluto	33,9 ^a (33,3)	1,0 ^a	2,2
Fertilización nitrogenada	53,9 ^b (64,79)	2,1 ^{ab}	1,4
Quema, grada media, fertilización nitrogenada	57,7 ^b (69,8)	3,5 ^b	1,3
Quema, subsolador, fertilización nitrogenada	57,7 ^b (71,1)	3,6 ^b	1,7
Quema, fertilización nitrogenada	51,2 ^b (60,4)	2,9 ^b	1,8
EE \pm	4,6 ^{**}	0,6 [*]	0,2

a, b, Medias no comunes por columna difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955).

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

(): Representan los valores reales. Proporción de guinea transformada según arc sen $\sqrt{\%}$

Fuente: Padilla y Cino (2003)

Es válido mencionar que no siempre la quema afecta los pastizales, pues cuando esta se realiza al inicio del período lluvioso en especies que se reproducen por semilla sexual, constituye una opción técnico-económica para su recuperación. La quema prescrita puede influir favorablemente en la recuperación de los pastos (Cauhepé, 1998), porque contribuye a la eliminación de plantas de hojas anchas y leñosas indeseables, facilita una mejor cama de germinación de las especies mejoradas que se reproducen por semilla sexual, ya que elimina las plantas indeseables y erradica las plagas y enfermedades. Además, incorpora nutrientes al suelo y favorece el crecimiento de las especies mejoradas.

En áreas de corte del pasto guinea, donde predominaba la compactación del suelo por el uso de la maquinaria para la cosecha de forraje, el empleo de la aradura o la aradura más grada fue el método de rehabilitación más apropiado en comparación con el no laboreo, el subsolador y la grada. En este sentido, Martínez, H. L. *et al.* (1984) al emplear la grada en la rehabilitación de potreros de pangola, demostraron que este implemento tuvo un efecto negativo en el porcentaje de incremento del pasto mejorado (fig. 5). La experiencia indica que se debe eliminar el uso de la grada ligera y media como único recurso para la recuperación de los pastos degradados.

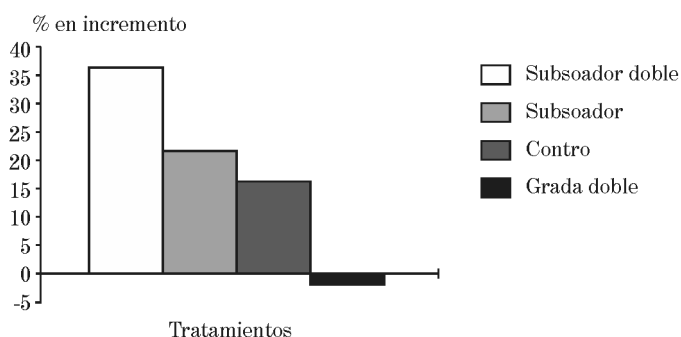


Fig. 5. Efecto de labores de rehabilitación en el mejoramiento de un pastizal de pangola.
Fuente: Martínez *et al.* (1984)

Por su parte, en un pastizal de guinea, después de diez años de pastoreo rotacional y fertilizado, Padilla *et al.* (1984) confirmaron el efecto favorable de la aradura. En este caso, el porcentaje de guinea se elevó de 45 a 100 % a los cuatro meses después de aplicar arado, lo que produjo un incremento del vigor de las cepas removidas y la germinación de las semillas almacenadas en el suelo en años anteriores (fig. 6). También existe información del efecto beneficioso en la rehabilitación de campos de semilla de guinea con la aplicación de la aradura más grada, donde hubo un aumento del rendimiento de semilla y se redujo el costo por kilogramo producido.

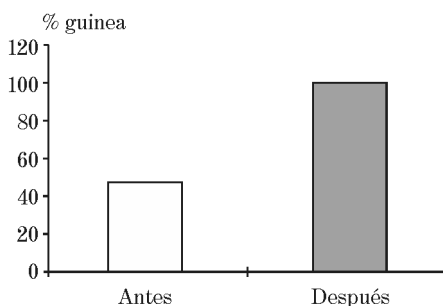


Fig. 6. Efecto de la rehabilitación con aradura en la recuperación del área cubierta por guinea.
Fuente: Padilla *et al.* (1984)

Monzote y García (1983) en un estudio con asociaciones de gramíneas –*Digitaria decumbens* (pangola)– y leguminosas –*Neonotonia wightii* (glycine), *Macroptilium atropurpureum* (siratro) y *Stylosanthes*

gracilis (stilo)–, informaron que glycine y siratro fueron las de mejor respuesta cuando se sometieron a una labor de grada más reposo, y aumentaron sus porcentajes de 13 a 67 % y de 10 a 39 %, respectivamente.

Se reconoce que la mejor época para realizar las labores de rehabilitación coincide con el comienzo de la estación lluviosa en verano. Padilla *et al.* (2009) estudiaron, durante marzo, mayo y junio, el efecto de realizar labores de rehabilitación con arado o subsolador en potreros de hierba guinea, con bajas poblaciones. Los meses más adecuados para las labores fueron mayo y junio, ya que el pasto presentó mayor porcentaje de guinea, mayor número de macollas/m², más área cubierta y mejor rendimiento (tabla 7), con menor incidencia de plantas arvenses.

Tabla 7. Efecto del método y el momento en la rehabilitación de potreros de hierba guinea con bajas poblaciones

Labores de rehabilitación y época		Composición botánica (% guinea)	Número de macolla/m ²	Área cubierta (%)	MS (t/ha)	
					Guinea	Plantas arvenses
Control		8,5 ^a	0,7 ^a (0,5)	7,1 ^a	0,4 ^{ab}	2,2 ^c
Marzo	Subsolador	10,9 ^a	0,6 ^a (0,4)	10,9 ^{ab}	0,2 ^a	2,1 ^c
	Arado	12,1 ^a	0,7 ^a (0,5)	10,2 ^{ab}	0,3 ^a	2,2 ^c
Mayo	Subsolador	69,4 ^c	1,2 ^b (1,4)	25,4 ^{dc}	1,3 ^c	0,7 ^a
	Arado	54,7 ^{bc}	1,5 ^c (2,5)	30,1 ^d	1,4 ^c	1,2 ^b
Junio	Subsolador	59,6 ^{bc}	1,4 ^{bc} (1,9)	21,2 ^{bed}	1,0 ^{bc}	0,9 ^{ab}
	Arado	50,8 ^b	1,4 ^{bc} (2,0)	23,3 ^{dc}	1,4 ^c	1,5 ^b
EE ±		5,1 ^{**}	0,1 ^{**} 3,5	3,5 ^{**}	0,2 ^{**}	0,2 ^{**}

a, b, c, d: Valores con diferentes superíndices dentro de la misma columna difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$

(): Representan los valores reales

Fuente: Padilla *et al.* (2009)

En otros trabajos de estos autores, en los que se analizan los períodos de mayo y junio al inicio de las lluvias en Cuba, se informaron mejores resultados para junio. En este caso, la aradura en ambas fechas produjo buenos resultados en el rendimiento del pastizal, en el orden de 4,5 y 7,8 t de MS/ha, a los cuatro meses después de realizada la labor. Sin embargo, junio fue favorecido por un mayor porcentaje de cobertura basal y rendimiento (tabla 8). Dicho resultado puede deberse a que en el mes de junio coinciden en Cuba una mayor incidencia de lluvia, altas temperaturas e intensidad de luz. Ello influye positivamente en el crecimiento del pasto guinea, que es una planta del sendero C₄ de fijación de CO₂ en el proceso de fotosíntesis y estas condiciones climáticas le propician ventajas en la competencia por la sobrevivencia que se establece entre el pasto que se recupera y las plantas arvenses que van disminuyendo.

Tabla 8. Efecto del momento para realizar la aradura

Fecha de aplicación	Área cubierta (%)		Hijos/m ²	Guinea MS (t/ha)
	Total	Basal		
Mayo	64,9 (81,5)	23,4 (16,8)	7,7 (59,8)	4,5
Junio	79,8 (95,3)	29,5 (24,2)	8,5 (71,5)	7,8
EE ±	4,3	0,5 ^{**}	0,2	0,5 [*]

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$

(): Representan los valores reales

Fuente: Padilla *et al.* (2009)

Rehabilitación *versus* siembra

Cuando se va a decidir una estrategia correcta para la recuperación de los pastizales en una empresa, es obligatorio considerar qué es más práctico para un productor primario: si rehabilitar o hacer siembras nuevas (el motivo por el que es más juicioso rehabilitar que realizar siembras nuevas). Estas razones se fundamentan en el elevado costo de la mano de obra, las semillas, los precios de la maquinaria agrícola y la necesidad de priorizar los pastos para la producción de proteína animal. Como es lógico, la decisión dependerá de un análisis de factibilidad técnico-económica, y de que en los pastizales degradados todavía exista suficiente población, de modo que después de la aplicación de las labores culturales, el pastizal pueda recuperar su vigor e incrementar su volumen y calidad de biomasa, y por tanto, se pueda aumentar la producción de carne y leche.

Un buen ejemplo que confirma las ventajas técnico-económicas de rehabilitar es el pasto Cuba CT-115. Padilla *et al.* (2003) encontraron que los costos de plantación de este clon variaron entre 333,69 y 373,43 pesos cubanos/ha (MN) cuando se sembró a vuelta de arado con mínima labranza o por el método tradicional, respectivamente. Sin embargo, estos valores se pueden reducir a 43,02 pesos, si se rehabilita al emplear aradura más grada. Cuando estas labores se combinan con una fertilización de 0,5 t/ha de la fórmula completa 8-6-10, el costo puede ser de 120,19 pesos. Por tanto, decidirse por una rehabilitación en el momento oportuno, podría representar, para el productor primario, una reducción de los costos de recuperación del pasto entre 8,63 y 6,43 veces, si se compara con plantaciones nuevas.

Si se analizan los costos de plantación de guinea y pasto estrella mejorado con respecto a los de rehabilitación (tabla 9), se confirman las ventajas técnico-económicas de esta última, ya que permite ahorrar entre \$ 133,91 y \$ 183,39 MN por cada hectárea de pasto recuperado, y se obtienen resultados similares en cuanto a volumen de masa y tiempo de recuperación, si se compara con las plantaciones nuevas. Además, la rehabilitación propicia el ahorro de mano de obra, maquinaria, combustible y semilla.

Tabla 9. Costo de plantación y rehabilitación en cada especie/ha (MN)

Especie	Siembra	Rehabilitación	Diferencia
Guinea likoni fertilizada	303,58	120,19	183,39
Guinea likoni sin fertilizar	225,79	91,87	133,91
Pasto estrella fertilizado	304,79	120,19	184,60
Pasto estrella sin fertilizar	227,62	91,87	135,75

Una correcta estrategia de siembra debe estar avalada por el principio de que un buen manejo y cuidado agronómico de los pastos debe ser la regla, y no la excepción, para prolongar la vida útil de los pastizales. El análisis de las pérdidas que se producen en un quinquenio y el grado de degradación de los pastizales en Cuba (tabla 10) mostraron que el porcentaje medio de degradación anual varió entre 7,14 y 12,41 % para los tres cultivos que más se han sembrado en los últimos años en las áreas ganaderas. El deterioro de los pastos alcanzó la alarmante cifra de 69 669,9 ha, equivalente a la pérdida de 25,7 millones de pesos cubanos en cinco años. En otras regiones del mundo se informan daños similares, y pérdidas aún mayores en la ganadería (Dias-Filho, 2006; Pezo y Piniero, 2007) debido a la degradación de los pastizales. Sin embargo, los productores enfrentan limitaciones para aumentar la producción de leche y carne de buena calidad, asociadas, entre otras, con el cambio climático, las deficiencias en los sistemas de alimentación con bajos insumos que ocasionan degradación del suelo, la falta de incentivos, o el limitado acceso a créditos e información (Sburkart *et al.*, 2015).

Tabla 10. Ritmo anual de decrecimiento y pérdida de los pastos en el período comprendido entre 1988 y 2003

Cultivo	Porcentaje medio de degradación anual	Miles de hectáreas perdidas en el quinquenio	Miles de pesos perdidos en el quinquenio	
			CUC	MN
Caña	7,14	21 959,15	4 301	11 159
King grass	7,38	32 460,30	2 045	10 100
Leguminosas	12,41	15 250,49	1 978	4 441
Total	-	69 669,94	8 324	25 700

Fuente: MINAG (2004)

No detener la degradación de los pastos oportunamente trae como consecuencia pérdidas de agua, suelo y residuos vegetales por efecto de la erosión. Además, si no hay una rápida recuperación puede comenzar la desertificación de las áreas ganaderas donde los suelos son más pobres.

Consideraciones finales

- Se debe efectuar la rehabilitación de los pastizales en los pastos estoloníferos cuando predomine más del 60 % de la especie mejorada. El pasto se debe levantar entre 20-30 días antes de aplicar las labores de rehabilitación, para su recuperación, en caso de que el potrero esté muy deteriorado. En la guinea u otras especies, que se reproducen por vía gámica, las semillas producidas se deben esparcir en el suelo antes de efectuar cualquier labor.
- En los casos de recuperación de las áreas de pastos que se reproducen por semilla sexual, la quema orientada al final del período seco constituye una opción técnico-económica para la recuperación de los pastizales; y se alcanzan buenas rehabilitaciones cuando las semillas se desgranar en el área durante la producción del año anterior, y en el siguiente se aplican labores de recuperación al inicio de las lluvias.
- La rehabilitación se debe hacer solo en aquellas áreas que tengan acuartonamiento o dispongan de los recursos para realizarla antes de que los animales comiencen a consumir el pasto recuperado. Esto garantizará la protección de las nuevas plántulas hasta que el pasto esté completamente rehabilitado.
- Las labores mecánicas de subsolación y aradura para la rehabilitación deben efectuarse después de que las lluvias se hayan estabilizado. Es necesario realizar una correcta planificación de la maquinaria agrícola que permita llevar a cabo estas labores en el momento óptimo.
- La pérdida de la fertilidad del suelo es una de las causas fundamentales de la degradación de los pastizales, por lo que es necesario que estas áreas reciban siempre una fertilización de mantenimiento (orgánica o química). La fertilización química se debe utilizar estratégicamente para cubrir el desbalance de los nutrientes en determinado sistema.
- La aplicación del estiércol y del compost se debe hacer antes de las labores de aradura, grada o subsolador, para incorporarlos al suelo a medida que estas se realicen. Esto ocasiona una mineralización más lenta y una liberación más gradual de los nutrientes.
- Los abonos verdes se emplearán en suelos muy degradados, estableciéndolos antes de la siembra del pasto, que debe tener un componente de leguminosas para mantener e incrementar la fertilidad del suelo.
- La inclusión de leguminosas en el pastizal degradado contribuirá favorablemente al reciclaje de N en el pastizal, a través de la hojarasca acumulada y la fijación biológica de N.
- Es necesario conocer la cantidad de nutrientes que producen las diferentes vías de reciclaje en cada sistema ganadero, con el fin de determinar el estado de su balance.
- La labor de rehabilitación de un pasto conduce a la eliminación de las plantas arvenses que aparecen en el pastizal. Se deben aplicar los métodos recomendados para el control del caguazo, espartillo, aroma, marabú u otras especies indeseables que existan en el momento de su recuperación.
- Para la rehabilitación de los pastos en los suelos que tienen mal drenaje, las labores mecánicas se deben realizar al inicio del período lluvioso.

- La siembra, la rehabilitación, el acuartonamiento, el control de las arvenses y el manejo constituyen un sistema que conlleva a la suficiencia alimentaria. Cuando alguno de estos factores es débil, la producción de pasto decrece y, por ende, la base alimentaria de la ganadería es insuficiente.

Referencias bibliográficas

- ANDRADE, MARÍA DE; FERREIRA, MERCIA; BATISTA, J. C. & CARNEIRO, A. Sistemas de produção de forragem: alternativas para sustentabilidade da pecuária. *Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da SBZ*. João Pessoa, Brasil: Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 491-511, 2006.
- CAUHEPÉ, A. M. *Manejo de los pajonales de paja colorada basado en estudios ecológicos*. Boletín técnico No. 81. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Mar del Plata, 1998.
- CRESPO, G.; RODRÍGUEZ, I. & FRAGA, S. Efecto de la intensidad de pastoreo en las características de la hojarasca. La macrofauna del suelo en un pastizal de *Cynodon nlemfuensis*. *II Encuentro de Agricultura Orgánica*. p. 12, 1995.
- DIAS-FILHO, M. B. *Degradación de pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação*. 2 ed. Belén, Brasil: Embrapa Amazonia Oriental, 2005.
- DIAS-FILHO, M. B. *Plantas invasoras em pastagens cultivadas da Amazônia: estratégias de manejo e controle*. Belén, Brasil: Embrapa, CPATU, 1990.
- DIAS-FILHO, M. B. Processos e causas de degradação e estratégias de recuperação em pastagens tropicais. *I Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2001.
- DIAS-FILHO, M. B. Recuperação de áreas degradadas. En: L. E. Dias y J. W. V. Mello, eds. *Pastagens cultivadas na Amazônia Oriental Brasileira: Processos e causas de degradação e estratégias de recuperação*. Viscosa, Brasil: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p. 135-147, 1998.
- DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvopastoriles Na recuperação de pastagens tropicais degradados. *Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da SBZ*. João Pessoa, Brasil: Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 442-456, 2006.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- FUENTES, A.; CASTELLANO, N. & PENAS, J. Proceso de la desertificación y la sequía en Cuba. *III Conferencia Regional de América Latina y el Caribe sobre la lucha contra la desertificación*. La Habana, 1997.
- HUSS, D. L.; BERNARDON, A. E.; ANDERSON, D. L. & BRAN, J. M. *Principios del manejo de praderas naturales. Serie: zonas áridas y semiáridas*. No. 6. Santiago de Chile: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 1996.
- LAMBERT, J. D. H. & ARNASON, J. T. Nutrient dynamics in milpa agriculture and the role of weeds in initial stages of secondary succession In: Belize, C.A. *Plant and Soil*. 93:303-322, 1986.
- LEÓN, L. A. & HAMMOND, L. L. Phosphorus limitations and management considerations. In: T. T. Cochrane and L. G. Sánchez, eds. *Land in tropical America*. Planaltina, D.F, Brasil: CIAT, Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrado. p. 105-110, 1985.
- LOK, SANDRA. Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba: Características, manejos, oportunidades y retos. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- LORENZO, M. *Recuperación de pastizales de gramíneas invadidas por Sporobolus indicus (L.) R. Br. (espartillo)*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Mayabeque, Cuba: UNAH, 2011.
- MARTÍNEZ, H. L.; PADILLA, C. & SISTACHS, M. Labores de cultivo para el mejoramiento de los pastos. *ACPA*. 8:38-41, 1984.
- MINAG. *Informe de la Comisión Ministerial sobre recuperación de la ganadería*. La Habana: Ministerio de la Agricultura, 2004.
- MONZOTE, MARTA & GARCÍA, M. Asociaciones de leguminosas tropicales con pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). II. Evaluación bajo pastoreo simulado y rehabilitación. *Rev. cubana Cienc. agric.* 17:91-99, 1983.
- PADILLA, C. Métodos de laboreo y fertilización química del suelo en la recuperación de áreas forrajeras de guinea (*Panicum maximum* Jacq). *Rev. cubana Cienc. agric.* 36:173-179, 2002.

- PADILLA, C. & CINO, DELIA M. Estudio preliminar del efecto de métodos de rehabilitación en la recuperación de un pastizal de guinea común (*Panicum maximum*) establecido previamente mediante siembras ralas. *Rev. cubana Cienc. agric.* 37:201-206, 2003.
- PADILLA, C.; CRESPO, G. & SARDIÑAS, Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Rev. cubana Cienc. agric.* 43:351-354, 2009.
- PADILLA, C.; FEBLES, G.; RUIZ, T. E. & CRESPO, G. *Informe final de proyecto Recuperación de pastizales*. Programa Ramal: PRCT-04 Ganado Mayor. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2010.
- PADILLA, C.; FEBLES, G. & SARDIÑAS, Y. El espartillo *Sporobolous indicus* L/R. Br. Contribución a los estudios de su biología, control y efectos en la degradación de los pastizales. *II Foro Latinoamericano Pastos y Forrajes*. La Habana, 2003.
- PEZO, D. A. & PINERO, M. Las escuelas de campo de ganaderos como estrategias para promover la rehabilitación y diversificación de fincas con pasturas degradadas: Algunas experiencias en América Latina. *IV Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes: II Congreso de Producción Animal*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba, 2007.
- REINA, Y. Nuevas especies de gramíneas para la producción de carne y leche. *Simposio de Tecnologías apropiadas para la ganadería de los llanos de Venezuela*. Valle de la Pascua, Venezuela. p. 71-77, 2007.
- ROCHA, P. R.; SILVA, V. M. & PINTO, P. *Degradation of Brazilian pastures and practices of recovery*. *Enciclopedia Biosfera*. Goiânia: Centro Científico Conhecer. Vol. 9. p. 17, 2013.
- ROSALES, P. R.; GONZÁLEZ, P. J.; RAMÍREZ, J. F. & ARZOLA, J. Inoculación micorrízica arbuscular y su contribución a la reducción de la fertilización para la rehabilitación de un pastizal de guinea (*Megathyrsus maximus* vc. Likoni). Pastos, forrajes y otras plantas de interés para la ganadería. *V Congreso de Producción Animal Tropical 2015*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- SARDIÑAS, Y. *Control de Sporobolus indicus (L.) R. Br. (espartillo) y recuperación de pastizales mejorados de Panicum maximum vc. Likoni*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrarias, 2011.
- SARDIÑAS, Y.; VARELA, M.; PADILLA, C.; TORRES, VERENA; NODA, AIDA & FRAGA, N. Control del espartillo (*Sporobolus indicus*) mediante la renovación con siembra de variedades de *Panicum maximum*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 45:83-88, 2011.
- SBURKART, S.; PETERS, M. & VAN DER HOEK, R. Integrated farming systems for sustainable food and energy production from biomass. *V Congreso de Producción Animal Tropical 2015*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- SISTACHS, M. & LEÓN, J. J. *Métodos de rehabilitación de pangola (Digitaria decumbens Stent) con alta infestación de malezas*. Boletín Técnico de pastos No. 1. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1986.
- SOUZA, L. A. DE; BARROS, W. S. & SOUZA, C. S. DA S. Recuperação de pastagens degradadas na pecuária brasileira. *Rev. Conexão Eletrônica-Três Lagoas*. 12 (1):262-275, 2015.
- SPAIN, J. M. & GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de potreros. Conceptos, experiencias y enfoques de la investigación. *Red Internacional de Evaluación de pastos tropicales. Sexta reunión Comité Asesor*. Cali, Colombia: CIAT, 1991.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiología vegetal*. 4 ed. Porto Alegre, Brasil: Artmed, 2013.
- VALENCIAGA, NURYS; BARRIENTOS, A. & MORA, C. Comportamiento de la entomofauna beneficiosa en áreas de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Rev. cubana Cienc. agric.* 33:339-344, 1999.

CAPÍTULO 9. Obtención y evaluación de clones de *Cenchrus purpureus* con tolerancia a la sequía y salinidad

Rafael S. Herrera-García
Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Introducción

Lock (2015) señaló que en un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura de Cuba ese año se informó que el 90,6 % del área agrícola utilizable de las empresas ganaderas evaluadas en todo el país estuvo afectada por uno o más factores limitantes: 45 % con baja fertilidad natural; 30,3 % con poca profundidad efectiva, lo que reduce el volumen de agua y nutrientes disponibles para el sistema radical; 20,5 % con baja capacidad de retención de humedad; 22 % con topografía irregular que deriva en poca profundidad efectiva, erosión y pérdida rápida de la humedad; 7,4 % con salinidad, a lo que se asocia toxicidad, aumento de la presión osmótica y condiciones físicas desfavorables; 29,7 % con mal drenaje, lo que influye en el equilibrio aire-agua en el suelo y favorece la compactación; 26 % con acidez, que perjudica la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales o el incremento de elementos tóxicos como el aluminio, y 11,8 % con pedregosidad, lo que disminuye el volumen de suelo disponible a explorar por las raíces, ocasiona daños mecánicos a las plantas y los animales, reduce el almacenaje de agua y nutrientes, e interfiere en las labores culturales de los pastos y los forrajes.

Por otro lado, Álvarez y Febles (2015) informaron que el clima de Cuba ha variado en relación con el período 1961-1990, con un incremento de la temperatura superficial promedio del aire de 0,9 °C; aumento de la temperatura mínima promedio (1,9 °C); reducción del rango diurno de la temperatura; mayor frecuencia de sequías prolongadas y severas, especialmente en el verano; aumento de las precipitaciones en invierno y reducción del 10 % de la precipitación anual. La variación en el régimen de lluvia implicó una reducción progresiva de los recursos hídricos disponibles, que se manifestó en la disminución del volumen aprovechable, como consecuencia no solo de la reducción de la precipitación, sino también de la elevación de la competencia existente por el agua entre los ecosistemas y la demanda humana.

Planos *et al.* (2013) plantearon que en relación con los pastos, se demostró que el aumento de 2,5 °C en la temperatura, acompañado de una reducción del 15 % de la precipitación, produciría una reducción general de la biomasa aérea de los pastizales (entre 5 y 15 %) en relación con el período 1961-1990, lo que contribuiría al rápido proceso de pérdida de la materia orgánica del suelo y de la diversidad biológica.

Estos elementos indican la necesidad de disponer de pastos que se puedan adaptar a estas nuevas condiciones y, por ello, el objetivo del presente capítulo es reseñar los principales resultados en la obtención y la evaluación de clones de *Cenchrus purpureus* (= *Pennisetum purpureum*) tolerantes a la sequía y la salinidad.

Breve cronología

En el área tropical y subtropical del mundo, *C. purpureus* y sus variedades se utilizan para la producción de alimento animal, ya sea como forraje, ensilaje o mediante el pastoreo directo. Lo anterior responde a su eficiente utilización de la energía lumínica, portador del ciclo fotosintético C₄, elevado rendimiento de MS y aceptable calidad; además se adapta, crece y desarrolla en una amplia variedad de suelos y condiciones climáticas.

Cuba no es una excepción y desde principios del siglo xx se introdujeron y extendieron por el país variedades como el napier, entre otras, que gozó de gran aceptación durante aproximadamente 50 años debido a su rendimiento y aceptable composición química. Con posterioridad, en la década del 80 se introdujo el king grass que desplazó a las variedades tradicionalmente utilizadas, debido a su alta capacidad de convertir la energía lumínica en biomasa, su plasticidad ecológica, alto rendimiento de biomasa y adecuada calidad (Herrera, 2009).

Sin embargo, para la explotación eficiente de esta variedad se precisa de suelos de mediana a alta fertilidad, buen drenaje superficial e interno, no tolera el encharcamiento y es extractora de grandes cantidades de nitrógeno y potasio del suelo, por lo que es necesario emplear fertilización (química u orgánica) y el riego para que exprese su potencial productivo. No resulta conveniente utilizar en las áreas de producción comercial una sola variedad, ya que se disminuye la biodiversidad del sistema y puede incrementarse el ataque de plagas y enfermedades (Herrera y Ramos, 2015).

El Instituto de Ciencia Animal al tener en consideración estos elementos tomó la decisión, en la década del 80 del pasado siglo, de desarrollar el programa de mejoramiento de *C. purpureus* por la vía biotecnológica y otras técnicas. En este sentido mediante el cultivo de tejido *in vitro* de conos apicales de king grass se obtuvieron 12 clones y de ellos se seleccionaron: a) Cuba CT-115 y se desarrolló la tecnología del banco de biomasa para ser pastoreado y solucionar el déficit de alimento en el período poco lluvioso; esta tecnología se extendió en Cuba y otros países de clima tropical con resultados satisfactorios y b) Cuba CT-169, caracterizado por su alta producción de forraje (Herrera y Martínez, 2015).

Otro grupo de investigaciones se encaminó a la obtención de mutantes mediante la irradiación, proveniente de una fuente de ^{60}Co , de la semilla vegetativa del king grass. Los estudios se iniciaron con la calibración y estandarización de las técnicas de irradiación al considerar la temperatura, el tiempo e intensidad de irradiación, la edad y el tamaño de la semilla, y otros aspectos. De esta forma se obtuvo la curva de radiosensibilidad que permitió establecer la dosis de irradiación con la mayor probabilidad de obtener mutantes. Se obtuvieron mutantes que al ser evaluados en condiciones de secano, con riego y aplicación de fertilizante nitrogenado, permitieron seleccionar dos que superaron al king grass en rendimiento y otros indicadores agronómicos (Herrera y Martínez, 2015).

Por otro lado, se desarrollaron investigaciones en el proyecto «Mejoramiento de indicadores agronómicos y de calidad de *C. purpureus* para la producción animal». En este caso se empleó el cultivo de tejido *in vitro* de conos apicales de *C. purpureus* vc. Cuba CT-115 y se obtuvieron clones con características agronómicas y productivas superiores a su progenitor (Herrera, 2001). Se seleccionaron y evaluaron 13 clones, un grupo de ellos con características iniciales para el pastoreo (bajo porte) y otro con signos distintivos para la producción de forraje debido a su alto porte. De esta forma se amplió el germoplasma y se evalúan a mayor escala para seleccionar los mejores con destino al pastoreo y la producción de forraje.

Los indicadores del clima de la región oriental del país se apartan de la media de Cuba. Dicha zona se caracteriza por elevadas temperaturas, que en múltiples oportunidades son mayores que 31 °C, con una precipitación anual no superior a 700 mm, intensos y frecuentes períodos de sequía, con una duración de hasta siete meses (Ramírez, 2010). Esta misma situación se presenta en la región occidental, pero en menor dimensión. Por otro lado, los suelos dedicados a la ganadería están en proceso de salinización en diferente magnitud. Ambos fenómenos propician que los agroecosistemas ganaderos sean frágiles, degradados y de baja productividad.

Ante esta situación y la limitada disponibilidad de recursos materiales y financieros destinados a la ganadería, los pastos están sujetos a una degradación intensa y sus producciones no satisfacen la demanda de alimento para el vacuno. Por ello, se condujeron dos proyectos con el objetivo de obtener y evaluar clones de *C. purpureus* con tolerancia a la sequía y la salinidad (Herrera, 2000; 2010). Los resultados fueron alentadores y ofrecían opciones para su empleo, en especial para las condiciones en que se obtuvieron los clones.

Obtención de los clones

Se empleó el cultivo de tejido *in vitro* de conos apicales de *C. purpureus* vc. Cuba CT-115 y a los medios de cultivo se le añadieron diferentes cantidades de NaCl y polietilenglicol para establecer las condiciones de salinidad y sequía, respectivamente. Estos reactivos se mantuvieron en todos los medios empleados en el cultivo de tejido hasta que las plántulas pasaron a la fase de casa de cristal.

En ambas condiciones, Herrera *et al.* (2003) informaron que en la medida que se incrementó la concentración de NaCl o polietilenglicol en los medios de cultivo disminuyó la formación y diferenciación de los callos y el número de brotes por callo (tablas 1 y 2).

Tabla 1. Efecto del NaCl en la formación y diferenciación de callos, y en el número de brotes por callo

Indicador	NaCl, g/L					EE ±
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	
Formación callos, %	80,10 ^a	78,11 ^b	70,92 ^b	52,70 ^c	36,30 ^d	3,10 ^{***}
Diferenciación callos, %	72,71 ^a	54,56 ^b	54,50 ^b	51,39 ^b	40,36 ^c	2,91 ^{***}
Número brotes/callos	21,00 ^a	16,23 ^{ab}	15,34 ^b	15,30 ^b	8,86 ^c	1,52 ^{***}

a, b, c, d: Valores con letras no comunes por fila difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

Tabla 2. Efecto del polietilenglicol en la formación y diferenciación de callos y en el número de brotes por callo

Indicador	Polietilenglicol, g/L					EE ±
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	
Formación callos, %	79,46 ^a	74,95 ^a	67,76 ^a	49,54 ^b	33,14 ^c	4,41 ^{***}
Diferenciación callos, %	71,58 ^a	50,43 ^b	50,37 ^b	47,26 ^b	36,23 ^c	3,82 ^{***}
Número brotes/callos	20,15 ^a	14,23 ^b	13,87 ^b	13,83 ^b	7,39 ^c	1,34 ^{***}

a, b, c: Valores con letras no comunes por fila difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

El patrón de respuesta de los indicadores fue similar con ambos reactivos y en la máxima concentración se obtuvieron los menores valores, por la necrosis de los callos. Lo anterior pudo deberse a la resistencia del polietilenglicol para que las células puedan extraer el agua del medio de cultivo y a la alta concentración de sal en el medio para las condiciones de sequía y salinidad, respectivamente; estos aspectos se informaron con anterioridad en otras especies (Duncan *et al.*, 1995).

Ello pudiera explicar el hecho de que, a partir de ciertas concentraciones, el NaCl y el polietilenglicol pudieran ejercer un efecto negativo en el sistema celular, debido a los cambios en la presión osmótica y la posibilidad de absorber o utilizar determinadas sustancias, lo que influiría drásticamente en la formación de plantas en las mayores concentraciones de estas sustancias empleadas en los medios. Esto se reafirmó mediante la observación práctica, ya que a medida que se incrementó la concentración de NaCl y polietilenglicol las plantas regeneradas eran más débiles, presentaban diferencias en su coloración y tenían mayor número de hojas cloróticas.

Las plántulas se sembraron en bolsas de nailon que contenían una mezcla de suelo con materia orgánica y se colocaron en casa de cristal hasta que tuvieran el tamaño apropiado para ser plantadas en el campo. Las plantas se dividieron en dos grupos para su evaluación inicial en el campo: las que provenían del NaCl y las del polietilenglicol. Al final de la evaluación se realizó un análisis de componentes principales y de conglomerados para cada uno de los grupos.

El análisis de componentes principales se presenta en la tabla 3. El 83,6 % de la variabilidad de los clones se explicó a través del peso seco, el número de hijos muertos, la longitud y el ancho de las hojas, la longitud del entrenudo y el contenido de hojas.

Tabla 3. Análisis de componentes principales

Indicador	Componente principal			
	1	2	3	4
Altura, cm	0,13	0,10	0,11	0,62
Peso seco, g	0,14	-0,09	0,06	0,79
No. hijos muertos	0,75	-0,08	-0,08	0,22
Longitud hojas, cm	-0,17	-0,04	0,81	0,17
Ancho hojas, cm	-0,21	0,08	0,83	0,01
Longitud entrenudo, cm	0,02	0,93	0,20	0,18
Ancho entrenudo, cm	0,27	0,05	0,21	0,17
Número de hojas	-0,03	-0,04	0,09	0,12
Hojas, %	-0,78	-0,04	0,18	-0,24
MS, %	0,22	-0,43	-0,27	0,42
Valor propio	3,96	2,47	2,06	1,58
Varianza acumulada	28,6	49,8	67,1	83,6

El análisis de conglomerados permitió agrupar los clones en tres grupos: de porte bajo, que se caracterizó por una altura de hasta 100 cm, entrenudos cortos de hasta 10 cm y hasta 56 % de hojas; de porte medio, con valores de hasta 120 cm, 12 cm y 54 %, respectivamente y de porte alto con indicadores de hasta 160 cm, 13 cm y 48 %, respectivamente. A los representantes de cada grupo se les realizó electroforesis de cinco sistemas isoenzimáticos para establecer las variaciones entre el número, la posición e intensidad de las bandas. Estos indicadores permitieron establecer la diferencia o similitud entre los clones.

Al efectuar el análisis integral de los resultados (componente principal, conglomerado e isoenzimático) se seleccionaron ocho clones destacados para las condiciones de salinidad y 10 para las de sequía.

Clones tolerantes a la sequía

Debido a que la región occidental de Cuba se diferencia de la oriental en relación con el régimen de precipitación, la duración e intensidad de la luz, la humedad relativa, la temperatura y las características de los suelos, se decidió realizar un grupo de investigaciones en ambas regiones.

Región oriental

Los experimentos se desarrollaron en Bayamo, provincia Granma, Cuba, sobre un suelo Fluvisol (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015) clasificado de baja fertilidad. La temperatura máxima varió entre 31 y 33 °C y la lluvia total no sobrepasó los 1 000 mm. Las investigaciones se realizaron sin la aplicación de riego ni fertilización. Los principales resultados que se presentan corresponden a experimentos realizados por Díaz (2007).

Mediante el análisis de componentes principales, al considerar el valor propio mayor que la unidad y el factor de preponderancia superior a 0,70, se logró explicar el 71,04 y 76,63 % de la variabilidad entre los clones en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente (tabla 4). Se evidenció que los clones podían manifestar un comportamiento diferente de acuerdo con la estación climática, avalado por el hecho de la mayor varianza acumulada en el período poco lluvioso, lo cual pudiera ser considerado como un probable indicador de su adaptabilidad a las condiciones que predominaban en el medio.

Tabla 4. Análisis de componentes principales en ambas épocas

Indicador	Período lluvioso		Período poco lluvioso	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Altura, cm	0,97	0,07	0,51	0,70
No. hojas verdes/planta	0,03	0,29	0,07	0,86
Longitud de la hoja, cm	0,73	-0,59	0,87	0,14
Ancho de la hoja, cm	-0,44	-0,80	0,49	0,69
Grosor del tallo, cm	-0,18	-0,79	0,66	-0,02
No. de ramificaciones	0,33	0,42	-0,83	-0,53
Rendimiento MS, t	0,88	0,40	0,89	0,02
Rendimiento de hojas, t	0,92	0,26	0,92	0,02
TCA	0,97	0,14	0,90	-0,03
Área foliar, cm ²	0,07	-0,79	0,82	0,42
Valor propio	4,79	2,31	5,76	1,90
Varianza explicada, %	47,93	23,11	57,62	19,02
Varianza acumulada, %	47,93	71,04	57,62	76,63

Los indicadores coincidieron con los encontrados por Herrera (2005) al evaluar clones obtenidos por mutagénesis física y por cultivo de tejido, y validan los resultados del presente estudio, ya que en esta zona del país (Bayamo) no se había utilizado esta metodología y debido a las condiciones edafoclimáticas predominantes era probable encontrar alguna modificación que determinara la variabilidad entre los clones. No obstante, se incluyeron en el presente trabajo el área foliar, la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y el número de ramificaciones y de hojas verdes/planta, ya que se consideran indicadores a tener en cuenta en estudios de estrés hídrico.

Por su parte, Igarza (2007) encontró el 60 % de explicación de la varianza total en dos componentes principales al caracterizar Cuba CT-115 en una zona del Valle del Cauto, donde sobresalieron el rendimiento, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar. Todos estos elementos del clima están relacionados con el crecimiento y el desarrollo de la planta, en especial durante el período poco lluvioso.

El análisis de conglomerados se realizó tomando en consideración los resultados anteriores; se establecieron tres grupos en cada período estacional. En el período lluvioso (tabla 5) los clones del grupo tres mostraron, con excepción del ancho de la hoja, la mayor expresión de las variables, lo cual se puede considerar como un comportamiento promisorio. El grupo uno, formado por CT-604 y CT-606, se caracterizó por el menor porte y la tasa de crecimiento más baja, lo que determinó un menor rendimiento de la biomasa. Otra característica peculiar de los dos clones de este grupo fue el ancho de la hoja, que superó en más de un centímetro al resto de los grupos. El grupo dos, que incluyó al control (CT-115), presentó un comportamiento intermedio en estos indicadores, con excepción del ancho de la hoja que fue el promedio más bajo.

Tabla 5. Características de los grupos en el período lluvioso

Variable	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Media	DS ±	Media	DS ±	Media	DS ±
Altura, cm	137,0	51,5	170,9	40,6	194,1	54,8
Longitud de la hoja, cm	84,6	6,5	82,9	8,0	92,8	7,0
Ancho de la hoja, cm	4,2	0,6	2,6	0,4	3,1	0,5
Grosor del entrenudo, cm	1,4	0,02	1,1	0,1	1,3	0,1
Rendimiento de MS, t	11,8	6,6	25,4	5,5	27,6	2,9
Rendimiento de hojas, t	5,1	2,9	10,3	1,0	11,8	1,5
TCA	1,0	0,1	1,3	0,1	1,5	0,1

Variable	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Media	DS ±	Media	DS ±	Media	DS ±
Área foliar, cm ²	176,6	7,8	194,7	7,9	203,4	18,5
Clones	CT-604 y CT-606		CT-602, CT- 607 y CT-115		CT-600, CT-601 CT-603, CT-605 CT-608, CT-609	

En el período poco lluvioso aparecieron dos grupos (grupos uno y tres) con similitud en las variables de rendimiento de MS, ancho de las hojas, de las ramificaciones, la TCA y el área foliar. El grupo dos reunió a los clones de peor comportamiento, en el cual coincidieron nuevamente CT- 604 y CT-606, que habían mostrado inferioridad en el período lluvioso (tabla 6).

Tabla 6. Características de los grupos en el período poco lluvioso

Variable	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Media	DS ±	Media	DS ±	Media	DS ±
Altura, cm	75,6	17,6	75,6	20,8	80,6	15,8
No. hojas verdes/planta	10,2	1,7	10,2	2,3	10,6	1,2
Longitud de la hoja, cm	69,2	6,8	53,8	13,0	80,9	7,4
Ancho de la hoja, cm	2,2	0,4	2,1	0,5	2,6	0,3
No. de ramificaciones	11,9	1,9	12,6	3,0	11,3	1,1
Rendimiento MS, t	10,5	6,8	3,6	2,4	10,5	4,7
Rendimiento hojas, t	4,9	3,0	1,5	1,0	5,2	2,5
TCA	0,6	0,1	0,6	0,05	0,7	0,1
Área foliar, cm ²	99,3	6,0	87,4	6,9	114,2	6,2
Clones	CT-605, CT-607, CT-608, CT-609		CT-602, CT-604 CT-606		CT-600, CT-601, CT-603, CT-115	

Después de conocer los indicadores que contribuyeron a explicar la variabilidad entre los clones, se estudió su establecimiento; en este sentido Díaz (2007) informó que 12 días después de la plantación no se encontraron diferencias significativas entre los clones para la brotación (fig. 1). La mayor capacidad se alcanzó en CT- 603 y CT-608, que superaron a los 29 días de plantados el 60 % de brotación, seguidos por CT-600 y CT-609 con más de 50 %, y CT-607 con 44 %. El resto de los clones, incluyendo el control (CT-115), se caracterizó por manifestar un proceso de brotación más lento, con valores entre 20 y 40 %.

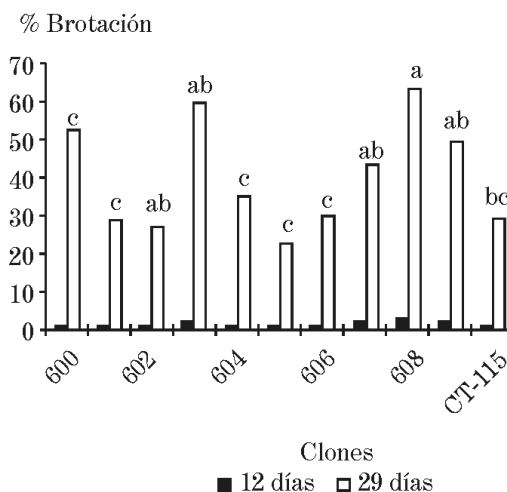


Fig. 1. Variación del porcentaje de brotación de los clones.

a, b, c, d: Letras diferentes para cada edad indican diferencias para $p < 0,05$, según Newman-Keuls (Statsoft, 2003)

A los 29 días entre 30 y 65 % de las yemas plantadas habían brotado, lo que le confiere a los clones una adecuada capacidad de establecimiento en condiciones de estrés hídrico, si se considera que en este período la humedad del suelo no superó 13,2 %, inferior al coeficiente de marchitez sugerido para este tipo de suelo (Klimes *et al.*, 1980). Es preciso considerar, además, que estos resultados, dada las condiciones en que se desarrolló el experimento (sin riego y sin fertilizante) y la época de plantación (finales del período lluvioso), estuvieron determinados por los factores climáticos durante el establecimiento y por la fertilidad natural del suelo.

Al realizar el corte de establecimiento, 154 días después de la plantación, ninguno de los clones superó el crecimiento diario del testigo (CT-115). Hubo diferencias ($p < 0,05$) para el rendimiento de MS entre los clones y sobresalieron CT-603, CT-605 y CT-607, mientras que CT-606 fue el de menor valor. El menor rendimiento de hojas ($p < 0,05$) lo alcanzó CT-606, aunque sin diferir del control y de la mayoría de los clones (tabla 7).

Tabla 7. Indicadores en el corte de establecimiento

Clon	Crecimiento, cm/día	Rendimiento, t/ha	
		MS	Hojas
CT-600	0,58 ^{ab}	9,0 ^{bc}	5,9 ^{ab}
CT-601	0,64 ^a	9,5 ^{abc}	6,2 ^{ab}
CT-602	0,59 ^{ab}	9,0 ^{bc}	5,3 ^{ab}
CT-603	0,54 ^{ab}	9,2 ^a	6,0 ^{ab}
CT-604	0,57 ^{ab}	8,5 ^c	5,7 ^{ab}
CT-605	0,48 ^{ab}	10,9 ^a	7,2 ^a
CT-606	0,37 ^b	3,7 ^d	2,2 ^b
CT-607	0,63 ^a	10,5 ^a	6,7 ^a
CT-608	0,65 ^a	8,0 ^c	5,1 ^{ab}
CT-609	0,52 ^{ab}	7,7 ^c	4,8 ^{ab}
CT-115	0,65 ^a	8,0 ^c	4,7 ^{ab}
EE ±	0,05*	0,7*	0,06*

a, b, c: Letras diferentes en las columnas difieren para $p < 0,05$, según Newman-Keuls (Statsoft, 2003)

En la etapa de establecimiento se comprobó que CT-606 presentó un crecimiento, una brotación y un rendimiento bajo comparado con el resto de los clones. Esto pudiera indicar que fue más sensible a las condiciones estresantes que transcurrieron durante esta fase, lo cual se pudiera considerar negativo para su utilización. Sin embargo, Padilla y Ayala (2015) señalaron que existen variedades de lento establecimiento y que en el transcurso del tiempo se equiparan con aquellas de rápido establecimiento.

Los resultados del establecimiento fueron alentadores ya que se sembró al finalizar el período lluvioso en un suelo de baja fertilidad, no se aplicó fertilización ni riego. Ello determinó que todos los clones pasaran a la etapa de evaluación, la que también se realizó sin riego ni fertilización.

En ambas estaciones climáticas hubo diferencias ($p < 0,05$) en la altura de los clones. En el período lluvioso sobresalieron CT-601, CT-603 y CT-608 comparados con el control (CT-115); mientras que en el poco lluvioso el rango de variación fue más estrecho y el mayor valor se alcanzó en los clones CT-600, CT-602, CT-603, CT-606, CT-608 y CT-609 (fig. 2).

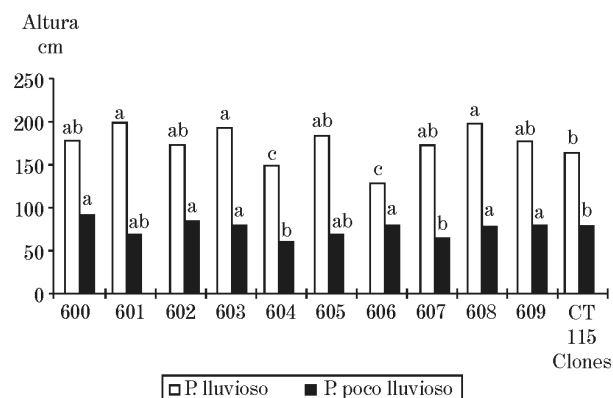


Fig. 2. Altura de los clones en ambos periodos estacionales.

a, b: Letras distintas por periodo difieren para $p < 0,05$, según Newman-Keuls (Statsoft, 2003)

El mayor rendimiento de MS total superior a 15 t de MS/ha ($p < 0,05$) se presentó en los clones CT-600, CT-601, CT-602, CT-607 y CT-609 y en CT-603 y CT-608 con más de 20 t de MS/ha, mientras que el CT-606 fue el de menor valor. El mayor ($p < 0,05$) rendimiento de las hojas (superior a 8 t/ha), se alcanzó en los clones CT-600, CT-603 y CT-608, mientras que el CT-606 presentó el menor valor (fig. 3).

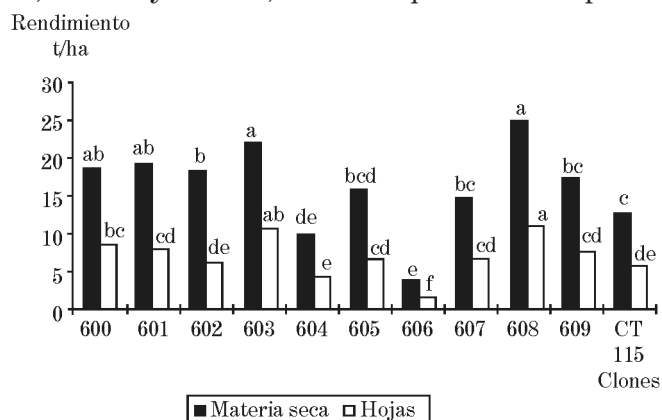


Fig. 3. Rendimiento de MS y de hoja de los clones.

a, b, c, d, e, f: Letras distintas difieren para $p < 0,05$, según Newman-Keuls (Statsoft, 2003)

En el presente estudio, con excepción de CT-604 y CT-606, el rendimiento de MS de los clones fue comparable y en algunos casos superior al de los clones obtenidos por cultivo de tejido del cono apical de king grass, según informaron Martínez *et al.* (1996), los cuales encontraron entre 15 y 21 t de MS/ha como promedio.

En esta comparación es preciso considerar algunos aspectos importantes que permiten explicar las diferencias: a) el origen de los clones- los del presente estudio se obtuvieron a partir del CT-115 que es de porte bajo, mientras que los empleados por Martínez *et al.* (1996) se originaron a partir del king grass que es de porte alto; b) el clima y el suelo de la región occidental de Cuba son más favorables para el crecimiento y desarrollo de los pastos que los predominantes en la zona oriental, con frecuente e intensa sequía estacional y c) el manejo experimental: en el presente estudio no se empleó riego ni fertilización.

Por otro lado, el rendimiento de MS y de las hojas de los clones fue superior al informado en *Megathyrsus maximus* vc. Likoni y Mombaza (Ramírez *et al.*, 2011a; Verdecia *et al.*, 2012), *Brachiaria decumbens* (Ramírez *et al.*, 2012) y *C. purpureus* vc. Cuba CT-169 (Ramírez *et al.*, 2011b) evaluados en la región oriental del país, pero en otro tipo de suelo.

El rendimiento de las hojas representó, aproximadamente, 50 % del rendimiento de biomasa total (beneficioso desde el punto de vista de la producción de forraje destinado a la alimentación animal), lo cual caracteriza, en sentido general, a la mayoría de los clones procedentes del mejoramiento de *C. purpureus* (Herrera y Martínez, 2015).

El tenor proteico de las hojas y los tallos de los clones fue mayor ($p < 0,05$) en el período lluvioso, mientras que en el Ca esto ocurrió en el poco lluvioso y no hubo variación de estos indicadores entre los clones (tabla 8).

Tabla 8. Contenido de proteína bruta y calcio de las hojas verdes y los tallos (%)

Indicador	Hojas			Tallo		
	Período lluvioso	Período poco lluvioso	EE±	Período lluvioso	Período poco lluvioso	EE±
Proteína bruta	7,60	6,30	0,04*	4,10	2,70	0,02*
Calcio	0,59	1,23	0,02*	0,41	0,54	0,004*

* $p < 0,05$

La literatura informa varios criterios sobre estos indicadores, que están determinados por las condiciones edafoclimáticas, el manejo y las características intrínsecas de las variedades. Por otro lado, Herrera y Martínez (2015) informaron un ligero incremento de la PB en el período lluvioso en relación con el poco lluvioso en king grass, y los valores fueron inferiores a los de este trabajo para las hojas en ambas épocas del año. Con anterioridad, Santana *et al.* (1985) encontraron valores relativamente bajos de PB en variedades de *C. purpureus*, que con excepción de la del Taiwán-144 y del CRAAG-265, no sobrepasó el 7 % en el período lluvioso y en el poco lluvioso solo el king grass superó el 6 %. Sin embargo, Herrera y Ramos (2015) señalaron tenores de PB superiores en el período poco lluvioso, tanto en las hojas como en los tallos, en king grass fertilizado e irrigado. En este caso, la PB de las hojas fue de 11,25 % en el período lluvioso y de 13,03 % en el poco lluvioso, y la de los tallos 4,13 y 7,86 %, respectivamente.

El contenido de fibra bruta de las hojas de los clones varió ($p < 0,05$) en estrecho rango sin superar el 25 %, y los tallos presentaron similar tendencia sin llegar a 30 % (fig. 4). Estos tenores son bajos en comparación con lo señalado por Herrera y Ramos (2015) para variedades de *C. purpureus* que alcanzaron entre 39 y 43,4 % en las hojas y entre 47 y 49,8 % en los tallos; mientras que Ramírez (2010) encontró un contenido similar en *C. purpureus* vc. Cuba CT-169 en el Valle del Cauto.

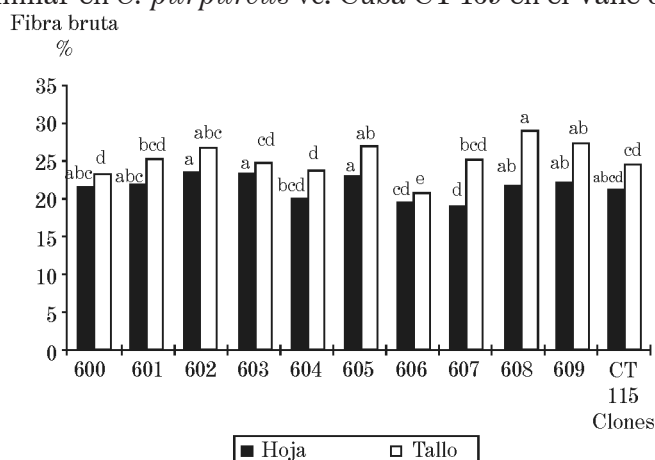


Fig. 4. Contenido de fibra bruta en las hojas y los tallos de los clones.

a, b, c, d, e: Letras distintas por período difieren para $p < 0,05$, según Newman-Keuls (Statsoft, 2003)

La digestibilidad de las hojas (fig. 5) superó en todos los casos el 50 % y los valores más destacados ($p < 0,05$) fueron de 60,6 % en CT-603 y 56,5 % en CT-602, con diferencias significativas entre ellos. Aun

cuando estos clones estuvieron entre los de mayor contenido de FB esto no debe limitar, por su proporción tan baja, el coeficiente de digestibilidad. En el caso de los tallos, los clones de menor digestibilidad coincidieron con los de mayor contenido de FB; CT-608 y CT-609, de peor comportamiento (45,7 y 46 %) fueron inferiores ($p < 0,05$) al CT-600, CT-604 y CT-606 (51,4; 51,0 y 51,6 %, respectivamente). Herrera y Ramos (2015) informaron en king grass una digestibilidad de 58 a 70 % en las hojas y de 52,7 a 63,8 % en los tallos.

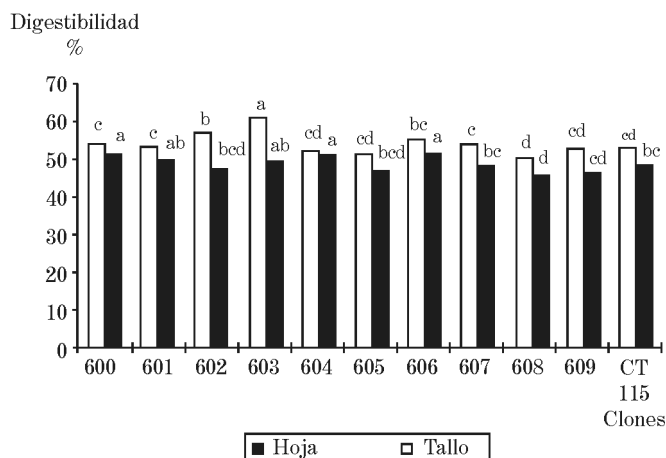


Fig. 5. Digestibilidad de la materia seca de las hojas y los tallos de los clones

a, b, c, d: Letras distintas por período difieren para $p < 0,05$, según Newman-Keuls (Statsoft, 2003)

El contenido promedio de fósforo, lignina y celulosa de las hojas y los tallos de los clones se muestra en la tabla 9. En general, los tallos presentaron los mayores tenores y se encuentran en el rango sugerido por Herrera y Ramos (2015).

Es importante señalar que los valores de la lignina están en el rango de lo informado en la literatura y se pueden evaluar de adecuados si se tiene en cuenta que el experimento se desarrolló sin riego, sin fertilización y los clones estuvieron sometidos a estrés hídrico debido a la intensa sequía. Los valores de lignina en las hojas se hallan en el rango señalado por Herrera y Ramos (2015) en las hojas de mutantes de king grass en el período lluvioso y poco lluvioso. Sin embargo, en los tallos, el rango de los mutantes en ambas épocas del año fue superior al de estos clones.

Tabla 9. Contenido promedio de fósforo, lignina y celulosa (%)

Indicador	Hoja		Tallo	
	Media	DS \pm	Media	DS \pm
Fósforo	0,21	0,06	0,26	0,09
Lignina	7,77	1,70	9,55	1,98
Celulosa	31,60	2,70	41,89	4,11

El contenido de celulosa coincidió con lo informado por Herrera (2003) para el king grass. Cuando se empleó 50 kg de N/ha en CT-115 a los 65 días de rebrote, Valenciaga *et al.* (2001) encontraron valores bajos de lignina (3,80 y 4,22 % en las hojas y los tallos); la celulosa en las hojas tuvo un promedio similar y en los tallos fue inferior al de los clones evaluados. Ello caracteriza a estos clones como de bajo contenido de carbohidratos estructurales, que como se ha informado tienen marcada influencia en los procesos de digestión microbiana de los forrajes (Valenciaga y Chongo, 2004) y en especial la lignina; en este sentido Valenciaga *et al.* (2009) señalaron la relación negativa de sus monómeros constitutivos con la digestibilidad.

Los clones mostraron su adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima (precipitación no superior a los 800 mm anuales) donde se desarrolló el experimento y superaron, en general, los rendimientos

de diferentes especies pratenses informados por varios autores en las condiciones del Valle del Caucho. Además, si se consideran los favorables indicadores de la calidad, se dispone de nuevas opciones para la producción de pastos en los ecosistemas frágiles y degradados del oriente del país.

Región occidental

Los resultados que se presentan a continuación provienen de la evaluación que se realizó en el Instituto de Ciencia Animal, sobre un suelo Ferralítico Rojo típico (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015) 2015, durante tres años sin la aplicación de riego ni fertilización.

Los clones se diferenciaron ($p < 0,001$) en su contenido de hojas y tallos (tabla 10) en el corte de establecimiento que se realizó 150 días después de la plantación. La menor cantidad de hojas se registró en CT-602 y CT-605, y solo este último mostró la mayor cantidad de tallos. Estos valores fueron diferentes a los registrados en la región oriental, debido, quizás, a la menor temperatura y mayor volumen de precipitación que ocurren en la región occidental.

Tabla 10. Contenido de hojas y tallos (%)

Clon	Hoja	Tallo
CT-115	25,83 ^{cd}	74,17 ^{ab}
CT-600	23,03 ^{abc}	76,97 ^{abc}
CT-601	26,61 ^{cd}	75,22 ^{abc}
CT-602	21,28 ^{ab}	78,72 ^{bc}
CT-603	28,13 ^d	71,87 ^a
CT-605	19,97 ^a	80,03 ^c
CT-607	27,21 ^{cd}	72,79 ^a
CT-608	25,35 ^{bcd}	74,65 ^{ab}
CT-609	25,29 ^{bcd}	74,71 ^{ab}
EE ±	1,01 ^{***}	1,93 ^{***}

a, b, c, d: Valores con letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)
 *** $p < 0,001$

Hubo solo tres clones (CT-600, CT-601 y CT-605) que mostraron un rendimiento similar al CT-115 (control); el resto fue inferior (tabla 11). Estos rendimientos fueron superiores a los registrados en el oriente de país, debido a la fertilidad del suelo donde se desarrollaron los experimentos, así como al mayor régimen de precipitación, aunque se consideran elevados para las condiciones experimentales (sin riego ni fertilización).

Tabla 11. Rendimiento en el corte de establecimiento

Clon	MS, t/ha
CT-115	36,43 ^d
CT-600	34,43 ^d
CT-601	38,63 ^d
CT-602	22,20 ^a
CT-603	24,10 ^{ab}
CT-605	36,30 ^d
CT-607	25,50 ^{abc}
CT-608	27,98 ^{bc}
CT-609	29,60 ^c
EE ±	2,06 ^{***}

a, b, c, d: Valores con letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)
 *** $p < 0,001$

Durante el período lluvioso no hubo variación en el contenido de hojas entre los clones. Sin embargo, en el poco lluvioso del primer año solo CT-603 superó ($p < 0,001$) al control, mientras que en igual etapa del tercer año ninguno de los clones superó al CT-115 (tabla 12). Esta respuesta llama la atención, ya que el patrón varió con los años y es difícil establecer una explicación para este comportamiento. No obstante, resultaron alentadores los valores registrados, lo cual pudiera estar determinado por el proceso de adaptación a las condiciones de sequía, así como al probable ahorro en la economía hídrica de las plantas debido, quizás, a la menor pérdida por transpiración.

Tabla 12. Contenido de hojas y tallos (%)

Clon	Hoja		Tallo	
	1 ^{er} año	3 ^{er} año	1 ^{er} año	3 ^{er} año
Período lluvioso				
CT-115	48,00	32,02	52,00	67,98
CT-600	45,98	30,84	54,03	69,16
CT-601	46,50	31,30	53,50	68,70
CT-602	44,37	30,30	55,64	69,70
CT-603	45,43	31,24	54,07	68,16
CT-605	47,99	30,84	52,01	69,16
CT-607	46,78	30,53	53,22	69,47
CT-608	44,26	30,61	55,74	69,39
CT-609	46,70	31,21	52,63	68,79
EE ±	1,11	0,49	1,28	1,00
Período poco lluvioso				
CT-115	46,23 ^b	45,39 ^b	53,77 ^b	54,61 ^a
CT-600	43,86 ^b	44,86 ^b	56,14 ^b	55,14 ^a
CT-601	44,81 ^b	44,81 ^b	55,19 ^b	55,19 ^a
CT-602	34,28 ^a	38,72 ^{ab}	65,73 ^c	61,28 ^{ab}
CT-603	51,19 ^c	37,86 ^{ab}	48,81 ^a	62,22 ^{ab}
CT-605	34,87 ^a	42,30 ^{ab}	65,13 ^c	57,70 ^{ab}
CT-607	45,55 ^b	42,70 ^{ab}	54,45 ^b	57,30 ^{ab}
CT-608	37,79 ^a	39,79 ^{ab}	62,21 ^c	60,21 ^{ab}
CT-609	36,04 ^a	36,22 ^a	63,96 ^c	63,79 ^b
EE ±	0,86 ^{***}	1,91 ^{**}	0,86 ^{***}	1,91 ^{**}

a, b, c: Valores con letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

El porcentaje de los tallos (tabla 12) mostró un comportamiento inverso al mencionado con anterioridad; ello puede resultar desfavorable desde el punto de vista del consumo, ya que los animales en el proceso de selección primero consumen las hojas y en última instancia los tallos, pero desde el punto de vista de la fisiología vegetal propicia el almacenamiento de los carbohidratos solubles, sobre todo en las partes bajas del tallo, para facilitar el rebrote de la planta, aún en ausencia de suficiente área foliar y, además, permite almacenar cantidades apreciables de agua, que garantiza el metabolismo y la sobrevivencia de la planta en condiciones de estrés.

En el primer año, en el período poco lluvioso no hubo diferencias en el rendimiento entre los clones, pero en el lluvioso y en el total anual el menor valor ($p < 0,001$) correspondió a CT-607. En el segundo año, el menor rendimiento ($p < 0,001$) fue para CT-602 y CT-607 en los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente, y CT-607 en el total anual. Sin embargo, en el tercer año CT-608 registró el

mayor rendimiento ($p < 0,001$) así como CT-602, CT-605 y CT-608 en el lluvioso, mientras que CT-602, CT-605, CT-608 y CT-609 fueron los de mejor comportamiento en el total anual (tabla 13).

Tabla 13. Rendimientos (t de MS/ha) en el período de evaluación

Clon	Período lluvioso	Período poco lluvioso	Total
Primer año			
CT-115	12,14 ^b	3,24	15,38 ^b
CT-600	11,44 ^b	3,32	14,76 ^b
CT-601	12,68 ^b	3,01	15,69 ^b
CT-602	12,63 ^b	2,09	14,72 ^b
CT-603	13,05 ^b	2,48	15,53 ^b
CT-605	19,15 ^c	2,67	21,82 ^c
CT-607	7,61 ^a	2,56	10,17 ^a
CT-608	13,59 ^b	3,20	16,79 ^b
CT-609	13,81 ^b	2,50	16,31 ^b
EE ±	0,74 ^{***}	0,42	1,05 ^{***}
Segundo año			
CT-115	11,26 ^{ab}	3,59 ^d	14,85 ^{ab}
CT-600	10,53 ^{ab}	2,59 ^{abc}	13,12 ^{ab}
CT-601	11,93 ^b	3,36 ^{cd}	15,26 ^b
CT-602	12,70 ^b	2,18 ^a	14,88 ^{ab}
CT-603	11,64 ^b	2,94 ^{abcd}	14,58 ^{ab}
CT-605	12,89 ^b	3,48 ^d	16,37 ^{ab}
CT-607	8,55 ^a	3,01 ^{bcd}	11,56 ^a
CT-608	13,42 ^b	3,37 ^{cd}	16,79 ^{ab}
CT-609	11,11 ^{ab}	2,28 ^{ab}	13,39 ^{ab}
EE ±	0,68 ^{***}	0,18 ^{***}	2,55 ^{***}
Tercer año ¹			
CT-115	3,06 ^a	0,44 ^b	3,50 ^a
CT-600	4,47 ^{ab}	0,51 ^b	4,98 ^c
CT-601	4,92 ^b	0,39 ^b	5,31 ^d
CT-602	10,00 ^c	0,15 ^a	10,15 ^f
CT-603	3,92 ^{ab}	0,57 ^{bc}	4,49 ^b
CT-605	8,65 ^c	0,40 ^b	9,05 ^e
CT-607	4,30 ^a	0,51 ^b	4,81 ^c
CT-608	10,00 ^c	0,75 ^c	10,75 ^f
CT-609	4,31 ^{ab}	0,44 ^b	4,75 ^c
EE ±	0,41 ^{***}	0,05 ^{***}	0,07 ^{***}

a, b, c, d, e, f: Valores con letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

¹ Faltó un muestreo en el período poco lluvioso

La ausencia de diferencia en el período poco lluvioso del primer año de explotación no resulta fácil de explicar, sobre todo si se considera que en el período anterior sí hubo. A partir del segundo año, en este mismo período, hubo diferencias entre clones, aunque los valores fueron similares a los del primer año, excepto en el CT-600 y CT-609 que disminuyeron. En el tercer año hubo una disminución

marcada en todos los clones. Esto pudiera ser un indicador para realizar la fertilización estratégica o de mantenimiento mediante fertilizantes químicos (si se dispone) u orgánico.

Por otro lado, se apreció especificidad en el comportamiento de los clones. Además, la precipitación durante los tres años de evaluación fue superior a 1 200 mm, lo que pudo incidir en los clones para que no expresaran, en toda su magnitud, su tolerancia a la sequía.

No obstante, los resultados en el occidente del país también se pueden considerar alentadores al disponer de nuevos clones con tolerancia a la sequía y amplían las opciones de plantas útiles para la alimentación animal y, en especial, pudieran aumentar la biodiversidad de los sistemas ganaderos.

Las respuestas en cada localidad fueron específicas y estuvieron determinadas, fundamentalmente, por las diferencias en los factores climáticos y el tipo de suelo, lo que propició que en la región occidental los clones no mostraran marcadas diferencias entre ellos y los indicadores se encontraron en un rango relativamente estrecho. Sin embargo, en el oriente del país mostraron respuesta de adaptación al déficit hídrico, que se expresó en un rendimiento mayor de un grupo de clones respecto al testigo.

Clones tolerantes a la salinidad

A continuación, se relacionan los resultados de los clones de *C. purpureus* obtenidos por cultivo de tejido *in vitro* (Herrera *et al.*, 2003)2003 con tolerancia a la salinidad media del suelo y que se evaluaron por Álvarez (2009), Álvarez *et al.* (2009) y Herrera *et al.* (2010), en Bayamo, en suelo salino sin el empleo de riego ni fertilización.

Los datos se procesaron a través de un análisis de componentes principales. Las variables fueron: la altura, el contenido, la longitud y el ancho de las hojas; la longitud y el ancho de los entrenudos; el rendimiento de MS y el porcentaje de MS, que habían demostrado su efectividad para evidenciar la variabilidad entre clones obtenidos por cultivo de tejido. Además, se incluyó el área foliar por la importancia de este indicador para las condiciones específicas (suelo salino) del presente trabajo.

Se formaron cuatro componentes, con valor propio mayor que la unidad; para seleccionar las variables se tomó el factor de preponderancia igual o mayor que 0,70; ello permitió explicar 93,14 % de la variabilidad entre los clones en el período mayo-agosto. La única variable que no contribuyó a la explicación de la variabilidad fue el porcentaje de MS, lo que se puede atribuir al estrecho rango de valores de este indicador (tabla 14).

Tabla 14. Análisis de componentes principales en el período mayo-agosto

Variable	Componente principal			
	1	2	3	4
Altura, cm	0,57	0,76	-0,15	-0,08
Hojas, %	-0,01	-0,96	-0,02	0,09
Rendimiento, g	0,93	0,18	0,06	0,06
MS, %	0,67	0,05	0,17	0,68
Ancho hoja, cm	0,91	0,04	-0,07	-0,26
Longitud hoja, cm	0,29	0,20	0,74	0,48
Área foliar, cm ²	0,87	0,17	0,42	0,07
Ancho entrenudo, cm	0,26	0,22	0,07	-0,92
Longitud entrenudo, cm	0,01	0,17	-0,93	0,16
Valor propio	3,97	2,02	1,29	1,10
Varianza explicada, %	44,16	22,46	14,34	12,18
Varianza total acumulada (%)	44,16	66,62	80,96	93,14

En el período octubre-enero se establecieron tres componentes principales con valor propio mayor que la unidad y el factor de preponderancia igual o mayor que 0,7; ello permitió explicar 86,12 % de variabilidad entre los clones (tabla 15) y hubo coincidencia en las variables que más contribuyeron a explicar la variabilidad entre los clones en el período mayo-agosto.

Estos resultados coinciden con la bibliografía señalada con anterioridad y confirman la validez de los indicadores seleccionados, con determinada precisión, para explicar la variabilidad entre los clones estudiados. Además, es preciso considerar que Díaz (2007) en la evaluación de clones de *C. purpureus* tolerantes a la sequía y en similares condiciones ambientales a las del presente trabajo, encontró que se explicaba 71,04 % de la variabilidad entre los clones, y las variables que más influyeron fueron: la altura, la longitud de la hoja, el rendimiento de MS, el rendimiento de hojas, la tasa de crecimiento absoluto (TCA), el ancho de la hoja, el grosor del tallo y el área foliar. Esta autora destacó al rendimiento total y al estructural como expresión adaptativa de los clones a las condiciones de intensa sequía. Similar criterio se puede aplicar a la tolerancia a la salinidad, pero con la inclusión del área foliar como posible indicador de la tolerancia a este estrés.

Tabla 15. Análisis de componentes principales en el período octubre-enero

Variable	Componente principal		
	1	2	3
Altura, cm	0,67	0,58	-0,01
Hojas, %	-0,89	0,11	0,07
Rendimiento, g	0,88	0,26	0,23
MS, %	0,32	0,56	0,54
Ancho hoja, cm	-0,25	0,93	-0,01
Longitud hoja, cm	0,92	0,12	0,15
Área foliar, cm ²	0,57	0,77	0,12
Ancho entrenudo, cm	0,93	0,06	0,16
Longitud entrenudo, cm	-0,05	0,00	-0,95
Valor propio	4,89	1,78	1,08
Varianza explicada, %	54,32	19,75	12,05
Varianza total acumulada (%)	54,32	74,07	86,12

La importancia de la distancia entrenudos en este análisis pudo estar determinada por un mecanismo fisiológico de defensa que según Borroto (1996) establecen las gramíneas denominado compartimentalización, que no es más que el aumento de las paredes celulares por la deposición de los cationes que pueden resultar tóxicos en el citoplasma; ello pudo deberse a que esta es una región con evidentes procesos de salinización y donde es posible que cationes como el Na⁺ se incrementen en el interior de la planta.

Resultó interesante la contribución del área foliar a los resultados del período octubre-enero, lo cual pudiera estar relacionado con la necesidad de producir las sustancias necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta en condiciones de estrés. Tampoco se puede descartar la posibilidad de que este indicador desempeñe un papel fundamental en el balance hídrico, en especial cuando la planta crece y se desarrolla en suelos con determinada salinidad. Resultados similares encontraron Pozo (1998), al evaluar el crecimiento del pasto estrella en pastoreo en secano, y Díaz (2007) al estudiar clones de *C. purpureus* tolerantes a la sequía.

El análisis de conglomerado de cada etapa experimental definió cinco grupos para el período mayo-agosto y cuatro para el de octubre-enero (tabla 16), cada uno de ellos integrado por los clones que presentaron características similares, lo que indicó su marcada respuesta específica y estacional.

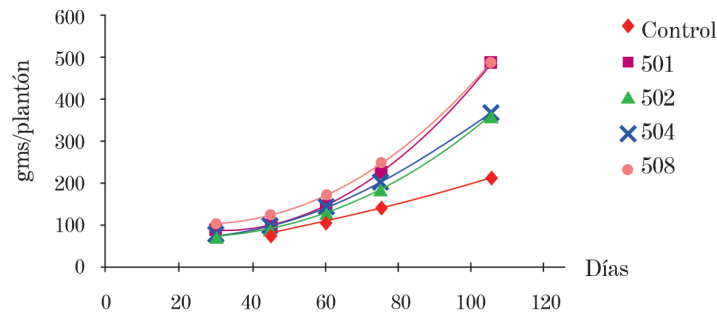
Tabla 16. Integrantes de los grupos en ambos períodos

Grupo	mayo-agosto	octubre-enero
1	508	508
2	503, 504, 505, 506, 507	504
3	502	Control (CT-115), 501, 502, 503, 505, 506
4	501	507
5	Control (CT-115)	-

A partir de los grupos se seleccionó un representante de cada uno de ellos para establecer la relación entre el rendimiento de MS y la edad de rebrote; el modelo cuadrático fue el de mejor ajuste en ambos períodos (figs. 6 y 7) y se caracterizaron por altos R² y bajos CME y error de estimación.

Este resultado no coincide con lo reportado por Fernández (1999), quién encontró ajustes de tipo cúbico en el crecimiento de tres especies del género *Brachiaria* ni con los de Díaz (2007), que al determinar las curvas de crecimiento en clones de *C. purpureus* tolerantes a la sequía, el mejor ajuste correspondió al modelo de Gompertz; tampoco coincide con lo hallado por Ramírez (2010) al evaluar *C. purpureus* vc. Cuba CT-169. Todos estos experimentos se desarrollaron en las condiciones del Valle del Cauto y los resultados pudieran estar determinados por la respuesta específica de estos clones al estrés salino.

En el presente estudio el rendimiento se expresó en g de MS/macolla, forma común empleada en los ensayos de evaluación inicial de las especies (Machado *et al.*, 2006; Herrera, 2007). Sin embargo, es necesario ofrecer esta información en t de MS/ha para poder comparar los resultados. Para ello, se tomó el rendimiento (g de MS/macolla), la población (número de macollas/ha) y la edad de 90 días. A partir de estos datos y considerando los valores medios de los clones, se calculó el rendimiento promedio aproximado. De esta forma se obtuvo el valor de 15 t de MS/ha/año.

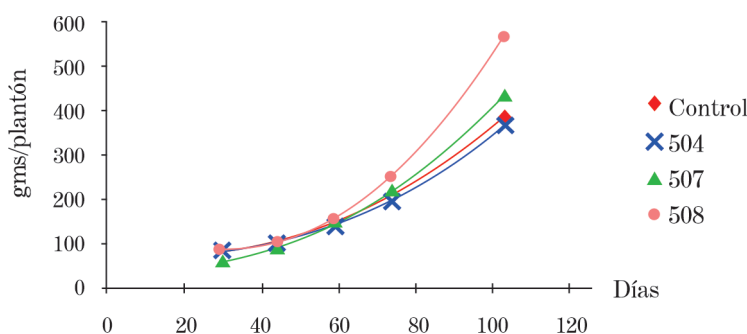


Clon	Modelo	R ²	EE	CME	Sign.
Control	114,07-2,47(±0,38)E+0,05(±0,002)E ²	0,995	8,31	69,21	***
501	170,474-5,04(±0,96)E+0,0077(±0,007)E ²	0,982	21,25	451,91	***
502	79,128-1,53(±0,512)E+0,04(±0,003)E ²	0,992	11,301	127,73	***
504	72,82-1,053(±0,89)E+0,37(±0,006)E ²	0,971	19,71	388,8	***
508	148,33-3,3(±1,28)E+0,062(±0,009)E ²	0,965	28,11	805,31	***

Fig. 6. Relación entre el rendimiento y la edad en el período mayo-agosto.

E: edad

***p < 0,001



Clon	Modelo	R ²	EE	CME	Sign.
Control	$77,51-1,34(\pm 0,64)E+0,04(\pm 0,03)E^2$	0,98	14,18	201,11	***
504	$91,13-1,75(\pm 1,08)E+0,041(\pm 0,007)E^2$	0,956	23,87	570,13	***
507	$56,72-1,53(\pm 1,33)E+0,048(\pm 0,009)E^2$	0,960	29,47	865,63	***
508	$173,51-5,8(\pm 1,35)E+0,09(\pm 0,009)E^2$	0,975	29,96	897,6	***

Fig. 7 Relación entre el rendimiento y la edad en el período octubre-enero.

E: edad

***p < 0,001

Este cálculo no puede ser tomado como elemento definitorio ni conclusivo. Su objetivo está centrado en poder discutir los resultados del presente trabajo con otros realizados en las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Granma y que se fundamentan también en pastos mejorados, ya que en la literatura disponible no se encontró información sobre los pastos naturales que se desarrollan en esa zona.

El rendimiento fue menor al obtenido por Díaz (2007) cuando evaluó clones de *C. purpureus* tolerantes a la sequía en esta misma región y similar al informado por Ramírez *et al.* (2008) al evaluar el Cuba CT-169 en el Valle del Cauto. También se han realizado evaluaciones de otras especies en esta misma región. Verdecia *et al.* (2006), en la caracterización productiva de *M. maximus* vc. Tanzania, encontraron rendimientos inferiores, al igual que en las variedades Uganda y Mombaza (Verdecia *et al.*, 2009). Similar respuesta obtuvieron Ramírez *et al.* (2004) cuando determinaron el rendimiento y la composición química del pasto *Cynodon nlemfuensis* vc. Jamaicano en similares condiciones edafoclimáticas. No obstante, las evaluaciones anteriores no se realizaron en suelos de salinidad clasificada como media.

Los resultados expuestos evidenciaron la respuesta específica de cada pasto que pudiera estar determinada por las condiciones donde se desarrollaron los experimentos, el manejo a que fueron sometidos, las variedades, su hábito de crecimiento y las características edafoclimáticas de las zonas, entre otros factores. No obstante, los resultados del presente trabajo señalaron que a los 105 días de rebrote los clones no completaron su ciclo de desarrollo y este aspecto pudiera resultar de interés en el diseño de la tecnología para su futura utilización, lo que debe ser estudiado con mayor profundidad.

Otro indicador que se observó de forma cualitativa fue la floración de los clones. El período de floración (octubre-febrero) de este género solo lo alcanzaron tres clones (504, 505 y 506) y el resto permaneció en estado vegetativo. Este aspecto resulta de vital importancia ya que los que no florecen no detienen su crecimiento y pueden ser utilizados con otros fines, como para la acumulación de biomasa en pie. Sin embargo, los que florecen acortan su ciclo de crecimiento y disminuyen su calidad nutritiva. Por ello, estos aspectos deben ser tomados en cuenta en investigaciones futuras.

El contenido de ceniza (tabla 17), que a su vez puede ser considerado como indicador de la composición mineral, estuvo por encima de los valores informados por Herrera y Ramos (2015) para varie-

dades del género *Cenchrus* y pudiera estar determinado por el grado de salinidad del suelo donde crecieron los clones.

Tabla 17. Algunos indicadores de calidad en el período octubre-enero (%)

Clon	PB	DIVMS (%)	Ceniza	P	Ca
Control (CT-115)	5,51	58,36	13,99	0,20	0,44 ^{ab}
501	6,27	56,80	14,21	0,20	0,47 ^{ab}
502	6,27	57,76	15,16	0,19	0,44 ^{ab}
503	5,78	58,67	14,36	0,19	0,41 ^{ab}
504	6,49	56,82	14,83	0,19	0,50 ^b
505	6,12	58,14	14,41	0,19	0,37 ^{ab}
506	6,91	58,22	14,27	0,18	0,38 ^{ab}
507	6,31	55,30	14,71	0,19	0,35 ^a
508	6,05	54,10	13,39	0,16	0,40 ^{ab}
EE ±	1,31	3,30	2,57	0,03	0,06 ^{**}

a, b: Valores con letras no comunes difieren a $p < 0,01$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$

La proteína bruta de estos clones fue inferior a la reportada por Valenciaga *et al.* (2001), pero superior a la encontrada por Díaz (2007) en variedades tolerantes a la sequía. El tenor de fósforo fue bajo, en general, propiciado por su menor contenido en el suelo. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) no mostró diferencia entre los clones (tabla 17).

Al tener en cuenta lo anterior, los valores de la digestibilidad de los clones fueron alentadores (superiores a 50 %) y se obtuvieron en condiciones de suelo salino, sin fertilización ni riego. Esto evidencia la necesidad de realizar estudios futuros para establecer las causas de este comportamiento, ya que todo parece indicar que el proceso de ganancia y deposición de carbohidratos estructurales, en estas condiciones, ocurre de forma diferente que cuando la planta se desarrolla sin condiciones estresantes.

No hubo diferencias en el contenido de P, pero sí en el de Ca ($p < 0,001$). El mayor valor lo registró el clon 504, y estuvo en el rango informado por Herrera, R. S. *et al.* (2008).

Tampoco se encontraron diferencias en la fibra ácida detergente (FAD) y la celulosa, las cuales mostraron relativos altos valores. La hemicelulosa varió ($p < 0,05$) entre los clones y el mayor valor se registró en el 504. El porcentaje de este carbohidrato estructural fue bajo, y una posible causa pudo haber sido el aumento de los componentes de la pared celular primaria y el incremento de las láminas foliares en este período (tabla 18).

Tabla 18. Componentes de la pared celular en el período octubre-enero

Clon	Componentes de la pared celular, %				
	FAD	FND	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
Control (CT-115)	52,47	67,06 ^a	9,01 ^{de}	36,43	14,84 ^a
501	51,71	68,42 ^a	7,99 ^{cde}	36,63	16,71 ^{ab}
502	53,40	65,74 ^a	8,68 ^{de}	37,51	14,84 ^a
503	54,67	76,84 ^b	9,03 ^{de}	38,47	22,12 ^{bc}
504	52,04	74,68 ^b	6,26 ^{abc}	38,42	22,64 ^c

Clon	Componentes de la pared celular, %				
	FAD	FND	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
505	53,56	70,68 ^{ab}	9,40 ^e	36,66	17,04 ^{ab}
506	51,27	70,72 ^{ab}	4,45 ^a	39,15	19,45 ^{abc}
507	52,78	67,52 ^a	5,76 ^{ab}	39,02	14,74 ^a
508	54,36	71,25 ^{ab}	7,19 ^{bed}	40,81	16,89 ^{ab}
EE ±	1,91	2,74 ^{**}	0,96 ^{**}	3,36	2,45 ^{**}

a, b, c: Valores con letras no comunes por columna difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,001$

La lignina difirió entre los clones y los menores valores se encontraron en los clones 504, 506 y 507, que fueron inferiores al registrado en el tratamiento control (tabla 18). Esta es un polímero de monolignoles derivado de la vía fenilpropanoide de las plantas vasculares, se deposita en las paredes celulares como parte del proceso de maduración y se considera como elemento anticelulósico por su impacto negativo en la disponibilidad nutricional de la fibra de la planta, interfiere en la digestión de los carbohidratos de la pared celular y actúa como barrera física para las enzimas bacterianas.

En cuanto al contenido de la pared celular (FND) hubo diferencias ($p < 0,001$) entre los clones y los valores fueron superiores a los informados por Silva *et al.* (2002) y Ramírez *et al.* (2011b) para *C. purpureus* vc. Cuba CT-169 en el Valle del Cauto. Esta respuesta pudiera estar relacionada con el estrés salino donde crecieron los clones en el presente estudio.

Estos indicadores de la calidad ofrecen una idea de la posible respuesta adaptativa de los clones a las condiciones de salinidad del suelo del área experimental. Además, resultaron alentadores los de proteína, lignina y digestibilidad. A pesar de que estos son los primeros datos informados para los clones en los suelos del Valle del Cauto, con salinidad clasificada de media a baja, es preciso realizar nuevos estudios a mayor escala y durante más tiempo para confirmar estos valores, sobre todo si se considera que la evaluación se realizó sin riego y sin fertilización.

Como se pudo apreciar existe la posibilidad de mejorar la composición florística del Valle del Cauto con otras variedades de pastos mejorados. Sin embargo, hay que tener en cuenta las características intrínsecas de cada variedad para lograr su real adaptación a las severas condiciones edafoclimáticas de la zona. Estos resultados abren nuevas expectativas de investigación que tienen que ser priorizadas en un futuro inmediato para enfrentar los problemas relacionados con la salinización de los suelos y el cambio climático, y de esta forma disponer de opciones que permitan incrementar la producción de leche y carne en esta zona.

Consideraciones finales

Los resultados expuestos no tratan de agotar el tema de los pastos y su relación con la sequía y la salinidad, sino llamar a la reflexión sobre la necesidad de investigar y buscar soluciones u opciones que permitan incrementar la productividad de los sistemas frágiles y degradados, así como minimizar o adaptarse a los efectos del cambio climático mediante el empleo de adecuadas variedades de pastos y de su tecnología de explotación.

La información ofrecida permite disponer de varios clones con tolerancia a las condiciones de salinidad y sequía que se presentan en regiones de Cuba. Como es lógico, como son los primeros resultados que se obtienen en esas condiciones, se abren varias interrogantes que deben ser solucionadas en el futuro, tanto con investigaciones básicas como aplicadas. De su puesta en marcha y de sus resultados dependerá la conversión de áreas de baja productividad en zonas donde la explotación adecuada y eficiente permita la producción de leche y carne.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ, A. & FEBLES, G. El cambio climático y su vinculación con los pastos y forrajes en Cuba. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- ÁLVAREZ, Y. *Evaluación inicial de nuevas variedades de Pennisetum purpureum con tolerancia a la salinidad en el Valle del Cauto*. Tesis de Máster en Pastos y Forrajes. Bayamo, Cuba: Universidad de Granma, 2009.
- ÁLVAREZ, Y.; HERRERA, R. S.; BENÍTEZ, D.; LEONARD, I. & RAMÍREZ, J. L. Nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* con tolerancia a la salinidad en el Valle del Cauto. Comportamiento agronómico. *Agrojuven 2009*. Bayamo, Cuba: IIA Jorge Dimitrov, 2009.
- BORROTO, M. Suelos salinos. *Curso de Maestría*. México: Universidad de Veracruz, 1996.
- DÍAZ, DALIBIA. *Evaluación agronómica de variedades de Pennisetum purpureum en condiciones de sequía en el Valle del Cauto*. Tesis en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2007.
- DÍAZ, DALIBIA; RAY, J.; HERRERA, R. S. & CORDOVÍ, E. Capacidad de establecimiento de nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de intensa sequía estacional en el Valle del Cauto, Cuba. *II Congreso de Producción Animal Tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 276. 2007.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- DUNCAN, R. R.; WASKOM, R. M. & NABORS, M. W. *In vitro* screening and field evaluation of tissue-culture regenerated Sorghum for soil stress tolerance. *Euphytica*. 85:373-378, 1995.
- FERNÁNDEZ, J. L. *Determinación de la productividad de tres especies del género Brachiaria en vertisuelo del Valle del Cauto*. Tesis de Maestría en Nutrición Animal. Bayamo, Cuba: Universidad de Granma, 1999.
- HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. M.; BOSCH-INFANTE, D. & CASTRO-SPECK, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- HERRERA, R. S. *Evaluación de clones de Pennisetum con posibles características de resistencia a la sequía y salinidad. Informe final de proyecto*. San José de las Lajas, Cuba: ICA, CITMA, 2010.
- HERRERA, R. S. Evaluación de gramíneas. Contribución del Instituto de Ciencia Animal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 39:253-259, 2005.
- HERRERA, R. S. *Mejoramiento de indicadores agronómicos y de calidad de Pennisetum purpureum para la producción animal. Informe final de proyecto*. San José de las Lajas, Cuba: ICA, CITMA, 2001.
- HERRERA, R. S. La muestra y su procesamiento en los experimentos de evaluación. *II Congreso de Producción Animal Tropical*. San José de las Lajas, Cuba, 2007.
- HERRERA, R. S. *Mejoramiento de Pennisetum purpureum en Cuba. I Taller de tecnologías ganaderas sostenibles para ambientes adversos y degradados*. Granma, Cuba: Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, 2009.
- HERRERA, R. S. *Obtención de plántulas de Pennisetum purpureum con resistencia a la sequía y salinidad mediante técnicas biotecnológicas. Informe Final de Proyecto*. San José de las Lajas, Cuba: ICA, CITMA, 2000.
- HERRERA, R. S. Principios básicos de fisiología, métodos de muestreo y la calidad de los pastos. En: *Fisiología, establecimiento y producción de biomasa de pastos, forrajes y otras especies para la ganadería tropical*. México: Instituto de Ciencia Animal, Centro de Desarrollo Tecnológico La Noria. p. 27-48, 2003.
- HERRERA, R. S.; CHAPLE, ZUCEL; CRUZ, ANA M.; ROMERO, AIDA & GARCÍA, M. Obtención de plántulas de *Pennisetum purpureum* resistentes a la sequía y salinidad. Nota técnica. *Rev. cubana Cienc. agric.* 37:89-92, 2003.
- HERRERA, R. S.; DÍAZ, DALIBIA & ÁLVAREZ, Y. Nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* con resistencia a la sequía y salinidad. *III Congreso de Producción Animal Tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2010.

- HERRERA, R. S.; FORTES, DAYLENI; GARCÍA, M.; CRUZ, ANA M. & ROMERO, AIDA. Study of the mineral composition in varieties of *Pennisetum purpureum*. *Cuban J. Agric. Sci.* 42:383-389, 2008.
- HERRERA, R. S. & MARTÍNEZ, R. O. Mejoramiento genético. En: R. S. Herrera, ed. *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería*. La Habana: EDICA. p. 13-32, 2015.
- HERRERA, R. S. & RAMOS, N. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: R. S. Herrera, ed. *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería*. La Habana: EDICA. p. 87-131, 2015.
- IGARZA, A. *Caracterización ecofisiológica de Pennisetum Cuba CT-115 bajo las condiciones edafoclimáticas de una zona del Valle del Cauto*. Tesis de Maestría en Nutrición Animal. Bayamo, Cuba: Universidad de Granma, 2007.
- KLIMES, A.; SUÁREZ, O.; MESA, A. & PENA, J. *Suelos de Cuba*. La Habana: Editorial Orbe, 1980.
- LOK, SANDRA. Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba: Características, manejos, oportunidades y retos. [CD-ROM]. *V Congreso de Producción Animal Tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- MACHADO, R.; SEGUÍ, ESPERANZA; OLIVERA, YUSEIKA; TORAL, ODALYS & WENCOMO, HILDA B. Fundamentación teórica y resultados del programa de introducción. En: Milagros de la C. Milera, ed. *Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos*. Guatemala: EEPF Indio Hatuey, Universidad de San Carlos. p. 7-27, 2006.
- MARTÍNEZ, R. O.; HERRERA, R. S.; CRUZ, R. & TORRES, VERENA. Cultivo de tejidos y fitotecnia de las mutaciones. *Pennisetum purpureum*: otro ejemplo para la obtención de nuevos clones. *Rev. cubana Cienc. agric.* 30:1-11, 1996.
- PADILLA, C. & AYALA, J. R. Plantación y establecimiento. En: R. S. Herrera, ed. *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería*. La Habana: EDICA. p. 57-74, 2015.
- PLANOS, E.; RIVERO-VEGA, R. & GUEVARA, A. *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. La Habana: Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 2013.
- POZO, P. P. DEL. *Análisis del crecimiento del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) bajo condiciones de corte y pastoreo*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 1998.
- RAMÍREZ, J. L. *Rendimiento y calidad nutritiva de cinco especies de pastos tropicales en las condiciones climáticas del Valle del Cauto*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Bayamo, Cuba: Universidad de Granma, 2010.
- RAMÍREZ, J. L.; HERRERA, R. S.; LEONARD, I.; CISNEROS, M.; VERDECIA, D. & ÁLVAREZ, Y. Relation between climatic factors, yield and quality of *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 45:293-298, 2011b.
- RAMÍREZ, J. L.; HERRERA, R. S.; LEONARD, I.; CISNEROS, M.; VERDECIA, D. & ÁLVAREZ, Y. Rendimiento e indicadores de calidad en *Panicum maximum* vc. Likoni en el Valle del Cauto, Cuba. *REDVET*. 12 (6). <https://recyt.fecyt.es/index.php/REDVET/article/view/13468>, 2011a.
- RAMÍREZ, J. L.; HERRERA, R. S.; LEONARD, I.; CISNEROS, M.; VERDECIA, D.; ÁLVAREZ, Y. *et al.* Relationship between quality indicators and age on *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:315-320, 2012.
- RAMÍREZ, J. L.; VERDECIA, D. M. & LEONARD, I. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum Cuba CT-169* en suelo pluvisol. *REDVET*. 9 (5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>, 2008.
- RAMÍREZ, J. L.; VERDECIA, D. M. & LEONARD, I. Rendimiento y composición química del pasto *Cynodon nlemfuensis* en una zona del Valle del Cauto de la provincia de Granma. *Agro y Vet.* <http://www.vet-uy.com/articulos/agricultura>, 2004.
- SANTANA, H.; CÁCERES, O. & RIVERO, L. Calidad y valor nutritivo de cinco gramíneas forrajeras. *Pastos y Forrajes*. 8 (3):435-447, 1985.
- SILVA, M. M.; VÁZQUEZ, H.; COELHO, J. F.; BRESSAN-SMITH, R. E. & D'AVILA, E. Composição bromatológica. Disponibilidade de forragem e Índice de área foliar de 17 genótipos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob pastejo em campos dos Goytacazes. *R. Bras. Zootec.* 31:313-318, 2002.
- Statsoft. *Statsoft 2003 Statistica for Window. Release 6.1. User's guide*. Tulsa, Oklahoma, USA, 2003.

- VALENCIAGA, DAIKY & CHONGO, BERTHA. La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Rev. cubana Cienc. agric.* 38:343-348, 2004.
- VALENCIAGA, DAIKY; CHONGO, BERTHA & LA O, O. Caracterización del clon Pennisetum CUBA CT-115. Composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca. *Rev. cubana Cienc. agric.* 35:349-345, 2001.
- VALENCIAGA, DAIKY; HERRERA, R. S.; OLIVEIRA SIMOES, E. DE; CHONGO, BERTHA & TORRES, VERENA. Monomeric composition of the lignin from *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 and its variation with the regrowth age. *Cuban J. Agric. Sci.* 43:315-319, 2009.
- VERDECIA, D. M.; HERRERA, R. S.; RAMÍREZ, J. L.; LEONARD, I.; BODAS, R.; ANDRÉS, S. *et al.* Nutritive assessment of *Panicum maximum* cv. Mombaza in the climatic conditions of the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:97-102, 2012.
- VERDECIA, D. M.; RAMÍREZ, J. L.; LEONARD, I.; PASCUAL, Y. M. & LÓPEZ, Y. *Indicadores del rendimiento y composición bromatológica de Panicum maximum cv. Tanzania en una zona de la provincia de Granma.* <http://www.vet-uy.com/articulos/agricultura>, 2006.
- VERDECÍA, D. M.; RAMÍREZ, J. L. & LEONARD, I. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Megathyrus maximus* cvs. Mombaza y Uganda bajo las actuales condiciones edafoclimáticas de la provincia Granma. *Rev. cubana Desarr. local.* 1 (2), 2009.

CAPÍTULO 10. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas tropicales

Marlen Navarro-Boulandier¹, Aristides Pérez-Vargas¹, Gustavo Julio Febles-Pérez², Celido Matías-Ruiz¹ y Yolanda González-Rosado¹

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central, km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Introducción

Uno de los aspectos de mayor importancia en el desarrollo agropecuario de un país lo constituye la producción de semilla de especies y variedades de alta calidad para respaldar las necesidades de los programas de producción en la esfera pecuaria; ello constituye un aspecto básico y esencial para desarrollar los programas de pastos y forrajes (Bernal, 2008).

Las características más importantes de la semilla son su calidad y potencial genético. Tanto es así que el establecimiento exitoso de un pastizal y los productos animales que de él se extraigan están íntimamente unidos a estos indicadores. Además, para que una semilla sea considerada de calidad debe poseer capacidad para germinar y producir una planta normal. Ambos elementos están muy relacionados, ya que la germinación puede ser definida como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión o de las yemas, las cuales indican (de acuerdo con cada tipo de semilla en estudio) la habilidad para desarrollar una planta normal en condiciones favorables de luz, temperatura, agua y oxígeno. El concepto anterior está estrechamente vinculado con la viabilidad y el vigor. Una semilla viable es aquella que es capaz de germinar normalmente en condiciones favorables, incluyendo las que no pueden germinar por la condición dormática. No se debe confundir la germinación con la emergencia. Una semilla cualquiera puede germinar y por diversas causas, como una excesiva profundidad de siembra, o poco vigor, no llega a emerger a la superficie.

Desde el punto de vista práctico todos estos conceptos, que constituyen la materialización de la calidad, no pueden estar desvinculados de los rendimientos.

Las investigaciones acerca de la producción de semilla en Cuba comenzaron en la primera mitad de la década del 60 del pasado siglo por diferentes instituciones del país. Debido a ello, en la actualidad se dispone de tecnologías adecuadas para un grupo de variedades comerciales. En la década de los 90 se intensificó el uso de una mayor diversidad de especies de gramíneas y leguminosas herbáceas y arbóreas en los sistemas silvopastoriles que utilizaban fundamentalmente semilla botánica. A partir del 2008, comienza a reestructurarse la disciplina semillera en la esfera de los pastos y forrajes, y se estudian elementos esenciales de la cadena tecnológica que conducen al perfeccionamiento de este eslabón fundamental de la agricultura y la ganadería (Febles *et al.*, 2009). En el 2012 la Dirección de Semillas del Ministerio de la Agricultura elaboró un material titulado “Política integral de semillas”, que actualizó la situación que existía en relación con la producción de semilla de pastos y forrajes de gramíneas y leguminosas. Este documento presenta los trabajos investigativos en cuanto a la producción de semilla de nuevos cultivares destinados a los pastos y forrajes y leguminosas forrajeras que se desarrollan en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), el Instituto de Ciencia Animal (ICA) y el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF).

Fitotecnia de la producción de semilla

Sistemas que se emplean para producir semillas forrajeras

Es necesario considerar los factores biológicos, tecnológicos y de manejo relacionados con una especie en particular y la forma en que interactúan. En Cuba se utilizan cuatro sistemas fundamentales para producir semilla de pastos:

- Tradicional para gramíneas: no se aplican prácticas especiales para producir semillas; únicamente se limita el acceso de los animales durante los períodos de floración y fructificación de las gramíneas. El propósito fundamental es producir forraje y solo se cosechan las semillas cuando las condiciones climáticas son favorables.
- Gramíneas y leguminosas en pastoreo: estas plantas se siembran en regiones donde la adaptación sea buena y alcancen altos rendimientos de forraje y semilla.
- Leguminosas con soportes físicos (tutores): es una vía práctica, eficiente y costosa para obtener semilla de alta calidad a escala limitada a partir de una oferta inicial restringida.
- Cultivo de semilla en bancos típicos: la elección del lugar, el establecimiento y la explotación de los cultivos se orientan para lograr la meta de producir semilla de alta calidad. Se implementan las prácticas fitotecnia específicas para cada especie.

La mejor relación calidad-rendimiento para cada especie puede considerarse un máximo teórico que se obtiene bajo aquel complejo de condiciones que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio en el cual las semillas son producidas, cosechadas, procesadas y almacenadas. Muchos factores afectan la obtención de este máximo teórico y disminuyen la calidad de las cosechas, como la sincronización de la floración, las deficiencias minerales del suelo que causan bajos rendimientos, las condiciones de almacenamiento, las siembras tempranas de semillas dogmáticas a las que no se les haya aplicado tratamiento para liberarlas de ese estado, las elevadas temperaturas durante el secado, los daños mecánicos durante la cosecha y otros.

Influencia de los factores climáticos en la producción de semilla de pastos tropicales

En la producción de semilla de pastos de alta calidad influyen diversos factores, tanto bióticos como abióticos. Entre estos últimos, el clima desempeña un papel importante (Febles y Ruiz, 2006). Es por ello que para la ubicación de una finca o área de producción de semilla resulta importante la selección del lugar, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y las del suelo (Humphreys y Riveros, 1986); existen lugares donde la producción de semilla puede ser nula aun cuando el crecimiento vegetativo de la planta sea normal. Al respecto, Febles *et al.* (2009) plantearon que los factores del clima, en sus particularidades nacionales o regionales, no se pueden obviar cuando se intenta establecer un programa de producción de semilla.

En Cuba, Febles (1975a; 1975b) estudió la importancia y el efecto de los factores climáticos en áreas tropicales; especialmente se ha enfatizado en aquellos que influyen o intervienen en el proceso germinativo y la producción de semilla (Febles y Navarro, 1986). Sin embargo, un análisis de la información científica tropical indica la ausencia de resultados en investigaciones acerca de este tema.

Se considera que el clima ideal para producir semilla es el que presenta radiación, temperatura y lluvia no restrictivas para el desarrollo del cultivo, así como condiciones estables y secas en el momento de maduración del grano y cosecha de la semilla. Según Hopkinson y Reid (1979), los requerimientos generales de mayor importancia para considerar una región adecuada para la producción de semilla en el área tropical, son:

- Precipitación anual promedio que varía entre 800 y 2 000 mm, con una estación húmeda predominante en el verano, que no registre precipitaciones mayores que 400 mm fuera de los cuatro meses más húmedos.
- Temperatura diaria promedio no inferior a 17 °C durante el mes más frío.
- Latitud superior a 100.

Independientemente de las consideraciones anteriores, el clima no se manifiesta aisladamente, ya que existe un conjunto de otros elementos de gran trascendencia que están involucrados en las carac-

terísticas de la producción de semilla de pastos de gramíneas, como son el suelo y el manejo integral del cultivo. Ambos se han estudiado en Cuba por Baños (2004) y Pérez *et al.* (2006).

El tema del clima ha sido abordado también en Cuba por Machado y Seguí (1995), quienes estudiaron la influencia de la temperatura media, la precipitación y el fotoperiodo, la humedad relativa y las horas luz en 25 variedades de *Megathyrsus maximus*. Posteriormente, los resultados de este trabajo fueron confirmados por Yáñez *et al.* (2008) en un estudio con las especies de gramíneas *M. maximus*, *Andropogon gayanus*, *Urochloa decumbens*, *Urochloa brizantha*, *Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*. Las investigaciones con las leguminosas informaron acerca de la trascendencia de los factores climáticos en eventos de la producción de semilla de estas especies (Baños, 2004) en Cuba.

Funes *et al.* (1998) manifestaron que en las condiciones de Cuba hay especies que se comportan como plantas que florecen en los días cortos de invierno (11 horas luz), entre las que se encuentran la mayoría de las leguminosas. De las gramíneas, *A. gayanus* presenta similar comportamiento, mientras que una respuesta cuantitativa a días cortos mostraron líneas de rhodes (*Ch. gayana*) como el cv. Callide y algunas especies del género *Urochloa*. Entre las plantas neutras, en las cuales la floración es independiente de la longitud del día, pueden mencionarse las gramíneas rhodes común (*Ch. gayana* cv. Pionner), buffel (*C. ciliaris*) y guinea likoni (*M. maximus* cv. Likoni).

En la región centro-sur de Cuba, Gutiérrez *et al.* (1990) llevaron a cabo estudios en los que la floración se controló por la longitud del día en el género *Urochloa*: se observó que *U. brizantha* cv. CIAT-664 floreció todo el año (floración neutra), mientras que *Urochloa humidicola* cv. CIAT-679, *Urochloa dictyoneura* cv. CIAT-6133, *U. brizantha* cv. CIAT-6780, *U. decumbens* cv. CIAT-606 y *Urochloa* sp. florecieron en la época de las lluvias (floración de días largos). Sin embargo, *Urochloa ruziziensis* CIAT-6019 y *Urochloa purpurascens* registraron floración obligada de días cortos, con una sola a finales de septiembre y octubre.

En investigaciones realizadas en Guantánamo y en la EEPFIH, en la provincia de Matanzas, al comparar cinco cultivares de *M. maximus*, se comprobó que los rendimientos más altos se alcanzaron en los cvs. Likoni y Uganda (279 y 203 kg/ha, respectivamente). Ambas zonas presentan buenas características para la producción de semilla, pero Guantánamo fue más favorable para esta actividad (Matias y Ritt, 1988).

Funes *et al.* (1998) plantearon que los cultivos en las regiones que disponen de alta radiación tienen mayor potencial para producir semilla. La apertura floral es más activa bajo el sol intenso. La alta radiación es importante durante todo el período vegetativo, pero especialmente desde la floración hasta la madurez de la semilla. En Cuba la insolación es de aproximadamente 2 400 horas al año.

El índice de temperatura más útil para el propósito de producir semilla es de 17 °C, el cual se corresponde con la media diaria del mes más frío (Hopkinson y Reid, 1979). Por ello, Funes *et al.* (1998) plantean que, en este sentido, en Cuba se presentan buenas condiciones, ya que las altas temperaturas diurnas no limitan la producción de semilla. Por otra parte, Suárez y Herrera (1979) manifestaron que en Cuba la temperatura no parece ser un factor limitante para la producción de semilla, ya que la temperatura promedio mensual se mantiene por encima de los 21 °C, con una media anual de 25,2 °C y con la temperatura media del mes más frío (febrero) en 22 °C; mientras que en los meses más cálidos es de 27 °C (julio-agosto).

En general, las especies tropicales están adaptadas a los climas con estaciones de lluvia y seca bien definidas, como sucede en Cuba. La duración óptima del período lluvioso debe ser aproximadamente de seis meses, pues si este es más prolongado se produce un excesivo crecimiento vegetativo y se afecta la floración. A la vez, se propicia la aparición de enfermedades fungosas (especialmente en leguminosas), las que también se favorecen con el tiempo nublado. Sin embargo, la estación seca facilita las operaciones de cosecha, trilla y secado (Funes *et al.*, 1998; Loch *et al.*, 2004).

En Cuba, la distribución de las precipitaciones se corresponde con los requerimientos señalados por Hopkinson y Reid (1979), ya que los límites mínimos y máximos de precipitación anual varían entre 800 y 2 000 mm. Las regiones con menos de 800 mm por año, no tienen suficiente humedad disponible para garantizar la producción de semilla de la mayoría de las especies, a menos que se utilice riego.

Con respecto al viento, un estudio desarrollado por Febles *et al.* (2011a) indicó que en Cuba los mayores valores se observaron, principalmente, en Villa Clara, Cienfuegos y Camagüey, mientras que en el resto de las regiones nunca fue superior a 6,2 km/h. Esta variable pudiera estar relacionada con los procesos de acamamiento y desgrane de la semilla en las gramíneas. Estas, en las especies tropicales, se desarticulan con facilidad al madurar en la inflorescencia, ya sea por debajo de las glumas o en la base de las mismas (Loch *et al.*, 2004). En Cuba aún no se han desarrollado con profundidad estudios de este tipo y los valores encontrados acerca de este indicador y de la dirección del viento probablemente no sean decisivos, si se valoran aisladamente con respecto a la disminución del rendimiento de semilla.

En condiciones de campo también se ha observado reducción en la formación de la semilla, cuando existe una baja humedad relativa durante la antesis en especies de los géneros *Setaria* y *Paspalum*. Contrariamente, parece que una alta humedad relativa no influye en la formación de las semillas, pero sí puede incrementar el desarrollo de enfermedades en especies de gramíneas susceptibles (Loch y Ferguson, 1999).

Febles *et al.* (2011a) emplearon el análisis multivariado para determinar la preponderancia de factores edafoclimáticos en la producción de semilla de gramíneas pratenses tropicales. En la tabla 1 se detallan las especies para cada región (provincia) en estudio, así como el tipo de suelo.

Mediante el análisis de conglomerados se formaron cuatro grupos: (1) Cienfuegos; (2) Guantánamo, Villa Clara y Camagüey; (3) Sancti Spíritus y (4) Granma. Estas variables explicaron 88,8 % de la variabilidad en el análisis de conglomerados. El análisis matemático mostró que no hubo relevancia para el rendimiento, que varió entre 147,8 y 240 kg/ha (tabla 2). Esto pudiera indicar que el comportamiento de las especies no varía de manera relevante entre regiones.

Tabla 1. Especies en estudio por provincia y subtipo de suelo

Espece	Provincia	Subtipo de suelo
<i>Megathyrsus maximus</i> (guinea Likoni)	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillenta
	Sancti Spíritus	Pardo sialítico cálcico
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
	Guantánamo	Fluvisol diferenciado
<i>Andropogon gyanus</i> (andropogon)	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillenta
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
	Guantánamo	Fluvisol diferenciado
<i>Urochloa decumbens</i> (brachiaria)	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillenta
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Guantánamo	Fluvisol diferenciado
<i>Urochloa brizantha</i> (brachiaria)	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillenta
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
	Guantánamo	Fluvisol diferenciado

Especie	Provincia	Subtipo de suelo
<i>Chloris gayana</i> (rhodes)	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Sancti Spíritus	Pardo sialítico cálcico
	Camagüey	Pardo sialítico órico
	Granma	Vertisol pélico
	Guantánamo	Fluvisol diferenciado
<i>Cenchrus ciliaris</i> (buffel)	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillenta
	Camagüey	Pardo sialítico órico
	Granma	Vertisol pélico
	Guantánamo	Fluvisol diferenciado

Tabla 2. Grupos formados de acuerdo al comportamiento de los indicadores del rendimiento de semilla

Rendimiento de semilla	1	2	3	4
	166,6	201,7	240,5	147,8
EE±	48,6	26,3	62,7	48,6

Para definir la influencia de los factores edafoclimáticas en la producción de semilla de gramíneas forrajeras en diferentes regiones de Cuba, Febles *et al.* (2011b) emplearon el índice de impacto (Torres *et al.*, 2008). Los resultados mostraron la preponderancia de los factores siguientes: precipitación total y en la época de lluvia, temperatura (máxima, media y mínima), profundidad efectiva, pedregosidad y horas luz. En lo que respecta al trabajo con los factores edafoclimáticos, estudiados y seleccionados mediante el método de componentes principales y el índice de impacto, se destacaron las regiones Guantánamo, Camagüey y Granma. *A. gayanus* alcanzó los mayores valores en esas regiones, y le siguieron *M. maximus*, *C. ciliaris* y *U. brizantha*. La aplicación de este tipo de metodología resultó efectiva para realizar el estudio de las localidades y demostró el posible efecto del índice de impacto en la interacción genotipo-ambiente.

Manejo precosecha del campo de semilla

En la explotación de un campo de semilla es importante su manejo agronómico, de acuerdo con la especie y las condiciones existentes, para obtener los máximos resultados. La época y el momento de siembra dependen de cada especie y cultivar, y de las condiciones climáticas del lugar, por lo que no se puede generalizar para todas las plantas; sin embargo, el mejor establecimiento para la mayoría de las gramíneas se logra al inicio de la primavera, que en Cuba ocurre entre mayo y julio.

Entre los métodos de siembra, el de hilera presenta ciertas ventajas con respecto al de voleo, tales como el control de las arvenses y la selección negativa. Las investigaciones en guinea mostraron un rendimiento superior a 200 kg/ha al emplear el primer método (Pérez *et al.*, 1983)1983.

Los estudios de densidad y distancia de siembra demuestran que un número óptimo de plantas por unidad de área proporciona rendimientos más elevados y estables; mientras que las cantidades muy pequeñas o elevadas deprimen los rendimientos.

En las condiciones experimentales en las que se ha estudiado la guinea, el buffel, el rhodes, la brachiaria y el andropogon, entre otras gramíneas, se ha comprobado que la densidad de siembra más apropiada está entre 0,36 y 1,0 kg de SPG/ha, por lo que en condiciones de producción pueden emplearse densidades ligeramente superiores a las recomendadas experimentalmente para cada especie y cultivar. La tabla 3 muestra los resultados con guinea likoni, una de las gramíneas más generalizadas en Cuba.

Tabla 3. Rendimiento de semilla total (kg/ha/año)

Método de siembra	Densidad de siembra (kg/ha)				
	4	8	12	x	ES ±
Surco + rodillo	749,8 ^a	596,7 ^{bc}	567,7 ^{bc}	638,08	
Voleo + grada	376,6 ^d	444,6 ^{cd}	196,2 ^c	339,15	74,39
	536,23	520,67	381,97	40,31*(Int.)	ES± 28,50**

a, b, c, d: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

En relación con la distancia de siembra para estas mismas plantas, se han obtenido los rendimientos más elevados por encima de 70 cm entre hileras; no obstante, el andropogon se puede sembrar a 70 cm entre surcos y la guinea a 120 cm.

Aunque el momento óptimo de siembra de las leguminosas como *Lablab purpureus* está entre septiembre y octubre, los resultados demuestran que puede sembrarse entre agosto y diciembre. La densidad de siembra para esta especie debe estar entre 7 y 9 kg de SPG/ha y la distancia entre surcos debe ser de 50 cm, con lo que se obtiene un rendimiento superior a los 800 kg/ha. *Vigna unguiculata*, otra leguminosa anual, aporta los mejores rendimientos con una densidad de 5-7 kg de SPG/ha y la distancia de 50 cm.

Los resultados experimentales alcanzados en las leguminosas perennes *Teramnus labialis* y *Stylosanthes. guianensis*, en las que se estudió la densidad y la distancia de siembra (Pérez, 1994), permiten recomendar para teramnus una dosis de 2 kg de SPG/ha y 75 cm, respectivamente y en stylosanthes 1 kg de SPG/ha y 100 cm.

Fertilización

Existen resultados que demuestran la acción positiva y el papel preponderante del nitrógeno en la producción de semilla de las gramíneas pratenses. En estudios realizados con guinea Likoni se han obtenido 923 kg de semilla/ha con 360 kg de N/ha/año; no obstante, esto no es concluyente, ya que depende de la especie y de la fertilidad del suelo, entre otros factores. En *U. decumbens* se han obtenido los mayores valores con 240 kg N/ha/año y la respuesta fue mayor en el segundo y el tercer año, con un rendimiento de 150 kg/ha, aproximadamente. *A. gayanus*, sin embargo, no respondió al nitrógeno cuando el suelo era medianamente fértil.

Otros estudios con guinea CIH-3 y buffel CIH-2 corroboran el papel del nitrógeno en el llenado de las espiguillas, así como la obtención de una mayor cantidad de semilla pura; por ejemplo, mientras que en la guinea CIH-3 la aplicación de 360 kg/ha durante el primer año produjo un incremento de 30 % en el rendimiento de semilla con respecto al tratamiento anterior (240 kg de N/ha), en el segundo año este fue de alrededor de 50 %. En el caso del buffel CIH-2 se recomienda no aplicar nitrógeno en el primer año de explotación. Para esta misma especie puede aplicarse 360 kg de N/ha/año en el segundo año y la misma dosis en el primer y segundo año a la guinea CIH-3; estas aplicaciones se deben fraccionar en seis partes en ambas especies.

Las investigaciones para comparar el efecto del nitrato de amonio, la urea y el sulfato de amonio en *M. maximus* y *C. ciliaris* no mostraron diferencias significativas entre las fuentes, aunque el nitrato de amonio aportó rendimientos superiores (Pérez *et al.*, 1984).

En el buffel, que es una planta exigente en fósforo, se han obtenido los mejores rendimientos con 50 kg de P_2O_5 y 75 kg de K_2O (37 y 12 kg de semilla pura/ha en el primer y segundo año, respectivamente).

Debido a todos los perjuicios medioambientales, a la salud humana y al ecosistema en sentido general, se recomienda el empleo de fertilizantes orgánicos, de origen biológico (bioproductos).

Podría ser conveniente el empleo de 20-30 t de estiércol vacuno/ha o 2-3 t de humus/ha (tabla 4). Los rendimientos en glycine (*Neonotonia wightii*) y rhodes confirmaron que las dosis señaladas anteriormente pueden aportar rendimientos similares o superiores con respecto a los fertilizantes minerales que se emplean, con un aceptable efecto económico (Pérez *et al.*, 1995; Matías, 1996).

Tabla 4. Efecto de la fertilización orgánica y mineral en la producción de semilla de *N. wightii*

Tratamiento	Año 1994		Año 1995	
	Semilla total	Semilla pura	Semilla total	Semilla pura
Estiércol 10 t/ha	258,7	248,4	523,5 ^{cd}	464,3 ^{de}
Estiércol 10 t/ha	277,8	269,5	626,8 ^{bc}	554,7 ^{bc}
Estiércol 20 t/ha	246,5	242,6	598,6 ^{bcd}	522 ^c
Estiércol 25 t/ha	229,9	225,3	574,4 ^{bcde}	504,3 ^d
Estiércol 30 t/ha	256,3	247,3	558,2 ^{bcdef}	496,1 ^d
Humus 1 t/ha	271,8	266,4	657,7 ^b	583,3 ^b
Humus 1,5 t/ha	231,8	223,6	644,0 ^b	570,5 ^{bc}
Humus 2,0 t/ha	242,7	236,6	761,9 ^a	675,8 ^a
Humus 2,5 t/ha	242,8	235,5	482,4 ^{defg}	426,9 ^{ef}
Humus 3,0 t/ha	241,3	234,0	460,2 ^{efg}	402,7 ^f
Testigo	261,8	252,6	458,3 ^{fg}	388,4 ^f
K (30-50-75)	232,2	222,9	498,8 ^{defg}	4620 ^{de}
ES±	11,19	10,87	37,02 ^{***}	16,03 ^{***}

a, b, c, d, e, f, g: Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

Gomez *et al.* (2007) determinaron el efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante orgánico a partir de estiércol vacuno, en el establecimiento y la producción de semilla de *T. labialis* cv. Semilla clara, en un suelo Fluvisol del Valle del Cauto en la provincia de Granma. Estos autores concluyeron que el uso del estiércol vacuno como fertilizante orgánico produjo un efecto positivo, tanto en el establecimiento de esta especie como en los rendimientos de semilla pura, y recomendaron la dosis de 16 t/ha por ser la más productiva y económica entre las evaluadas.

En árboles como *Albizia lebeck*, que por su porte alto y poderoso sistema radical hacen una gran extracción de nutrientes del suelo, la aplicación de fertilizantes orgánicos resulta beneficiosa para los rendimientos de semilla (tabla 5).

Tabla 5. Efecto de la fertilización en la producción de semilla de *A. lebeck* (kg/ha)

Tratamiento	1er. año	2do. año	3er. año
Control (aplicación del residuo de cosecha)	11,9 ^b	64,2 ^{bc}	228,6 ^c
30 t MO (cachaza)	24,1 ^a	160,2 ^a	540,9 ^a
3 t humus de lombriz	12,4 ^b	78,4 ^{ab}	358,6 ^b
50 y 75 kg de P ₂ O ₅ y K ₂ O/ha	5,0 ^e	49,6 ^b	339,4 ^b
15 t MO + 50 y 15 kg de P ₂ O ₅ y K ₂ O/ha	11,8 ^b	59,0 ^c	524,5 ^a
1,5 t humus de lombriz 50 y 75 kg de P ₂ O ₅ y K ₂ O/ha	21 ^c	31,6 ^c	375,9 ^b
ES±	21 ^{***}		

a, b, c: Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

Empleo de soportes en la producción de semilla

El empleo de los soportes o espalderas en la producción de semilla de leguminosas, es un tema que origina discusión; sin embargo, algunos trabajos corroboran su efecto beneficioso (Matías y Matías, 1995).

En la tabla 6 se muestran los resultados comparativos en la producción de semilla de *T. labialis*; aunque la espaldera convencional resultó la mejor, no debe obviarse el empleo de los soportes vivos, como *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250, una especie de porte pequeño.

Tabla 6. Influencia de los soportes en la producción de semillas de *T. labialis* cv. Semilla Clara

Tratamiento	Semilla 1992, kg/ha		Semilla 1993, kg/ha	
	Semilla total	Semilla pura	Semilla total	Semilla pura
Testigo sin soporte	1 112,8 ^b	1 015,2 ^b	632,0 ^c	604,0 ^d
Espaldera convencional	1 212,8 ^a	1 152,2 ^a	1 168,9 ^a	1 115,6 ^a
<i>Leucaena leucocephala</i> CNIA-250	889,8 ^c	862,2 ^c	866,0 ^b	762,0 ^b
<i>Cajanus indicus</i>	254,7 ^f	153,3 ^f	428,2 ^d	351,5 ^e
<i>Hibiscus esculentus</i>	338,5 ^e	314,9 ^e		
<i>Pennisetum purpureum</i> (enano)		72,3 ^g 64,3 ^g		
<i>Manihot esculenta</i> (yuca)	846,1 ^d	677,5 ^d	853,4 ^b	752,7 ^b
ES±	13,7 ^{***}	18,9 ^{***}	14,9 ^{***}	9,6 ^{***}

a, b, c, d, e, f, g: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

Al estudiar el tipo de tutor, la densidad y la distancia de siembra se encontró interacción significativa entre estos. En la tabla 7 se observa que la mejor combinación fue la de espaldera convencional con la densidad de 2 kg de SPG/ha y la distancia de 70 cm entre hileras. Sin embargo, la espaldera es un sistema que requiere de altas inversiones en recursos materiales y fuerza de trabajo, por lo que resulta poco práctico; debido a esto se recomienda el soporte de *L. leucocephala* CNIA-250 con una densidad de 2 kg de SPG y la distancia de 100 cm entre hileras.

Tabla 7. Efecto de los soportes, la densidad y la distancia de siembra en la producción de semilla pura de *T. labialis*

Tipo de tutor	Densidad, kg SPG/ha	Distancia, cm	Rendimiento, kg/ha
Espaldera	2,0	70	735,9 ^a
	1,0	100	642,1 ^b
	1,0	70	587,9 ^{bc}
	2,0	100	532,0 ^c
	2,5	100	495,1 ^c
	1,5	70	479,1 ^c
Testigo	1,5	100	594,1 ^{bc}
	1,5	100	576,3 ^b
	1,0	100	553,0 ^c
	2,0	70	526,7 ^{bc}
	1,5	70	491,5 ^c
	2,0	70	360,1 ^d

Tipo de tutor	Densidad, kg SPG/ha	Distancia, cm	Rendimiento, kg/ha
Leucaena	1,5	100	314,1 ^{de}
	2,0	100	303,8 ^{de}
	1,0	100	291,8 ^e
	2,0	70	285,4 ^e
	1,0	70	265,1 ^e
	1,0	70	188,9 ^f
ES±			22,18*

a, b, c, d, e, f: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $p < 0,05$

Los mayores rendimientos de semilla de *Centrosema pubescens* cv. Villanueva, en la provincia de Las Tunas se lograron con los tutores sorgo y yuca (Fernández, 2006). Con la cosecha manual el rendimiento de semilla fue superior, mientras que las pérdidas fueron mayores en la medida que aumentó la mecanización. En sentido general el método semimecanizado y el mecanizado solo permitieron cosechar 64 y 28 %, respectivamente.

Momento óptimo de cosecha

La cosecha es el momento culminante de la fase de campo para el productor de semilla, y deben considerarse el momento, la época y el método; la cosecha puede ser manual, parcialmente mecanizada y con combinadas.

Es una tarea difícil definir el momento óptimo de cosecha para muchas gramíneas y leguminosas, ya que este es inherente a la especie y el cultivar, además de que influyen las condiciones del lugar.

El bajo rendimiento de la semilla en gramíneas forrajeras tropicales, se puede incrementar si se reducen las pérdidas durante la cosecha al seleccionar la fecha más idónea, así como si se aumenta el número de inflorescencias por planta y el número de espiguillas llenas por inflorescencia (Joaquín *et al.*, 2010). Ello contribuye a mejorar la calidad general de los lotes que el investigador y el productor cosechan.

En la tabla 8 se muestran algunos resultados relacionados con el momento óptimo de cosecha en las gramíneas en Cuba.

Tabla 8. Momento de cosecha en las gramíneas

Especie	Cosechas/año	Inicio de floración masiva ¹	Intervalo óptimo de cosecha	Coloración de las semillas	Desgrane (%)
<i>U. decumbens</i> cv. Basilisk	2	21-29 de jun.	12-25 de jun.	Del verde brillante al verde mate	Inicio
		6-12 de sep.	27 de sep.-3 de oct.		
<i>U. brizantha</i> cv. Marandú	2	2-15 de jul.	7-19 de ago.	Verde	5
		29 de oct.	3 de dic.		
<i>A. gayanus</i> cv. CIAT-621	2	31 de oct.-4 de nov.	21 de nov.-2 de dic.	Del verde claro al gris perla	Inicio
		28 de ene.-9 de feb.	25 de feb.-3 de mar.		
<i>C. ciliaris</i> Híbrido CIH-2	3	26-30 de mar.	17-27 de abril	Del verde al pardo claro	15-20
		9 de jul.-14 de ago.	1 de ago.-11 de sept.		
		11 de oct.-24 de nov.	1 de nov.-22 de dic.		
<i>M. maximus</i> Híbrido CIH-3	3	6-10 de abr.	30 de abr.-5 de may.	Del verde brillante al verde mate	40-50
		12-14 de jul.	8-18 de ago.		
		19 de oct.	13-23 de nov.		
<i>U. brizantha</i> cv. 16448	2	19-23 de jun.	3-14 de jul.	Del verde brillante al verde mate	15
		5-6 de sep.	4-13 de oct.		
<i>U. humidicola</i> IRI 409	2	21 de junio	5-12 de julio	Del verde brillante al verde mate	Inicio
		29 de agosto	12 de septiembre		

Especie	Cosechas/año	Inicio de floración masiva ¹	Intervalo óptimo de cosecha	Coloración de las semillas	Desgrane (%)
<i>M. maximus</i> cv. Likoni	3	10 de marzo	25 de marzo	Del verde brillante al verde mate	50-60
		29 de julio	21 de agosto		
		12 de octubre	25 de octubre		

¹75 % de espigas en el área, excepto en guinea que se consideró 75 % de hoja bandera

El momento de cosecha se determina enumerando los días a partir de la antesis y de la floración masiva, pero siempre es necesario caracterizar fenotípicamente la semilla y la planta, para facilitar la recolección al productor. Así, se ha definido que la guinea se coseche entre los 18 y 23 días posteriores a la antesis; mientras que la semilla del buffel y el rhodes se deben cosechar cuando ocurra masivamente el cambio de coloración del verde al pardo claro (70 % de la población). La cosecha del andropogon se realiza entre los 21 y 28 días de ocurrir el inicio de la floración masiva, con un cambio de coloración hacia un color plateado. En *U. decumbens* la cosecha se debe realizar entre los 21 y 28 días de iniciada la floración masiva (González *et al.*, 1987).

El momento óptimo de cosecha de *Urochloa* híbrido cv. CIAT-36061 (mulato) en condiciones de bajos insumos en Cuba (sin riego ni fertilización) ocurrió a los 28 días del inicio de la floración masiva, aunque se puede cosechar desde los 14 días, con buenos resultados en el rendimiento y la calidad (Navarro *et al.*, 2007).

Suárez (2005) precisó que el momento más favorable para la cosecha de la semilla de Basilisk y Yacaré, fue el intervalo comprendido entre 15 y 19 días después de la antesis en ambos períodos de floración, lo que estuvo relacionado con la germinación, la semilla pura germinable y el número y el peso de las semillas llenas desgranadas.

En estudios efectuados con leguminosas se ha determinado también el momento de cosecha. Para *T. labialis* la cosecha debe realizarse entre los 21 y 28 días posteriores al inicio de la maduración (20 % de legumbres carmelitas). Las semillas de *S. guianensis* comienzan a madurar entre los 33 y 35 días del inicio de la floración, y se pueden recolectar entre los 21 y 35 días posteriores al comienzo de la maduración. *L. purpureus* es una planta a la que se le pueden efectuar varias cosechas manuales, pero su momento de recolección puede definirse a partir de los 14 días del inicio de la maduración de las legumbres (15 % de legumbres carmelitas).

El momento de cosecha de algunas leguminosas herbáceas se muestra en la tabla 9. En las leguminosas arbóreas, es más fácil la determinación de las cosechas, pues resulta necesario hacerlo de forma manual en varias recolecciones cuando las legumbres hayan cambiado su color del verde al carmelita.

Tabla 9. Momento de cosecha en las leguminosas

Especie	Cosecha/año	Intervalo óptimo de cosecha	Inicio maduración de las legumbres	Color de las legumbres	Legumbres secas/área, %
<i>T. labialis</i> cv. Semilla Clara	1	9-16 de feb.	12-15 de ene. ¹	Pardo oscuro	90-95
<i>S. guianensis</i> CIAT-184	1	15-31 de dic.	20-24 de nov. ²	Pardo oscuro	-
<i>A. histrix</i> CIAT-9696	1	25 nov.-1 de dic.	18-23 de nov. ³	Pardo claro	75
<i>C. acutifolium</i> CIAT-5112	1	3-10 de feb.	13 de ene. ⁴	Pardo claro	70
<i>L. purpureus</i> cv. Rongai	1	27 de ene.	13 de ene. ⁵	Pardo claro	80

¹ y ⁴ 20 % de legumbres secas en el área

² 5 % de inflorescencias con dos semillas secas en el exterior en el área

³ 30 % de legumbres secas en el área

⁵ 15 % de legumbres secas en el área

Potencial de producción de semilla de gramíneas y leguminosas

Para definir adecuadamente el potencial de producción de semilla, bien sea de gramíneas o leguminosas forrajeras, deben considerarse las mejores condiciones edafoclimáticas existentes.

Entre las gramíneas más destacadas en la producción de semilla se encuentra la guinea y se considera que el cv. Likoni presenta los mejores resultados, con rendimientos superiores a 800 kg/ha en condiciones experimentales. Además de otros cultivares de guinea, se manifestaron con buena capacidad de multiplicación *C. ciliaris* cv. Biloela, *Ch. gayana* cv. Callide, *A. gayanus* cv. CIAT-621 y *U. decumbens* cv. Basilisk, entre otras (tabla 10). Otras informaciones con indicadores adicionales se pueden observar en la tabla 11, de acuerdo con los resultados de Febles y Ruiz (2006).

Tabla 10. Potencial de producción de semilla de gramíneas en la EEPFIH. Primer año

Especie y cultivar	Semilla total, kg/ha	Semilla pura, kg/ha	Germinación, %	F	No. de cosechas	
					Con riego	Sin riego
<i>M. maximus</i> cv. Likoni	698	176	29	n	6	3
<i>M. maximus</i> SIH-127	177	28	35	dl	2	2
<i>M. maximus</i> SIH-421	185	26	30	dl	2	2
<i>M. maximus</i> cv. Australia	202	40	45	dl	2	2
<i>M. maximus</i> cv. Uganda	649	191	35	n	6	3
<i>M. maximus</i> CIH-3	364	95	37	n	6	3
<i>C. ciliaris</i> cv. Biloela	241	72	32	n	4	2
<i>C. ciliaris</i> cv. Formidable	281	74	36	n	4	2
<i>C. ciliaris</i> cv. Molopo	300	90	34	n	4	2
<i>C. ciliaris</i> cv. Numbank	262	78	37	n	4	2
<i>Ch. gayana</i> cv. Callide1	75	52	40	dc	3	1
<i>U. decumbens</i> cv. Basilisk1	1 026	220	30	dl	2	2
<i>U. humidicola</i> cv. IRI-409	211	101	16	dl	2	2
<i>U. dictyoneura</i>	429	79	30	dl	2	2
<i>U. brizantha</i> cv. Marandú	389	82	40	dl	2	2
<i>U. brizantha</i> cv. 16148	439	75	31	dl	2	2
<i>A. gayanus</i> CIAT-621	500	70	35	dc	2	1

*: Almacenadas 6 meses al ambiente

F: Fotoperíodo

n: Neutro

dl: Días largos

dc: Días cortos

Tabla 11. Algunos indicadores sobre la agrotecnia y el manejo para la producción de semilla en las gramíneas

Especie	Fertilización, kg/ha ⁻¹			Riego quincenal m ³ /ha	Momento de cosecha			Rend. estimado kg/ha semilla total	Período latencia meses
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		Días después anthesis	% semilla caída	Color		
<i>Andropogon gayanus</i>	25-30	40-50	50-60	300	-	-	Blanco amarillento	100-200	5-6
<i>Urochloa decumbens</i>	25-30	50-60	60-70	300	21-28	-	-	100-200	10-12

Especie	Fertilización, kg/ha ¹			Riego quincenal m ³ /ha	Momento de cosecha			Rend. estimado kg/ha semilla total	Período latencia meses
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		Días después antesis	% semilla caída	Color		
<i>Cenchrus ciliaris</i>	30-40	50-60	61-70	300	-	-	Canela al madurar ¹	100-200	4-6
<i>Chloris gayana</i>	30-40	50-60	60-40	300	-	20-30	Pardo amarillo o canela	130-250	5-8 ³
<i>Megathyrsus maximus</i>	40-50	50-60	65-70	300	18-26	30	Pardo amarillento ²	1 000-2 000	-
<i>Sorghum bicolor</i>	70-80	60-70	60-70	300	-	-	Amar/rojizo	1 000-2 000	-
<i>Zea mays</i>	70-80	60-80	70-80	400-500	-	-	Según var.	2 000-4 000	-

Cuba tiene posibilidades para producir semilla de pastos de gramíneas y leguminosas en general, lo que reafirma los primeros acápites de este capítulo; el rendimiento promedio de semilla de diferentes especies en el país se muestra en la tabla 12 (Febles *et al.*, 2009).

Tabla 12. Rendimiento promedio de semilla (kg/ha) de las diferentes especies según las regiones del país

Región	<i>Megathyrsus maximus</i>	<i>Andropogon gyanus</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Cenchrus ciliaris</i>	<i>Chloris gayana</i>
Cienfuegos	244,5	307,3	741,1	-	44,0	163,0
Villa Clara	149,0	92,0	142,0	30,0	-	55,0
S. Spíritus	198,3	-	176,6	-	346,6	-
Camagüey	189,0	236,0	173,8	145,6	150,8	85,0
Granma	156,0	186,0	-	56,3	97,5	243,0
Guantánamo	300,0	450,8	320,0	230,0	300,0	380,0

Para la determinación del potencial de producción de semilla en las condiciones de Cuba se realizaron otros experimentos en los que se incluyeron ocho cultivares de *U. brizantha*, *U. dictyoneura* IRI-409 y *A. gyanus* CIAT-621; se destacó un cultivar de *U. brizantha* y *U. dictyoneura* con más de 400 kg/ha en el primer año.

Dentro de las leguminosas existen especies y cultivares que tienen buena producción de semilla, como *C. pubescens*, *S. guianensis* y *T. labialis*. Se incluyen también *L. purpureus* cv. Rongai y *L. leucocephala* cvs. Perú, Cunningham e Ipil-Ipil (Matías y Ruz, 1991). Esto ha permitido su propagación y comercialización en el país.

Se evaluaron 23 leguminosas (tabla 13); entre ellas sobresalieron, de las herbáceas, los centrosema, con más de 500 kg/ha, y de las arbóreas *L. leucocephala* cv. Cunningham y *A. lebeck*, con más de 900 kg/ha en el primer año. Además, se demostró la factibilidad de multiplicación de estas leguminosas, aun en los casos de menor rendimiento.

Tabla 13. Potencial de producción de semilla de leguminosas herbáceas y arbóreas en la EEPFIH. Primer año

Especie y cultivar	Semilla total, kg/ha	Semilla pura, kg/ha	Germinación, %	F	No. de cosechas	
					Con riego	Sin riego
<i>T. labialis</i> cv. Semilla Clara	871	797	27	dc	1	1
<i>T. labialis</i> cv. Semilla Oscura	928	871	20	dc	1	1

Especie y cultivar	Semilla total, kg/ha	Semilla pura, kg/ha	Germinación, %	F	No. de cosechas	
					Con riego	Sin riego
<i>Macroptilium atropurpureum</i> cv. Siratro	183	173	39	dc	1	1
<i>Lablab purpureus</i> cv. Rongai	587	587	89	dc	1	1
<i>S. guianensis</i> cv. CIAT-184	135	30	26	dc	1	1
<i>S. guianensis</i> cv. CIAT-136	71	60	26	dc	1	1
<i>S. guianensis</i> cv. Cook	73	58	22	dc	1	1
<i>Neonotonia wightii</i> cv. Tinaroo	762	676	23	dc	1	1
<i>C. pubescens</i> cv. CIAT-5172	649	636	20	dc	1	1
<i>C. pubescens</i> cv. CIAT-482	1 101	1 024	48	dc	1	1
<i>C. pubescens</i> cv. CIAT-5151	765	719	48	dc	1	1
<i>C. pubescens</i> cv. CIAT-404	568	534	56	dc	1	1
<i>C. pubescens</i> cv. IH-129	846	820	55	dc	1	1
<i>C. acutifolium</i> cv. CIAT-5112	780	733	52	dc	1	1
<i>Indigofera mucronata</i> cv. IH-301	552	536	43	dc	1	1
<i>Aeschynomene histrix</i> cv. CIAT-9666	485	473	47	dc	1	1
<i>Pueraria phaseoloides</i> cv. CIAT-9900	346	332	49	dc	1	1
<i>Desmanthus virgatus</i> cv. Corralillo	234	216	35	dc	1	1
<i>D. distortum</i> cv. CNIA-249	123	110	29	dc	1	1
<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	868	1 800	40	n	2	2
<i>L. leucocephala</i> cv. Perú	449	400	50	n	2	2
<i>L. leucocephala</i> cv. CNIA-250	734	700	49	n	2	2
<i>A. lebeck</i>	977	977	51	n	1	1

F: Fotoperíodo, dc: Días cortos, n: Neutro

Febles *et al.* (2003) evaluaron la producción de semilla de 90 accesiones de *L. leucocephala* mediante el empleo estratégico de dos variantes del análisis multivariado. El método de componentes principales mostró que más del 90 % de la variabilidad, acumulada en tres factores, procedía de los indicadores morfológicos del rendimiento, la longitud y el número de semillas/legumbre, el peso de 1000 semillas y el peso total de la producción de semilla/planta, tanto en el análisis del primero y segundo año, como en el de ambos. El método de conglomerados (clusters) posibilitó la obtención de grupos que se reordenaron por su comportamiento biológico, y a su vez, las accesiones fueron reunidas por su similitud. El cultivar Perú, de amplia difusión en Cuba, estuvo presente entre los mejores grupos de accesiones. Los resultados mostraron que más del 70 % de las accesiones disponían de buenas condiciones para producir semilla en áreas del occidente del país.

Estos autores demostraron que el empleo de artificios matemáticos es un método eficaz para evaluar conjuntamente la producción de semilla de grandes grupos de accesiones o especies de plantas emparentadas filogenéticamente, vinculando los resultados matemáticos con el comportamiento biológico. Por otra parte, el trabajo permitió, de manera más objetiva, ordenar y seleccionar accesiones de leucaena con el propósito de medir sus potencialidades para la producción de semilla en zonas del occidente de Cuba.

Wencomo *et al.* (2010), para conocer el comportamiento de la producción de semilla de *Leucaena* spp. en suelos ácidos, evaluaron 4 tratamientos los cuales fueron definidos a través de los cuatro trimestres del año. Se encontraron variaciones altamente significativas en el rendimiento de semilla total y semilla pura, y el mejor resultado se alcanzó en el trimestre octubre-noviembre-diciembre.

Poda de plantas arbóreas para la producción de semilla

Para obtener mejores producciones se han desarrollado aspectos importantes de las tecnologías de producción de semilla en *L. leucocephala*. Con una frecuencia de poda cada dos años se logra una producción superior que cuando la poda se realiza anualmente, hay una mayor recuperación del cultivo al efecto del corte y permite la colecta de semilla en los dos períodos de cosecha; en cambio, con la segunda solo se obtiene la cosecha del inicio del período lluvioso. Como beneficio de la poda se redujo la altura de las plantas, lo que facilitó la cosecha.

Para el cv. Perú se recomienda podar cada dos años en junio (tabla 14), mes en el que se alcanzó un valor de 903,9 kg de semilla/ha; aunque este no superó al del testigo (1 056,5 kg/ha), la poda facilitó la cosecha. En el cv. Cunningham (tabla 15) el mayor rendimiento (3 024,5 kg/ha) se obtuvo al cortar en diciembre cada dos años, y para el cv. CNIA-250 la poda a 200 cm y cada dos años, originó los mayores rendimientos.

Tabla 14. Efecto de la poda en la producción de semilla de *L. leucocephala* cv. Perú

Tratamiento	Rendimiento, kg/ha		
	1 ^{er} año	2 ^{do} año	2 años
Testigo sin poda	449,3 ^a	607,2 ^a	1 056,5 ^a
Momentos de poda			
Junio	435,4 ^b	215,3 ^f	650,7 ^c
Septiembre	18,5 ^d	7,1 ^h	25,6 ^c
Diciembre	7,4 ^e	295,3 ^d	302,7 ^f
Marzo	1,0 ^c	205,4 ^f	206,4 ^h
Cada 2 años junio	315,2 ^c	588,7 ^b	903,9 ^b
Cada 2 años septiembre	1,0 ^f	536,5 ^c	537,5 ^d
Cada 2 años diciembre	0,9 ^f	333,4 ^d	334,3 ^c
Cada 2 años marzo	0,9 ^f	295,3 ^d	296,2 ^g
ES±	0,93 [*]	1,83 [*]	1,13 [*]

a, b, c, d, e, f, g, h: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $p < 0,05$

* $p < 0,05$

Tabla 15. Efecto de la poda en la producción de semilla de *L. leucocephala* cv. Cunningham

Tratamiento	Rendimiento, kg/ha		
	1 ^{er} año	2 ^{do} año	2 años
Testigo sin poda	812,3 ^d	756,1 ^c	1 568,4 ^d
Momentos de poda			
Diciembre	256,4 ^g	525,3 ^e	781,7 ^g
Marzo	352,8 ^f	603,0 ^d	955,8 ^f
Junio	265,2 ^g	530,7 ^e	795,9 ^g
Septiembre	69,9 ^h	399,2 ^f	469,1 ^h
Cada 2 años diciembre	1 868,1 ^a	1 156,4 ^a	3 024,5 ^a
Cada 2 años marzo	1 694,3 ^b	1 054,7 ^b	2 759,0 ^b
Cada 2 años junio	1 231,2 ^c	750,7 ^c	1 982,0 ^c
Cada 2 años septiembre	787,9 ^c	348,7 ^g	1 135,8 ^c
ES±	1,22 [*]	0,35 [*]	7,11 [*]

a, b, c, d, e, f, g, h: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $p < 0,05$

* $p < 0,05$

Marco de siembra para las arbóreas

Matías (1998) sembró *A. lebeck* con los siguientes marcos de siembra: 4 m² (2 500 plantas/ha), 8 m² (1 250 plantas/ha), 12 m² (833 plantas/ha), 16 m² (583 plantas/ha) y 20 m² (500 plantas/ha). En el primer año el rendimiento más alto se obtuvo con el marco de siembra de 4 m² (285,6 kg/ha), y en el segundo año con 20 m² (4195,6 kg/ha); mientras que en el tercero se estabilizó y fue superior en los marcos de siembra de 12 y 16 m² (1 366,8 y 1 488,3 kg/ha, respectivamente). La producción del primer año pudo estar asociada al mayor número de plantas por hectárea.

Después del tercer año de explotación es necesaria una estrategia de poda para facilitar la cosecha de las semillas, debido a la altura de las plantas de *A. lebeck*. El mejor momento para la poda fue cuando se cosecharon las legumbres entre el 15 de febrero y el 15 de marzo a una altura de 200 cm. Matías (1999) estudió el efecto de la poda anual y cada dos años con el empleo de diferentes marcos de siembra; la mejor combinación fue la poda cada dos años y el marco de 16 m², con un rendimiento de 1 345,8 kg/ha en el segundo año de explotación (tabla 16).

Tabla 16. Efecto de la frecuencia de poda combinada con varios marcos de siembra en la producción de semilla de *A. lebeck* (kg/ha)

Marco de siembra, m ² /planta	Primer año			Segundo año		
	Anual	Cada 2 años	X	Anual	Cada 2 años	X
4	498,2	498,2	498,2 ^a	451,1 ^g	1 210,1 ^b	830,6
8	352,2	352,5	352,5 ^b	617,4 ^f	1 183,2 ^b	900,3
12	318,4	318,2	318,3 ^b	736,1 ^e	1 202,3 ^b	969,2
16	158,7	161,1	159,9 ^c	1 040,8 ^c	1 345,8 ^a	1 193,2
20	168,1	168,5	168,3 ^c	889,0 ^{cd}	1 000,8 ^{cd}	944,9
ES±		52,4			42,3 ^{**}	
	299,2	299,7			746,8	1 188,4

a, b, c, d, e, f, g: Valores con superíndices diferentes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

Procesamiento poscosecha y almacenamiento de las semillas

Existen aspectos de gran importancia que se deben considerar una vez que se cosecha la semilla de los pastos de forma óptima. Uno de los fundamentales es la característica de las semillas recién cosechadas, que presentan un alto contenido de humedad (H 50 %) debido a la heterogeneidad de la madurez; por ello hay que reducirla a valores aceptables (10-12 %), antes de cualquier tipo de beneficio que se les aplique para limpiarlas o clasificarlas (González *et al.*, 1988).

El proceso de secado puede ser natural o artificial. En el primer caso se emplea la energía solar como agente; y en el segundo, los equipos de ventilación forzada. En la EEPFIH, al estudiar varios métodos de secado en las semillas de *C. ciliaris* cv. Biloela, el mejor resultó el secado artificial a 37 °C y 56 % de humedad durante seis días y al sol por 48 y 72 h; mientras que para *Ch. gayana* cv. Callide fue óptimo el secado artificial a 37 °C y 56 % de humedad durante dos o cuatro días y al sol durante 36 h. Se logró reducir la humedad en *C. ciliaris* a 6,5 % (48 h sol), 7 % (72 h sol) y 8 % (37 °C y 56 % de humedad), y en *Ch. gayana* hasta 9 % (32 h sol) y 9,2 % para el secado artificial (37 °C y 56 % de humedad/2 y 4 días).

Muchas semillas necesitan un período de almacenamiento para mejorar su germinación. Aunque la calidad se determina en el momento de la cosecha, su deterioro o envejecimiento comienza a partir de ese mismo momento, en que alcanzan su mayor madurez, e implica cambios degenerativos irreversibles. No obstante, en condiciones de almacenamiento a temperaturas bajas se ha logrado mantener la viabilidad y la germinación de las semillas de las gramíneas y las leguminosas.

Los estudios en un grupo de gramíneas tropicales demostraron que el almacenamiento al frío favorece la germinación hasta los 22 meses. En *A. gayanus* CIAT-621 se obtuvo un incremento significativo de la germinación en frigorífico (64,3 % a los 22 meses); mientras que al ambiente el máximo ocurrió a los nueve meses (60 %), y hubo un valor de 0 % a los 22 meses. Similar comportamiento presentó *U. decumbens* cv. Basilisk en frío y al ambiente el máximo ocurrió a los seis meses (45,5 %) y solo alcanzó 0,5 % a los 22 meses.

Las gramíneas alcanzan el máximo de germinación en un período menor cuando se almacenan al ambiente. En las leguminosas el deterioro ocurre más lentamente; por ejemplo, *L. leucocephala* a los 85 meses presentó una germinación de 7,2 y 4,1 % almacenada al frío y al ambiente, respectivamente, y *T. labialis* 7,5 % a los 10 años en frío.

Las semillas de las leguminosas durante el almacenamiento al frío incrementaron paulatinamente su germinación: de 27,5 a 64,5 % de 0 mes a 36 meses en *T. labialis* cv. Semilla Clara; de 35,2 (0 mes) hasta 56,9 (22 meses) en *S. guianensis* CIAT-184, y de 18,2 (0 mes) hasta 37 % (36 meses) en *L. leucocephala* cv. Cunningham. Sin embargo, en otras como *L. purpureus* cv. Rongai, el incremento ocurrió rápidamente [68 (0 mes) hasta 98 % (6 meses)].

Otro aspecto que se estudió fue la conservación de las semillas de *M. maximus* cv. Likoni con el empleo de zeolita. Se recomienda emplear este producto introducido en motas de 250 g/10 kg de semilla en sacos de nailon, ya que favorece la germinación (65 % comparado con 1 % en el control sin zeolita). Asimismo, presentó buen comportamiento la variante de mezclar zeolita en polvo en proporciones de 5 y 50 g/kg de semilla en sacos de yute y nailon, en la que la germinación fue de 13 y 16 %, respectivamente, comparado con 5 y 1 % sin zeolita. También es factible el uso de la zeolita en la conservación de las semillas de las leguminosas. En *Canavalia. ensiformis* se logró mantener la viabilidad en valores altos por más de un año al ambiente cuando se emplearon motas de 250 g/10 kg de semilla, lo que se apreció en el buen estado fitosanitario.

También se puede emplear la desecación con compuestos químicos como la silicagel cuando es necesario reducir la humedad a los valores exigidos para la conservación de las semillas en los bancos de genes. Para su uso es necesario conocer la tolerancia de las simientes a la desecación a esos valores, lo que se mide por el grado de mantenimiento del poder germinativo y la viabilidad después del secado. Isasi (2004) planteó que *Gliricidia sepium* presenta un comportamiento intermedio con respecto a la tolerancia a la desecación u ortodoxo con límites en su habilidad por la desecación (tolera secado entre 4,4 y 5,0 %); las simientes que se secaron hasta un bajo contenido de humedad (3,4 %) mostraron una reducción considerable en la germinación. Isasi (2003) concluyó que las semillas de *Bauhinia purpurea* toleraron el secado hasta un contenido bajo de humedad (3,5 %), sin sufrir un efecto adverso en la germinación y la viabilidad (tabla 17), y mostraron un comportamiento ortodoxo.

Tabla 17. Comportamiento de los indicadores germinativos de la semilla de *B. purpurea* (%)

Contenido de humedad	Viabilidad	Germinación	Semillas	
			Podridas	Muertas
12,3	100 ^a	99,8 ^a	0,13	0,13
7,2	99,2 ^{ab}	98 ^{ab}	0,25	0,36
6,1	99,8 ^b	94,3 ^b	2,3	0,57
5,7	99,2 ^{ab}	99,4 ^a	0,12	0,13
4,1	100 ^a	99 ^{ab}	0,06	0,36
3,5	98,6 ^b	100 ^a	0	0
ES±	1,61*	2,64*	1,90	2,01

a, b: Medias con diferentes superíndices difieren en cada columna a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0,05$

También Navarro y Lezcano (2007) evaluaron en *B. purpurea* la influencia combinada de diferentes métodos de secado, las condiciones de almacenamiento al ambiente y la edad fisiológica de las semillas, en su capacidad germinativa y calidad. Estos autores detectaron que el método de secado con silicagel fue el más apropiado para retardar el deterioro de las semillas de *B. purpurea* almacenadas en las condiciones ambientales que prevalecen en Cuba; dicho método permitió mantener los índices de calidad en los valores aceptables para este tipo de almacenamiento en comparación con los métodos en que las semillas se secaron dentro y fuera de las legumbres, pero de forma natural (al sol). Posteriormente, se desarrolló otro estudio similar al anterior, pero en condiciones de almacenamiento en cámara fría (Navarro y Lezcano, 2008). Los resultados demostraron que en el método de secado en las legumbres el mayor valor de la capacidad germinativa (98,67 %) se observó en la primera evaluación, al igual que en el secado artificial (100 %), donde las diferencias entre los meses fueron mínimas en todo el estudio. En el tratamiento de secado de las simientes al sol la capacidad germinativa fue de 79,33 % a los 12 meses, lo que representó un aumento cuantitativo de la longevidad de las semillas.

Fisiología de las semillas

Capacidad germinativa

El comportamiento germinativo de las semillas de accesiones colectadas en las regiones occidental, oriental y central de Cuba (González *et al.*, 2011), mostró una alta calidad en las simientes de las especies arbóreas y arbustivas (70-100 %); para las leguminosas herbáceas la germinación varió entre 80 y 100 %.

Muñoz *et al.* (2009), al realizar una valoración germinativa de 20 accesiones de leguminosas procedentes de diferentes tiempos de almacenamiento, en condiciones no adecuadas de humedad y temperatura, y sometidas a escarificación térmica y ácida antes de la siembra, determinaron que las semillas de las accesiones con más de 12 años de almacenamiento inadecuado tuvieron porcentajes de germinación inferiores a 10 % para cualquiera de los tratamientos, excepto en *C. pubescens* cv. CIAT 438, *Centrosema* sp. cv. Derecha, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria. brownii* cv. 687, *Macroptilium atropurpureum*, *S. guianensis* cv. CIAT 136 y *Mimosa invisa*.

Las semillas del género *Leucaena* producidas en suelos ácidos presentaron dormancia (entre 10 y 98 %), que es un factor genético que influye significativamente en la germinación de las semillas, y de acuerdo con González *et al.* (2009) todo parece indicar que las accesiones procedentes de suelos ácidos siguen patrones similares a las cosechadas en suelos no ácidos (tabla 18). En cada una de las accesiones hubo diferencias significativas entre los tratamientos y los mayores valores de germinación se encontraron con el corte de cubierta. Todas las accesiones mostraron estado dormante (entre 10 y 98 %), el cual se apreció en la germinación del control y en la viabilidad con el corte de cubierta.

Tabla 18. Comportamiento de la germinación de las accesiones de leucaena procedentes de suelo ácido

Accesiones/Tratamiento	Control	Corte de cubierta	Agua a 80 °C/2 min	SD, %	ES±
<i>L. diversifolia</i> CIAT 17503	16,6 ^b	81,6 ^a	78,3 ^a	65,0	4,71***
<i>L. leucocephala</i> cv. Perú	34,6 ^b	88,0 ^a	80,0 ^a	53,4	5,70**
<i>L. leucocephala</i> IH-154	20,0 ^b	54,6 ^a	45,3 ^a	34,6	6,62*
<i>L. leucocephala</i> IH-1140	3,3 ^b	78,0 ^a	74,0 ^a	74,7	6,27***
<i>L. macrophylla</i> CIAT 17233	0,0 ^b	98,0 ^a	96,0 ^a	98,0	1,53***
<i>L. diversifolia</i> CIAT 17270	4,0 ^b	84,0 ^a	84,0 ^a	80,0	2,30***
<i>L. diversifolia</i> IRIS 17503	17,4 ^c	81,0 ^a	76,4 ^b	63,6	0,45***
<i>L. macrophylla</i> CIAT 17231	0,0 ^b	97,0 ^a	96,0 ^a	97,0	0,75***
<i>L. leucocephala</i> IH-175	29,0 ^c	89,0 ^a	86,0 ^b	60,0	0,46***
<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	33,8 ^c	86,0 ^a	81,3 ^b	52,2	0,50***

Accesiones/Tratamiento	Control	Corte de cubierta	Agua a 80 °C/2 min	SD, %	ES±
<i>L. macrophylla</i> CIAT 17238	8,0 ^c	77,0 ^a	56,0 ^b	69,0	3,61***
<i>L. leucocephala</i> CIAT 17224	25,0 ^c	76,7 ^a	70,1 ^b	51,7	0,45***
<i>L. leucocephala</i> cv. K-28	18,0 ^c	74,7 ^a	69,0 ^b	56,7	0,46***
<i>L. leucocephala</i> P I-24	4,0 ^c	14,0 ^a	5,3 ^b	10,0	1,01**
<i>L. leucocephala</i> CIAT 7964	0,0 ^b	30,0 ^a	22,0 ^a	30,0	3,42**
<i>L. leucocephala</i> K-67	26,6 ^c	86,0 ^a	42,6 ^b	60,0	2,95***
<i>L. lanceolata</i> CIAT 17252	11,0 ^b	100,0 ^a	90,0 ^a	89,0	2,93***
<i>L. leucocephala</i> CIAT 7986	19,0 ^c	75,0 ^a	68,3 ^b	56,0	0,59***
<i>L. leucocephala</i> CIAT 17251	20,0 ^c	54,0 ^a	47,3 ^b	34,0	0,42***
<i>L. leucocephala</i> CIAT 9437	21,0 ^c	66,30 ^a	56,3 ^b	45,3	0,86 ***
<i>L. leucocephala</i> CIAT 7929	21,9 ^c	80,0 ^a	48,7 ^b	58,1	0,71***

a, b, c: Medias con diferentes superíndices en cada fila difieren según $p < 0,05$ (Duncan, 1955) * $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

SD: Semilla dormante

Ruptura de dormancia y tratamientos pre-siembra

La madurez de la semilla y su germinación siguen una secuencia directa en la vida de una planta, pero normalmente están separadas en tiempo (horas hasta años). Esta inactividad o dormancia es una ventaja en condiciones naturales, pero resulta indeseable en las de cultivo. Es factible que las semillas salgan de este estado mediante la aplicación de tratamientos. Una vía es la posmaduración durante el almacenamiento a bajas temperaturas (González *et al.*, 1988).

Se realizaron estudios para obtener incrementos en la germinación (tabla 19). En las semillas de *A. gayanus* CIAT-621 almacenadas en frigorífico se recomienda la aplicación de preenfriamiento (5 °C/15 días) antes de la siembra, y para las pruebas de laboratorio se sugiere la eliminación de las cubiertas florales; esto último es válido también para *U. decumbens* cv. Basilisk. En las gramíneas es factible el uso de temperaturas alternas de 37 °C/5 °C y 5 °C/37 °C (*C. ciliaris*) y 60 °C/5 °C (*U. decumbens* cv. Basilisk) aplicando cada una por un período de 24 horas entre los 0-9 y a los 6 y 9 meses, respectivamente.

Tabla 19. Efecto de los tratamientos en las semillas de gramíneas durante el almacenamiento

Especie	Germinación poscosecha, % (0 mes)	A	Meses	Tratamiento	Germinación, %	
					Tratada	Sin tratar
<i>A. gayanus</i> CIAT-621	26,5	Am	4	5 °C/15 días***	49,0	17,5
	26,5	Am	0-8	Quitar cubiertas**	44,5-64,7	26,5-64,5
	26,5	F	4-12	5 °C/15días***	40,7-72,3	26,5-50,2
	26,5	F	0-22	Quitar cubiertas**	44,7-80,9	26,5-65,3
<i>U. decumbens</i> cv. Basilisk	15,0	-	0	5 °C/15 días***	37,0	15,0
	15,0	F	6 y 9	60 °C/5 °C**	(24:24 h) 58,0 y 59,0	27,0 y 33,0
	15,0	F	0-12	Quitar cubiertas**	25,0-55,0	15,0-42,0
	15,0	Am	0-3	60 °C/5 °C**	(24:24 h) 24,7-36,5	15,0-22,6
	15,0	Am	0-3	Quitar cubiertas**	25,7-38,0	15,0-22,6

Especie	Germinación poscosecha, % (0 mes)	A	Meses	Tratamiento	Germinación, %	
					Tratada	Sin tratar
<i>C. ciliaris</i> híbrido CIH-2	21,5	F	0-9	No requiere	-	21,5-43,5
	21,5	Am	0-9	37 °C/5 °C**	(24:24 h) 29,0-43,0	21,0-37,0
<i>M. maximus</i> híbrido CIH-3	1,0	Am	0-6	No requiere	-	1,0-69,7
	1,0	F	0-9	No requiere	-	1,0-70,5

** : Aplicado en el momento de la siembra

A: Almacenamiento

F: Frigorífico

Am: Ambiente

***: Aplicado antes de sembrar

Las semillas de las leguminosas se caracterizan por las cubiertas duras e impermeables. Resultados significativos se han obtenido con la aplicación de agua a 80 °C y tiempos de exposición entre 30' y 2' en *T. labialis* cv. Semilla Clara en el momento de la siembra o antes del almacenamiento. En *L. leucocephala* cv. Cunningham se sugiere este tratamiento con tiempos de exposición entre 2' y 60" de 0-30 meses de almacenamiento; mientras que en las semillas de estilosantes se recomienda durante 2', pero hasta los 8 meses de almacenamiento. En esta última especie lo más beneficioso es la congelación de las semillas durante 48 h desde 0 hasta 16 meses de cosechadas (tabla 20).

Tabla 20. Efecto del tratamiento en las semillas de leguminosas durante el almacenamiento

Especie	Germinación poscosecha, % (0 mes)	A	Meses	Tratamiento	Germinación, %	
					Tratada	Sin tratar
<i>T. labialis</i> cv. Semilla Clara	27	F	36	H ₂ O a 80 °C/2'(**)	90,6	64,5
	27	F	36	H ₂ O a 80 °C/2'(*)	80,2	64,5
<i>S. guianensis</i> cv. CIAT-184	35	F	8	H ₂ O a 80 °C/2'(**)	57,5	33,0
	35	F	16	Congelación/48 h	82,7	56,9
<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	18	F	30	H ₂ O a 80 °C/2'(**)	91,0	37,0
	18	Am	30	H ₂ O a 80 °C/2'(**)	77,9	43,6
<i>L. purpureus</i> cv. Rongai	68	F	24	No requiere	-	95,2
	68	Am	24	No requiere	-	78,7

*: Aplicado antes de almacenar

A: Almacenamiento

F: Frigorífico

Am: Ambiente

** : Aplicado en el momento de sembrar

Reino *et al.* (2011) determinaron la combinación óptima de los tratamientos de temperatura y escarificación para las semillas de *Indigofera* sp., *Desmanthus virgatus*, *Clitoria ternatea*, *Crotalaria* sp. y *C. pubescens*, así como su efecto en la germinación. La mejor combinación fue la temperatura alterna de 25/30 °C y escarificación con ácido en todas las especies, excepto en *Crotalaria* sp., en la que resultó mejor el agua a 80 °C durante 2 minutos, combinada con 25/30 °C.

Gómez *et al.* (2009a) en un estudio de escarificación de las semillas de la especie arbórea *Samanea saman*, encontraron el mejor resultado con el método de inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 h, que no difirió de agua a punto de ebullición durante 15 minutos; ambos alcanzaron una emergencia por encima de 67 % y, a su vez, fueron superiores al resto de los tratamientos y al control, lo que evidencia la posibilidad de utilizarlos para romper la dormancia inicial de las semillas frescas de esta especie.

Con el objetivo de favorecer la germinación en semillas de *A. lebeck* almacenadas en condiciones ambientales, Navarro *et al.* (2010a) evaluaron diferentes métodos presiembra (tabla 21) mediante la

escarificación húmeda y seca. Al analizar el comportamiento de la germinación, desde el inicio del almacenaje hasta los 7 meses, se apreció una afectación debido al H_2SO_4 y al agua caliente, lo cual apoya el criterio acerca de la agresividad al embrión de ambos métodos presiembra, mientras que su efecto fue beneficioso entre 8 y 12 meses; ello pudo estar asociado a una mayor impermeabilización de las cubiertas seminales como resultado del aumento de la edad fisiológica de las simientes y las condiciones del almacén. El remojo durante 24 h en agua a temperatura ambiente no ocasionó aumento ni disminución en la capacidad germinativa de las semillas, por lo que se deduce que dicho método ofrece determinadas posibilidades para ser considerado como una alternativa de escarificación húmeda en *A. lebbeck*. Se debe resaltar la eficacia del corte de cubierta como un método para la escarificación seca, a pesar de los resultados aceptables mostrados por el control.

Tabla 21. Métodos de escarificación antes de la siembra en el vivero

Escarificación	Método	Procedimiento
Húmeda	Ácido	Exposición a H_2SO_4 a 96 % de concentración durante 15 minutos
	Agua caliente	Inmersión en H_2O a 80 °C durante 3 minutos
	Remojo	Inmersión en H_2O a temperatura ambiente durante 24 horas
	Control	Sin tratamiento
Seca	Pinchazo	Pinchazo con aguja entomológica región dorsiventral de la semilla
	Corte de cubierta	Corte ligero de la cubierta seminal en la zona opuesta al embrión
	Control	Sin tratamiento

Al analizar la emergencia de las plántulas de albizia después de la aplicación de diferentes tratamientos para la ruptura de dormancia (Navarro *et al.*, 2010b), se concluyó que el corte de cubierta es un método apropiado para estas semillas; además el remojo constituye otra alternativa para la escarificación. Al mismo tiempo se considera oportuno evaluar otras combinaciones para la concentración del H_2SO_4 y la duración de la exposición de las semillas a este ácido, así como para la temperatura del agua y el tiempo de inmersión. Debido a que el corte de cubierta es un método trabajoso y delicado, y para optimizar el proceso se plantea que deben investigarse otras técnicas, incluyendo innovaciones tecnológicas.

Otra de las arbóreas estudiadas fue *L. leucocephala*; en este sentido González *et al.* (2012) en el cv. Cunningham evaluaron el efecto del almacenamiento al ambiente en la germinación de semillas sometidas a hidratación parcial. Las semillas que se sometieron a la combinación del tratamiento con hidratación parcial, antes de almacenarlas al ambiente, se mantuvieron revigorizadas para la germinación hasta los 30 meses.

Ramírez *et al.* (2012) evaluaron el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos en las semillas de *L. leucocephala*, *Pithecellobium dulce* (yacure) y *Ziziphus mauritiana* (manzanita), así como las características morfológicas de las plántulas emergidas. En leucaena la interacción entre el tiempo de remojo y la escarificación con lija presentó diferencias significativas en el porcentaje de emergencia; las semillas que se escarificaron con lija durante 20 minutos y se remojaron en agua durante 24 h, presentaron una emergencia de 86,67 % a los 14 días. En yacure, el tiempo de remojo mostró diferencias significativas en la emergencia y los tiempos de 48 y 96 h redujeron su porcentaje. En yacure y manzanita hubo 91,3 % de emergencia a los 14 días y 98,4 % a los 21 días, y la tasa de emergencia fue de 4,61 y de 8,93 días, respectivamente. Los autores concluyeron que solo las semillas de leucaena necesitaron tratamientos pregerminativos y que las plántulas de las tres especies mostraron un desarrollo homogéneo y rápido.

Durante la evaluación del efecto de tres tiempos de remojo de las semillas de moringa en la germinación y supervivencia en condiciones controladas (Padilla *et al.*, 2012), se detectó que en la primera

fase el mayor porcentaje de germinación ($p < 0,001$) se presentó entre los 11-15 días en las semillas remojadas durante 24 h (86 %), que no difirió de las remojadas durante 48 h. El porcentaje de las plantas germinadas fue mayor ($p < 0,05$) entre los 16-21 días, y ocurrió en el testigo sin remojar, que no difirió del tratamiento de 48 h de remojo. A partir de los 20 días de sembradas en el campo, los tratamientos con remojo de las semillas no afectaron significativamente el número de hojas/planta. Estos autores concluyeron que se deben remojar las semillas de moringa con agua corriente durante 24 h antes de la siembra para acelerar su germinación en el campo.

Montejo y Sánchez (2012) evaluaron el efecto de diferentes tratamientos de escarificación ácida en combinación o no con tratamientos hídricos, en la emergencia de la semilla de diferentes procedencias; así como en el crecimiento y la supervivencia de las plántulas de *Hibiscus elatus*, sometidas a diferentes condiciones de riego durante su permanencia en vivero. Los tratamientos pregerminativos fueron adecuados para incrementar la emergencia y el crecimiento de las plántulas en relación con el control (semillas no tratadas), para todas las procedencias, aunque el efecto positivo dependió de la cantidad de riego del sustrato.

La hidratación parcial es otro tratamiento pregerminativo para acelerar, incrementar y uniformar la germinación en las semillas de las leguminosas herbáceas y arbóreas, que consiste en la inmersión de la semilla en agua durante un período determinado con deshidratación previa a la siembra o sin ella (Orta *et al.*, 1998); esto se ha aplicado con resultados satisfactorios en semillas de *M. atropurpureum*, *C. spectabilis*, *M. invisa* y *L. leucocephala* cv. Cunningham. Similares estudios fueron desarrollados por González *et al.* (2009a) en *A. lebeck* y *G. sepium* (tabla 22).

Tabla 22. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación (20-48 h) en la germinación final de las semillas de leguminosas arbóreas

Especie/Tratamiento		Semillas envejecidas			Semillas frescas		
		25-35 °C	25-40 °C	25-45 °C	25-35 °C	25-40 °C	25-45 °C
<i>Gliricidia sepium</i>	T1	94,3 ^{ab}	88,0 ^e	23,0 ^h	98,0 ^b	70,2 ^f	18,0 ⁱ
	T2	93,2 ^{bc}	90,1 ^d	32,0 ^g	95,3 ^c	88,0 ^e	26,0 ^h
	T3	95,2 ^a	93,2 ^c	40,0 ^f	100,0 ^a	90,0 ^d	53,0 ^g
	int.		0,38 ^{***}			0,30 ^{***}	
<i>Albizia lebeck</i>	T1	16,3 ^e	13,0 ^f	0,0 ^h	43,2 ^a	30,4 ^e	2,5 ^h
	T2	34,0 ^a	23,0 ^b	5,2 ^g	44,0 ^a	40,0 ^c	15,3 ^f
	T3	22,0 ^c	19,0 ^d	0,0 ^h	42,0 ^b	38,0 ^d	10,2 ^g
	int.		0,16 ^{***}	-		0,29 ^{***}	

a, b, c, d, e, f, g, h: Medias con diferentes superíndices en las columnas, por especie y edad, difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0,001$

*T1: semillas no hidratadas

T2: semillas hidratadas hasta cerca del final de la fase I

T3: semillas hidratadas hasta dos horas antes de la germinación visible

Banco de semilla del suelo

El mecanismo principal que utilizan las plantas para lograr su duración en el tiempo y mantener su población es la producción de semilla. Así, el conocimiento del banco o la reserva de semilla en el suelo de un pastizal puede ser un factor importante para predecir los cambios poblacionales bajo diferentes manejos (Kitahara *et al.*, 1989; Marcante *et al.*, 2009). El manejo estratégico del banco de semilla en el suelo puede disminuir los costos de renovación de los pastos, ya que se aprovechan las ventajas naturales de distribución y estabilidad de las diferentes especies, lo cual tiene un impacto positivo en el ecosistema del lugar.

En la EEPFIH, Reyes *et al.* (2013) desarrollaron una investigación con el objetivo de determinar la composición, por géneros, del banco de semilla de un suelo Ferralítico Rojo en explotación ganadera;

el cual estaba insertado en un sistema silvopastoril multiasociado con más de diez años de explotación. El estudio permitió identificar ocho géneros de gramíneas y leguminosas; los más frecuentes fueron: *Megathyrsus* (78,7 %), *Leucaena* (9,27 %), *Neonotonia* (6,03 %) y *Teramnus* (2,35 %). Hubo diferencias significativas a favor de la profundidad de 0-5 cm, en la cual se encontró la mayor proporción de semillas. Algunos indicadores de la calidad de la semilla en el banco del sistema multiasociado se muestran en la tabla 23. Hubo una alta viabilidad en los diferentes géneros y una germinación muy variable, así como un alto porcentaje de dureza para *Neonotonia* y *Leucaena* (88,5 y 56,7 %, respectivamente), aunque todas las leguminosas mostraron una alta viabilidad. La alta presencia de simientes con cubierta dura puede ser una ventaja en la permanencia del banco de semilla de estos géneros, ya que tal mecanismo constituye una protección para lograr la supervivencia en condiciones meteorológicas adversas (Cooper, 2004; González *et al.*, 2012). En condiciones naturales, el tegumento se va haciendo permeable y es suficiente una germinación de 10-13 % de la semilla al año, para conseguir la supervivencia (Paíz, 1996). Por otro lado, las especies que poseen un elevado potencial reproductivo, así como las semillas con muy poca latencia, sufren grandes variaciones en el tamaño de su población en el suelo.

El estudio permitió identificar una alta reserva de semilla de guinea en el suelo del sistema multiasociado, así como diversidad de géneros de leguminosas. Además, se encontró un alto porcentaje de semilla en el estrato superior del suelo (0-5 cm), lo que puede constituir una ventaja en los procesos de renovación de los pastizales con estas plantas.

Tabla 23. Calidad de la semilla de leguminosas en el suelo (%)

Género	Germinación	Viabilidad	Dureza
<i>Neonotonia</i>	11,4	100	88,5
<i>Teramnus</i>	62,1	96,5	34,5
<i>Leucaena</i>	32,4	89,2	56,7
<i>Centrosema</i>	50,0	50,0	0

Vigor de las semillas

Ferguson (1995) planteó que el vigor de la semilla, en un intento de conceptualizar este indicador, se basa en el comportamiento físico o fisiológico de un lote de semillas, e incluye: 1) los cambios en los procesos bioquímicos; 2) la tasa y uniformidad de germinación, y crecimiento de las plántulas, y 3) la germinación o capacidad de emergencia de las semillas al ser expuestas a condiciones de estrés. Sin embargo, este autor nunca desarrolló experimentalmente ningún procedimiento para integrar estos tres principios.

Además, la detección del deterioro de la semilla a través de las pruebas de vigor puede ser entendida como un componente importante en la evaluación de la calidad fisiológica y, de acuerdo con lo planteado por TeKrony (2006), contribuye a la solución de problemas de la industria semillera, tales como el almacenamiento; aunque otros elementos, como el momento óptimo de cosecha, el sudado y el secado, pueden estar involucrados.

Dentro de los aspectos relacionados con la producción agrícola, el establecimiento de las plántulas es la primera oportunidad real para una evaluación práctica, tanto de la calidad de las semillas, como del efecto de los procedimientos utilizados en el momento de la siembra (Marcos-Filho, 2005).

De acuerdo con lo señalado por Navarro *et al.* (2012), la estimación del vigor en su concepto integrado y dinámico constituye la interacción de las propiedades bióticas y abióticas que influyen en las semillas, y que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de estas en el tiempo, tales como: la expresión de la viabilidad, la dormancia, la germinación y la emergencia. Por ello, para predecir la emergencia de las plántulas en el campo se debe considerar el vigor de la semilla como parte esencial de la calidad.

El uso de una metodología adecuada para estimar el vigor, permite predecir el desempeño de las semillas en las condiciones del campo, lo que reduce los riesgos y las pérdidas, a la vez que permite mejorar la competencia en el mercado al ofrecer una semilla de mayor calidad. Ante esta situación, existe una necesidad creciente de métodos que permitan evaluar de forma rápida y eficiente la calidad fisiológica de las semillas y, por lo tanto, propiciar que se tomen decisiones respecto a la cosecha, el procesamiento, el almacenamiento y la comercialización de las semillas (Barros y Marcos-Filho, 1997; Pinto *et al.*, 2007). Sobre la base de la reciente disponibilidad de tecnologías y hallazgos fisiológicos, los métodos de evaluación están mejorando constantemente (Kodde *et al.*, 2012; Matthews *et al.*, 2012). No obstante, la variedad de modelos puede dar como resultado diferentes interpretaciones del vigor de la semilla.

Las investigaciones, incluyendo las de naturaleza biológica, relacionadas con el vigor y la confección de metodologías apropiadas, hacen hincapié fundamentalmente en especies hortícolas de diferentes ambientes, principalmente en áreas de clima templado. Sin embargo, Navarro *et al.* (2015a) plantearon que las investigaciones en esta dirección son en general escasas y fragmentadas en especies tropicales prateras y más aún en plantas de leguminosas de hábito de crecimiento arbustivo y arbóreo.

En Cuba los primeros reportes en la literatura científica, para los grupos de plantas anteriormente mencionados, comenzaron con los estudios de Navarro (2009), quien al conceptualizar el término vigor logró un nuevo enfoque, como concepto integrado y dinámico, y que puede considerarse como la interacción de aquellas propiedades bióticas y abióticas que influyen en las semillas y que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las mismas en el tiempo, como son la expresión de la viabilidad, la dormancia, la germinación y la emergencia. Por ello, no se puede desvincular el vigor como parte esencial de la calidad de las semillas. No obstante, con anterioridad se desarrollaron algunas investigaciones que emplearon variables numéricas o variables fisiológicas relacionadas con el vigor.

Combinación de variables biológicas y artificios matemáticos

El principal desafío de las investigaciones acerca de las pruebas de vigor está en la identificación de indicadores relacionados con el deterioro de las semillas, que preceden a la pérdida de la capacidad germinativa y la calidad (Navarro *et al.*, 2015b).

La evaluación del vigor durante la germinación, la emergencia y el crecimiento de las plántulas consta de dos partes: la expresión del vigor considerada de manera puntual y el vigor visto en el tiempo a través del almacenamiento. Navarro *et al.* (2012) lograron conjugar los aspectos anteriores con el desarrollo de un índice denominado “índice de eficiencia”, a partir de la adecuación del modelo estadístico de Torres *et al.* (2008) para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria, y sin la necesidad de realizar pruebas de laboratorio complejas, propusieron una metodología original e integral para la estimación del vigor de las semillas como indicador de la calidad y el éxito posterior de la siembra de una plantación. Estos autores plantearon las bases conceptuales para establecer la importancia y eficiencia del comportamiento global de las variables biológicas para cada tiempo de almacenamiento, independientemente del método de escarificación.

La función de Weibull (Weibull, 1951) fue propuesta por Brown y Mayer (1988), después de analizar un conjunto de funciones no lineales, lineales ajustadas y logísticas, como un modelo de procesamiento de datos para la comparación del vigor basado en la frecuencia de la germinación acumulada. Anteriormente, Scott *et al.* (1984) concluyeron que los parámetros contenidos en ella definen parcialmente las principales características del proceso germinativo y de la emergencia.

A través de la función Weibull modificada, (Navarro *et al.*, 2013a) evaluaron el vigor de las semillas de *A. lebeck* durante la emergencia de las plántulas. Estos autores establecieron las bases para la estimación del vigor de las semillas mediante el análisis integrador de los tres parámetros de la función modificada: M (emergencia acumulada máxima), k (tasa de emergencia) y Z (retraso para el inicio de la emergencia). El análisis global de los parámetros biológicos, evaluados en tres condiciones de siembra y diferentes tiempos de almacenamiento de las semillas, indicó un grado de vigor alto cuando las siembras

se realizaron en el vivero a pleno sol a los 6 meses de iniciado el almacenamiento. Ello significa que las semillas en este tiempo no solo germinan más rápido, sino que tienen mayor emergencia, lo cual resulta ventajoso para el establecimiento de las plántulas de albizia en las condiciones de campo.

Análisis computarizado de las semillas y las plántulas

Silva *et al.* (2013) aseveran que la integración de los sistemas de análisis de imágenes con las pruebas de vigor consideradas tradicionales, puede contribuir al desarrollo de metodologías que permitan auxiliar en la estandarización de las mencionadas pruebas.

La prueba de rayos X está recomendada en las Reglas del ISTA (ISTA, 2004) y en las Reglas de Análisis de Semillas (RAS) de Brasil (MAPA-ACS, 2009). Esa técnica, por tratarse de un método no destructivo, posibilita la realización de ensayos fisiológicos con las semillas sometidas a radiación, lo que permite el establecimiento de relaciones de causa y efecto (Cicero y Banzatto Junior, 2003) entre los daños o las alteraciones observados internamente en las simientes y los prejuicios causados a la germinación (Cicero *et al.*, 1988).

Una cantidad considerable de investigaciones con rayos X en semillas relacionan el estudio de la morfología interna con el potencial fisiológico de las simientes de diversas especies (Cicero, 2010). Gomes-Junior (2010) reseñó los resultados más sobresalientes, por especie, para la evaluación de la morfología interna de semillas con la utilización de rayos X y su interpretación con el auxilio de los softwares Tomato Analyzer e Image-Pro® Plus, los que permiten determinar el área embrionaria o de espacios vacíos en el interior de la semilla y establecer relaciones con el vigor.

Navarro *et al.* (2015a) determinaron la eficacia del test de rayos X, a través del Image-Pro® Plus, para evaluar la morfología interna y su relación con el potencial fisiológico de las semillas de *Morus alba* cv. YU-62.

A través de los años se ha propuesto varios sistemas de análisis de imágenes de plántulas para el análisis del vigor de las semillas. Sako *et al.* (2001) sugirieron un método automatizado para la evaluación del vigor por medio de la captura de imágenes de plántulas y determinaciones simultáneas de la longitud del hipocótilo, de la raíz primaria, de la plántula entera y de la relación raíz/hipocótilo. La técnica incluye el procesamiento de las imágenes con el uso del software “Seed Vigor Imaging System” (SVIS®), desarrollado en la Universidad Estatal de Ohio.

El SVIS® fue modificado y adaptado para la evaluación del vigor de las semillas de soja por Hoffmaster *et al.* (2003) y Marcos-Filho *et al.* (2009). Una ventaja adicional del sistema es su bajo costo comparado con las pruebas tradicionales del vigor.

La integración de los sistemas automatizados con las pruebas de vigor consideradas tradicionales en la evaluación de la calidad de las semillas, puede contribuir al desarrollo de metodologías que permiten la estandarización de los test de vigor (Marcos-Filho, 2010).

Partiendo de este precepto, Navarro *et al.* (2015a) determinaron 30 °C como la temperatura óptima de germinación de las semillas de *Moringa oleifera* mediante la evaluación de su potencial fisiológico y el análisis computarizado de las plántulas con apoyo del programa SVIS®.

Mientras tanto en la especie *Jatropha curcas*, se realizó un estudio para evaluar el manejo de la irrigación en la morfología interna de las semillas y establecer la relación con el vigor a través del análisis de imágenes (Navarro *et al.*, 2014). En este trabajo se empleó el software Tomato Analyzer® para la determinación del espacio vacío (EV) entre el embrión y el endosperma en relación con el área total de la simiente, y el SVIS® para la obtención de los índices de vigor, de crecimiento, de uniformidad y la longitud de las plántulas; además, se determinaron otras variables consideradas tradicionales para la evaluación del vigor. Estos autores concluyeron que para los diferentes manejos de irrigación EV es un indicador estrechamente relacionado con el vigor de las semillas y que las variables asociadas a la germinación no describen con veracidad el comportamiento fisiológico de los lotes y/o no se relacionan directamente con la morfología interna de estas. Las semillas de las plantas que recibieron la

irrigación a través del pivote central, fueron más vigorosas que aquellas en las que se aplicó el riego por goteo. Por otra parte, se demostró que Tomato Analyzer® y SVIS® constituyen alternativas para evaluar el vigor de las semillas de *Jatropha* con ventajas sobre los métodos tradicionales.

Producción integrada semilla-ganadería-agricultura

Los nutrimentos esenciales para el crecimiento y la producción de forrajes fluyen en un ciclo entre el suelo, la planta, el animal y nuevamente el suelo. El papel de los animales en esta dinámica es muy importante pues una proporción grande de los minerales consumidos se devuelve al suelo a través de las excretas. La integración de empresas de producción de semillas y de cría animal tiene notables exigencias en la pericia del manejo, pues en un pastoreo juicioso se pueden obtener buenos rendimientos de semilla y con ello proporcionar una segunda fuente de ingresos.

En el presente capítulo se abordó el sistema de gramíneas y leguminosas que se siembran en determinadas regiones donde las especies están adaptadas y producen forraje y semilla con altos rendimientos. El propósito básico del ganadero es producir suficiente forraje para el ganado, pero mediante un manejo adecuado del área se convierte en determinada época del año, en productor de semilla, que se considera una producción secundaria de gran valor económico. Este método es relativamente barato cuando el que conduce el sistema posee los conocimientos y la experiencia para darle al área un manejo correcto.

Las alternativas que permiten la integración de la producción de semilla de especies forrajeras con la actividad ganadera, son diversas. Esta combinación genera beneficios directos al sistema de explotación y a su sostenibilidad.

Cosecha de semilla en áreas de pastoreo

Los productores de semilla elevan la eficiencia de sus tierras mediante el uso múltiple de los cultivos para semilla, para corte o pastoreo. Esta alternativa ofrece amplias posibilidades al pastorear los campos de semilla en ciertos momentos del año, quizás combinando la defoliación hecha por los animales con una siega subsiguiente.

El daño que ocasionan las vacas a los racimos de semilla es mínimo debido al hábito de pastoreo del bovino, el cual selecciona primero las hojas y después los tallos más tiernos, eludiendo los fibrosos en los cuales aparecen las inflorescencias. Al realizar pastoreos post cosechas en *A. gayanus* se observa un aumento en el número de macollas florecidas. En Cuba se demostró la posibilidad de producir semilla de esta especie en áreas de pastoreo sin influir en el manejo de los animales (tabla 24), al realizar la cosecha después de que estos pastorearon en el área (Iglesias *et al.*, 1996). La producción del área que se pastó intensamente por los animales antes de la cosecha fue similar a un área que se cosechó y después se pastoreó.

Tabla 24. Características de la producción de semilla de *A. gayanus*

	Sistemas	
	Sin pastoreo	Con pastoreo
Rendimiento de semilla total, kg/ha	44,4	44,4
Pureza, %	19,0	20,0
Viabilidad, %	80,0	84,0
Rendimiento de semilla pura, kg/ha	8,43	8,88
Germinación, %	11,25	10,75
Rendimiento de SPG, kg/ha	0,948	0,954

La baja producción de semilla se debe a que el área tenía más de ocho años de establecida, y las gramíneas como *Andropogon* presentan el inconveniente de que a medida de que envejecen los campos

sembrados, disminuyen su producción. También influyó negativamente el manejo de la rotación con tiempos de reposo no adecuados para áreas productoras de semilla y la ausencia de fertilizantes en los últimos tres años de pastoreo.

A pesar de la baja producción de semilla/ha obtenida con la cosecha post pastoreo, se demuestra la factibilidad de esta práctica en unidades destinadas a la producción ganadera.

Los estudios desarrollados en México durante 14 años para producir *Neonotonia. wightii* cv. Tinaroo en condiciones de trópico seco y pastoreo controlado, indican que es posible producir altos volúmenes de semilla, comparables a los reportados en otros países.

Se señaló que con la inclusión del componente animal se logra un sistema más integral que maximiza la utilización del suelo.

Cosecha de semilla en áreas del banco de proteína

Se ha demostrado que es posible cosechar las áreas del banco de proteína pastoreadas, segregando una parte, que puede estar entre 10 y 20 %, lo que permite la siembra en otras granjas o lecherías y el fomento de las áreas existentes.

Cosecha de semilla en áreas de producción de forraje y grano

Entre las alternativas para el corte del forraje en áreas de producción de semilla se destaca un trabajo de Gómez *et al.* (2005) con diferentes frecuencias de corte del forraje en *M. maximus* cv. Likoni en las condiciones del valle del Cauto. Los resultados mostraron variabilidad en el rendimiento de semilla total y en el número de raquicillos por panícula durante la época de seca. Los mejores indicadores cuantitativos y cualitativos de la semilla en esta especie, se obtuvieron cuando el corte de forraje se realizó después de una y de dos cosechas.

El intercalamiento de cultivos temporales de grano en áreas de producción de semilla de *Centrosema* híbrido CIAT 438, constituyó otra variante de integración agrícola conducida por Gómez *et al.* (2009b). Los resultados en la composición botánica de centrosema fueron similares estadísticamente entre tratamientos a los 90 y 180 días después de la siembra, con valores superiores a 65 y 92 %, respectivamente. Esto evidencia que no hubo efecto del cultivo acompañante en el establecimiento de la leguminosa y su rendimiento difirió significativamente ($p < 0,01$) entre tratamientos, con la mejor respuesta en las combinaciones con girasol y maíz, las cuales resultaron similares entre sí. El rendimiento de MS de la leguminosa en el corte de establecimiento fue superior en los policultivos (1,79 a 1,84 t/ha) con respecto al cultivo puro de centrosema (1,53). De estos resultados se deduce que los cultivos temporales evaluados no afectaron el establecimiento de *Centrosema* híbrido CIAT-438. y contribuyeron a elevar el rendimiento de MS y de semilla.

Pastoreo en áreas del banco de semilla

La permanencia de animales en los bancos de semilla se debe manejar con cautela si estos pastaron previamente en especies no incluidas en el sistema de producción de semilla que se trabaja.

Oquendo *et al.* (2008) evaluaron la factibilidad de la producción de semilla de variedades de *M. maximus* con diferentes métodos de propagación (semilla y macolla), en un sistema intensivo de ceba de ganado vacuno. Los resultados demostraron la existencia de interacciones favorables entre los métodos de siembra y las variedades Likoni, Mombasa, Tanzania, Tobiatá y guinea común. En todo el sistema de explotación se obtuvo un aporte adicional superior a los \$ 1 000/ha por concepto de producción de semilla, sin afectar la producción animal, en la que se obtuvieron ganancias superiores a los 800 g/animal/día y una producción promedio de 46 212 t de carne en pie por ciclo de ceba.

Interacción semilla-ganadería en sistemas silvopastoriles

Para la implantación del silvopastoreo en Cuba es imprescindible fomentar las áreas de producción de semilla forrajera, tanto de arbóreas como pratenses, en las propias áreas en explotación, con vistas a maximizar el uso de la tierra. Esto conlleva a un aumento en las salidas del sistema y contribuye al logro de su sostenibilidad.

La utilización de bovinos en el sistema integrado propicia la disminución de las tareas de limpieza del área de semilla y un considerable aporte de abono orgánico (heces y orina). En la tabla 25 se muestran los resultados de un estudio en el que se comparó la producción de semilla de *L. leucocephala* y *M. maximus* cv. Likoni, en una unidad de tierra acuartonada donde pastaban, de forma rotacional, animales en desarrollo (hembras Cebú y de retrocruce). La combinación de la producción de semilla de ambas especies se comparó a través de diferentes tratamientos relacionados con el tipo de fertilizante orgánico aplicado al suelo. La mayor producción, tanto para la likoni como para la leucaena (42,5 y 258,9 kg/ha, respectivamente), se logró con el empleo del follaje de arbóreas como abono.

Tabla 25. Producción de semilla total (kg/ha) durante el primer año de evaluación

Tratamiento	Guinea Likoni	Leucaena
Follaje + 20 t de cachaza	31,3	246,8
20 t de cachaza	30,4	230,6
Follaje solo	42,5	258,9
Control	32,2	246,6

Efecto del contenido ruminal sobre la calidad de la semilla

Los animales ingieren gran cantidad de semilla durante el pastoreo y los valores de excreción diaria tienen rangos muy variables. Estas diferencias se deben a factores como la especie vegetal y animal, la característica y proporción de las semillas que ingieren, y la calidad de la dieta.

Las semillas de los pastos que mantienen su germinación después de pasar por el tracto digestivo, tienen una importancia notable en la introducción de nuevas plantas en el pastizal, el mantenimiento del banco de semilla del suelo y la persistencia al aumentar la expansión de la especie establecida. El efecto de la digestión ruminal en la germinación de algunas semillas de leguminosas tropicales se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Porcentaje de germinación de las semillas recuperadas

Especie	Germinación, %	
	Inicial	Final
<i>L. leucocephala</i>	16	14
<i>C. pubescens</i>	60	58
<i>Dichrostachys cinerea</i> (marabú)	0	0,5

Fuente: Reyes *et al.* (1994)

No se observaron cambios bruscos. El marabú sufrió un ligero aumento en la germinación que se puede relacionar con el efecto de la digestión ruminal en la escarificación de la cubierta de la semilla que es muy dura. La propagación de la semilla por el rumiante está sujeta a las condiciones mecánicas y químicas presentes en el rumen. Las semillas de *Pennisetum clandestinum* se consideran aptas

para la germinación después de permanecer 10 días en el contenido ruminal; sin embargo, la supervivencia de las semillas de *Ch. gayana* cv. Callide en ese medio no alcanza las 6 horas de inmersión. En general, todas las especies sufren deterioro debido a las cubiertas blandas que impiden la impermeabilización de los tejidos.

Una ventaja de la ingestión de semilla por los rumiantes es el aporte a la reserva del suelo (banco de semilla): al defecar en un área de pastoreo depositan cantidades considerables de semillas con calidad aceptable, que permanecerán allí en espera de condiciones ambientales propicias para la germinación y emergencia de las plántulas. Un estimado de bostas y semillas de *C. pubescens* en pastoreo tradicional y otro con altas cargas, se presenta en la tabla 27.

Tabla 27. Estimado del número de bosta y semilla de *C. pubescens*

Sistema de pastoreo	Bosta/ha	Semilla/ha
Tradicional	800	400
Altas cargas	2 500	1 250

Fuente: Adaptado de Reyes *et al.* (1994)

Tecnologías para la producción de semilla

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), desde su fundación en marzo de 1962, se centró en el fomento de los procesos de innovación en la ganadería cubana, y se ha destacado en las tecnologías para la producción, el beneficio y la conservación de semilla de pastos (Miranda *et al.*, 2012). Conjuntamente con el Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes (IIPF) y el Instituto de Ciencia Animal (ICA), la EPPFIH consideró adecuado el desarrollo de un nuevo enfoque para la generación, la difusión, la adopción y la mejora de las tecnologías de semillas, apropiadas para el productor primario, lo que exigió tomar en consideración sus necesidades y utilizar métodos participativos y asociados a la gestión de la tecnología y la innovación (Pérez *et al.*, 2007).

Asimismo, para potenciar el proceso de difusión y adopción se desarrolló y/o introdujo un enfoque centrado en el cliente y participativo, así como un conjunto de métodos y procedimientos asociados a la gestión empresarial y tecnológica, tales como los niveles de excelencia de las tecnologías y las fincas de producción de semilla, que incluyen procesos de *benchmarking* y mejora. Dicho proceso fue realizado en conjunto con el IIPF, el ICA, la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) y el Ministerio de la Agricultura (MINAG), y en él se consideró un conjunto de aspectos clave, presentados por Pérez *et al.* (2007), como son la concepción de la innovación en la propia finca, la interacción permanente investigador-productor, la capacitación, la producción orgánica y la diversificación productiva, entre otros, así como se establecieron los factores que influyen notablemente en dicho proceso. Con ello se potenció el desarrollo de las fincas existentes y la creación de 15 nuevas fincas.

A partir de estos resultados se enfocaron en la identificación participativa de las necesidades de capacitación y la construcción de un proceso de aprendizaje horizontal, como base para la adopción y difusión de las tecnologías de semilla de pastos (Navarro *et al.*, 2013b). Se diseñó, tomando en cuenta las necesidades detectadas en las fincas, el curso teórico-práctico “Producción y tecnologías de semillas de pastos tropicales”, cuyo programa general (fig. 1) se elaboró a partir de la experiencia de un equipo científico en la investigación, la capacitación y las consultorías, así como en la difusión y la adopción de tecnologías. En la proyección de dicho curso se utilizó la información obtenida en los intercambios con productores de los sectores formal e informal de producción de semilla, durante la ejecución de dos proyectos de I+D+i, financiados por el Ministerio de la Agricultura en su programa de ciencia y técnica “Extensionismo Agrario” (los proyectos a los que se hace referencia son: “Propuesta de un modelo de gestión para la difusión y adopción de tecnologías

para la producción de semillas en el sector ganadero cubano” y “Difusión y adopción de tecnologías para la producción de semillas de pastos con un enfoque empresarial y su impacto en la ganadería de las provincias de Villa Clara, Cienfuegos y Matanzas”).

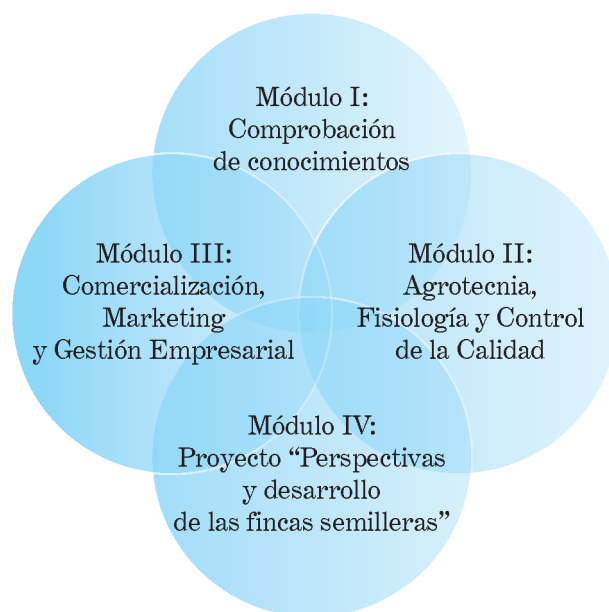


Fig. 1. Programa general del curso “Tecnologías para la producción de semillas de pastos tropicales”.

Referencias bibliográficas

- BAÑOS, G. R. *Influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba*. Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2004.
- BARROS, A. S. R. & MARCOS-FILHO, J. Testes para avaliação rápida do vigor de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*. 19 (2):288-294, 1997.
- BERNAL, E. J. Uso de semillas de buena calidad. In: *Pastos y Forrajes tropicales producción y manejo*. 5 ed. Bogotá. p. 427-435, 2008.
- BROWN, R. F. & MAYER, D. G. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Ann. Bot.* 61:127-138, 1988.
- CICERO, S. M. Aplicação de imagens radiográficas no controle de qualidade de sementes. *Informativo ABRA-TES*. 20 (3):48-51, 2010.
- CICERO, S. M. & BANZATTO JUNIOR, H. L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*. 25 (1):29-36, 2003.
- CICERO, S. M.; VAN DER HEIJDEN, G. W. A. M.; VAN DER BURG, W. J. & BINO, R. J. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. *Seed Sci. Technol.* 26:603-612, 1988.
- COOPER, ELISABETH J.; ALSOS, I. G.; HAGEN, D.; SMITH, FIONA M.; COULSON, S. J. & HODKINSON, I. D. Plant recruitment in the high arctic: Seed bank and seedling emergence on Svalbard. *J. Veg. Sci.* 15:115, 2004.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- FEBLES, G. Factores que afectan la germinación. I. Factores ocurrentes antes de la siembra. *Rev. cubana Cienc. agric.* 77 (9), 1975a.

- FEBLES, G. II Factores ocurrentes en el momento o después de la siembra. *Rev. cubana Cienc. agric.* 9:97-102, 1975b.
- FEBLES, G. & NAVARRO, G. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas. En: Los pastos en Cuba. In: La Habana: EDICA. p. 474, 1986.
- FEBLES, G. & RUIZ, T. E. Producción de semillas de especies pratenses y de otros cultivos. En: *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás.* San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 155, 2006.
- FEBLES, G.; RUIZ, T. E. & BAÑOS, R. Efecto del clima en la producción de semillas de pastos tropicales de gramíneas. *Rev. cubana Cienc. agric.* 43 (2):105-112, 2009.
- FEBLES, G.; TORRES, VERENA; BAÑOS, R.; RUIZ, T. E.; YAÑEZ, S. & ECHEVERRÍA, J. Aplicación del análisis multivariado para determinar la preponderancia de factores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas pratenses tropicales. *Rev. cubana Cienc. agric.* 45:45-52, 2011a.
- FEBLES, G.; TORRES, VERENA; BAÑOS, R.; RUIZ, T. E.; YAÑEZ, S. & ECHEVERRÍA, J. Utilización del índice de impacto para interpretar la influencia relativa de factores edafoclimáticos en la producción de semillas pratenses tropicales. *Rev. cubana Cienc. agric.* 45:53-57, 2011b.
- FEBLES, G.; TORRES, VERENA; RUIZ, T. E.; MARTINEZ, L.; DIAZ, H. & NODA, AIDA. Empleo del análisis multivariado para evaluar la producción de semilla en accesiones de *Leucaena leucocephala* en Cuba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 37:303-309, 2003.
- FERGUSON, J. An introduction to seed vigour testing. In: H. A. van de Venter, ed. *Seed vigour testing seminar.* Zurich: International Seed Testing Association. p. 14-19, 1995.
- FERNÁNDEZ, J. *Alternativas para la producción de semillas de Centrosema pubescens ecotipo Villanueva en la provincia de Las Tunas.* Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas, EEPF Indio Hatuey, 2006.
- FUNES, F.; YAÑEZ, S. & ZAMBRANA, T. *Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible.* La Habana: Asociación Cubana de Producción Animal, 1998.
- GOMES-JUNIOR, F. G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. *Informativo ABRATES.* 20 (3):33-39, 2010.
- GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, J. L.; OLIVERA, YUSEIKA & ARIAS, R. Efecto del estiércol vacuno en el establecimiento y la producción de semillas de *Teramnus labialis*. *Pastos y Forrajes.* 30 (2):213-219, 2007.
- GÓMEZ, I.; OLIVERA, YUSEIKA & BOTELLO, A. Efecto de diferentes métodos de escarificación en la emergencia de semillas frescas de *Samanea saman* (algarrobo). *Pastos y Forrajes.* 32 (4):355-361, 2009a.
- GÓMEZ, I.; OLIVERA, YUSEIKA; FERNÁNDEZ, J. L. & BOTELLO, A. Establecimiento y producción de semillas de *Centrosema híbrido* CIAT-438 (*Centrosema pubescens*), solas y asociadas con cultivos temporales en suelo vertisol. *Rev. cubana Cienc. agric.* 43:291-295, 2009b.
- GÓMEZ, I.; OLIVERA, YUSEIKA; VIEITO, E. & ESPINOSA, R. Alternativas para el corte del forraje en áreas de producción de semillas de *Panicum maximum* cv. Likoni. *Pastos y Forrajes.* 28 (2):127-131, 2005.
- GONZÁLEZ, YOLANDA; PÉREZ, A. & MATÍAS, C. Problemática de la producción de semillas en los pastos tropicales: segunda parte. *Pastos y Forrajes.* 11 (2):105-127, 1988.
- GONZÁLEZ, YOLANDA; PÉREZ, A. & PÉREZ, R. Determinación del momento óptimo de cosecha en *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. *Pastos y Forrajes.* 10 (3):212-218, 1987.
- GONZÁLEZ, YOLANDA; REINO, J. & MACHADO, R. Dormancia y tratamientos pregerminativos en las semillas de *Leucaena* spp. cosechadas en suelo ácido. *Pastos y Forrajes.* 32 (4):363-368, 2009.
- GONZÁLEZ, YOLANDA; REINO, J.; SÁNCHEZ, J. A. & MACHADO, R. Efecto del almacenamiento al ambiente en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham sometidas a hidratación parcial. *Pastos y Forrajes.* 35 (4):393-399, 2012.

- GONZÁLEZ, YOLANDA; REINO, J. & TORAL, ODALYS. Calidad de las semillas de accesiones colectadas en las regiones occidental, oriental y central de Cuba (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*. 34 (3):259-265, 2011.
- GONZÁLEZ, YOLANDA; SÁNCHEZ, J. A.; REINO, J. & MONTEJO, LAURA. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de las plántulas de *Albizia lebbek* y *Gliricidia sepium*. *Pastos y Forrajes*. 32 (3):255-262, 2009a.
- GUTIÉRREZ, A.; PARETAS, J. J.; SUÁREZ, J. D.; CORDOVÍ, E.; PAZOS, R. & ALFONSO, H. A. *Género Brachiaria. Una nueva alternativa para la ganadería cubana*. La Habana: Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes, Ministerio de la Agricultura, 1990.
- HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M. B. & BENNET, M. A. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. *Seed Science and Technology*. 31 (3):701-713, 2003.
- HOPKINSON, J. M. & REID, R. La importancia del clima en la producción de semillas de leguminosas forrajeras tropicales. En: L. E. Tergas and P. A. Sánchez, eds. *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Cali, Colombia: CIAT. p. 365-383, 1979.
- HUMPRHREYS, L. R. & RIVEROS, F. *Tropical pasture seed production*. FAO plant production and protection papers No. 8. Rome, 1986.
- IGLESIAS, J. M.; MILERA, MILAGROS & GONZÁLEZ, YOLANDA. Producción de semillas de *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621 en áreas de pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 19 (1):73-78, 1996.
- ISASI, ODALIS Tolerancia a la desecación en semillas de *Gliricidia sepium*. *Pastos y Forrajes*. 27 (3):253-257, 2004.
- ISASI, ODALIS. Tolerancia a la desecación en semillas de *Bauhinia purpurea*. *Pastos y Forrajes*. 26 (4):297-301, 2003.
- ISTA. *International rules for seed testing*. *Seed Science and Technology Supplement*, 2004.
- JOAQUÍN, S.; JOAQUÍN, B. M.; ORTEGA, E.; HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; ENRÍQUEZ, J. F. *et al.* Evaluación de la distancia entre plantas sobre el rendimiento y calidad de semilla de *Brachiaria brizantha*. *Rev. Mex. Cienc. Perú*. 1:297-310, 2010.
- KITAHARA, N.; YOSHIMURA, Y. & SUZUKI, S. H. Grassland renovation by taking advantage of natural reseeding. *JARQ*. 23 (2):115-120, 1989.
- KODDE, J.; BUCKLEY, W. T.; GROOT, C. C.; RETIERE, M.; ZAMORA, A. M. V. & GROOT, S. P. C. A fast ethanol assay to detect seed deterioration. *Seed Sci. Res.* 22 (1):55-62, 2012.
- LOCH, D. S. & FERGUNSON, J. E. *Forage seed production 2. Tropical and subtropical species*. Wallingford, United Kingdom: CAB International. 1999.
- LOCH, D. S.; NORMN, F. G. & VAN NIEKARK. *Rhodes grass in tropical and subtropical species*. Wallingford, United Kingdom: CAB International, 2004.
- MACHADO, M. & SEGUÍ, ESPERANZA. Influencia de los factores climáticos sobre la calidad de la semilla de *Panicum maximum* Jacq. *Taller de Producción de semillas tropicales*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 29, 1995.
- MAPA-ACS. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- MARCANTE, S.; SCHWIENBACHER, E. & ERSCHBAMER, B. Genesis of a soil seed bank on a primary succession in the Central Alps (Otzal, Austria). *Flora*. 204:434, 2009.
- MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes das plantas cultivadas*. Piracicaba, Brasil: FEALQ, 2005.
- MARCOS-FILHO, J. Sistema computadorizado de análise de imagens de plântulas (SVIS®) para avaliação do vigor de sementes. *Informativo ABRATES*. 20:40, 2010.
- MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. & LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*. 31 (1):102-112, 2009.

- MATÍAS, C. Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de *Albizia lebbek*. *Pastos y Forrajes*. 21 (1):67-73, 1998.
- MATÍAS, C. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción y calidad de la semilla de de *Neootonia wightii* cv. Tinaroo. *Pastos y Forrajes*. 19 (1):65-71, 1996.
- MATÍAS, C. Influencia del momento y la frecuencia de poda en la producción y calidad de la semilla. II. *Leucaena leucocephala* cv. Peru. *Pastos y Forrajes*. 22 (1):33-38, 1999.
- MATÍAS, C. & MATÍAS, YOAIMA. Efecto de los soportes en la producción de semillas de *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara. 1. Selección de soporte. *Pastos y Forrajes*. 18 (1):51-57, 1995.
- MATIAS, C. & RITT, S. Influencia de dos zonas edafoclimaticas diferentes en el potencial de produccion de semilla de cinco cultivares de guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pastos y Forrajes*. 11 (2):143-150, 1988.
- MATÍAS, C. & RUZ, VIVIAN. Determinación del potencial y calidad de la semilla de leguminosas promisorias. *Pastos y Forrajes*. 14 (1):19-25, 1991.
- MATTHEWS, S.; NOLI, E.; DEMIR, I.; KHAJEHOSSEINI, M. & WAGNER, M. H. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization. *Seed Sci Res*. 22 (1):69-73, 2012.
- MIRANDA, TAYMER; MACHADO, HILDA; SUÁREZ, J.; LAMELA, L.; SÁNCHEZ, TANIA; IGLESIAS, J. M. *et al.* La innovación y la transferencia de tecnologías en la Estacion Experimental “Indio Hatuey”: 50 años propiciando el desarrollo del sector rural cubano (Parte II). *Pastos y Forrajes*. 35 (1):3-16, 2012.
- MONTEJO, LAURA & SÁNCHEZ, J. A. Efecto de los tratamientos de semilla, la procedencia y el riego en el establecimiento de *Hibiscus elatus*. *Pastos y Forrajes*. 35 (3):247-273, 2012.
- MUÑOZ, BÁRBARA; SÁNCHEZ, J. A.; MONTEJO, LAURA; GONZÁLEZ, YOLANDA & REINO, J. Valoración germinativa de 20 accesiones de leguminosas almacenadas en condiciones desfavorables. *Pastos y Forrajes*. 32 (3):263-276, 2009.
- NAVARRO, MARLEN. *Comportamiento interactivo de la germinación, la dormancia, la emergencia y el crecimiento inicial como atributos biológicos para evaluar el vigor de las semillas de Albizia lebbek (L.) Benth.* Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, UNAH, 2009.
- NAVARRO, MARLEN; CICERO, S. M. & GOMES-JUNIOR, F. G. Efecto de la temperatura en la germinación y el vigor de las semillas de *Moringa oleifera*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 49:435-440, 2015a.
- NAVARRO, MARLEN; CICERO, S. M.; GOMES-JUNIOR, F. G. & SILVA, C. A. T. Efecto de diferentes manejos de irrigación en la morfología interna y el desempeño de las semillas de *Jatropha curcas*. *Memorias de la II Convención Internacional Agrodesarrollo 2014*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 1082. 2014.
- NAVARRO, MARLEN; FEBLES, G. & TORRES, VERENA. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. *Pastos y Forrajes*. 35 (3):233-246, 2012.
- NAVARRO, MARLEN; FEBLES, G.; TORRES, VERENA & NODA, AIDA. Efecto de la escarificación húmeda y seca en la capacidad germinativa de las semillas de *Albizia lebbek* (L.) Benth. *Pastos y Forrajes*. 33 (2):187-196, 2010a.
- NAVARRO, MARLEN; FEBLES, G.; TORRES, VERENA & NODA, AIDA. Efecto de la escarificación húmeda y seca en la emergencia de plántulas de *Albizia lebbek* (L.) Benth. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):263-274, 2010b.
- NAVARRO, MARLEN; G., FEBLES. & HERRERA, R. S. El vigor: elemento indispensable de la calidad de las semillas. *Rev. cubana Cienc. agric.* 49:447-458, 2015b.
- NAVARRO, MARLEN & LEZCANO, J. C. Efecto del método de secado en la longevidad y calidad de las semillas de *Bauhinia purpurea*. II. Almacenamiento en camara fria. *Pastos y Forrajes*. 31 (1):53-61, 2008.
- NAVARRO, MARLEN & LEZCANO, J. C. Efecto del método de secado en la longevidad y la calidad de las semillas de *Bauhinia purpurea*. I. Almacenamiento en condiciones ambientales. *Pastos y Forrajes*. 30 (4):437-447, 2007.

- NAVARRO, MARLEN; MESA, A. R.; FEBLES, G.; TORRES, VERENA & JAY, O. Empleo de la función Weibull para evaluar la emergencia de las plántulas de *Albizia lebbek* (L.) Benth. *Pastos y Forrajes*. 36 (2):215-221, 2013a.
- NAVARRO, MARLEN; PÉREZ, A. & HERNÁNDEZ, A. Determinación del momento óptimo de cosecha en *Brachiaria* híbrido cv. CIAT-36061 (Mulato) en Cuba. *Memorias del VII Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos. FITOGEN 2007*. Sancti Spiritus, Cuba. p. 67, 2007.
- NAVARRO, MARLEN; PÉREZ, A.; SUÁREZ, J. & MESA, A. R. La capacitación como elemento clave del modelo para la difusión y adopción de tecnologías de semillas en el sector ganadero cubano (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*. 36 (3):377-383, 2013b.
- OQUENDO, G.; PÉREZ, A.; MARTÍNEZ, A.; CORDOVÉS, A.; ORTEGA, F.; VIEITO, E. *et al.* Producción de semilla de guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema intensivo de ceba de ganado vacuno. *Pastos y Forrajes*. 31 (3):247-254, 2008.
- PADILLA, C.; FRAGA, N. & SUÁREZ, M. Efecto del tiempo de remojo de las semillas de moringa (*Moringa oleifera*) en el comportamiento de la germinación y en indicadores del crecimiento. *Rev. cubana Cienc. agric.* 46:419-421, 2012.
- PAÍZ, M. Producción y diseminación de semillas de *Pinus oocarpa* Schiede en un bosque seco tropical. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales CATIE*. 14:8-13, 1996.
- PÉREZ, A. Influencia de la densidad y la distancia de siembra sobre la producción de semillas de *Stylosanthes guianensis*. *Pastos y Forrajes*. 17 (3):207-215, 1994.
- PÉREZ, A.; MATÍAS, C. & GONZÁLEZ, YOLANDA. *Producción de semillas de pastos para el trópico*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1995.
- PÉREZ, A.; MATÍAS, C.; GONZÁLEZ, YOLANDA & ALONSO, O. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas tropicales. In: *Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos*. Guatemala: EEPF Indio Hatuey, Universidad de San Carlos. p. 103-128, 2006.
- PÉREZ, A.; MATÍAS, C. & REYES, Isabel. Influencia del método y la densidad de siembra en la producción de semillas del cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 6 (3):351-362, 1983.
- PÉREZ, A.; MATÍAS, C. & REYES, ISABEL. Influencia de diferentes fuentes nitrogenadas sobre la producción de semilla de hierba guinea cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 7 (2):203-214, 1984.
- PÉREZ, A.; SUÁREZ, J.; MATÍAS, C.; GONZÁLEZ, YOLANDA; NAVARRO, MARLEN & VIEITO, E. Generación, difusión y adopción de tecnologías para la producción, beneficio y conservación de semillas de plantas forrajeras con un enfoque empresarial. *Pastos y Forrajes*. 30 (4):399-429, 2007.
- PINTO, T. L. F.; CICERO, S. M. & FORTI, V. A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica de análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*. 29 (3):28-34, 2007.
- RAMIREZ, MARIBEL; SUÁREZ, HALLELY; MARINES, R.; CARABALLO, BRIGIDA & GARCÍA, D. E. Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mauritiana*. *Pastos y Forrajes*. 35 (1):29-42, 2012.
- REINO, J.; SÁNCHEZ, J. A.; MUÑOZ, BÁRBARA; GONZÁLEZ, YOLANDA & MONTEJO, LAURA. Efecto combinado de la escarificación y la temperatura en la germinación de semillas de leguminosas herbáceas. *Pastos y Forrajes*. 34 (2):179-184, 2011.
- REYES, F.; GONZÁLEZ, YOLANDA; NAVARRO, MARLEN; IGLESIAS, J. M.; HERNÁNDEZ, D. & CARBALLO, MIRTA. Composición genérica del banco de semilla del suelo en un sistema silvopastoril multiasociado (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*. 36 (3):296-299, 2013.
- REYES, F.; HERNÁNDEZ, MARTA; GONZÁLEZ, E. D.; CARBALLO, MIRTA & MENDOZA, C. Efecto de la digestión ruminal sobre la germinación de semillas de leguminosas tropicales. *Pastos y Forrajes*. 17 (3):283-286, 1994.
- SAKO, Y.; McDONALD, M. B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A. F. & BENNETT, M. A. A system for automated seed vigor assessment. *Seed Sci Technol*. 29 (3):625-636, 2001.

- SCOTT, S. T.; JONES, R. A. & WILLIAMS, W. A. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24:1192-1199, 1984.
- SILVA, V. N.; CICERO, S. M. & GOMES-JUNIOR, F. G. Análise de imagens na avaliação da qualidade fisiológica de sementes. In: L. O. B. Schuch, J. F. Vieira, C. A. Rufino and J. S. A. Junior, ed. *Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas*. Pelotas, Brasil: Editora e Gráfica Universitária. p. 249, 2013.
- SUÁREZ, J. J. & HERRERA, J. El clima de Cuba y la producción de pastos. En: *Los pastos en Cuba. Tomo I. Producción*. La Habana: Instituto de Ciencia Animal. p. 21-52, 1979.
- SUÁREZ, M. *Componentes del rendimiento y momento más favorable para la producción de semillas de variedades e híbridos de Brachiaria en Cuba*. Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en Producción Animal Tropical. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2005.
- TEKRONY, D. M. Seeds: the delivery system for crop science. *Crop Science*. 46:2263-2269, 2006.
- TORRES, VERENA; RAMOS, N.; LIZAZO, D.; MONTEAGUDO, F. & NODA, AIDA. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. *Rev. cubana Cienc. agric.* 4:133-139, 2008.
- WEIBULL, W. A statistical distribution functions of wide applicability. *J. Appl. Mech.* 18:293-297, 1951.
- WENCOMO, HILDA B.; CEPERO, BÁRBARA & RAMÍREZ, J. F. Producción de semillas de *Leucaena* spp. en suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 33 (1):27-37, 2010.
- YÁÑEZ, S.; FEBLES, G.; TORRES, VERENA & BAÑOS, R. Influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas pratenses en diferentes regiones de Cuba. Comunicación interna. La Habana: Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, 2008.

CAPÍTULO 11. Fitosanidad de los recursos genéticos pratenses y forrajeros. Evolución de las prácticas de manejo

Osmel Alonso-Amaro¹, Juan Carlos Lezcano-Fleires¹, Antonio Delgado-Perdomo¹, Roberto Miret-Alfonso¹, Aldo Barrientos-Mojena², Nurys Valenciaga-Valdés² y Madelén Herrera-Perdomo²

¹ Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH)

² Instituto de Ciencia Animal (ICA)

Introducción

La ganadería constituyó una explotación floreciente en Cuba desde los años de la colonización española, pues en ese entonces se situó, junto al tabaco, entre las más prósperas producciones del país, después de la industria azucarera. Sin embargo, durante la época prerrevolucionaria la explotación de los pastizales consistía en un sistema extensivo de cría basado en los pastos naturales o naturalizados, los cuales generalmente poseían bajo valor nutritivo y escasa productividad; de ahí que las labores de manejo y administración de los potreros sólo se circunscribían a las chapeas, casi siempre anuales, para la eliminación de la zarza (*Rubus ulmifolius*), el caguazo (*Paspalum virgatum*), el guao (*Comocladia dentata*), el marabú (*Dichrostachys cinerea*), la aroma (*Acacia farnesiana*) y otras arvenses (Funes, 1996).

Lo anteriormente señalado indica que la protección fitosanitaria de las plantas pratenses y forrajeras, en sus inicios, se limitaba sólo al control de las arvenses. Después del triunfo de la Revolución, cuando se comenzaron a implementar las transformaciones sociales, políticas, económicas y productivas en el país, se procedió a realizar una nueva estrategia de utilización de las forrajeras como base alimentaria fundamental del ganado, junto a otras mejoras tecnológicas por las diferentes empresas pecuarias y los centros de investigación que se crearon.

Tanto en las instituciones productivas como en las científicas se lograron avances en la fitoprotección de estas plantas, pero sólo respondieron a los problemas de cinco plagas fundamentalmente: el falso medidor de los pastos [(*Remigia* (= *Mocis*) latipes Guenéé)], la salivita [*Prosapia bicincta fartneri* (Say)], el caguazo, el marabú y la aroma, sin considerar que con la introducción de las nuevas especies y/o variedades, se produjo una alteración en el agroecosistema causada por la pérdida de la resistencia específica obtenida durante todos los procesos de selección natural ocurridos anteriormente, lo que hizo que aparecieran otras plagas, también importantes, contra las que era preciso trazar una estrategia de control para que no se convirtieran en un problema serio para la ganadería cubana, como había ocurrido en otros países; por ejemplo, en Australia, que al introducir y diseminar *Leucaena leucocephala*, también introdujeron el síldo *Heteropsylla cubana* Crawford, el cual ocasionó la pérdida de alrededor de 20 000 ha (Shelton, 1996); además la situación se agravó, ya que este insecto es capaz de afectar hasta el 95 % de la región apical de las ramas (Hughes, 1998).

Esta problemática alrededor del empleo de variedades de un gran potencial productivo, conjuntamente con el uso intensivo de la mecanización, el uso indiscriminado de los agroquímicos (plaguicidas, fertilizantes, hormonas de crecimiento, entre otros), además de la aplicación de la biotecnología, hicieron que el siglo pasado fuera de grandes transformaciones en la agricultura, pues anteriormente no se produjeron tantos cambios ni de la misma magnitud en un período tan breve, que durante todos los siglos anteriores. Es innegable el efecto positivo de las nuevas tecnologías propuestas por «la revolución verde» en el crecimiento agrícola, y aún más cuando se trata de un aspecto tan sensible como la necesidad de producir alimentos para millones de personas en el mundo, pero la forma en que se logró ese desarrollo no era sostenible.

Ante tal disyuntiva el hombre comenzó a buscar nuevas alternativas económicamente viables, socialmente útiles y ecológicamente sanas que permitan, a mediano o largo plazo, un impacto favorable en el medio ambiente, para así enfrentar los problemas fitosanitarios en el sector agropecuario y, en particular, en el ganadero y de esa forma contribuir a incrementar la producción de alimentos, evitar la pérdida de la biodiversidad y el manejo irracional de los recursos naturales, así como ayudar a conservar el medio ambiente.

En ese sentido, en la década de los 80, Hernández *et al.* (1986), con la utilización de un sistema biodiverso como el silvopastoril, donde se asociaba la forrajera *L. leucocephala* (estrato arbóreo), y diferentes gramíneas y leguminosas rastreras (estrato herbáceo), obtuvieron resultados alentadores en la ceba de toros. Estas investigaciones fueron pioneras y se continuaron con éxito en la EEPFIH y lideradas por el Dr. Leonel Simón a lo largo y ancho del país.

Con este sistema se cumple con el concepto de diversidad ecológica enunciado por varios ecólogos y reafirmado por Berovides y Gerhartz (2009), quienes señalaron que se refiere a los tipos y extensión de los ecosistemas, donde estos se reconocen como un conjunto de plantas, animales y microorganismos (comunidad biótica o biocenosis) en un ambiente dado (biótopo), que interactúan entre sí y con el ambiente físico-químico que les rodea (trama ecológica), formando una unidad ecológica funcional.

También sobresale el hecho de que, con el uso de las leguminosas, según Pérez y Vázquez (2001), se puede incrementar la conservación de los enemigos naturales, al brindar condiciones de refugio y alimentación apropiadas para los depredadores de los insectos fitófagos.

Además con estos sistemas se contribuye al proceso paulatino de transición de la producción agropecuaria que desarrolla Cuba, en el que predomina el enfoque agroecológico que incluye buenas prácticas en el manejo de plagas con efectos múltiples y acumulativos en la reducción del número e intensidad de los organismos nocivos; ello representa una nueva etapa hacia la soberanía tecnológica y energética, y para la resiliencia ante los efectos del cambio climático (Vázquez, 2011).

El objetivo de este capítulo es abordar los principales resultados acerca de la sanidad vegetal de los recursos genéticos pratenses y forrajeros (herbáceos y arbóreos) en Cuba, los cuales constituyen la base de la alimentación del ganado en el territorio nacional; así como la tendencia agroecológica del manejo fitosanitario después de la crisis universal de la mal denominada agricultura moderna, industrial, convencional o revolución verde, con vista a enfrentar los cambios globales que se prevén y su impacto en la ganadería cubana, para de esa manera contribuir a defender la seguridad y soberanía alimentaria en el país.

Plagas en plantas pratenses, forrajeras y otras de interés para los sistemas agropecuarios diversificados

Plagas insectiles en las gramíneas

Uno de los grupos de plantas a las que más se le ha estudiado su estado fitosanitario es el de las gramíneas, pues constituyen la base fundamental de los pastos en cualquier empresa ganadera del país, ya sean naturales, naturalizados o mejorados; no obstante, sólo se tratarán algunos resultados de los agentes dañinos más importantes.

Grado de preferencia de *R. latipes* e incidencia de la enfermedad Helmosporiosis en cultivos de bermuda y pasto estrella

Miret (1986) evaluó la incidencia del falso medidor (*R. latipes*, Lepidoptera: Noctuidae) en tres cultivares de *Cynodon dactylon* Coastcross-1 (bermuda cruzada-1), Coastcross-2 (bermuda cruzada-2) y Alicia (bermuda Alicia), y en uno de *Cynodon nlemfuensis* (Panameño) en un área dedicada a la evaluación zonal de pastos introducidos y encontró que el insecto estuvo presente en esas gramíneas durante todo el período experimental (dos años). Los primeros brotes se produ-

ieron al inicio del período lluvioso (mayo) y la población comenzó a ascender a partir de los meses de junio y julio, cuando la precipitación y la temperatura media del aire no superaban 345 mm y 27,4 °C respectivamente, y llegó a alcanzar los mayores picos poblacionales (> 2 larvas m^{-2}) en los meses de agosto, septiembre y octubre en ambos años; con lo que se corroboró lo planteado por Milán *et al.* (1984) acerca de que el insecto logra poblaciones considerables con temperaturas entre 26 y 33 °C, o superiores.

Las bermudas resultaron los pastos más afectados por el lepidóptero, con un grado de ataque de ligero a severo (25 a >75 % del área afectada). La Bermuda Cruzada-2 fue la más dañada; la Bermuda Alicia mostró un tenor menos pronunciado de afectación, al no sobrepasar el grado moderado (50 %); mientras que el menos lesionado fue el pasto estrella panameño, al mantenerse con afectaciones que variaron entre el grado inicial y ligero (entre <10 y 25 %) durante todo el período. Este insecto no causó depauperación en el pasto, comportamiento que se correspondió con su población. Ello se puede atribuir a que los pastos producto del cruzamiento genético, como es el caso de las bermudas, pueden perder caracteres de resistencia debido a las nuevas recombinaciones de los genes, lo que los pone en desventaja frente a pastos como estrella panameño, el cual muestra gran rusticidad morfológica y, posiblemente fisiológica.

En los resultados relacionados anteriormente hubo preferencia de *R. latipes* por los pastos del género *Cynodon*, lo que coincide con lo encontrado por Martínez, A. *et al.* (1984).

Las poblaciones de insectos por encima de 2 larvas m^{-2} ocasionaron pérdidas superiores al 25 % de la masa verde (MV) del área para todo el período, llegando a más del 75 %; ello concuerda con lo hallado por Martínez, A. *et al.* (1984), quienes determinaron que con más de 58 larvas m^{-2} el efecto de la plaga fue de gran consideración, ya que produjo pérdidas de alrededor del 60 % de MV.

Momento de aparición de *Chirothrips crassus* Hind., flósculo más atacado e interacción con los elementos del clima en *Megathyrsus maximus* y su grado de preferencia por esta gramínea

La investigación se desarrolló a partir de las muestras de las semillas almacenadas de guinea; se observó que todas estaban vacías y aparecieron, en muchas de ellas, restos del exoesqueleto de un insecto muy pequeño, mientras las espículas presentaban una lesión característica: la lema fértil y la palea mostraron raspados uniformes.

En cuanto a la determinación del momento de aparición y el flósculo más atacado, Paz *et al.* (1990), observaron en inflorescencias frescas colectadas en el campo un trips adulto en plena actividad, cuyas características se correspondieron con las de *C. crassus* (Thysanoptera: Thripidae), informado por primera vez en Cuba por Bruner, Scaramuzza y Otero en 1902, en Santiago de las Vegas, cuando afectaba a las espigas de la grama de castilla (*Panicum reptans*). Estos autores (citados por Alayo (1980), indicaron que esta plaga estaba distribuida por Estados Unidos y Cuba.

La incidencia de la plaga se inicia cuando la hembra introduce la cabeza, en forma de cuña, entre la segunda gluma y la lema estéril de la espícula, y raspa el tejido de la lema fértil y la palea. Una vez que debilita el tejido, ovoposita un huevo por espícula, el que se adhiere a la base de la antera o el ovario. La larva resultante se alimenta de los órganos reproductivos de los flósculos e impide así la formación del cariopsis.

El aumento progresivo del número de flósculos dañados (en concordancia con el desarrollo de la panícula) se muestra en la figura 1. No hubo diferencias entre los estados más desarrollados, pero sí entre estos y las panículas que recién emergían. En el mismo sentido en que se desarrolló la inflorescencia, disminuyó el porcentaje de flósculos dañados que presentaban huevos y se distinguieron significativamente todos entre sí. La cantidad de larvas aumentó con el estado de desarrollo de las panículas, y existió un incremento vertiginoso en las recién emergidas y las muestreadas a 5 cm del borde de la vaina. Se hallaron diferencias entre los dos últimos estados con relación al primero, pero no entre estos.

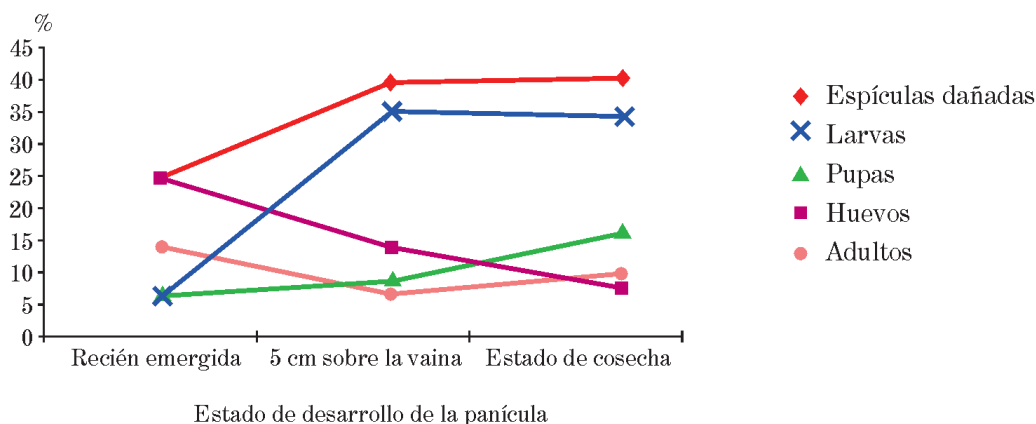


Figura 1. Evolución de la población del insecto en la panícula.

El porcentaje de pupas aumentó en cada etapa y alcanzó el 10 % de las espículas dañadas en el momento de la cosecha, valor que difirió de los de las etapas anteriores. La acción de *Ch. crassus* adulto fue mayor en los inicios de la formación de la inflorescencia (5,2 % de adultos en las espículas dañadas) y decreció hacia los estados más avanzados de desarrollo, aunque en el estado de cosecha hubo un pequeño crecimiento (1-2 %) que no resultó significativo.

Esta plaga causó considerables pérdidas en la producción de semilla (40 % de las espículas o flósculos estaban afectados); sus daños se iniciaron cuando la panícula recién comenzaba a emerger y fue afectado el 95,7 % de los flósculos cuando aún no habían alcanzado su estado de floración plena.

El inicio tan prematuro de la afectación en la floración exige que los controles se apliquen antes de que se inicien los picos de floración o en sus inicios, elemento que, además, evitaría afectaciones mecánicas en la producción de las simientes.

El proceso evolutivo de este insecto tiene cierta sincronización con el de la inflorescencia. Los estados de huevo y larva abundan en los primeros estados de la panícula y los más avanzados al finalizar el desarrollo de esta. La mayor presencia de adultos al inicio de la formación de la inflorescencia está vinculada con la ovoposición, la que decrece considerablemente cuando la inflorescencia incrementa su edad; al finalizar la maduración se encontró un pequeño incremento de insectos en este estado, lo cual estuvo asociado con la conclusión del desarrollo de nuevos individuos.

Se comprobó que en dos de los meses muestreados (abril y mayo) el 100 % de las espículas dañadas eran hermafroditas y en los otros meses se presentaron pequeños porcentajes de espículas femeninas (junio: 0,8; julio: 0,5; agosto: 1,5; septiembre: 0,2; octubre: 0,2; noviembre: 1,8; diciembre: 0,5); el resto fue hermafrodita, pero en ninguno de los casos se encontró la presencia de insectos en las espículas masculinas.

Es indiscutible la capacidad de selección de este trips, ya que afectó mayormente las espículas hermafroditas y excepcionalmente, las femeninas. Ello acentúa aún más el efecto negativo que causan estos insectos, pues las afectaciones ocurren en los flósculos que son capaces de formar cariopsis, y según Sidak *et al.* (1977) estos no superan el 40 % del total.

Los resultados de Delgado (1992) respecto a la correlación entre los elementos del clima y la densidad poblacional de la plaga se presentan en la tabla 1. Los que más influyeron en la mayor o menor incidencia de este insecto fueron los relacionados con la temperatura del aire ($p < 0,001$): la mínima, explicó el mayor porcentaje de los cambios ocurridos (87,4); la media el 85,2 y la máxima el 80,3 %; la temperatura a 2 cm de profundidad en el suelo superó a la superficial.

Tabla 1. Correlación de los elementos del clima y la incidencia de la plaga

Factores	r
Temperatura del aire	
Máxima	0,90***
Mínima	0,93***
Media	0,92***
Temperatura del suelo	
Superficial	0,53
a 2 cm	0,90***
a 5 cm	0,79**
Precipitación acumulada	0,72*
Velocidad del viento	0,64*
Humedad relativa	
Máxima	0,50
Mínima	0,74*
Media	0,77**

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

La temperatura mínima del aire y a 2 cm de profundidad en el suelo manifestaron una estrecha correlación con el número total de individuos, debido a que el aumento de estos elementos climáticos originó incrementos en la actividad de ovoposición del insecto y el porcentaje de larvas fue mayor, por lo general, en la observación que le sucedía.

Hubo influencia de la humedad relativa media y la mínima y resultaron significativas la precipitación y la velocidad del viento, pero no la máxima humedad relativa y las horas sol.

Es importante señalar que la lluvia incidió de forma negativa en la presencia de adultos, lo que se manifestó en las observaciones registradas entre los meses más lluviosos, aunque la correlación entre la precipitación y el número total de espículas dañadas en cada muestreo presentó una correlación positiva (0,72) y significativa ($p < 0,05$). Este suceso ocurrió debido a que dicho elemento climático daña los insectos en estado adulto, que proceden de la conclusión del ciclo biológico o que están en fase de reproducción, arrastrándolos hacia el suelo. La regulación de la población adulta del insecto también es señalada en *Chirothrips mexicanus* Crawford; es necesario añadir que en los períodos en que hubo incrementos y picos en la actividad de esta plaga: mayo (44 % de espículas dañadas); junio (47 %); julio (52 %) y agosto (57 %), la especie vegetal se caracterizó por tener sus picos de floración y la inflorescencia es la parte de la planta que le sirve de alimento y abrigo al insecto.

Los meses en que se manifestó una mayor presencia de los insectos fueron junio, julio y agosto, debido a un mayor número de puestas y un aumento progresivo del porcentaje de larvas.

La presencia de un mayor porcentaje de larvas y otros estados superiores de desarrollo, comparado con el de huevos en las distintas observaciones, estuvo dada por el grado de maduración de la panoja que se eligió para el muestreo, pues el ciclo de evolución del insecto está correlacionado con el proceso de maduración de la inflorescencia de esta especie.

El número de pupas fue superior en marzo, abril y mayo, y posteriormente en octubre; el número de adultos localizados en la panícula resultó mayor en marzo, abril y mayo, y muy escaso en julio, agosto y noviembre. En septiembre, octubre y diciembre existieron algunos, aunque mucho menos que en los primeros meses del año. La tendencia a decrecer el porcentaje de pupas en los meses de mayor actividad de este insecto no tiene aún un argumento.

La relación del hospedante-elementos del clima-insecto indica un aspecto importante en el manejo fitosanitario, pero especialmente en la selección de aquellos cultivares que sean menos preferidos por el insecto.

En ese sentido, al estudiar la preferencia del insecto en distintos clones de *M. maximus*, no existió una relación exacta entre el color de las espículas y el grado del daño ocasionado por *C. crassus*; sin embargo, con la misma probabilidad de distribución (50 % verde-amarillas y 50 % verde-moradas) durante los meses de observación los trips prefirieron afectar mayormente las plantas con flósculos de envolturas verde-moradas.

Este es un comportamiento que requiere de otras investigaciones para comprobarlo con mayor exactitud, aunque se puede relacionar también con el polimorfismo genético en la floración masiva de la hierba de guinea señalado por Sidak *et al.* (1979), quienes indicaron, además, que ecológicamente esa característica en esta especie está relacionada con el verano, pero algunos clones presentan la fase de floración masiva a finales del período poco lluvioso o principios de este y pueden disponer de flores todo el año.

Evaluación del comportamiento de la salivita (*P. bicincta fraterna*) en pastizales de gramíneas cultivadas

Durante más de una década se realizaron investigaciones acerca de la biología, la dinámica poblacional, los daños que causa en el pastizal y los métodos de control de la salivita en las gramíneas cultivadas donde se observó el ataque de este insecto, por ejemplo en: *Cenchrus* sp. (king grass), *C. nlemfuensis* (pasto estrella), *Urochloa* sp. (braquiaria), *Digitaria decumbens* (pangola) y en *C. dactylon* cv. Coastercross-1 (bermuda cruzada-1), considerada como la más susceptible. En ese orden, a continuación, se exponen los resultados de Barrientos (1984; 1989).

Al estudiar la duración del ciclo biológico de esta plaga en bermuda cruzada, se definió, que era de $73,36 \pm 0,22$ días (tabla 2).

Tabla 2. Duración de los estados de desarrollo de *P. bicincta fraterna*, y de su ciclo de vida.

Estado del insecto	Rango (días)
Huevo	$18,40 \pm 0,47$
Ninfa	$47,28 \pm 0,71$
Adulto	$7,64 \pm 0,96$
Ciclo completo	$73,36 \pm 0,22$

Por otra parte, después de tres años consecutivos de muestreo se ratificó que sus poblaciones eran más numerosas en el período lluvioso y durante el año ocurrieron tres generaciones de ninfas con intervalos de 60 días aproximadamente entre una y otra. La primera generación tuvo menos cantidad de insectos, los que comenzaron a aparecer a partir de marzo, y alcanzaron su valor máximo en junio. La segunda comenzó a incrementarse desde julio, hasta lograr la mayor cuantía en agosto; además, fue la más numerosa del año. En tanto, la tercera inició en septiembre y alcanzó su pico poblacional más sobresaliente en octubre. Mientras, la población de adultos siempre fue menor que la de las ninfas, y sólo registró una cantidad superior en agosto.

En cuanto al daño causado al pasto se pudo determinar que el ataque de la salivita puede causar una merma del 56 % en el rendimiento de materia seca en campos valorados como muy dañados y del 36 % en áreas medianamente dañadas. A partir de estos resultados se pudo establecer que el índice de la plaga (alrededor de 37 ninfas m⁻² y 96 adultos en 50 jamadas) causó efectos letales a los pastizales de bermuda cruzada.

En pastizales muy dañados, es evidente que la calidad del pasto se depaupera notablemente, pues las partes aéreas de las plantas tienden a secarse y posteriormente mueren. Como efecto perjudicial deben ser considerados, además, el retraso en el crecimiento del pasto que ocasiona esta plaga en las áreas atacadas y el rechazo que manifiesta el ganado al consumir el material vegetal dañado. Además, como consecuencia de la despoblación que ocurre en los potreros afectados, se propician condiciones adecuadas para el enhierbamiento.

Ocurrencia de insectos fitófagos en los pastos elefante enano (*Cenchrus purpureus*) cv. Mott y la hierba de Guatemala (*Tripsacum laxum*) y evaluación de los daños.

En los muestreos poblacionales de los insectos y la evaluación de sus daños en el cultivar Mott de *C. purpureus* y en *T. laxum*, realizados por Valenciaga *et al.* (2011) durante tres años (enero/2006-junio/2008), dichos autores determinaron la presencia de varios fitófagos [(15 morfo-especies diferentes de dípteros, larva de lepidóptero, *Epitrix* sp., *Zicca taeniola* (Dallas), *Geraeus penicilla* (Herbst) (= *Centrinaspis penicellus* Blatchley, W.S. & Leng, C.W.), *Jalyssus reductus* (Barber) y Hortensia. *Similis Walker* y biorreguladores *Doru taeniatum* (Dohrn)], sírfidos, *Zelus longipes* (Linnaeus), *Diomus bruneri* (Linnaeus), *Wasmannia auropunctata* Roger y otras hormigas. En el primer grupo los más frecuentes fueron los últimos cinco y todos en el segundo.

Este comportamiento similar de los biorreguladores resultó lógico ya que no existió una plaga clave que requiriera que se activara el control natural, de ahí que siempre hubo una tendencia al predominio de un tipo de depredador diferente, lo cual a su vez estuvo acompañado de la condición de generalista de la inmensa mayoría de estos, que posibilitó el control natural de los insectos-plaga, no solo en las parcelas evaluadas, sino también en las áreas aledañas; ello indica que en estos casos no se requiere de plaguicidas químicos. Por otra parte, se reafirma el carácter cíclico de los insectos-plaga que se sustenta en que poseen picos poblacionales definidos que se repiten, de igual manera, en períodos de dos a tres años.

Al evaluar los daños por insectos picadores-chupadores y por masticadores se evidenció que ambos pastos manifestaron muy pocos daños visibles ante el ataque de dichos organismos; el rango medio del porcentaje de daños solo varió en el año 2007 en una proporción mayor en la época de lluvia ($p < 0,01$) para ambos pastos (9,33 en Mott y 9,50 en *Tripsacum*), pues hubo un volumen de precipitación por encima de 930 mm. Ello coincide con los criterios de Valenciaga y Barrientos (2006) y Martínez *et al.* (2010) acerca de la resistencia de estas plantas y, a su vez, les confiere un valor incalculable en los programas de mejoramiento varietal.

Insectos y patógenos causantes de enfermedades en leguminosas herbáceas (rastreras, decumbentes y volubles)

Incidencia de insectos y patógenos fungosos en ocho géneros de leguminosas herbáceas

Miret y Rodríguez (1983) evaluaron durante dos años el grado de ataque de insectos y patógenos fungosos en ocho leguminosas herbáceas introducidas: *Stylosanthes guianensis* CIAT-184, *Teramnus labialis* Semilla Clara, *Desmodium ovalifolium* CIAT-350, *Neonotonia wightii*, *Psophocarpus tetragonolobus*, *Macroptilium* sp. CIAT-535, *Centrosema híbrido* CIAT-438 y *Pueraria phaseoloides* CIAT-9900 y utilizaron el método de estimación sin testigo.

En el período experimental las leguminosas fueron atacadas por tres especies de insectos: *Omiodes indicata* Fabricious [(Lepidoptera: Crambidae (a veces incluida en Pyralidae)], *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) y *Diabrotica balteata* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae); y por cuatro hongos causantes de enfermedades: *Uromyces phaseoli* (Pers.) G. Winter (roya), *Collectotrichum* sp. (antracnosis), *Alternaria* sp. (alternariosis), y *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn (podredumbre del tallo).

O. indicata afectó a todas las especies, excepto a *S. guianensis* CIAT-184, y desarrolló su mayor ataque generalmente durante el período lluvioso con temperatura entre 25-26 °C y humedad relativa entre 78 y 79 %. Mientras, *A. gemmatilis* solamente dañó en grado ligero a moderado a *D. ovalifolium* CIAT-350 y de moderado a severo a *N. wightii*, con mayor incidencia en el período lluvioso

respecto al poco lluvioso. Por su parte, *D. balteata* lesionó la totalidad de las plantas con un grado de ataque de moderado a severo también en el período lluvioso.

U. phaseoli no infectó a *P. phaseoloides* CIAT-9900 y *P. tetragonolobus*, pero sí al resto de las leguminosas. El grado de ataque varió entre ligero y moderado. La máxima infección ocurrió, fundamentalmente, en el período poco lluvioso del segundo año, con una temperatura media estacional entre 20 y 22 °C y una humedad relativa entre 79 y 80 %. Ello resulta de gran importancia para los productores, ya que el género *Uromyces* transmite al pasto malos olores que ocasionan la baja aceptabilidad por el ganado.

El hongo *Colletotrichum* sp., afectó a *S. guianensis* CIAT-184 en un grado que varió entre ligero y severo, más intenso en el período lluvioso, fundamentalmente en el segundo año. El resto de las leguminosas no fueron perjudicadas por este patógeno. En cuanto a *Alternaria* sp., causó afectación entre moderada y severa a *Centrosema híbrido* CIAT-438 y a *N. wightii*, con mayor intensidad en el mismo período que el agente fungoso anterior, pero en los dos años en estudio.

R. solani afectó en un grado entre moderado y severo a *Macroptilium* sp. CIAT-535 y a *N. wightii*, y alcanzó la mayor infectación también en el período lluvioso (junio-julio, fundamentalmente). Su efecto produjo una considerable defoliación, la cual formó un abundante colchón de hojas y tallos necrosados en la parte inferior del pasto.

En el caso de *Centrosema híbrido* CIAT-438 también presentó una virosis en forma de moteado durante el período experimental, que estuvo enmascarada por la sintomatología de la roya, por lo que su intensidad no pudo ser evaluada.

El aumento del grado de ataque (intensidad) de estas enfermedades en Cuba durante el período lluvioso depende de la resistencia de cada especie de leguminosa.

El ataque de los insectos y patógenos de enfermedades no fue similar en todas las leguminosas; se destacaron *P. tetragonolobus* y *P. phaseoloides* CIAT-9900 con un mínimo de ataque, ya que fueron afectadas solamente por *D. balteata* y *O. indicata*, pero no por las enfermedades fungosas descritas. *N. wightii* resultó la especie más fuertemente afectada, ya que solamente no fue sensible al ataque ocasionado por el hongo causante de la antracnosis.

El período lluvioso constituyó la época de mayor ataque, tanto de los insectos como de los patógenos fungosos, lo que demostró que las condiciones climáticas durante este período fueron más favorables para el desarrollo de dichos agentes nocivos, aunque el agente causal de la roya alcanzó su mayor intensidad en el poco lluvioso,

Insectos-plaga asociados al cultivo de *Vigna unguiculata* var. Trópico 782

En parcelas de *V. unguiculata* var. Trópico 782 sembradas en áreas experimentales del Instituto de Ciencia Animal, Valenciaga *et al.* (2007) determinaron los insectos asociados y el porcentaje de daño foliar por el método de las lesiones y hallaron 11 fitófagos y tres biorreguladores. En el primer grupo estaban: *Empoasca* sp. (Cicadellidae), *Spissistylus rotundata* [(Stål) (Membracidae)], *Jorandes vulgaris* [(Dist.) (Miridae)], *Thyanta antiguensis* (Westw.), *Nezara viridula* [(L.) (Pentatomidae)], pertenecientes al orden Hemiptera; *D. balteata* LeConte, *Epitrix* sp., *Systema basalis* Duval, *Colaspis brunnea* [(L.) (Coleoptera: Chrysomelidae)], *Geraus penicilla* [(Herbst) (Coleoptera: Curculionidae)] y *Leucopis* sp. (Diptera: Chamaemyiidae). Mientras en el segundo encontraron a: *Toxomerus* sp. (Diptera: Syrphidae), *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y *D. taeniatum* (Dermaptera: Forficulidae).

Estos insectos en su conjunto causaron 68 % de daño foliar y una producción de 6 legumbres por planta.

Insectos y patógenos causantes de enfermedades asociadas a plantas arbustivas y arbóreas

Plagas insectiles y de microorganismos patógenos causantes de enfermedades en las arbóreas forrajeras

Los árboles multipropósito, y dentro de estos los forrajeros, son un ejemplo del inmenso potencial alimenticio natural existente para el ganado en las regiones tropicales del mundo, y su uso ha sido retomado en los sistemas ganaderos. Considerando estos preceptos se asumió el reto de profundizar en el estudio de las plagas que los atacan.

Entomofauna y agentes causales de enfermedades asociados a *L. leucocephala*

Gomosis bacteriana en legumbres y semillas de L. leucocephala y en insectos asociados a la enfermedad

Debido a que desde 1983 se conocía la presencia de una enfermedad bacteriana en las legumbres y semillas de *L. leucocephala*, y que esta planta es la principal especie forrajera en los sistemas ganaderos cubanos, se decidió realizar un estudio para identificar el agente causal que la producía y la magnitud de las pérdidas ocasionadas por su presencia; así como determinar si *Loxa* sp. e *Hypothenemus* sp. constituían sus transmisores.

En el campo los síntomas de la enfermedad aparecieron inicialmente en las legumbres jóvenes, donde se observaron unas úlceras pequeñas amarillo-parduscas, de las que emanaban exudaciones con un aspecto pegajoso. A medida que avanzó la enfermedad las úlceras se tornaron pardo oscuras y aumentaron en número y tamaño y se incrementó el área de infección, que en este caso cubrió aproximadamente el 75 % del área total. También produce afectaciones similares en las semillas en formación, lo que impide finalmente que maduren y si lo hacen se pudren por la presencia de las exudaciones bacterianas. En ese sentido, al abrirse un fruto tierno se apreció que las semillas afectadas que estaban debajo de las úlceras se tornaron de color carmelita brillante, en contraste con las sanas en formación (de color amarillo crema); las legumbres totalmente maduras mostraron un gran porcentaje de semillas destruidas y cubiertas por una masa blanquecina (Delgado *et al.*, 1989), lo cual fue confirmado por Alonso (2009).

Estas afectaciones fueron detectadas por Delgado *et al.* (1989) en los cultivares Varadero, Cunningham, CNIA-250, México, PII-109, PIII-155, PIII-50, PI-24 e Ipil-Ipil. Además, en las parcelas experimentales también se hallaron los insectos *Hypothenemus* sp. (Coleoptera: Scolitidae), que se alimentaban de las semillas, así como ninfas y adultos de *Loxa* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) que succionaban la savia de las legumbres jóvenes, los cuales podrían estar vinculados con la transmisión de este agente causal, por lo que se hizo el aislamiento bacteriano. Lo relacionado con este último insecto se asemejaba al resultado obtenido en varios países de América por Lenné (1991), quien observó una pudrición de las legumbres de *L. leucocephala*, de la cual se aisló e identificó como agente causal a la bacteria *Pseudomonas fluorescens* (Trevisan) Migula, Biotipo II, y se supuso que fuera un componente natural de la microflora, pero que penetraba por la acción mecánica de un insecto, posiblemente Hemiptera: Pentatomidae.

Por otra parte, Delgado *et al.* (1989) informaron que las semillas afectadas sufrieron la destrucción total de sus tejidos y las sustancias de reserva, y se mostraron raquílicas y deformadas, efecto que se notó en la variación del peso entre las simientes sanas y enfermas (de 0,06 g a 0,034 g como valor máximo, respectivamente). La virulencia de esta bacteria no sólo se manifestó en la intensidad de la enfermedad, sino también en la extensión que fue capaz de alcanzar, al afectar entre el 36 y 56 % de las legumbres cosechadas y del 17 al 49 % de las semillas en los frutos enfermos. La variedad cultivada PI-24 fue la que menos afectación tuvo en las legumbres, y la CNIA-250 la de menor porcentaje de semillas destruidas (fig. 2).

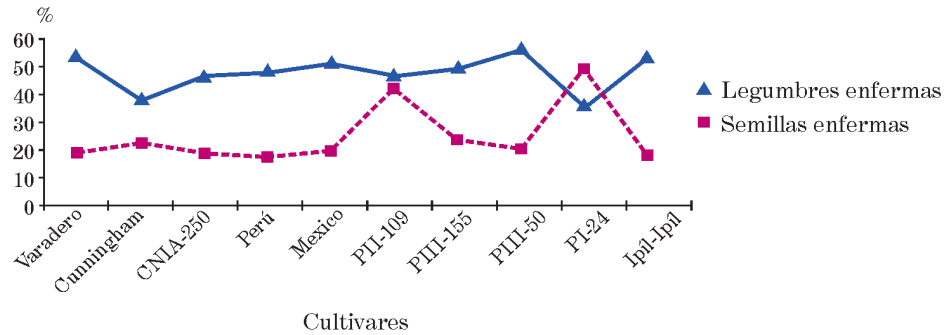


Figura 2. Porcentaje de legumbres y semillas enfermas por la bacteria.

Esta enfermedad causó pérdidas económicas considerables en la producción semillera, pues como mínimo se perdió la tercera parte de la cosecha.

Delgado *et al.* (1989) a partir de las legumbres y semillas con los síntomas descritos anteriormente procedieron al aislamiento de la bacteria mediante una siembra sobre agar nutriente y a las 72 h observaron colonias pequeñas de color crema amarillento, brillantes, translúcidas, elevadas y de bordes enteros; con ello prepararon una suspensión de esporas que inocularon en plántulas y legumbres de leucaena en formación, así como en las hojas de una planta indicadora de tabaco variedad Corajo. Se observaron manchas oscuras irregulares en las hojas cotiledonales de las plántulas, así como pequeñas úlceras pardo-oscuras sobre las semillas y los tejidos adyacentes en las legumbres; mientras que en la planta de tabaco se produjeron tejidos acuosos entre las 6 y 8 h en las zonas de la infiltración y necrosis a las 24 h, lo que indicó su patogenicidad.

De acuerdo con la caracterización cultural, morfológica, fisiológica y bioquímicamente de los aislamientos, se concluyó que se correspondía con una bacteria del género *Erwinia*.

Teniendo en cuenta el procedimiento descrito anteriormente para el aislamiento bacteriano, Alonso *et al.* (1993) lo realizaron de los insectos *Loxa sp.* e *Hypothenemus sp.*, específicamente del contenido interno del primero y del macerado del cuerpo completo del segundo; y coincidieron con lo hallado por Delgado *et al.* (1989) de que se correspondía con la bacteria *Erwinia sp.* Ello sirvió de base a Alonso (2009) para caracterizar con mayor precisión las lesiones del pentatómido, su relación con la gomosis bacteriana y la identificación de la especie correspondiente en cada caso.

Para ello durante tres años en un sistema silvopastoril de leucaena Perú y guinea, destinado para la ceba de toros, se recolectaron cada 15 días legumbres con semillas verdes (grano lechoso) y en formación o maduras (estado de cosecha), con y sin la presencia de insectos, en dependencia de la fenología de la planta en el momento de la evaluación, lo que permitió describir las lesiones ocasionadas por los insectos y su relación con los síntomas causados por la bacteria; así como identificar la especie insectil con la ayuda de claves taxonómicas (Munguía, 1990) y de especialistas en taxonomía de insectos.

Las lesiones se correspondieron con pequeñas perforaciones de forma circular, que medían 2 mm de diámetro, producidas con el estilete del insecto en la superficie de la legumbre, fundamentalmente en la zona donde está la semilla. Su apariencia, al inicio, era como un ligero abultamiento de la epidermis debido a la succión de la savia por el pentatómido, que en su parte terminal deja una gota de secreción salival. Posteriormente se observó que el tejido donde se produjo la punción se necrosó, dando la impresión de un punto de color negro. Cada legumbre presentó un número variable de picaduras, a las que por lo general se encontraban asociados los síntomas de la enfermedad bacteriana, descritos anteriormente. En cuanto a la especie insectil, de acuerdo con sus características taxonómicas, se correspondió con *Loxa viridis* (Palisot de Beauvois).

Por último, como complemento de este estudio al realizar otras pruebas bioquímicas mediante los sustratos contenidos en el API 20 E, se obtuvo que la especie bacteriana se correspondía con *Dikeya*

(=Erwinia) carotovora subsp. odorifera Gallois, Samson, Ageron y Grimont, determinada por primera vez en el país.

Taxonomía y biología de *H. cubana* Crawford, coeficiente de nocividad y tendencia de la población en *L. leucocephala* a través del tiempo

En Cuba para la confirmación de la especie de la principal plaga insectil de la leucaena a escala mundial (*H. cubana*), Valenciaga *et al.* (2004) a través de muestreos aleatorios periódicos, en siembras de *L. leucocephala* en diferentes estados fenológicos, ubicadas en cinco provincias del país (Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Cienfuegos y Holguín) recolectaron ninfas y adultos de esos insectos del orden Hemiptera familia Psyllidae, a los cuales previamente les causaron la muerte para después aclararlos y proceder a la separación de la genitalia de hembras y machos del resto del abdomen. Al culminar dicho procedimiento se observó lo siguiente (fig. 3).

Genitalia externa de hembra. Presenta el plato subgenital con los procesos laterales sinuosos, unidos a la superficie ventral del plato subgenital, formando un ángulo recto.

Genitalia externa del macho. Proctiger cilíndrico, ensanchado en la parte basal. El lóbulo interno del parámero, algo cuadrado en la punta, tiene un surco a lo largo del borde dorsal, ligeramente esclerosado a lo largo de la cara interna, con el lóbulo externo posteriormente excavado, con la región apical esclerosada y con un diente dirigido posteriormente.

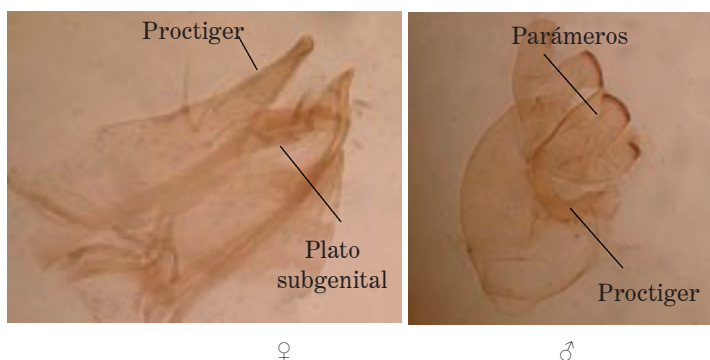


Figura 3. Genitalia externa de hembra y macho adulto de *H. cubana*.

De acuerdo con los caracteres del diagnóstico se puede afirmar que los sílidos recolectados en las diferentes regiones del país se corresponden con la especie *H. cubana* Crawford, ya que lo observado coincide con lo planteado por Crawford (1914) y Muddiman *et al.* (1992); estos últimos autores informaron que esta especie solo está presente en leucaena.

En cuanto al ciclo biológico de *H. cubana*, Valenciaga *et al.* (2004) evidenciaron los estados de desarrollo que se describen a continuación:

Huevos. Se colocaron en masa, preferiblemente en los rebrotes nuevos de *L. leucocephala*, aun cuando estuvieron cerrados. De este modo, quedaron protegidos de sus enemigos naturales y de los factores climáticos. Generalmente, se observaron seis hileras en cada pínula. Los huevos mostraron forma ovoidal, con prolongación en uno de los extremos, lo que fue favorable para la adhesión al substrato y medían aproximadamente 0,6 mm de largo y 0,3 mm de ancho. Recién ovipositados tomaron un color blanquecino, y al madurar se tornaron amarillo naranja. Un día antes de la eclosión se distinguieron dos puntos rojos, los que se correspondieron con los ojos del primer estadio ninfal.

Ninfa (N). Poseen cinco estados ninfales, los que son oblongos en su parte dorsoventral, con tonalidades que van desde el amarillo claro en sus inicios, hasta el amarillo verdoso.

N1. Miden aproximadamente 0,6 mm de largo y 0,3 mm de ancho. Presentan antenas anchas en la base, con terminaciones puntiagudas. Aunque en esta fase se muestran movimientos lentos, se considera la de mayor movilidad.

N2. Las ninfas miden aproximadamente 0,8 mm de largo y 0,4 mm de ancho. Se diferencian del estadio anterior por un aumento ligero de tamaño.

N3. Miden aproximadamente 1,0 mm de largo y 0,5 mm de ancho. Las antenas se muestran un poco más largas y se observan esbozos de alas que cubren 25 % del abdomen.

N4. Las ninfas pueden presentar indistintamente en la región dorsal de su cuerpo manchas o placas de tonalidades oscuras. Miden 0,2 mm aproximadamente, más que las del estadio anterior, o sea 1,2 mm de largo y 0,6 mm de ancho. Las antenas se muestran más alargadas, y sus esbozos alares cubren 50 % del abdomen. Presentan menor movilidad que en los primeros estadios, pero cuando se trasladan de un lugar a otro lo hacen con movimientos rápidos.

N5. Aparecen manchas, al igual que las descritas anteriormente, miden 0,2 mm más que el estadio anterior (1,4 mm de largo y 0,7 mm de ancho). Las antenas se muestran largas y filiformes con 9 segmentos, y los esbozos alares cubren 75 % del abdomen. Los ojos se tornan de color rosado claro. Se consideran de poca movilidad, al igual que el cuarto estado, aunque se trasladan más rápido.

Adulto. En este estado miden aproximadamente 1,5 a 2 mm de largo. Se observa dimorfismo sexual, por la mayor dimensión de las hembras. Presentan tonalidades amarillo-verdosas, también pueden presentar manchas de colores oscuros, lo que ratifica su coloración polimórfica. En el área ocelar de la cabeza, aparece una mancha central de color naranja en el borde interior del mesonoto, y una a cada lado del metanoto. Las antenas son largas y filiformes, con 10 segmentos y tienen dos pares de alas membranosas. El primer par cubre todo el abdomen, mientras que el segundo es más pequeño, sin celdas y con las venas verdosas.

Esta información, ofrecida por primera vez, es de gran importancia teórico práctica y contribuye al perfeccionamiento del monitoreo del insecto, lo que facilita su estudio integral. Además, se pueden dirigir acertadamente las prácticas de control fitosanitario, para mantener la regulación de las poblaciones en cantidades inferiores, no dañinas. Esto permite un manejo óptimo de *L. leucocephala*.

Con relación al coeficiente de nocividad de *H. cubana* en condiciones de insectario determinado por Valenciaga y Mora (2005), se precisa lo siguiente:

En dos insectarios de 12 m³ cada uno, cubiertos herméticamente con malla antiáfidos de diámetro inferior a 2 μ n, se colocaron seis plantas de *L. leucocephala* completamente sanas en dos hileras de tres con una separación de 1 m x 1 m; se aplicó riego y se realizó la labor de desyerbe hasta que alcanzaron 1 m de altura y a partir de aquí en uno de ellos se liberó una población, aparentemente sana, de 300 individuos de *H. cubana* recolectados en el campo (lo que representó 50 sÍlidos/m²), mientras el otro insectario se consideró como testigo.

Después de 3 meses se comprobó mediante las variables demográficas (densidad poblacional, tasa de multiplicación, tasa intrínseca de incremento y tasa neta de reproducción) que *H. cubana* multiplicó su población inicial en 87 veces. Además, el ataque del insecto en todos sus estados de desarrollo, concentrado en las yemas apicales de la planta, redujo el crecimiento de las plantas en 68 cm, con respecto a las no infestadas. Se obtuvo un coeficiente de nocividad de 85,7 %, valor que demuestra el efecto marcado de la acción del insecto, ya que causó una total defoliación. Ello evidenció el daño que pudiera causar *H. cubana* a la leucaena, y que, si esta situación devastadora se produjera en Cuba, se convertiría en plaga.

En conclusión, se demostró que *H. cubana*, en ausencia de sus enemigos naturales, es capaz de causar la defoliación total de *L. leucocephala*, con la consiguiente afectación del rendimiento de esta planta forrajera, retraso en su crecimiento y disminución de la capacidad de rebrote. Por tanto, se recomienda utilizar el coeficiente hallado de nocividad del sÍlido, como base para el cálculo del umbral de daño en las condiciones de Cuba.

Respecto a la tendencia de la población de *H. cubana* Valenciaga (2003) en un área de *L. leucocephala* bajo pastoreo con ganado en desarrollo, constató las fluctuaciones de los huevos, las ninfas y los adultos de este insecto. Con relación a su distribución espacial planteó que, a pesar de

encontrarse diferencias significativas entre la población de *H. cubana* ubicada en los diferentes puntos cardinales, no existió una preferencia marcada del insecto a localizarse en uno o en otro; ello se demostró en el comportamiento variable en las dos épocas del año (período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente).

En ese sentido las variaciones del movimiento natural de la población de *H. cubana* presentan un comportamiento similar en los estados de desarrollo (fig. 4) y muestran un incremento notable en la cantidad de huevos m^{-2} en los dos primeros años, y un pico poblacional en cada año, cuando la temperatura y la precipitación comienzan a descender (octubre-diciembre) o sea a finales del período lluvioso y principios del poco lluvioso.

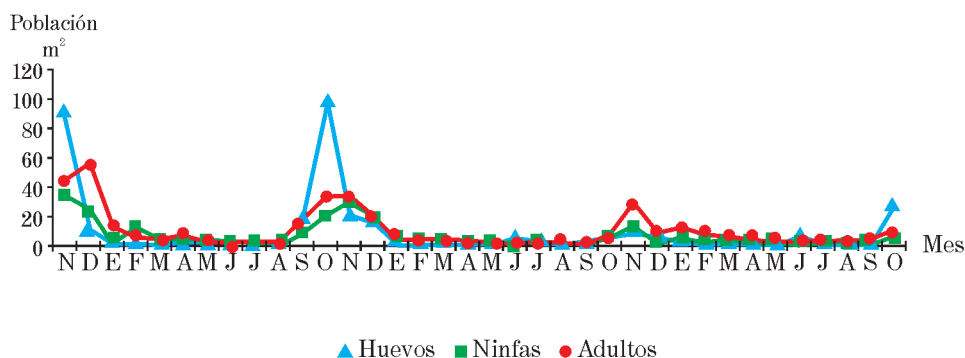


Figura 4. Variación poblacional de huevos, ninfas y adultos de *H. cubana* en el tiempo.

Por otra parte, Valenciaga (2003) también demostró que este síldido constituye el principal insecto fitófago de la leucaena, y que está asociado a los rebrotes de las hojas o puntos de crecimiento de esta leguminosa arbórea.

No obstante, a pesar de lo informado anteriormente, con relación a la cantidad de individuos presentes en las poblaciones en el período poco lluvioso, y a sus notables afectaciones en el follaje de la leucaena, en Cuba, según Valenciaga *et al.* (2010), no se han detectado daños económicos en las plantaciones de esta forrajera, pues la pérdida foliar que se calculó fue inferior al 25 %. Dicho comportamiento también se encuentra estrechamente interrelacionado con los factores bióticos (biorreguladores, fundamentalmente *Chilocorus cacti* Linnaeus, según Valenciaga *et al.* (1999) y abióticos (elementos del clima), acorde con lo informado por Valenciaga (2003), y que fue corroborado por Alonso (2009).

Micoflora asociada a las semillas almacenadas de *L. leucocephala* cv. Perú

Los estudios sobre la patología de las simientes de leucaena en el país, hasta la década del 90 estuvieron limitados a la detección de diversos géneros de hongos (Delgado *et al.*, 1989; Alonso *et al.*, 1996a); además, eran insuficientes, por lo que fue necesario profundizar, fundamentalmente, en el diagnóstico de la micoflora de mayor importancia y su posible control, pues la semilla es la vía ideal de diseminación de esta leguminosa y el método más común, práctico y económico de propagación.

Lezcano (2005) con vista a caracterizar, identificar y conocer el comportamiento e incidencia de los agentes fungosos presentes en semillas de *L. leucocephala* cv. Perú de 6 y 18 meses de almacenamiento [con diferente estado físico: aparentemente sanas (SAS) y enfermas (SE)] realizó el análisis patológico de dichas simientes utilizando el método de Blotter Test; después se procedió al aislamiento y obtención de cultivos puros para la caracterización cultural y morfológica. Ello permitió la identificación de 16 especies que se agruparon en nueve géneros [(*Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus wentii* Wehmer, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus* sp., *Alternaria alternata* (Fr) Keissi, *Chaetomium indicum* Corda, *Fusarium semitectum* Ver. & Rav., *Fusarium sambucinum* Fuckel, *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Fusarium chlamydosporum* Wollenw & Reinking, *Fusa-*

rium incarnatum (Rob.) Sacc., *Cladosporium sphaerospermum* Penz, *Penicillium expansum* Link, *Pestalotia* sp., *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex. Fr.) Lind y *Trichoderma* sp.], las cuales incidieron tanto en SAS como en las SE.

El hecho de que *P. expansum* fuera el agente fungoso que más incidió (14,50 %) en las SAS de seis meses de almacenamiento, reafirma que puede constituir un agente patógeno de considerable importancia para estas simientes, máxime si se tiene en cuenta que también se encontró asociado a semillas germinadas y podridas con esta misma edad fisiológica.

Por otra parte, la incidencia de cinco de las seis especies del género *Fusarium* en las SAS (entre 9,75 y 12,0 %) evidenció su condición de hongo que se transmite por las simientes y que se manifiesta *a posteriori* en el campo, fundamentalmente; además, reafirmó su potencial como patógeno de dicha planta (Delgado *et al.*, 1989).

En tanto, en las SE sobresalieron entre las de mayor incidencia las especies fungosas del género *Aspergillus* (*A. flavus* y *A. niger* con un 29,5 y un 20 %, respectivamente), agentes que afectan considerablemente las semillas, causándole un deterioro acelerado y concuerda con el criterio de Schmidt (2000) que enfatizó que dichos hongos son los que más infectan las semillas almacenadas y causan daños de considerable importancia. También coincide con lo planteado por Soetrismo (2003), en cuanto a que estas especies deterioran la calidad de las simientes y representan la flora más común de las semillas almacenadas de *L. leucocephala*.

Las semillas almacenadas durante 18 meses mostraron índices superiores de incidencia de los hongos respecto a las de seis meses, lo que indica que a medida que aumentó el período de almacenamiento pudo incrementarse la presencia y dominancia de los hongos, principalmente los típicos de almacén; ello reafirma lo planteado por Alonso *et al.* (1996a) y De Souza *et al.* (1997) acerca de que algunas especies de *Aspergillus* y *Penicillium* aumentan su porcentaje de incidencia en función del tiempo de almacenamiento en el cultivo de millo y en *L. leucocephala* cv. Perú, respectivamente.

La alta infección que produjeron los agentes fungosos, tanto en las SAS como en las SE evidenciaron la necesidad y urgencia de buscar alternativas de control que permitan, al menos, reducirla para evitar que se afecte la germinación y la viabilidad. En ese sentido cuando se empleó la desinfección térmica (agua caliente a 80 °C durante 3 minutos) como un método factible desde el punto de vista práctico, se logró indistintamente la reducción de algunos y la exacerbación de otros como: *Aspergillus* sp., *A. flavus*, *A. niger* y *A. alternata*. Ello indica que se requiere probar otras alternativas como el uso de polvos vegetales, por ejemplo, para así evitar las afectaciones en las futuras siembras de la leucaena en el país.

Posteriormente, con el objetivo de determinar cuáles eran las especies fungosas patógenas de las semillas del cultivar Perú (aparentemente sanas de ambos tiempos de almacenamiento), se realizó la prueba de patogeneicidad mediante su inmersión durante 30 minutos en suspensiones de esporas de los siguientes hongos: *A. flavus* aisl. 2, *P. expansum*; *A. niger*; *C. indicum*; *A. flavus* aisl. 4; *Pestalotia* sp.; *A. alternata*; *F. oxysporum*; *A. wentii*; *C. sphaerospermum*; *F. incarnatum*; *F. sambucinum*; *F. chlamydosporum*; *R. stolonifer*; *Trichoderma* sp. y *F. semitectum*.

Los síntomas más imponentes que ocasionaron los hongos inoculados en las semillas fueron: la podredumbre de los cotiledones (PC) y de las semillas (PS), manchas en los cotiledones (MC) y muerte de las radículas (MR).

Con relación a los aislamientos de *A. flavus*, se debe señalar que manifestaron un alto grado de diseminación y virulencia a las 96 h después de la inoculación en las semillas, lo que propició que estas se deterioraran rápidamente; se observó una marcada pudrición y, por consiguiente, la muerte de la radícula (figs. 5 a y b). Criterios similares fueron expuestos por Chunjie *et al.* (2000) en semillas de alfalfa.



Figura 5. Radículas afectadas por *A. flavus* aisl. 2 (a) y aisl. 4 (b).

Las especies de *Fusarium* (fig. 6). causaron tres de los cuatro síntomas observados en este estudio (PS, MC y MR). En el caso de *F. oxysporum*, se señala como causante de la pudrición de las raíces en leucaena (Lenné, 1991), y de la pudrición de las semillas y las raíces de diversos cultivos en el mundo (Yasem *et al.*, 2002), entre ellos la soya (*Glycine max*).

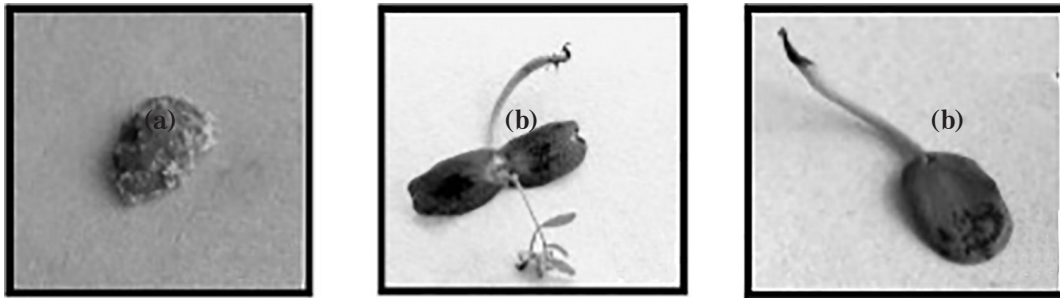


Figura 6. (a) Semilla, (b) hojas cotiledonales y radículas afectadas por *F. oxysporum*.

F. sambucinum, *F. incarnatum*, *F. chlamydosporum* y *F. semitectum*, aunque se consideran como hongos de campo, incidieron negativamente en las hojas cotiledonales, la radícula y en la semilla entera, en la cual ocasionaron pudrición. Esto ratifica su importancia como patógeno en las semillas de esta leguminosa.

A. alternata, otro de los agentes fúngicos encontrados en este estudio (causante de las PC y MC), se considera uno de los patógenos más frecuentes en los cultivos de leguminosas (Rauf, 2000) y en las semillas de los árboles forestales (Mittal y Mathur, 2004).

Otro de los agentes principales que causaron grandes infecciones, sobre todo pudrición y en ocasiones la muerte de las semillas fue *P. expansum*, el cual se considera también como patógeno en semillas de diferentes pastos, donde ocasiona igualmente la pudrición de estas y la muerte de las plántulas (Gupta, 1996).

De acuerdo con la sintomatología originada por los hongos en las semillas y su porcentaje de incidencia, se confirmaron como patógenas las especies: *A. flavus* aisl. 2, *A. flavus* aisl. 4, *A. niger*, *A. wentii*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*, *F. sambucinum*, *F. chlamydosporum*, *F. semitectum*, *P. expansum*, *C. indicum*, *A. alternata*, *Pestalotia* sp. y *C. sphaerospermum*, con índices de infección entre 16 y 72 %. Sin embargo, aunque *Trichoderma* sp. y *R. stolonifer* produjeron el síntoma PS (con un valor máximo de infección de 16 %), este no alcanzó una manifestación de gran significación, por lo que se consideró no incluirlas en el grupo de las especies patógenas; además porque en la literatura especializada se plantea que en la mayoría de las ocasiones se presentan como oportunistas o saprófitas (Schmidt, 2000).

De los agentes fúngicos que se detectaron en esta investigación se citan por primera ocasión en semillas almacenadas al ambiente de esta especie forrajera, *P. expansum*, *A. wentii*, *C. sphaerosper-*

mum, *F. incarnatum*, *F. sambucinum* y *C. indicum*; y en el caso del cultivar Perú, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *A. alternata* y *F. chlamydosporum*, además de los otros señalados anteriormente.

Comunidad insectil en sistemas silvopastoriles con leucaena-guinea

Tomando en consideración el criterio de Singh (2005) acerca de que no existía suficiente información de los insectos que se comportan como «plagas» en los diferentes sistemas agroforestales en el trópico, donde se incluye la leucaena, Alonso (2009) evaluó la entomofauna durante tres años, en un sistema silvopastoril de *L. leucocephala* cv. Perú-*M. maximus* para la ceiba de machos bovinos en desarrollo y encontró 148 especies de insectos asociados a la leucaena, comprendidas en 14 órdenes, 78 familias y 136 géneros.

El estudio demostró la riqueza de taxones de alto rango presentes en esta forrajera arbórea, en las que predominaron los pertenecientes a los órdenes Hemiptera [por ejemplo: *L. viridis*, *Rhinaecloa* sp., *Empoasca* sp., *H. cubana*, *Zelus longipes* (L.)], Coleoptera [*Stator bottimeri* Kingsolver, *Cryptocephalus* sp. (1), *Diomus roseicollis* (Mulsant), *Phalacrus* sp.], Diptera [Chlorópido y Taquírido sin determinar, *Euxesta* sp., *Acrotaenia testudinea* (Loew)] e Hymenoptera [*Brachymeria flavipes* (Fabricius), *Paratrechina fulva* (Mayr), *Pseudomyrmex cubaensis* (Forel), *Tetramonium bicarinatum* (Fabricius), *Wasmannia auropunctata* (Roger), *Enicospilus purgatus* (Say), *Myzinum aphippium laterale* Cresson].

Del inventario se obtuvo un 55 % de nuevos informes de insectos asociados a esta leguminosa en Cuba y 44 % para la región neotropical, debido a las 121 y 147 especies encontradas, respectivamente, acorde con lo informado anteriormente en la literatura (Barrientos, 1987; Alonso *et al.*, 1993; Valenciaga *et al.*, 1999; Valenciaga, 2003).

En la gramínea se capturaron 186 especies insectiles, las que se ubicaron en 14 órdenes, 91 familias y 164 géneros; agrupadas en mayor número en los órdenes Coleoptera (22,6 %), Hymenoptera (21,5 %), Hemiptera (21,5 %), Diptera (14 %) y Lepidoptera (11,8 %); se destacó la representación de biorreguladores presentes debido a los microhabitats favorables que se crean para su desarrollo, refugio y reproducción [por ejemplo: *Rogas* sp., *Brachymeria incerta* (Cresson), *Conura femorata* (Fabricius), *Pimpla marginella* (Brullé), *Zanysson armatus* (Cresson), *Pachonyderus nasideus* (Latreille)].

Por otra parte, respecto a la estructura trófica de la comunidad de insectos, de las 88 especies identificadas en el estrato arbóreo, 49 tenían hábitos fitófagos (56 %) y 39 eran benéficas [44 % (23 depredadores, 9 parasitoides, 1 polinizador, 2 micófagos, 3 descomponedores de la materia orgánica y 1 coprófago)]. Se resaltan entre los fitófagos a *H. cubana*, *Empoasca* sp., *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) & (Walker), *C. brunnea* Fabricius y *Spissistylus rotundata* (Stål), los cuales pueden afectar a otras leguminosas y cultivos de interés económico para el hombre. Mientras que entre los benéficos se destacaron los coccinelidos *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey, *Chilocorus cacti* L. y *Coccinella maculata* (De Geer), depredadores de *H. cubana*, junto a las hormigas *T. bicarinatum*, *Pheidole megacephala* (Fabricius) y el reduvido *Z. longipes*. Además, del himenóptero *E. purgatus* parasitoide de *Remigia* sp. y *S. frugiperda*, el eupelmido y selionido si indentificar, parasitoides de huevos de *L. viridis*, y el díptero *Condylostylus* sp. depredador de larvas de crisómelidos.

En el estrato herbáceo, de las 103 especies insectiles clasificadas, 59 resultaron ser fitófagas y 44 benéficas (donde se incluyeron 23 depredadores 13 parasitoides, 1 polinizador, 4 descomponedores de la materia orgánica, 1 coprófago y 2 micófagos). Del primer grupo sobresalieron *Remigia* sp., *S. frugiperda*, *P. bicincta fraterna* y *Hortensia similis* (Walter), que son típicas de esta vegetación; y del segundo *C. femorata* y *Rogas* sp., que constituyen parasitoides de las pupas de *S. frugiperda*, así como *Brachymeria ovata* (Say) y *P. marginella* que son parasitoides de *Omiodes* (=Hedylepta) *indicata* (Fabricius). Es de destacar que la existencia de esta importante representación de organismos benéficos, que desarrollan principalmente una actividad reguladora de las poblaciones de fitófagos, explica en parte el hecho que no se presentaran poblaciones numerosas de organismos nocivos de interés en el

sistema. De ahí que los benéficos, con su accionar, contribuyeron a reducir las poblaciones de insectos plagas, como plantearon Ojasti y Dallmeier (2000).

Por otra parte, Alonso (2009) al evaluar los insectos asociados con las inflorescencias y las legumbres, identificó dos con potencialidades como plagas: *Ithome lassula* Hodges (Lepidoptera: Cosmopterigidae) y *L. viridis*, respectivamente.

El microlepidóptero aparece desde la fase de abotonamiento y en la inflorescencia propiamente dicha, y su lesión consiste en perforaciones circulares en la base de las flores individuales, generalmente una en cada flósculo, o dos en algunas ocasiones. Cada larva puede alimentarse de una hasta siete flores individuales a la vez, y puede llegar a hacerlo del capítulo también. Cuando la larva se alimenta de los botones estos no abren y se impide la formación de la inflorescencia, por lo que estas lesiones, en su conjunto, originan que no se formen las legumbres y, por ende, las semillas correspondientes.

Se observó que el número de larvas y de lesiones se incrementó de la fase de abotonamiento a la de inflorescencia, tanto en el pico de foración de abril como en el de agosto, aunque el valor fue superior en el primero; ello es de vital importancia debido a que en el periodo poco lluvioso esta planta produce semilla en mayor cuantía.

De acuerdo con las inflorescencias muestreadas y las afectaciones cuantificadas se estima que en términos de producción en una hectárea con 500 árboles podría dañarse el 71 % de la producción semillera, lo que justificaría las medidas de manejo fitosanitario, pues según Elder (2008) el control se realiza cuando en las inflorescencias el daño causado por las larvas de esta especie es superior al 10 %.

En el caso del pentatomido, cuya lesión se describió anteriormente en este capítulo de conjunto con su relación con la bacteria *D. carotovora* subsp. *odorifera*, se constató lo siguiente:

A pesar de la baja detección de individuos de *L. viridis*, al cuantificar sus lesiones se apreció que el número de picaduras tendió a incrementarse de las legumbres con semillas verdes a aquellas en estado de formación, debido a que poseen una cantidad superior de savia disponible, que aumenta la avidez de los insectos, y a que se acumulan las picaduras del estado inicial. En las legumbres en estado de cosecha las lesiones disminuyeron a causa del endurecimiento alcanzado por la maduración, que les confiere una consistencia correosa, y también a consecuencia del cambio de coloración de café a marrón que enmascara la lesión, criterio que coincide con el expuesto por Hughes (1998).

Acorde con las legumbres muestreadas y las afectaciones por el complejo pentatómido-bacteria (con mayor énfasis en el microorganismo), en 1 ha con 500 árboles, se estimó una merma en la producción de semilla del 26 %.

En cuanto a la diversidad biológica de la comunidad de insectos en estos sistemas, se pudo constatar una alta riqueza de especies, ya que como plantearon Pérez y Vázquez (2001) con el uso de las leguminosas en los agroecosistemas ganaderos se puede incrementar la conservación de enemigos naturales (como uno de los grupos funcionales más numerosos), al brindar condiciones de refugio y alimentación apropiadas para los depredadores de insectos fitófagos.

Otro resultado importante en los pastizales con predominio de leucaena y guinea, fue la determinación durante seis meses de la distribución espacial de los nidos de *Atta insularis* Guérin realizada por Herrera, M. *et al.* (2008). Estos autores en los muestreos semanales en 56 cuadrados de 100 m² en nueve cuartones (área de 0,57 ha como promedio cada uno, para un total de 5 ha) donde, además, existían otras especies arbustivas, cuantificaron 497 nidos de *A. insularis*, para una densidad de 99 nidos ha⁻¹.

Entre las especies que fueron intensamente forrajeadas por *A. insularis*, durante varias semanas, en febrero y mayo, se citan: *Azadirachta indica* (5,6 plantas ha⁻¹) y *Spathodea campanulata* (0,2 plantas ha⁻¹). En cambio, las bibijaguas forrajearon frecuentemente las semillas y los folíolos de leucaena, (especie con una densidad de 473 plantas ha⁻¹), por lo que fue la planta más utilizada por estos formícidos y donde, a su vez, apareció la mayor agregación de nidos. Estos resultados se corresponden con los estudios de Barrientos (1987), quien consideró que este insecto consume una gran cantidad de hojas de *L. leucocephala*.

A. insularis prefirió más el suelo Ferralítico Rojo hidratado para el establecimiento de los nidos; además, fue donde hubo un mayor número de plantas de leucaena y de otras plantas leñosas y, por otro lado, donde se realizó la labor de poda a la arborea, lo que también favoreció el forrajeo de la bibijagua, al tener las plantas una menor altura. Ello indica que las especies vegetales y su distribución, pueden contribuir a la agregación espacial de las hormigas cortadoras de hojas.

Fauna de insectos presentes en un área de *Lysiloma latisiliquum* (= *Lysiloma bahamense* Benth.), destinada a la sombra de los animales

Con el objetivo de conocer el comportamiento biológico de los organismos fitófagos y biorreguladores asociados a *L. latisiliquum*, Valenciaga *et al.* (2008) evaluaron durante tres años un área de 0,5 ha sembrada con esa leguminosa, cuyos árboles le ofrecían sombra al ganado vacuno que pastoreaba en zonas aledañas.

Se encontraron ocho especies insectiles, cinco fitofagas y tres biorreguladoras (tabla 3), las cuales no sobrepasaron 0,5 individuos promedio m⁻², nivel poblacional que se considera un índice ligero.

Tabla 3. Insectos capturados en el área experimental

Orden	Familia	Especie
Hemiptera	Psyllidae	<i>Heteropsylla cubana</i> *
	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.*
	Miridae	<i>Jorandes vulgaris</i> *
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Epitrix</i> sp.*
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla</i> sp.**
Diptera	Otitidae	<i>Euxesta stigmatias</i> (Loew)*
Hymenoptera	Chalcididae	<i>Brachymeria</i> sp.**
	Formicidae	<i>Pheidole megacephala</i> (Fabricius)**

* Fitófagos ** Biorreguladores

Es de destacar que cuando se realizaron las observaciones visuales, en ningún período del año se encontraron estadios juveniles de *Empoasca* sp. y *H. cubana*, ni en las hojas ni en los tallos de *lysiloma*. Ello induce a aseverar que estos insectos no se reproducen en la planta objeto de estudio, por lo que la competencia entre ellos no se establece por el nicho ecológico, sino por el alimento; a lo que se añade que, en su estado adulto, al ser voladores, se trasladan con facilidad a otros hospedantes. En el caso del sílido, coincide con lo informado por Valenciaga *et al.* (2004), quienes plantearon que este insecto sólo completa su desarrollo en *L. leucocephala*.

Por otra parte, la escasa presencia de insectos también pudiera relacionarse con la composición química de las hojas de *lysiloma*, que tiende a repeler la acción de los insectos plaga. Esta hipótesis no se descarta, pues se conoce que en la familia Fabaceae, se incluyen géneros con presencia de metabolitos secundarios que contribuyen a la defensa de las plantas con respecto a su entorno (Bourgaud *et al.*, 2001). Además, también incidió el comportamiento de los elementos del clima (precipitación y temperatura del aire, fundamentalmente).

Respecto al análisis de la disposición espacial de las especies colectadas, las de mayor incidencia (*Empoasca* sp., *H. cubana* y los biorreguladores) tuvieron una distribución de tipo Contagio o Agregada, lo que indica porque los fitófagos van en busca de los brotes u hojas más tiernas para alimentarse y los biorreguladores, en busca de sus presas.

Investigaciones iniciales acerca de insectos y agentes patógenos con potencialidades como plagas de la morera (*Morus alba*) y la moringa (*Moringa oleifera*)

En Cuba las investigaciones relacionadas con la fitosanidad de *M. alba* y *M. oleifera* se iniciaron debido a la escasa información sobre sus plagas asociadas.

En el caso de la morera, ello se debe a que esta planta ha sido utilizada tradicionalmente para alimentar el gusano de seda. No obstante, en el país, Alonso y Lezcano (2002), detectaron un hongo identificado como *Cercospora mori* Peck, en las variedades acorazonada, cubana, indonesia y tigreada que se sometieron a tres frecuencias de defoliación (60, 90 y 120 días) y tres dosis de fertilización orgánica (100, 300 y 500 kg de gallinaza/ha). Este agente fungoso no alcanzó el grado 2 de la escala utilizada (5 % de área foliar afectada) y después de las tres defoliaciones no sobrepasó el grado 1 (1 % de área foliar afectada); la variedad de morera menos afectada, antes y después de la poda, fue la tigreada y los tratamientos que combinaron la frecuencia de defoliación cada 120 días y las tres dosis de fertilización posiblemente fueron los más propicios para que apareciera el patógeno, por lo que es evidente que las defoliaciones más frecuentes pueden ser un método cultural con grandes perspectivas para su control.

Referente a la moringa, con el inicio del programa nacional del Ministerio de la Agricultura diseñado para esta planta en el año 2011, se realizaron diversos experimentos en varias instituciones científicas del país.

En la EEPFIH, (Alonso *et al.*, 2012)2012 y (Lezcano *et al.*, 2014), evaluaron el efecto de diferentes frecuencias de corte en el rendimiento de biomasa comestible para el consumo humano de las procedencias Nicaragua y Supergenius, respectivamente, en dos siembras en organopónico; estos autores detectaron la presencia del insecto *Ascia monuste* L., y en la última procedencia a los 22 días después de la siembra aparecieron dos patógenos fungosos [(*Colletotrichum demathium* (Pers. ex Fr.) Grove y *Fusarium* sp.)] con índices de infestación superiores al 50 %, que devastaron la plantación.

En un estudio realizado por Valenciaga *et al.* (2012) en el ICA, bajo diversas condiciones de siembra (organopónico, canteros y cercos vivos) de la procedencia Criolla de *M. oleifera*, encontraron 29 especies insectiles y 6 morfo-especies agrupadas en 6 órdenes y 13 familias, de las que sobresalieron tres especies no identificadas de las familias Aphididae (Hemiptera), Arctiidae (Lepidoptera) y Scolitydae (Coleoptera), respectivamente y *A. insularis*. Mientras entre los microorganismos hallaron dos especies, aun no identificadas, de los géneros fungosos *Colletotrichum* y *Fusarium*, lo que coincidió con el resultado de Alonso *et al.* (2012).

Por otra parte, en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt» (INIFAT), Castellanos *et al.* (2012). Mientras, Martínez *et al.* (2012), informan a *Apate monachus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae), que ataca a árboles de esta planta.

Martínez y Ramírez (2014) con el objetivo de actualizar las especies de insectos presentes tanto en morera como en moringa, realizaron inspecciones a diferentes áreas de la provincia de La Habana, en las que encontraron cuatro especies del orden Lepidoptera: *Stigmene acraea* [(Drury) (Arctiidae)], *Glyphodes sybillalis* Walker (Pyralidae), *Spodoptera latisfacia* [(Walker) (Noctuidae)] y *Maeanas jussiaeae* [(Poey) (Arctiidae)]. De estas la primera especie fue colectada en ambas plantas y las restantes en morera solamente. Además, es de destacar que estas arbustivas constituyen dos nuevos hospedantes para *S. acraea* y, por otro lado, que *G. sybillalis* y *S. latisfacia* se encontraron de manera abundante en el campo, por lo que deben tenerse en cuenta debido a que consumen una gran cantidad de hojas; de ahí que es necesario determinar el comportamiento poblacional de estos insectos y sus enemigos naturales, como elementos básicos de importancia para la toma de decisiones en la producción de estos cultivos en Cuba.

Manejo de las plagas asociadas a las plantas pratenses y forrajeras

En este acápite, aunque se presentará un número relativamente bajo de trabajos relacionados con el control de las plagas de los pastos y forrajes, máxime si se considera la cantidad de estas que se tratarán, es válido señalar que en su mayoría responden a la corriente ecológica actual, ya que se refieren fundamentalmente al empleo del control biológico a través de microorganismos o de plaguicidas naturales de origen botánico y al uso de prácticas culturales.

En pruebas iniciales para el control de *C. crassus*, Paz (1989) halló en la primera fase experimental que los productos sistémicos manifestaban una efectividad superior, y el Filitox fue el que más incidió en la densidad poblacional de la plaga con un 74,6 % de efectividad en dosis de 1 L ha⁻¹. El Malathion 57 % CE a 2,5 L ha⁻¹ ofreció los mejores resultados dentro de los de contacto, con un 60 % de efectividad (tabla 4).

Tabla 4. Resultados experimentales en la prueba de productos contra *Ch. crassus* (efectividad en %)

Producto	Dosis	Fase		Producto	Dosis	Fase	
De contacto kg o L ha ⁻¹		I	II	Sistémico kg o L ha ⁻¹		I	II
Carbaryl 80 % P.H	0,6	20,8	-	Bi-58	0,5	46,0	-
	1,5	31,5	-	37 %	1,0	71,0	60,5
	2,5	59,2	-	C.E	1,5	67,0	60,1
Malathion 57 % C.E	1,5	49,6	39,7	Filitox	0,5	56,2	-
	2,0	53,6	43,2	60 %	1,0	74,6	76,0
	2,5	60,1	55,7	C.E	1,5	71,0	77,0
Metil Parathion 50 % C.E	1,5	-	60,6	Metasystox	1,0	-	43,1
	2,0	-	68,1	50 % C.E	1,5	-	43,2
	2,5	-	69,7		2,0	-	58,6
Productos biológicos							
<i>B. bassiana</i>	1,0	40,8	-	Bouverin	0,5	14,1	-
	1,5	52,9	-		1,0	41,5	-
	2,0	45,6	-		1,5	17,9	-

En la segunda fase los productos seleccionados en la fase I mantuvieron un comportamiento similar al anterior; sin embargo, el Metil-parathion 50 % CE produjo mejores resultados que el Malathion 57 % CE, aun cuando no hubo diferencias significativas. El Metasystox 50 % CE mostró valores inferiores a los del grupo de productos sistémicos estudiados. Por otra parte, los productos biológicos no cumplieron con la condición propuesta (DL-50) y mostraron valores superiores en las dosis medias, sin que se le pueda dar respuesta a tal efecto (tabla 4).

En estudios posteriores realizados por García y García (1990) en la EEPFIH sobre la plaga antes mencionada, donde utilizaron *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin para su control, se obtuvieron resultados similares entre los productos biológicos y el Bi 58 (fig. 7); sin embargo, con el Bouverin (producto checo a base de *B. bassiana*) no se logró el 50 % de efectividad. También es necesario señalar que con la mezcla de Bi 58 + *B. bassiana* se alcanzaron resultados intermedios con respecto al empleo de los productos solos, lo cual demostró que no existía un efecto combinatorio o aditivo, sino un menor control por la disminución de la concentración del Bi 58.

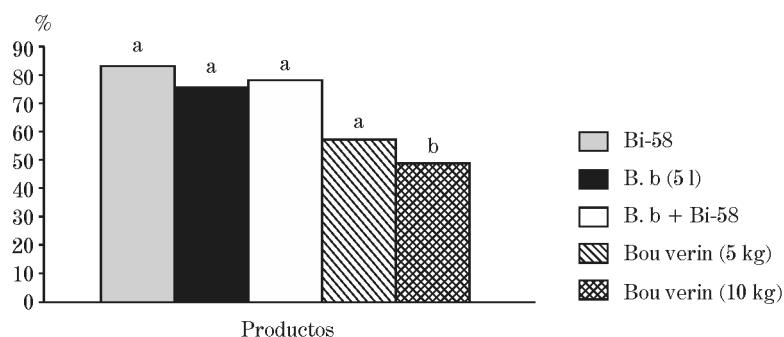


Figura 7. Efectividad de los productos en el control de *C. crassus*.

Uno de los resultados más importantes que se obtuvieron, fue la estimación de la población del falso medidor de los pastos (*Remigia* spp.) mediante la utilización de trampas de melaza, las cuales se utilizan como método de muestreo, pero a su vez contribuyen al control directo del insecto y a estimar su presencia con vista a emplear otras alternativas dentro de su estrategia de manejo (Barrientos, 1990).

En ese orden el autor de referencia hizo una propuesta para su generalización en el sector productivo, la cual constituyó un logro científico en ese momento, y que aún forma parte del programa integral de defensa fitosanitaria de los pastos y forrajes; cuyo modo de empleo es como sigue:

1. Se ubican en cualquier sitio en el campo a 100 m de las unidades pecuarias.
2. Deben ser colocadas a una altura de 1,5 a 2,0 m.
3. Se deben colocar separadas a 500 m una de otra.
4. La solución de melaza está compuesta por un 75 % de miel final y un 25 % de agua (esta proporción se verifica en cada muestreo).
5. La frecuencia de muestreo depende de la época del año (de diciembre a marzo se revisan quincenalmente y de marzo a diciembre dos veces por semana).
6. En cada muestreo se extraen y cuentan los insectos capturados.
7. Para hallar los adultos/m² se utiliza la siguiente fórmula: $Y = 0,21 + 0,035 X$ (donde X es el número adultos capturados en la etapa).
8. Para hallar el número potencial de huevos/m² se utiliza la siguiente fórmula: $H = 139,5 (0,21 + 0,035 X)$.
9. Para calcular la población potencial de larvas/m² se utiliza la fórmula siguiente: $PL = 106 (0,21 + 0,035 X)$.

En la empresa pecuaria Martí de la provincia de Matanzas, se alcanzó un resultado positivo con el uso de cebos envenenados en el control de *Remigia* spp. (MINAG, 1988). Estos consisten en la mezcla de 40 kg de miel final + 70 L de H₂O + 5 g de Carbaryl 85 % PH o Dipterex 80 % PS, la cual se aplica en franjas de 9 m de ancho cada 50 m en el campo en horas de la noche, con vistas al control de larvas y adultos; se debe tener la precaución de no introducir los animales al área tratada al menos después de siete y hasta 15 días de la aplicación. En este caso se logró disminuir la población de 104,5 adultos por trampa a 9,2 en el período de junio a septiembre.

Otro resultado fue la prueba de parasitación de *B. bassiana* contra *Loxa* sp. (identificado como *L. viridis*) realizada por Alonso *et al.* (1993), quienes obtuvieron un efecto de la cepa F-32 de este entomopatógeno en un rango comprendido entre 87,5 y 100 % a los tres días de colocados los insectos en contacto con el hongo (fig. 8).

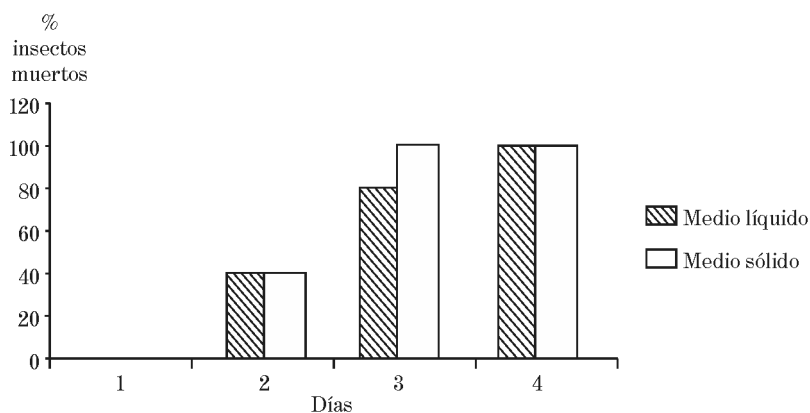


Figura 8. Efecto de *B. bassiana* reproducido sobre diferentes medios en el control de *Loxa* sp. (identificado como *L. viridis*).

Delgado *et al.* (1990) en una colección de *M. maximus* hallaron que el clon K 63 fue el menos afectado por *Tilletia ayresii* Berk. y este no se distinguió significativamente del K 105. En el caso de *Cerebella andropogonis* Ces., el clon menos afectado resultó el T96 (figs. 9 y 10).

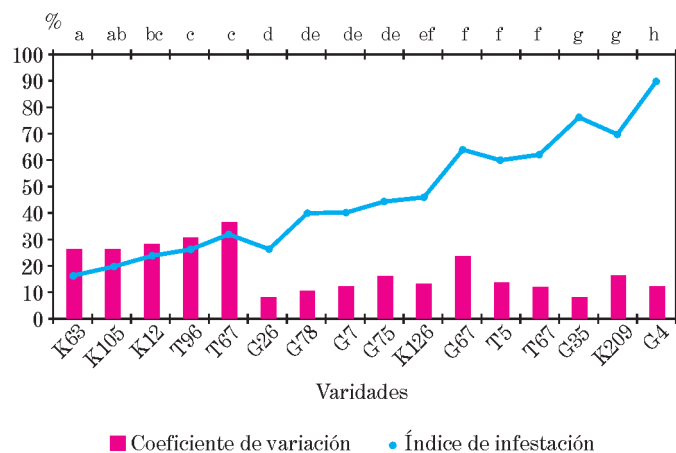


Figura 9. Intensidad y variabilidad de los daños causados por *T. ayresii* en *M. maximus*.

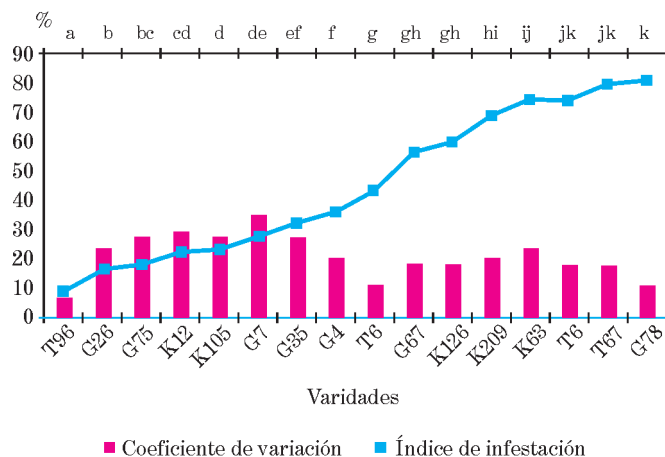


Figura 10. Intensidad y variabilidad de los daños causados por *C. andropogonis* en *M. maximus*.

Los resultados del empleo de productos naturales contra algunas plagas que atacan los pastos y forrajes, reafirman que la actividad insecticida de ciertos compuestos sintetizados por las plantas es

conocida por el hombre desde tiempos inmemoriales. Sin embargo, el avance de la investigación y el desarrollo de productos naturales contra las plagas, se inclina más por la determinación de los compuestos naturales con actividad plaguicida y de las familias de plantas en que se pueden hallar estos, que por la fabricación de bioproductos comerciales.

Lo expuesto anteriormente hace patente la diversidad de experiencias que se deben desarrollar en el mundo y en Cuba en este campo de la fitoprotección, para proteger los cultivos de interés, tanto para el hombre como para los animales; en el caso de los pastos y forrajes se han realizado pruebas de control fundamentalmente contra el falso medidor (*R. latipes*). A continuación, se tratarán algunos de esos resultados.

González *et al.* (1994) estudiaron el efecto de dos extractos de Nim a una concentración de 1 y 10 % y como producto estándar utilizaron el NimAzal-S al 1 % sobre larvas de *R. latipes* en el tercer estadio. Ambos compuestos mostraron buena acción (entre el 93 y 100 % de eficiencia) como reguladores del crecimiento, antiapetitivos e insecticidas acumulativos.

En condiciones controladas se probó las posibilidades insecticidas de un extracto vegetal a base de *Melaleuca leucadendron* L. (Cayepu) a diferentes concentraciones (1, 2 y 4 % p/v) contra seis especies de insectos indicadores, entre los que se encontraba *R. latipes*. Los resultados indicaron que con la concentración 4 % p/v se logró un control satisfactorio sobre dicha plaga (Morales *et al.*, 1994a).

Pazos *et al.* (1993) con el fin de comprobar la efectividad del insecticida natural MELITOX 50 % CE contra *R. latipes*, utilizaron tres concentraciones del producto (12,5; 25 y 50 %) en una solución final de 30 L ha⁻¹ y lo aplicaron en parcelas de provocación de *Urochloa humidicola* donde añadieron 50 larvas en sus primeros instares. Los resultados más alentadores se obtuvieron con las dosis alta y media, ya que se logró una efectividad del 76 y 62 %, respectivamente, a las 24 h, y del 100 % a las 48 h; mientras que con la dosis baja se logró el 100 % de efectividad a los cinco días de aplicado el bioproducto.

En los ensayos con extractos a base de *Jatropha curcas*, *Melia azedarach* (paraíso) y *A. indica* a una concentración de 25 % p/v contra *R. latipes* y otras tres especies de insectos Morales *et al.* (1994b) observaron una buena efectividad sobre este lepidóptero.

Estrada *et al.* (1994) plantearon que en los pastizales y en las plantaciones de caña de fomento, los ataques del falso medidor de los pastos pudieron ser controlados con tres aplicaciones de extractos acuosos (a base de semillas de paraíso) durante el período de mayor crecimiento vegetativo; para ello se empleó una dosis de 100-150 g de polvo de semilla por litro de agua y se obtuvo un 70-80 % de efectividad. Los autores anteriormente citados también informaron un 80 % de efectividad sobre *D. balteata* en frijol con una dosis similar e igual número de aplicaciones que las utilizadas para el lepidóptero; estos resultados deben ser semejantes al menos en algunas de las leguminosas rastreras que se emplean en la ganadería, tales como *N. wightii*, *Lablab purpureus*, *Centrosema pubescens*, entre otras, las cuales también son atacadas por el crisomélido polífago.

Los extractos acuosos de semillas de Nim, a diferencia del paraíso, se aplicaron a una dosis de 25 g/L y se necesitaron de tres a cinco aplicaciones para lograr un 78 % de efectividad sobre *R. latipes* y un 75 % sobre *S. frugiperda* en maíz (Estrada, 1994), resultados que pueden ser extrapolados a las gramíneas pratenses y forrajeras que también son fuente de alimento de la palomilla del maíz.

Otra de las plagas que puede frecuentar los pastos (por ejemplo, a *M. maximus*) es la chinche hedionda (*Oebalus insularis* Stål), la cual es controlada con el extracto etanólico de *Argemone mexicana* L. al 50 %, según Cepero (1994), quien obtuvo un 70 y 90 % de mortalidad a las 24 y 48 horas, respectivamente, después de aplicado el bioinsecticida.

Sánchez *et al.* (1996) utilizaron el extracto oleoso de cedro (*Cedrella odorata* L.) al 5, 10 y 15 %, aplicado a las hojas de *L. purpureus* en condiciones de laboratorio para comprobar su efectividad sobre *Andrector ruficornis* Oliver (una de las plagas más devastadoras de las leguminosas pratenses y forrajeras) y obtuvieron 100 % de mortalidad de los insectos con la primera y la tercera concentración

y 97 % con la segunda después de los 5-10 minutos de incorporados los insectos sobre las hojas. Alonso *et al.* (1996b), utilizaron el extracto oleoso de Cayeput al 5, 10, 15, 20 y 25 % y sin diluir aplicado de forma similar que en el trabajo anterior y lograron 100 % de mortalidad de los adultos antes de las 24 h en todos los tratamientos.

En Cuba, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), una de las plagas más importantes del frijol carita cuando está almacenado, ataca también las semillas almacenadas de algunas leguminosas prateses y forrajeras y se puede controlar con el polvo vegetal obtenido a partir de hojas y ramas del sasafrás (*Bursera graveolens*), árbol exótico muy usado en el país para setos vivos (Díaz *et al.*, 1997). Estos autores obtuvieron 89 % de mortalidad sobre el insecto adulto y una disminución notable de la oviposición en más del 50 % en casi todos los casos al emplear este polvo.

Los extractos acuosos de albahaca morada (*Ocimum sanctum*) y de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) aplicados a las semillas de *M. maximus* cv. Likoni de 10 meses de almacenadas al ambiente ejercieron un control positivo sobre los hongos de almacén, con respecto al testigo (tabla 5). Se redujo tanto el número de agentes fungosos como el porcentaje de infección (Lezcano *et al.*, 2000).

Tabla 5. Porcentaje de infección causado por los diferentes hongos en las semillas de guinea Likoni tratadas con extractos vegetales

Agente fungoso	Tratamiento I	Tratamiento II	Tratamiento III
<i>Aspergillus</i> sp.	-	-	0,33
<i>Botrytis</i> sp.	-	-	1,0
<i>Curvularia</i> sp.	16,0	17,6	27,3
<i>Fusarium</i> sp.	4,3	1,3	12,3
Helminthosporium sp.	1,6	0,6	2,6
<i>Macrophomina</i> sp.	1,3	-	1,6
<i>Penicillium</i> sp.	3,0	2,3	8,3

Tratamiento I: Semillas tratadas con el extracto acuoso de albahaca morada

Tratamiento II: Semillas tratadas con el extracto acuoso de eucalipto

Tratamiento III: Testigo

A continuación se hace alusión a diversos ejemplos de algunas tácticas usadas en el Manejo Integrado de Plagas (MIP) para controlar insectos y patógenos que atacan las arbóreas forrajeras.

A partir de una de las definiciones del MIP ofrecidas por Metcalf y Luckmann (1990), la cual se refiere a la selección, integración e implementación de un control de plagas basado en las consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles, se deduce que para lograr un manejo integral con los diferentes métodos fitosanitarios debe existir un número considerable de tácticas que se pueden utilizar, basadas en estrategias preventivas y curativas, entre las que se encuentran las siguientes:

- *Las prácticas culturales a través de:*

La elección de un sitio adecuado: para evitar la presencia de patógenos causantes de la podredumbre de la raíz que se encuentran en las semillas de las arbóreas.

El corte: a través de este se puede controlar el esqueletizador (*A. versicolor*), el pegador de las hojas (Omiodes. *martynalis*) Lederer y el pequeño minador (*Phyllonoricter* sp.) del matarratón (*Gliricidia sepium*). En el caso de los dos últimos la frecuencia de defoliación efectiva es cada tres meses, según lo informado por Gómez *et al.* (1995).

La poda: la de las ramas de la morera en invierno contribuye a evitar la penetración del patógeno causante del añublo de las ramitas [*Gibberella moricola* (Ces. & De Not.) Sacc.], ya que de esta forma se eliminan las heridas de la poda anterior (Soo-Ho *et al.*, 1990).

La resistencia varietal: por medio de los programas de mejoramiento se pueden obtener variedades de árboles con resistencia a las especies de plagas específicas que les causen daños severos. En este sentido se han llevado a cabo estudios en leucaena, cuyas variedades mejoradas son altamente resistentes al síldo *H. cubana*.

Por ejemplo, materiales resistentes al síldo pueden encontrarse en las especies *Leucaena pallida*, *Leucaena diversifolia*, *Leucaena collinsii* y *Leucaena esculenta* las cuales se pueden utilizar directamente o por hibridación con *L. leucocephala* para conservar sus aspectos deseables (Brewbaker y Sorensson, 1993). Un ejemplo exitoso es el híbrido resistente F₁ y la generación avanzada de las líneas de cruces interespecíficos de *L. leucocephala* con *L. pallida*, denominado K x 2 (Brewbaker y Sorensson, 1990).

Este es un método práctico y económico para las plantas pratenses y forestales; en este sentido Lenné (1991) informó que debido a su utilización en leucaena, existen diferentes especies con notable resistencia a *Camptomeris leucaenae* (F. Stevens & Dalbey) Syd., entre las que se encuentran *Leucaena lanceolata*, *Leucaena trichoides*, *L. diversifolia*, *Leucaena macrophylla*, *Leucaena shannoni* y *Leucaena pulverulenta*.

Las mezclas de árboles y cultivos en los sistemas agroforestales: se emplean para proveer de hospedantes alternativos a especies de plagas particulares, para de esa forma garantizar que no ocurra un cambio brusco inadvertidamente en las poblaciones de insectos, y así evitar una afectación severa en una misma especie vegetal (Walter y Parry, 1994). En el caso de los patógenos se crea un ambiente favorable para el control de enfermedades, lo cual se debe principalmente al efecto de las barreras físicas y a la resistencia de las plantas a los patógenos por la diversidad genética existente en dichos sistemas (Beets, 1984).

El almacenaje de semillas: esta medida cultural también es considerada de primer orden para los agricultores, ya que si existe una correcta manipulación tanto en el almacén como en su ambiente, y además se aplican las prácticas sanitarias adecuadas a las semillas, se protegen las siembras futuras (Walter y Parry, 1994).

Otras opciones culturales que pueden utilizarse para el control de plagas, son el pastoreo y la regulación de las dosis de fertilizante.

- *El empleo oportuno del control químico*

El método químico no se considera económico para la producción de pastos ni para la forestal, con excepción del tratamiento a las semillas; sin embargo, puede utilizarse como una alternativa en diversos casos.

Por ejemplo, cuando se produzcan afectaciones severas por el síldo (probablemente del género *Heteropsylla*) en pasturas de *A. lebeck*, es posible controlarlo con dos aplicaciones de Nuvacron al 0,05 % (Hegde y Relwani, 1988). Por otra parte, Sandhu *et al.* (1987) señalaron que ante un ataque de *I. quadrinotata*, oruga que se alimenta de la corteza del tallo de la albizia, se puede emplear el insecticida Monocrotophos para su control.

En las semillas de leucaena cuando se tratan con Kocide (óxido de cobre) se reduce la infección de *P. fluorescens* Biotipo II desde un 55 hasta un 2,4 % (Moreno *et al.*, 1987).

- *El control físico*

La solarización. Este tratamiento térmico del suelo constituye una técnica relativamente barata y menos dañina por sus características físicas, químicas y biológicas (Rivera, 1999). Además, según Bandara (1987) es un método muy usado en leucaena durante el período previo al establecimiento y en Sri Lanka ha resultado tan efectivo como los fungicidas en el control de la podredumbre de la raíz por *Fusarium*.

- *El método de lucha biológica*

El control biológico efectivo ha tenido avances porque se trata de una medida autosustentable; sin embargo, la proporción de éxito de los biocontroles aún no es alta. Por ello, se hace necesario realizar esfuerzos sustanciales en la búsqueda de alternativas de este tipo, así como en la localización de parasitoides específicos o predadores, como lo ha demostrado la explotación de enemigos naturales del síldo de la leucaena, *H. cubana* (Waage, 1990).

Entre los predadores con éxito durante el ciclo biológico completo de *H. cubana*, Nakahara y Funasaki (1986) señalaron a los coleópteros *Cycloneda conjugata* Mulsant, *Curinus coeruleus* Mulsant y *Olla abdominalis* Say, de la familia Coccinellidae. También informaron a otros de la misma familia como *Coelophora pupillata* (Swartz in Schönherr), *Coelophora inaequalis* (Fabricius), *Azya orbiger* Mulsant, *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) e *Hipodamia convergens* Guérin-Méneville; a los hemípteros *Paratriphleps laevisculus* Champion (Anthocoridae), *Rhinacloa forticornis* Reuter (Miridae) y *Zelus renardii* Kolenati (Reduvidae); crisopas verdes (Neuroptera:Chrysopidae); varias especies de arañas no identificadas; el díptero *Allograpta obliqua* Say (Syrphidae) y los parasitoides himenópteros *Tetrastichus triozae* Burks (Eulophidae) y *Psyllaephagus* sp. nr. *rotundiformis* Howard (Encyrtidae). Por otra parte, Day (1995) citó al himenóptero *Tamarixia leucaenae* Boucek como entomófago que desempeña un buen control sobre *H. cubana*.

Con respecto a los entomopatógenos que pueden causar enfermedad en *H. cubana*, Escalada (1987) cita a *Entomophthora* sp., *Paecilomyces farinosus* (Holm ex S. F. Gray) Brown & Smith e *Hirsutella thompsoni* Fisher.

Otro ejemplo de lucha biológica es la liberación de *Trichogramma* sp. en *G. sepium* cada 15 días, después de los tres meses de edad y hasta los siete meses aproximadamente, que es cuando se realiza el primer corte, para evitar de esa manera que *A. versicolor* complete su ciclo de vida. Por otro lado, cuando existe una proliferación alta de larvas del esqueletizador del matarratón que afectan el follaje, se puede aplicar un producto de origen microbiano a base de *Bacillus thuringiensis* Berliber con un adherente para lograr su control. También se ha observado que en los ecosistemas donde la presión por agrotóxicos no es fuerte, el hongo *Nomurae rileyi* (Farlow) Samson se presenta en forma natural y momifica las larvas de esa plaga, aún más si existen condiciones de alta humedad relativa (Gómez et al., 1995).

Como control biológico contra las larvas de plagas defoliadoras de los árboles forrajeros, se recomienda la utilización de la azadiractina, obtenida de las semillas del árbol del Nim (Sen-Sarma, 1987).

Entre los insecticidas de origen botánico con posibilidades de ser usados como repelentes contra los crisomélidos que atacan las arbóreas forrajeras (entre ellos *A. ruficornis*) se encuentran los extractos oleosos de cayeput y de cedro, los cuales según Sánchez et al. (1996) y Alonso et al. (1996b), inhibieron, en gran medida, el nivel de alimentación y causaron una mortalidad elevada (100 %) antes de las 24 h de aplicados sobre el alimento ofrecido a estos insectos plagas.

Con relación a las enfermedades los resultados con este método no han sido tan notables. En este sentido la única referencia que se encontró fue la referida al efecto biocontrolador del hongo *Hansfordia pulvinata* (Berk. & M.A. Curtis) S. Hughes sobre *C. leucaenae* en leucaena (Lenné, 1981).

- *Otras alternativas de control*

Es evidente que en un futuro inmediato y a largo plazo, es necesario utilizar la mayor integración de los métodos de lucha contra las plagas, pero para ello hay que conocer los efectos relacionados con el ambiente, la planta en cuestión y la propia plaga, con vistas a implementarlos en el momento apropiado y así obtener el éxito deseado en el control. Entre esas otras tácticas Walter y Parry (1994) señalan el uso de trampas con feromonas (método de control etológico) y la obtención de plantas transgénicas de árboles forrajeros a las que se les introduce en su genoma el gen para producir el tóxico de la bacteria entomopatógena *B. thuringiensis*; esto se realiza con el fin de controlar las larvas de los defoliadores que son víctimas de su toxina y que atacan las leguminosas arbóreas.

Los ejemplos anteriores indican la necesidad de continuar las investigaciones sobre alternativas de control, para garantizar la estabilización de la producción forrajera y semillera de los sistemas agroforestales, de los cuales se obtiene la mayor fuente de alimentos para los animales.

Consideraciones finales

En la fitosanidad de los recursos genéticos pratenses y forrajeros hay que alcanzar una fase superior. Para ello es necesario cambiar la mentalidad de los productores, investigadores y personal técnico y profesional del sector ganadero en dos direcciones fundamentales: primeramente comprender en toda su extensión que los pastos y forrajes (herbáceos y arbóreos) constituyen la base de la alimentación de la ganadería cubana dada la condición de país tropical, con lo que se ratifica su importancia desde el punto de vista económico; y por tanto, como segundo aspecto, es inminente un nuevo enfoque en el estudio de las plagas orientado hacia la combinación de estrategias preventivas y curativas basadas en tácticas mecánicas, físicas, legales, genéticas, culturales, etológicas, biológicas, y químicas en última instancia, cuando las anteriores no resulten efectivas, como se aplica en la mayoría de los cultivos de importancia económica que sirven de alimento al ser humano.

No se debe pensar que sólo con el hecho de no aplicar fertilizantes y plaguicidas, y el pastoreo-ramoneo, se controlarían las plagas de los pastizales y forrajeras presentes en las áreas ganaderas u otras que se introduzcan posteriormente. Además, de disminuir el uso de agroquímicos, se requiere aplicar buenas prácticas agroecológicas innovadoras con el fin de lograr sistemas de producción, económicamente rentables, tecnológicamente aplicables, socialmente factibles y ambientalmente conservacionistas, que sean resilientes para enfrentar el cambio climático y la crisis alimentaria y energética existente a escala mundial.

Referencias bibliográficas

- ALAYO, P. *Introducción al estudio del orden Thysanoptera en Cuba. Informe Científico Técnico No. 148*. La Habana: Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba, 1980.
- ALONSO, O. *Entomofauna en Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit asociada con gramíneas pratenses: caracterización de la comunidad insectil en leucaena-Panicum maximum Jacq.* Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba. Universidad Agraria de La Habana, 2009.
- ALONSO, O.; DELGADO, A. & MARTINEZ, N. Transmisión de *Erwinia* sp. por *Loxa* sp. y *Hypothenemus* sp. y posibilidad de controlar el heteroptero con *Beauveria bassiana*. *Pastos y Forrajes*. 16 (1):55-61, 1993.
- ALONSO, O.; DELGADO, A. & SÁNCHEZ, SARAY. Hongos asociados a las semillas de una leguminosa tropical (*Leucaena leucocephala* cv. Peru). *Pastos y Forrajes*. 19 (2):161-170, 1996a.
- ALONSO, O.; LEZCANO, J. C.; TRUJILLO, MARIALYS & SANABRIA, YOHANIA. Experiencias obtenidas de situaciones fitosanitarias en áreas sembradas con *Moringa oleifera* Lamarck. *Memorias del Taller Nacional Resultados y buenas prácticas para el fomento y utilización de Moringa oleifera en Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2012.
- ALONSO, O.; SÁNCHEZ, SARAY; BERRIOS, MARÍA DEL C. & DELGADO, Y. A. Nota técnica: el extracto oleoso de Cayeput, un bioinsecticida-repelente contra *Andrector ruficornis*. *Pastos y Forrajes*. 19 (3):289-293, 1996b.
- BANDARA, J. M. R. S. Solarization of infested soil in plantations to control wilt and root rot in fodder leucaena. *Leucaena Research Reports*. 8:64-65, 1987.
- BARRIENTOS, A. *Contribución al estudio de la biología de Monecphora bicincta fraterna Uhler (Homoptera: Cercopidae) sus daños y algunos métodos de control en Cynodon dactylon vc. Coast Cross 1*. Tesis presentada en opción al título de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1984.
- BARRIENTOS, A. *Estimación de la población potencial de Mocis sp. en pastos, mediante la utilización de la trampa-miel como método de muestreo. Propuesta de generalización*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1990.

- BARRIENTOS, A. *La salivita (Monecphora bicincta fraterna Uhler). Aspectos de su biología, daños y control en pastizales de bermuda cruzada*. La Habana: EDICA, 1989.
- BARRIENTOS, A. Plagas y enfermedades. En: T. E. Ruíz y G. Febles, eds. *Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y el subtrópico*. San José de las Lajas, Cuba: EDICA, Instituto de Ciencia Animal. p. 167-89, 1987.
- BEETS, W. C. *Aspects of traditional farming systems in relation to integrated pest management*. Working Paper No. 21. Nairobi: ICRAF, 1984.
- BEROVIDES, V. & GERHARTZ, J. L. *Diversidad de la vida y su conservación*. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 2009.
- BOURGAUD, F.; GRAVOT, A.; MILESI, S. & GONTIER, E. Production of plant secondary metabolites a historical perspective. *Plant Sci.* 161:839-851, 2001.
- BREWBAKER, J. L. & SORENSSON, C. T. Domestication of lesser-known species in the genus *Leucaena*. In: R. Lakey and A. Newton, eds. *Tropical trees-the potential for domestication*. Endinburg, United Kingdom: Institute of Terrestrial Ecology, 1993.
- BREWBAKER, J. L. & SORENSSON, C. T. New tree crops from interspecific *Leucaena* hybrids. In: J. Janick and J. E. Simon, eds. *Advances in new crops*. Portland, USA: Timber Press. p. 283-289, 1990.
- CASTELLANOS, J. J.; CASTAÑEDA, R. & MELÉNDEZ, ODALIS. Presencia de hongos sobre el cultivo de la moringa (*Moringa oleifera*). *Memorias del Taller Nacional Resultados y buenas prácticas para el fomento y utilización de Moringa oleifera en Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2012.
- CEPERO, JANET. Estudio preliminar sobre el efecto insecticida de un extracto vegetal de *Argemone mexicana* L. sobre *Oebalus insularis* Stal (Heteroptera: Pentatomidae). *Resúmenes de la VII Jornada Científica*. La Habana: INIFAT, MINAG. p. 80, 1994.
- CHUNJIE, L.; ZHIBIAO, N.; LI, C. J. & NAN, Z. B. Seed-borne fungi of lucerne and their pathogenicity to lucerne seed and seedling. *Acta Prataculturae Sinica*. 9 (1):27-34, 2000.
- CRAWFORD, D. L. A monograph of the jumping plant-lice of psyllidae of the New World. *Bulletin of the United States National Museum*. 85:1-182, 1914.
- DAY, R. Biocontrol of *Leucaena* psyllid. *Leucnet News*.2:3-4, 1995.
- DE SOUZA, MARÍA; ANDREUCETTI, JOCELY; ALMEIDA, ISABEL DE & PLAZAS, Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. *Scientia Agrícola*. 58 (3):501-508, 1997.
- DELGADO, A. Niveles de incidencia de *Panicum maximum* Jacq. e interacción de los factores del clima sobre la densidad poblacional de *Chirothrips crassus* Hind. *Pastos y Forrajes*. 15 (2):144-152, 1992.
- DELGADO, A.; MACHADO, HILDA & PAZ, G. DE LA. Evaluación de la resistencia a hongos de las espículas en una colección introducida de *Panicum maximum* Jacq. *Pastos y Forrajes*. 13 (1):59-65, 1990.
- DELGADO, A.; MARTÍNEZ, N. & RODRÍGUEZ, BERTA. Estudio de la gomosis bacteriana en legumbres de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Pastos y Forrajes*. 12 (2):127-133, 1989.
- DÍAZ, T.; AVILÉS, R.; ARMAS, GEORGINA DE & HERNÁNDEZ, AYDEÉ. Efecto de sasafrás (*Bursera graveolens* H.B.K.) sobre *Callosobruchus maculatus* (F) en frijol carita. *Programa y Resúmenes del III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica*. Villa Clara, Cuba: Universidad Central de Las Villas. p. 57, 1997.
- ELDER, R. *Flower-eating caterpillar in leucaena*. <http://www.dpi.qld.gov.au/beef/3182.htm>, 2008.
- ESCALADA, R. G. Experiences, work and observations on some aspects of the psyllid/*Leucaena* problem. *Leucaena Research Reports*. 7 (2):79-80, 1987.
- ESTRADA, J. El nim y el paraíso en Cuba, su cultivo y explotación como insecticida de origen botánico. *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales*. Santo Domingo, República Dominicana. p. 101, 1994.
- ESTRADA, J.; PAÍS, J. M.; AVILÉS, R.; MORALES, ANDREA; GONZÁLEZ, MIRIAM; HERNÁNDEZ, MARGARITA *et al.* El árbol paraíso (*Melia azedarach* L.) en Cuba. Su cultivo y empleo en la producción de un insecticida botánico. *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales*. Santo Domingo, República Dominicana. p. 83, 1994.
- FUNES, F. *Historia de la ganadería en Cuba. Curso de posgrado Fundamentos de los pastos y forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1996.
- GARCÍA, MARIBEL & GARCÍA, J. L. *Estudio de la efectividad de B. bassiana en el control de Chirothrips crassus Hind*. Proyecto de grado para optar por el título de Técnico Medio en Agronomía, 1990.

- GÓMEZ, MARÍA E.; MURGUEITIO, E.; MOLINA, C. H.; MOLINA, E. J. & MOLINA, J. P. Matarratón (*Gliricidia sepium*). En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Cali, Colombia: CIPAV. p. 13-51, 1995.
- GONZÁLEZ, MIRIAM; ESTRADA, J. & FRAGA, SAHILY. Efecto de productos derivados del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) de Cuba sobre *Mocis latipes*. *Resúmenes de la VII Jornada Científica*. La Habana: INIFAT, MINAG. p. 77, 1994.
- GUPTA, R. Seedborne fungi in *Sorghum*. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 106:39-40, 1996.
- HEGDE, N. G. & RELWANI, L. L. Psyllids attack *Albizia lebbek* (Linn.) Benth. in India. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 6:43-44, 1988.
- HERNÁNDEZ, C. A.; ALFONSO, A. & DUQUESNE, P. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. 1. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes*. 9 (1):79-88, 1986.
- HERRERA, MADELEN; VALENCIAGA, NURYS; LOPES, B. C.; BUTIGNOL, C. A.; CALZADILLA, JOSEFINA & MORA, C. Distribución espacial de los nidos de *Atta insularis* Guérin en un pastizal con predominio de *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 42:199-203, 2008.
- Hughes, C. E. *Leucaena. Manual de recursos genéticos*. Tropical Forestry Papers No. 37. United Kingdom: Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1998.
- LENNÉ, JILLIAM. M. Disease of *Leucaena* species. *Tropical Management*. 37 (3):281-289, 1991.
- LENNÉ, JILLIAN M. Natural control of Campyomeris leaf spot of *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports*. 2:18-19, 1981.
- LEZCANO, J. C. *Micoflora asociada a semillas de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit cv. Perú*. Tesis presentada en opción al título de Master en Sanidad Vegetal. San José de las Lajas, Cuba: CENSA, UNAH, 2005.
- LEZCANO, J. C.; ALONSO, O. & MARTÍNEZ, M. Acción fungicida de dos extractos vegetales aplicados a semillas de guinea likoni. Resultado preliminar. *Memorias. II Taller Internacional "La Semilla en la ganadería tropical"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2000.
- LEZCANO, J. C.; ALONSO, O.; TRUJILLO, MARIALYS & MARTÍNEZ, E. Agentes fúngicos asociados a síntomas de enfermedades en plántulas de *Moringa oleifera* Lamarck. *Pastos y Forrajes*. 37 (2):166-172, 2014.
- MARTÍNEZ, A.; TORRES, DINORA & PERERA, J. L. Afectaciones en los pastizales por *Mocis latipes* Guenee. *VI Seminario Científico Técnico. Comunicaciones libres*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 14. 1984.
- MARTÍNEZ, MARIA DE LOS A. & RAMÍREZ, SUSANA. Insectos presentes en *Morus alba* L. y *Moringa oleifera* Lamarck. *Revista Protección Vegetal*. 29 (1):52-56, 2014.
- MARTÍNEZ, V. A.; HERRERA, F.; COUTIÑO, B.; SÁNCHEZ, J. J.; RON, J.; ORTEGA, A. *et al.* Identificación y localización de una nueva especie de *Tripsacum* spp. en Nayarit, México. *Rev. Fitotecnia Mex.* 33:27, 2010.
- MARTÍNEZ, YOLANDA; SÁNCHEZ, CARMEN & AVILÉS, R. Reporte del insecto *Apate monachus* (F.) (Coleoptera: Bostrichyidae) atacando *Moringa oleifera* Lamarck. *Memorias del Taller Nacional Resultados y buenas prácticas para el fomento y utilización de Moringa oleifera en Cuba*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2012.
- METCALF, R. L. & LUCKMANN, W. H. *Introducción al manejo de plagas de insectos*. (Eds. C. R. L. Metcalf and W. H. Luckmann). México: Editorial Limusa, 1990.
- MILÁN, OFELIA; LUJAN, MERCEDES; PÉREZ, T. & MONTEJO, A. Ciclo biológico de *Mocis latipes* y *Prodenia* sp. y su control con medios biológicos. *VI Seminario Científico. Técnico Comunicaciones libres*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 65, 1984.
- MINAG. *Resultados del trabajo de control dirigido de malezas y control integrado de plagas en pastos*. Martí, Cuba: Empresa Pecuaria Martí, Área de Agrotécnica, 1988.
- MIRET, R. Grado de preferencia de *Mocis latipes* Guenee en cultivares de bermuda y pasto estrella. *Pastos y Forrajes*. 9 (1):37-42, 1986.
- MIRET, R. & RODRÍGUEZ, MARIELA. Incidencia de plagas y enfermedades en cvs. *Panicum maximum* con 3 niveles de N. *Pastos y Forrajes*. 6 (1):47-58, 1983.
- MITTAL, R. K. & MATHUR, G. B. Pathology. Part I. Principles. In: *Fungi of forest tree seeds*. p. 177-190, 2004.
- MORALES, ANDREA; AVILÉS, R.; ESTRADA, J.; SOTOMAYOR, E.; GUIBERT, G. & FRAGA, SAHILY. Utilización de polvo de semillas de paraíso (*Melia azedarach* L.) y un formulado contra larvas de *Diaphania hyalinata* (L.)

- (Lepidoptera: Pyralidae). *Resúmenes de la VII Jornada Científica INIFAT-MINAG*. La Habana: INIFAT. p. 64, 1994b.
- MORALES, ANDREA; AVILÉS, R.; GUYAT, MARÍA A.; GONZÁLEZ, MIRIAM; RUIZ, MIRELLA & FRAGA, SAHILY. Posibilidades insecticidas de *Melaleuca leucadendron* L. en condiciones controladas. *Resúmenes de la VII Jornada Científica INIFAT-MINAG*. La Habana: INIFAT. p. 78, 1994a.
- MORENO, J.; TORRES, C. G. & LENNÉ, JILLIAN M. Reconocimiento y evaluación de enfermedades de *Leucaena* en el Valle del Cauca, Colombia. *Pasturas Tropicales*. 9:30-35, 1987.
- MUDDIMAN, S. B.; HODKINSON, I. D. & HOLLIS, D. Legume-feeding psyllids of the genus *Heteropsylla* (Homoptera: Psylloidea). *Bulletin Entomological Res.* 82:73-117, 1992.
- MUNGUÍA, J. El género *Loxa* Amyot & Serville (Heteroptera: Pentatomidae) en Cuba. *Centro Agrícola*. 17 (2):59-77, 1990.
- NAKAHARA, L. M. & FUNASAKI, G. Y. Natural enemies of the *Leucaena* psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera: Psyllidae). *Leucaena Research Reports*. 7:9-12, 1986.
- PAZ, G. DE LA. *Nueva plaga en Panicum maximum Jacq.* Chirothrips crassus Hind. *Comportamiento y posible control*. Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Matanzas, Cuba: Instituto Superior Agroindustrial "Camilo Cienfuegos", 1989.
- PAZ, G. DE LA; MIRET, R. & DELGADO, A. Flósculo mas atacado y momento en que un thrips afecta la inflorescencia de *Panicum maximum* Jacq. *Pastos y Forrajes*. 13 (3):279-283, 1990.
- PAZOS, R.; LÓPEZ, M.; ESTRADA, J. & AVILÉS, R. Comparación de dosis de MELITOX 50% CE para el control de *Mocis latipes* G. en pastos. *Resúmenes del I Taller Nacional de plaguicidas de origen botánico Bioplag 93*. La Habana: INIFAT. p. 16, 1993.
- PÉREZ, NILDA & VÁZQUEZ, L. L. Manejo ecológico de plagas. En: F. Funes, L. García, M. Bourque, N. Pérez y P. Rosset, eds. *Transformando el campo cubano. Avances de agricultura sostenible*. La Habana: ACTAF. p. 286-295, 2001.
- RAUF, B. A. Seed-borne disease problem of legume crop in Pakistan. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*. 43 (4):249-254, 2000.
- RIVERA, G. *Introducción a la fitopatología*. Serie Recursos Naturales y Desarrollo No. 3. Costa Rica: Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional de Heredia, 1999.
- SÁNCHEZ, SARAY; ALONSO, O.; BERRIOS, MARIA DEL C. & DELGADO, Y. A. Nota técnica: Actividad antialimentaria del aceite de cedro sobre *Andrector ruficornis* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Pastos y Forrajes*. 19 (2):191-194, 1996.
- SANDHU, G. S.; SOHI, A. S. & BATRA, R. C. Comparison of different control methods for the management of bark-eating caterpillar *Indarbela quadrinotata* Walker (Metarbelidae: Lepidoptera) infesting fruit and avenue trees in Punjab. *Punjab Horticultural Journal*. 27 (3-4):255-259, 1987.
- SCHMIDT, L. *Guide to handling of tropical and subtropical forest seed*. (Ed. K. Olsen). Denmark: Danida Forest Seed Centre, 2000.
- SEN-SARMA, P. K. Insect pest problems in social forestry plantations and their management. *Indian Journal of Forestry*. 10:239-244, 1987.
- SHELTHON, H. M. El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. En: T. Clavero, ed. *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. Maracaibo, Venezuela: Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, Universidad del Zulia, p. 17-24, 1996.
- SIDAK, V. A.; DUDAR, Y. A.; SEGUÍ, ESPERANZA; SIMO, P. & PÉREZ, C. Series fenológicas en la hierba guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en diferentes condiciones de manejo. *Pastos y Forrajes*. 2 (3):393-408, 1979.
- SIDAK, V.; SEGUÍ, ESPERANZA & PÉREZ, C. Variability in *Panicum maximum* Jacq. and some results of the selection. Leipzig, RDA. *XIII International Grassland Congress*. p. 223-224. 1977.
- SINGH, M. P. *Insect pest in agroforestry*. Working Paper No. 70. Report of a GTZ Fellowship. Nairobi: International Centre for Research in Agroforestry, 2005.
- SOETRISMO, H. *The importance of storage conditions in the management of forest tree seed diseases and damping off in Indonesia*. Theme. *Management of disease of economic importance in tropical plantation*. Part 2. <http://www.metla.fi/iufro/iufro95abs/d2pap89.htm>, 2003.
- SOO-HO, L.; YOUNG-TAEK, K.; SANG-POONG, L.; IN-JUN, R.; JUNG-SUNG, L. & BYUNG-HO, L. Mulberry diseases and pests. In: *Sericulture Training Manual*. FAO Agricultural Services Bulletin 80. Rome: FAO. p. 37-58, 1990.

- VALENCIAGA, NURYS. *Biología, ecología y alternativas para el manejo de Heteropsylla cubana Crawford (Hemiptera: Psyllidae) en Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: ICA-MES, 2003.
- VALENCIAGA, NURYS & BARRIENTOS, A. PLAGAS. EN: R. S. HERRERA, G. J. FEBLES Y G. J. Crespo, eds. *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 254-301, 2006.
- VALENCIAGA, NURYS; BARRIENTOS, A. & MORA, C. Comportamiento de la entomofauna beneficiosa en áreas de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Rev. cubana Cienc. agric.* 33:339-344, 1999.
- VALENCIAGA, NURYS; DÍAZ, MARÍA F. & MORA, C. Efectividad de dos extractos del árbol del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en el control de insectos-plaga asociados al cultivo de la vigna (*Vigna unguiculata* Walpeers) var. Trópico 782. *Rev. cubana Cienc. agric.* 41:285-289, 2007.
- VALENCIAGA, NURYS; FERNÁNDEZ, MIRIAM & MORA, C. Estudio taxonómico y biológico de *Heteropsylla cubana* Crawford, insecto fitófago de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Rev. cubana Cienc. agric.* 38:307-316, 2004.
- VALENCIAGA, NURYS; HERRERA, MADELEN; GARCÍA, C. R. & MORA, C. A. Ocurrencia y evaluación de los niveles de daños provocados por fitófagos en los pastos elefante enano (*Pennisetum purpureum* vc. Mott) y hierba de Guatemala (*Tripsacum laxum* Nash). *Rev. cubana Cienc. agric.* 45:203-206, 2011.
- VALENCIAGA, NURYS; HERRERA, MADELEN; MORA, C. & NODA, AIDA. Evaluación y determinación de niveles de infestación de insectos fitófagos presentes en un agroecosistema leucaena-guinea. *Rev. cubana Cienc. agric.* 44:315-322, 2010.
- VALENCIAGA, NURYS; MARTÍNEZ, B.; LOK, SANDRA; GONZÁLEZ, C. E.; MORA, C. & SUÁREZ, Y. Observaciones preliminares acerca de los insectos-plagas y las enfermedades asociadas a *Moringa oleífera*. *Memorias del Taller Nacional Resultados y buenas prácticas para el fomento y utilización de Moringa oleífera en Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2012.
- VALENCIAGA, NURYS & MORA, C. Determinación del coeficiente de nocividad del psílido *Heteropsylla cubana* en condiciones de *in ectarios*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 39:93-98, 2005.
- VALENCIAGA, NURYS; MORA, C. & NODA, AIDA. Comportamiento de la artropodofauna asociada a un área de *Lysiloma bahamensis*, destinada a la sombra de los animales. *Rev. cubana Cienc. agric.* 42:208-303, 2008.
- VÁZQUEZ, L. L. Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. En: H. Ríos-Vargas y F. R. Funes-Monzote, comps. *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. p. 15-24, 2011.
- WAAGE, J. Exploration for biological control agents of *Leucaena psyllid* in tropical America. *Leucaena psyllid: problems and management. Proceedings of an International Workshop*. Bogor, Indonesia: Winrock International Institute for Agricultural Development. p. 144-152. 1990.
- WALTER, G. H. & PARRY, W. H. Insect pest of forage tree legumes: Biology and non-chemical control. In: R. C. Gutteridge and H. M. Shelton, eds. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. United Kingdom: CAB International. p. 309-321, 1994.
- YASEM, M. G.; PASQUALINI, A. I.; ROMERO, E. & RAMALO, J. C. Agresividad de tres especies de *Fusarium* en soja. II. Efectos en el crecimiento inicial de las plantas emergidas. *Fitopatología*. 37 (2):120-127, 2002.

SECCIÓN C.

Manejo de los recursos forrajeros para la producción animal



CAPÍTULO 12. Conservación de pastos y forrajes en zonas tropicales

Félix Ojeda-García, Marcos Esperance-Matamoros, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez y Orestes Cáceres-García
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

Los animales necesitan ser alimentados todo el año, y para que cumplan sus funciones productivas es imprescindible que reciban una dieta capaz de cubrir sus requerimientos de forma permanente.

En las zonas tropicales existen dos estaciones bien marcadas, de lluvia y seca; en la primera ocurre una explosión de crecimiento vegetal, favorecida por las precipitaciones, las altas temperaturas y la duración de la luminosidad, seguida de otra en la cual los factores antes mencionados se encuentran atenuados, con una disminución sensible en la producción de masa verde. De ahí que cuando se trata de alimentar herbívoros resulte imprescindible aprovechar los excedentes de pastos y forrajes de una época para suplir el déficit que ocurre en la otra.

Una de las opciones más empleadas consiste en preservar los forrajes y los excedentes agrícolas en forma de ensilaje, pues de manera general las condiciones climáticas no favorecen la producción de heno, además de que esta tecnología se adapta mejor a las pequeñas y medianas explotaciones.

Sin embargo, todavía existen productores no han interiorizado que mediante el aprovechamiento de las tecnologías de fabricación y utilización de los ensilajes y henos, es posible obtener un alimento de calidad similar a la del forraje original, acción que los independiza de las fuentes alimentarias externas y les permite aprovechar mejor los recursos forrajeros y los subproductos obtenidos en sus áreas agrícolas, pero, sobre todo garantizar una ganadería saludable, productiva y rentable (Lino, 2014; Queiroz, 2015).

El presente capítulo tiene como objetivo ofrecer una breve panorámica de los procesos enzimáticos y microbiológicos que suceden durante la conservación, las opciones para lograr el máximo aprovechamiento del potencial nutritivo que ofrece nuestro medio y los métodos más viables para elevar la eficiencia de utilización de estos alimentos, así como un análisis de las perspectivas que tienen las tecnologías de preservación para garantizar el valor nutritivo de los recursos forrajeros.

Fundamentos de la conservación

Objetivos de la conservación de alimentos

Si se desea obtener los mejores resultados en los sistemas de alimentación con el empleo de los pastos y forrajes conservados, se deben tener en cuenta determinados aspectos.

- a) Desde el punto de vista biológico:
 - Minimizar las pérdidas de nutrientes y los cambios en el valor nutritivo de los alimentos.
 - Evitar efectos negativos en el consumo animal.
 - Lograr durabilidad en el producto conservado, evitando procesos secundarios indeseables.
 - Optimizar las técnicas de producción mediante una adecuada combinación de maquinaria, recursos y conocimientos.
- b) Desde el punto de vista económico:
 - Lograr la mejor relación alimento fresco-conservado-concentrado, que supla las demandas de la producción animal.
 - Garantizar que el método utilizado sea el apropiado según las condiciones específicas del lugar y el tiempo requerido de suministro.

Selección del método de conservación

Se deben considerar las características del material, teniendo en cuenta su estructura morfológica y los factores físicos y químicos, que incluyen la concentración de azúcares, el contenido de MS y la capacidad amortiguadora.

Por lo general, no se practica un solo método de conservación, sino que en condiciones de producción estos se combinan, con lo que se obtienen los mejores resultados.

Clasificación de los alimentos conservados

Para la clasificación de los productos conservados se toma en cuenta el contenido de MS del producto final (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los métodos de conservación según el porcentaje de MS

Indicador	% MS
Ensilado sin procesar	< 30
Ensilado ligeramente presecado	30-45
Ensilaje fuertemente presecado	45-65
Henaje	65-70
Heno	> 80
Hierba deshidratada	> 90

Características de los métodos de conservación

- Ensilaje sin procesar: es más difundido en el trópico; origina un material de calidad variable, con grandes pérdidas debido principalmente a problemas en la fermentación.
- Ensilaje ligeramente presecado: se obtiene mediante la exposición del material al sol. El mayor contenido de MS permite obtener un producto de mejor calidad por inhibición de muchos procesos secundarios indeseables. Es imprescindible lograr un apisonamiento eficiente y una adecuada hermetización, para evitar sobrecalentamientos y pérdidas en los nutrientes asimilables del forraje.
- Ensilaje fuertemente presecado: es un producto intermedio entre el ensilaje y el henaje. Su calidad es más estable que la de los ensilajes sin presecar y ligeramente presecados, pero requieren una adecuada compactación para evitar sobrecalentamiento.
- Henaje: es la forma más difícil de obtener en las condiciones climáticas tropicales, porque requiere de un mayor tiempo de exposición al sol y de maquinaria especializada.
- Heno: es uno de los métodos más difundidos en el mundo. En los países tropicales donde la humedad relativa es mayor a 79 % como promedio, se presentan enmohecimientos durante el almacenamiento.
- Hierba deshidratada: es reconocido como el método más industrializado de conservación, y que mantiene mejor el valor nutritivo del forraje original, pero tiene una alta dependencia de los costos de la energía. Para que sea rentable, se deben procesar materiales de elevado valor biológico, más de 15 % de proteína.

Con excepción del ensilaje directo y la deshidratación artificial, todos los procedimientos son muy dependientes de las condiciones meteorológicas.

Principios de la conservación como ensilaje

Se denomina ensilaje al producto obtenido a través de fermentaciones capaces de inducir en el material una disminución de la acidez hasta un valor que inhiba toda actividad enzimática y microbiológica.

El sistema donde se confeccione el ensilaje debe cumplir los requisitos siguientes:

- a) Ser anaeróbico.
- b) No generar metabolitos tóxicos para los animales.
- c) Generar ácidos orgánicos capaces de disminuir el pH.
- d) Permitir un estado de equilibrio enzimático y microbiológico estable.

Todas las tecnologías de fabricación de ensilajes deben cumplir estos preceptos, y la violación de cualquiera de ellos puede conducir al fracaso del objetivo principal de la conservación: preservar el valor nutritivo original del alimento.

Principales procesos que ocurren durante la conservación

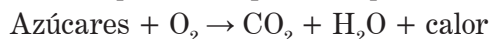
En la conservación se distinguen dos fases que se superponen en el tiempo, aunque son totalmente diferentes: una aeróbica o enzimática y otra anaeróbica o microbiológica; la primera tiene un papel decisivo en la forma en que se desarrollará la subsiguiente.

La etapa aeróbica ocurre cuando el material recién cortado permanece vivo y continúa realizando sus funciones vitales. Esta fase se mantiene hasta que se elimine el aire del sistema a través de la compactación y se hermetice.

Las reacciones enzimáticas más importantes son:

- a) Cambio del proceso de síntesis de carbohidratos hacia un proceso oxidativo de los azúcares.

La reacción química se puede esquematizar de la manera siguiente:



En esta reacción se encuentran cuatro elementos negativos para la conservación:

1. Elevación de la temperatura.
2. Disminución del contenido inicial de carbohidratos solubles.
3. Pérdidas de materia seca en forma de CO_2 .
4. Aumento de la humedad en la masa ensilada.

De estos aspectos indeseables, al que mayor atención se le ha prestado es al aumento de la temperatura.

Se ha demostrado que el 90 % del oxígeno retenido en el silo se pierde dentro de los primeros 15 minutos, y que menos del 0,5 % permanece luego de 30 minutos a partir del momento del sellado; mientras que se necesitan 90 horas cuando el sellado se retrasa por 48 horas (García, 2006).

- b) Solubilización de las proteínas por hidrólisis

Las proteínas representan entre el 70 y el 80 % de todo el nitrógeno presente en las plantas.

Después del corte comienza un proceso degradativo en el que las proteínas se transforman en aminoácidos libres, péptidos y amidas por la acción de las proteasas.

El principal factor que detiene la actividad proteolítica es la disminución del pH hasta valores inferiores a 4,0; aunque hay referencias de que en realidad siempre están presentes durante todo el período de conservación. Ellas pueden convertir las proteínas en nitrógeno soluble hasta valores superiores al 80 %.

La solubilización de las proteínas repercute de manera desfavorable en su valor nutritivo, pues las hace fácilmente degradables en el rumen.

- c) Solubilización de los carbohidratos estructurales

En los vegetales existen hemicelulasas con capacidad para hidrolizar los polisacáridos estructurales, y a ellas se les puede atribuir el incremento de los carbohidratos solubles en los primeros estadios de la conservación. Sin embargo, su pH óptimo se sitúa muy cerca del neutro (6,0), por lo que una vez iniciada la acidificación por las fermentaciones, su actividad se paraliza.

Desarrollo inicial de la microflora de los ensilajes

No se ha podido encontrar una relación directa entre las bacterias presentes en el forraje en el momento del corte y las que tienen a su cargo la acidificación durante la conservación.

Una buena parte de la flora epifítica muere, mientras algunas bacterias quedan en estado de latencia o conviviendo a todo lo largo del proceso, perturbando el desarrollo de las bacterias que en realidad son importantes.

La flora epifítica es muy variable, y depende de la especie forrajera, los órganos de la planta (hojas, tallos, granos, flores y partes muertas), la estación del año, la pluviometría (si el área se ha pastoreado con anterioridad) y de factores casuísticos.

En ella predominan las bacterias del tipo aeróbico, pero también se han detectado bacterias aeróbicas facultativas, del género coliformes y las levaduras, y en menor escala las anaeróbicas estrictas, como las de los géneros *Lactobacillus* y *Clostridium*.

El desarrollo de las bacterias que intervienen en la preservación se efectúa a través de un mecanismo extracelular, donde los nutrientes utilizados provienen de los contenidos celulares, lo cual implica que no se puede considerar iniciada la conservación mientras no ocurra la muerte del vegetal y con ello la plasmólisis.

No obstante, como durante el corte y la compactación siempre se producen daños en las células, ello permite la proliferación de las bacterias anaeróbicas facultativas y, en cierta medida, las productoras de ácido láctico.

Las bacterias acidolácticas se instalan de forma espontánea en los órganos de corte de las silocosechadoras y en los equipos agrícolas que se emplean durante la fabricación de los ensilajes, lo que equivale a una inoculación natural de este tipo de bacterias (Gouet, 1979).

Principales bacterias presentes en la conservación

Las transformaciones microbiológicas ocurren de forma dinámica durante la preservación (fig. 1).

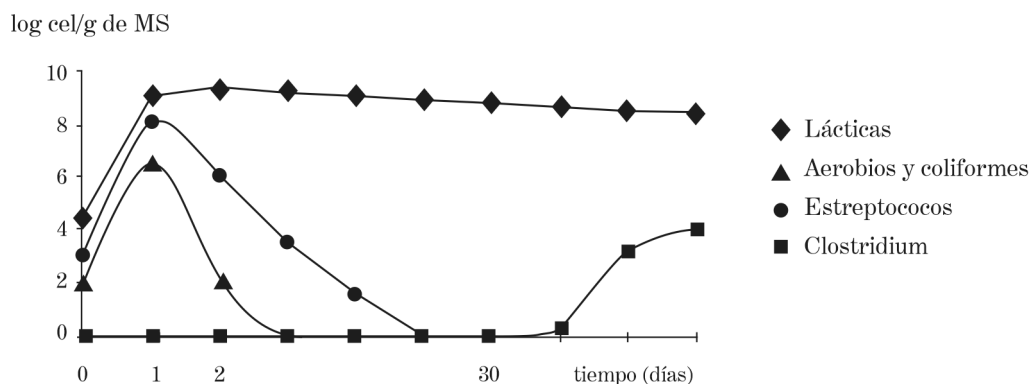


Fig. 1. Evolución de los principales grupos de bacterias en los ensilajes.

Fuente: Gouet (1979)

• Bacterias entéricas

Las bacterias facultativas de la familia Enterobacteriaceae continúan desarrollándose hasta que la acidez del medio las inhibe (pH 4,3). Aunque de corta permanencia en el proceso de conservación, cobran importancia por el gran desarrollo que alcanzan en los primeros días de la preservación, durante los cuales transforman los azúcares en ácido acético y ácido fórmico, y en alcoholes. También

tienen la habilidad de desaminar y descarboxilar los aminoácidos, por lo que su actividad se considera más perjudicial que favorable.

- *Bacterias clostrídicas*

La presencia de las bacterias clostrídicas en los ensilajes está predeterminada por factores casuísticos, y su desarrollo depende de las condiciones del medio.

Son un grupo de bacterias anaerobias con acciones negativas en la conservación, y se pueden clasificar en dos grupos:

- a) Clostridios sacarolíticos: compiten con las bacterias lácticas, al transformar los azúcares y el ácido láctico en ácido butírico, provocando dificultades para disminuir el pH del medio. Poseen una actividad proteolítica limitada.
- b) Clostridios proteolíticos: destruyen los aminoácidos libres mediante reacciones de oxidación-reducción y desaminación con liberación de amoníaco, compuesto que neutraliza los ácidos ya formados. Además, sus reacciones de descarboxilación generan productos tóxicos para la nutrición animal.

Existen cepas que presentan ambas características y que son tolerantes a la presencia de oxígeno.

La acción combinada de ambos grupos crea un ciclo mediante el cual estas bacterias encuentran un medio más favorable para su desarrollo, e incluso se pueden constituir en la especie dominante en el ensilaje.

Para evitar su crecimiento es necesario cumplir tres requisitos indispensables:

- 1) Evitar la contaminación de los forrajes con tierra.
- 2) Conservar los forrajes con un alto contenido de MS (entre 30 y 35 %).
- 3) Favorecer el crecimiento de las bacterias lácticas para lograr una rápida acidificación del medio.

- *Levaduras*

Se encuentran de forma espontánea en el forraje y en el aire, y como muestran una gran versatilidad en los sustratos que necesitan para crecer, una alta resistencia a la acidez y posibilidades para desarrollarse (con la presencia o no de oxígeno), se corre el riesgo de que lleguen a dominar todo el proceso.

Se clasifican en dos grupos:

- a) Las que utilizan los azúcares como sustrato. Producen etanol como principal producto metabólico, compuesto que no contribuye a la preservación, pero también n-propanol, iso-butanol, iso-pentanol y los ácidos acético, propiónico, butírico, isobutírico y pequeñas cantidades de láctico. Compiten con las bacterias lácticas por los carbohidratos.
- b) Las que emplean el ácido láctico en su cadena respiratoria. Predominan en los ensilajes expuestos al aire y forman parte de los microorganismos que promueven su deterioración aeróbica cuando son abiertos para su empleo.

Esta acción negativa tiene una importancia particular en el trópico debido a las altas temperaturas que subsisten aún durante el período seco, que es el momento cuando se utilizan los ensilajes.

Filho y Mohamad (2010) resumen este proceso, y las señalan como los microorganismos que coadyuvan a favorecer la deterioración aeróbica (fig. 2).

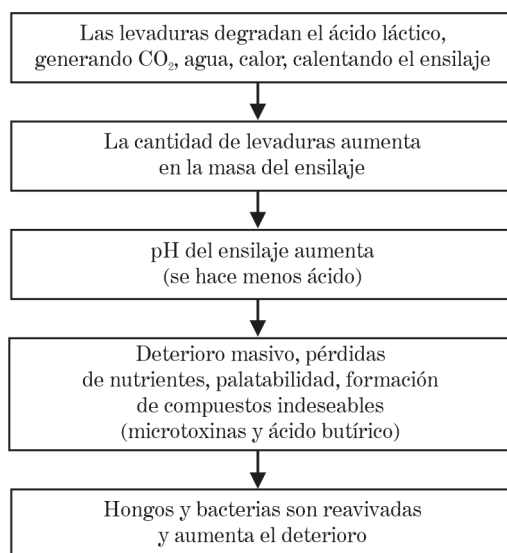


Fig. 2. Cadena de eventos en el deterioro del ensilaje.

Su desarrollo se ve favorecido por la excesiva exposición al aire de los forrajes antes del inicio de las fermentaciones y durante la extracción y el suministro del ensilaje, lo que causa pérdidas de materia seca (MS), del valor nutritivo y producción de compuestos indeseables que pueden provocar problemas de salud y bajo consumo en los animales.

- *Bacterias lácticas*

Son capaces de reemplazar e inhibir a la mayoría de los microorganismos presentes en la flora epifítica inicial de los forrajes.

Las primeras que se desarrollan son los leuconostocos y estreptococos, más resistentes a la concentración de iones H^+ que el resto de las bacterias presentes, hasta que finalmente quedan implantados los lactobacilos y pediococos, los cuales reducen el pH hasta valores de 4,0 o menos.

Las bacterias lácticas están consideradas como los microorganismos preservadores por excelencia, ya que generan el ácido orgánico que posee el mayor poder acidificante, aunque no todas las cepas lo producen como único producto. De ahí que las bacterias se dividan en homofermentativas y heterofermentativas.

Las homofermentativas son las que utilizan de forma más eficiente las hexosas, ya que no promueven pérdidas de materia seca en forma de CO_2 y solo producen ácido láctico. Las heterofermentativas producen, además del ácido láctico, ácido acético, algún tipo de alcohol y CO_2 .

No obstante, la clasificación de una cepa como específica de un modo de fermentación puede resultar relativa, ya que hay bacterias lácticas que son anaeróbicas facultativas al existir oxígeno retenido en el silo, una bacteria señalada como homofermentativa puede producir ácido láctico, pero también los ácidos acético y fórmico conjuntamente con acetona, agua y CO_2 .

En igual sentido, en la metabolización de las pentosas y los ácidos orgánicos, todas las bacterias dan como compuestos finales una mezcla de los ácidos láctico y acético, además de alcoholes con diferentes pesos moleculares y estructuras.

En general, no utilizan los aminoácidos como sustrato, aunque algunas cepas pueden descarboxilar la arginina, la serina, la asparagina y la glutamina, o reducir los nitratos a amoníaco.

Es interesante señalar que un ensilaje bien conservado, donde en un principio predominen las bacterias homofermentativas, con el tiempo puede sufrir una transformación cuantitativa hacia una microflora heterofermentativa, por ser esta última más tolerante a las concentraciones de ácido acético.

Manipulación de las fermentaciones

Entre las tecnologías que se han desarrollado con la finalidad de encaminar las fermentaciones de forma óptima, se encuentran las que se realizan con los forrajes antes de ser introducidos en los silos y las que implican el uso de conservantes.

- *Pretratamientos al forraje*

Los pretratamientos están vinculados a las condiciones en las cuales el forraje es introducido en el silo. Los más empleados son el lacerado, el presecado y el troceado (Van Soest *et al.*, 1978).

- a) Lacerado: tiene como principio facilitar la extracción de los jugos intracelulares, lo que acelera la disponibilidad de los nutrientes imprescindibles para las bacterias. Se utiliza, por lo general, en especies forrajeras de tallo grueso y bajo contenido de materia seca, donde el proceso se realiza de manera más eficiente.
- b) Presecado: su objetivo es incrementar el contenido inicial de materia seca. La modalidad más difundida consiste en segar el forraje y dejarlo expuesto al sol y al viento por un período de tres a 24 horas, según el porcentaje de materia seca que se desee alcanzar, el tipo de forraje y las condiciones meteorológicas. En el medio tropical esta tecnología tiene buenas perspectivas para ser aplicada, no solo por las características del clima en estas latitudes, sino porque permite garantizar ensilajes de mejor calidad sin insumos adicionales. Los inconvenientes son: la dependencia de las condiciones climáticas, que requiere una doble manipulación del forraje, y que es necesario efectuar gastos adicionales de combustible para lograr una adecuada compactación.
- c) Troceado: en la fabricación de ensilajes la longitud del forraje es uno de los factores clave para garantizar el éxito de la preservación y su posterior empleo como alimento. Cuando un forraje es troceado a dimensiones entre 2 y 4 cm se logra la ruptura de una gran cantidad de células y se atenúa la rigidez propia de los forrajes tropicales, lo que facilita la compactación y, con ello, una más rápida anaerobicidad. Además, los ensilajes bien troceados presentan un mayor consumo y por ser más densos, una vez abiertos, la deterioración aeróbica ocurre solo en las partes más expuestas, sin grandes penetraciones hacia el interior de la masa ensilada.

- *Conservantes*

Se denomina conservante a toda sustancia añadida durante y/o después del proceso de confección de los ensilajes con el objetivo de mejorar o preservar su calidad fermentativa.

Existe un gran número de sustancias que se utilizan con ese fin, y para su mejor comprensión se dividen en tres grupos: acidificantes, bacteriostáticos y promotores de la fermentación láctica (Ojeda, 1986). Debido al alcance de este capítulo solo se expondrán sus acciones más importantes.

- a) Acidificantes: en ellos se agrupan los ácidos inorgánicos y orgánicos. Su principal función es detener la respiración de la planta y favorecer la plasmólisis de las células mediante un cambio brusco de pH, y así acortar la primera fase de la conservación y sus efectos nocivos. También inhiben la actividad de las bacterias entéricas, facilitan el desarrollo de las bacterias lácticas y contribuyen a disminuir la solubilización de las proteínas. Los ácidos inorgánicos más utilizados son los ácidos clorhídrico y sulfúrico, y sus mezclas. Los ácidos orgánicos de mayor empleo son fórmico, acético y propiónico, los cuales ejercen una influencia marcada en la población microbiana, al inhibir su desarrollo en general. Como aspecto negativo se les señala que corroen la maquinaria de fabricación y que los ensilajes muy ácidos provocan desmineralización en los animales.
- b) Bacteriostáticos: estos conservantes se dividen en dos categorías: los de acción general y los que actúan de manera específica sobre un grupo de bacterias. En general proporcionan ensilajes poco fermentados y, por lo tanto, vulnerables a la deterioración aeróbica. Como la mayoría son sólidos,

resultan fáciles de transportar y almacenar, pero difíciles de agregar de forma homogénea. El mayor inconveniente que presentan es que la misma función bacteriostática que realizan en el ensilaje la ejercen en las bacterias ruminales, por lo que pueden provocar dificultades en la asimilación de los nutrientes. Los más utilizados son el formol, el nitrito de sodio y el sulfito de sodio.

- c) Promotores de la fermentación láctica: la mayoría de estos conservantes están asociados a la incorporación directa o indirecta de fuentes de carbohidratos en los ensilajes, para facilitar un desarrollo vigoroso de las bacterias lácticas. El más utilizado es la miel final de caña de azúcar. El punto débil de este tipo de conservantes radica en que los azúcares son utilizados por todas las bacterias, si falla algún aspecto tecnológico en la fabricación, entonces son los microorganismos indeseables los que proliferan. En este grupo se incluye el empleo de cepas seleccionadas de bacterias lácticas, y su objetivo es proporcionar de manera artificial estos microorganismos, para que ocurra un dominio más rápido y permanente de ellos a lo largo de todo el proceso de fermentación. Sin embargo, si estos inóculos no vencen en la competencia con otras bacterias por baja disponibilidad de azúcares, altos niveles de humedad, insuficiente anaerobicidad o especificidad del cultivo, entonces no logran mejorar la fermentación (Contreras-Govea y Muck, 2006; Contreras-Govea *et al.*, 2009).

Ensilajes de pastos tropicales

Los pastos tropicales han sido subestimados por presentar valores nutritivos inferiores a los pastos templados.

En un estudio comparativo entre 312 especies tropicales y 760 especies templadas, se encontró que el 52 % de las especies tropicales presenta un valor de TDN de 55 %; mientras que las especies templadas muestran su máxima frecuencia en valores de 70 %, para una diferencia de 15 unidades (McDowell, 1972).

Sin embargo, Pérez-Infante (1983) señala que en el trópico existen mayores producciones de pasto por hectárea y potencialmente se pueden obtener iguales producciones de leche que en las zonas templadas, cuando se utilizan de forma adecuada el manejo de los pastos y la fertilización.

El inconveniente de la baja calidad nutricional de los pastos tropicales ha sido trasladado a los ensilajes, y hay autores que plantean como una solución al déficit de alimentos en la época de seca utilizar directamente cosechas como la caña de azúcar y la yuca, sin emplear alimentos conservados (Jarrige *et al.*, 1981).

En las condiciones del trópico, si durante el período lluvioso no se practica la conservación, se desaprovechan los excedentes de pastos, que varían de 25 a 80 % (García-Trujillo, 1977); por otra parte, no se concibe la producción intensiva de carne y leche, con una alta eficiencia y aprovechamiento de los recursos naturales y la superficie, sin la preservación (Tossell, 1969).

No obstante, los pastos presentan características intrínsecas que hacen necesario prestarles atención y proporcionarles soluciones técnicas adecuadas.

Características fermentativas de los ensilajes tropicales

Wilson y Ford (1973) encontraron que para las especies tropicales y templadas, en los azúcares solubles en alcohol, en ambas predominan la glucosa y la fructosa; con un rango en las tropicales entre 6 y 12 %, y entre 12 y 26 % en las templadas. Las mayores diferencias se presentaron en la composición de los carbohidratos solubles en agua; la glucosa y la galactosa resultaron los glúcidos detectados en los forrajes tropicales, mientras que en los templados fue la fructosa o precursora de la fructosana.

También en los carbohidratos estructurales se han encontrado diferencias entre especies.

Bailey (1973) encontró que a pesar de que hay un mayor contenido de celulosa en los pastos tropicales, resulta inferior la proporción de celulosa y hemicelulosa en las hojas. Como las pentosas confor-

man los polímeros de hemicelulosa, ellas pudieran tomar parte en la fermentación bacteriana como fuente energética, una vez liberadas por hidrólisis pasiva, debido a la acidez del medio o a la acción enzimática de las bacterias (Morrison, 1979).

Aguilera (1979; 1980) encontró grandes fluctuaciones en los carbohidratos estructurales, los cuales tendieron a incrementarse en la medida que era mayor el tiempo de conservado el pasto; y aunque este autor no sugiere la posible participación de las pentosas en el proceso fermentativo, de ser así, ello pudiera explicar en parte los incrementos hallados en los carbohidratos estructurales.

El desarrollo de las bacterias lácticas en los pastos tropicales está limitado por la falta de azúcares solubles, lo que dificulta que se produzca una adecuada estabilización de los ensilajes (Celanie, 1982).

Catchpole y Williams (1969) realizaron estudios sobre la dinámica de fermentación en 28 ensilajes y pudieron establecer seis clasificaciones de acuerdo con los indicadores fermentativos que presentaron. Estas fueron: A) ensilajes de transición; B) ensilajes con alto contenido de ácido láctico pero menor que el de C, buena estabilidad; C) ensilajes excelentes, alto contenido de ácido láctico, bajo pH y buena estabilidad; D) ensilajes con alto contenido de ácido butírico e inestables; E) y F) ensilajes con alto contenido de ácido acético.

Estos investigadores encontraron que al inicio de la fermentación fue reducido el porcentaje de ensilajes con predominio del ácido acético, pero a partir de los 10 días el patrón fermentativo principal fue el de acético, tendencia que se mantuvo hasta los 200 días de conservado el forraje.

Esos resultados coinciden con los de Luis y Ramírez (1985; 1986) en ensilajes de pasto estrella y buffel formidable, de donde se deduce que el problema de los ensilajes tropicales radica en su estabilidad fermentativa, ya que después de una fermentación predominantemente láctica o de transición se produce un cambio total en los patrones de fermentación.

Según Whitembury *et al.* (1967) y McDonald (1980), el origen del ácido acético de los ensilajes proviene de cuatro fuentes: a) metabolización de los aminoácidos por las bacterias clostrídicas proteolíticas; b) metabolización de las hexosas por las bacterias heterolácticas; c) metabolización de las pentosas y los ácidos orgánicos de la planta por las bacterias heterolácticas y homolácticas, y d) metabolización de las hexosas por las enterobacterias y levaduras. Por cuáles de estas vías se produce el alto contenido de ácido acético en los ensilajes tropicales, es una cuestión que todavía permanece por dilucidar.

Hardy *et al.* (1979a) encontraron que las poblaciones de estreptococos y levaduras variaron según la edad a la que se conservó el forraje, y notaron un incremento en el número de estos microorganismos cuando la edad del king grass aumentó de 45 a 60 días.

Esta flora inicial evolucionó: se incrementó cuando los ensilajes se confeccionaron sin miel y disminuyó cuando se utilizó este conservante; en los lactobacilos ocurrió lo inverso, lo cual indica que solo mediante un adecuado desarrollo de estos últimos microorganismos es factible disminuir la desestabilización de los ensilajes en el trópico.

Celanie (1982) encontró una actividad predominante de las levaduras sobre los lactobacilos en ensilajes de caña de azúcar, y señaló como mayor inconveniente la transformación de la glucosa en etanol. Por su parte, Luis y Ramírez (1985) las mencionan como las responsables de las altas concentraciones de ácido acético en detrimento del ácido láctico originalmente formado.

En los ensilajes de pastos templados, el control microbiológico se realiza mediante el empleo de conservantes con acción específica sobre los microorganismos (Demarquilly, 1979), principalmente bacteriostáticos, debido a que su efectividad tiende a ser permanente (Di Menna *et al.*, 1981).

En los ensilajes tropicales el ácido butírico aparece coincidentemente con el cambio de patrón fermentativo, entre los 10 y 20 días después de iniciada la conservación (Aguilera, 1975; 1979; 1980; Ojeda *et al.*, 1980; Celanie, 1982; Luis y Ramírez, 1985; 1986), y una vez establecido resulta difícil su disminución.

Celanie (1982) demostró que la temperatura acelera todos los procesos fermentativos, incluyendo la actividad de los clostridios, y concluyó que al terminarse los carbohidratos solubles disponibles al inicio de la fermentación, los microorganismos lácticos detienen su desarrollo y permiten que comiencen las fermentaciones no lácticas. Este efecto se atenúa con la adición de carbohidratos solubles, o a través de la acidificación artificial mediante un conservante apropiado, o también con la selección de la edad óptima del forraje y las condiciones adecuadas de fabricación (Aguilera, 1979, 1980; Esperance *et al.*, 1979; Domínguez, 1984).

La necesidad de lograr fermentaciones lácticas no se basa solo en que estas son más eficientes, sino también en que las bacterias lácticas poseen propiedades antimicrobianas que inhiben el desarrollo de los clostridios, bacilos, estreptococos y estafilococos, lo que contribuye a conservar mejor los (Lindgren y Cleustron, 1978).

Los porcentajes de nitrógeno amoniacal con respecto al nitrógeno total como índice de la desaminación que ocurre en el material ensilado, es un aspecto que se debe tener en cuenta en los ensilajes tropicales.

Este indicador, al igual que el ácido butírico, responde a la actividad de los clostridios (Beck, 1978). Los resultados de Catchpoole (1965; 1966; 1970) en varios experimentos, muestran que los ensilajes de forrajes tropicales presentan una tendencia a alcanzar valores de moderados a altos, desde 5 hasta 50 % de NH_3/Nt (%), y encontró diferencias entre especies, lo cual pudiera estar ligado a la constitución enzimática particular de cada forraje.

Ojeda *et al.* (1980) encontraron un efecto de la edad del pasto y la dosis de miel final de caña de azúcar, en el contenido de amoníaco; a medida que aumentó la edad, se incrementaron las proporciones de nitrógeno amoniacal, a la vez que estos valores disminuyeron con las dosis crecientes de miel.

La acción beneficiosa de la miel coincide con los resultados de Aguilera (1980) en bermuda de costa: los ensilajes con 4 % de miel presentaron solo 1,6 % del $\text{N-NH}_3/\text{Nt}$ %, mientras que los ensilajes sin este aditivo tuvieron 2,2 %; aunque no se encontró efecto en la pangola (Aguilera, 1979), lo que pudiera ratificar lo señalado acerca de las diferencias entre especies.

Se puede concluir que es imprescindible ejercer un control adecuado en la evolución microbiológica de los ensilajes de forrajes tropicales mediante un control selectivo sobre las bacterias del ensilaje; en lo que pudiera tener un papel importante el empleo de conservantes, capaces de inhibir las que no contribuyan a la conservación o que le den ventaja a las bacterias lácticas para su desarrollo, de forma que permitan un uso más eficiente de los carbohidratos presentes en la planta.

Uso de conservantes químicos en los ensilajes tropicales

En estudios realizados en cuatro forrajes tropicales (hierba de guinea cv. Likoni, king grass, bermuda cruzada-1 y pangola), con diferentes dosis de 13 conservantes, se encontró la factibilidad de mejorar la calidad fermentativa de los ensilajes tropicales por esta vía, si bien variaron las respuestas y concentraciones de cada uno de ellos de acuerdo con la especie evaluada (Ojeda, 1986).

Los conservantes que mostraron los mejores resultados fueron el nitrito de sodio, el ácido benzoico, el ácido salicílico y el ácido fórmico, los cuales contribuyeron a disminuir el pH, el nitrógeno amoniacal y las concentraciones de ácido butírico.

El factor más importante señalado para diferenciar el comportamiento de los forrajes frente a los conservantes, fue el contenido de materia seca; aunque no descartaron otros como la capacidad amortiguadora, el contenido de carbohidratos solubles y las particularidades entre las especies, señaladas por Demarquilly (1979) como importantes en el momento de utilizar un conservante determinado.

Otras investigaciones (Ojeda y Varfolomiev, 1982; 1983a; 1983b; 1983c; Ojeda, 1986) demostraron que cuando la dosis de conservante es óptima, la adición de carbohidratos solubles en forma de miel final a 1 y 2 % no produce mejoras notables en la calidad fermentativa, lo cual ratifica la hipótesis de

que lo más importante para lograr una buena conservación en los ensilajes tropicales es un adecuado control de los microorganismos que intervienen en ella.

En contraposición al empleo de conservantes, tanto en países templados como tropicales se ha propuesto el presecado de los forrajes antes de ensilarlos (Michelena, 1987).

Silveira *et al.* (1979; 1980) hallaron, en cuatro cultivares de *Cenchrus purpureus*, que mediante el presecado la calidad final de los ensilajes era similar a la obtenida con la adición de 0,5 % de ácido fórmico. Análogos resultados fueron señalados por Michelena (1987) al comparar el empleo de los ácidos fórmico y propiónico a 0,3 % en el forraje de king grass, y por los cuales concluyó que es factible prescindir de estos cuando se puede realizar el presecado.

Ojeda y Cáceres (1981) también sugirieron el presecado de la hierba guinea cv. Likoni como opción ante la utilización de miel final, pues ambos métodos proporcionaban buenos ensilajes.

Sin embargo, a pesar de estas interesantes perspectivas, en la actualidad se confeccionan en el trópico pocos ensilajes presecados. Su alta dependencia de las condiciones climáticas y las costosas inversiones en maquinaria e infraestructura, limitan considerablemente una mayor difusión (Wilkinson, 1983). No obstante, en Cuba, Rodríguez *et al.* (1985) establecieron los indicadores agrotécnicos, físicos y químicos para optimizar este tipo de ensilaje.

Valor nutritivo de los ensilajes

El valor nutritivo de un ensilaje está predeterminado por el material que le da origen, pero su calidad final depende del proceso fermentativo y de los pretratamientos a los cuales sea sometido.

Gramíneas

Los tres factores que más inciden en el valor nutritivo de las gramíneas, y por carácter transitivo, en los ensilajes, son la edad, la fertilización y la especie.

- a) Edad: los forrajes tropicales presentan una disminución más rápida de su valor nutritivo, según aumenta la edad de rebrote, que las especies templadas (Minson y McLeod, 1970). Con la edad aumentan los contenidos de materia seca y fibra bruta, mientras que disminuye el porcentaje de proteína bruta y los demás indicadores nutricionales, por lo que se debe ser cuidadoso al elegir el momento en que se selecciona un pasto para su conservación como ensilaje. Domínguez (1984) señaló una disminución significativa en la calidad fermentativa de la pangola y el king grass en la medida que conservó estos pastos con una edad mayor. Este mismo efecto fue encontrado por Ojeda *et al.* (1980) en la hierba de guinea cv. Likoni. Esperance (1982) recomienda, como edades óptimas, de 6 a 7 semanas para las especies de pastoreo y de 10 a 11 semanas para las especies forrajeras, tiempos que coinciden con los indicados como óptimos por García-Trujillo y Cáceres (1984) en las tablas forrajeras tropicales.
- b) Fertilización: la fertilización nitrogenada incide positivamente en el rendimiento y el contenido de proteína del pasto. El incremento inducido por la fertilización en la velocidad de crecimiento de la planta hace que la concentración de carbohidratos disminuya, y por el contrario aumenten los carbohidratos estructurales y el contenido de nitrógeno proteico, no proteico y soluble, aspectos que no favorecen la conservación en la calidad fermentativa, aunque sí la cantidad y calidad del material ensilado (Silveira y Franco, 2006). La dosis óptima se encuentra alrededor de 60 kg de N/ha/corte para las especies de pastoreo y de 75 a 100 kg de N/ha/corte para las especies forrajeras. En el caso de otros nutrientes las dosis están en dependencia de las características del suelo.
- c) Especie: la selección o empleo de una especie u otra para la conservación, en ocasiones no depende tanto de la preferencia del productor como de sus posibilidades y de las condiciones específicas de su explotación, y en función de las disponibilidades es que deberá adoptar la tecnología más conveniente a utilizar.

Leguminosas

Las leguminosas tropicales son las mejores especies para ser conservadas desde el punto de vista nutricional, por sus contenidos de nitrógeno, sus elevados índices de consumo, la digestibilidad de los nutrientes y la poca variación que presentan en los indicadores nutricionales mientras las plantas se encuentran en estado vegetativo hasta el inicio de la floración, características que permiten flexibilizar la edad de conservación.

Sin embargo, tienen como desventajas que su rendimiento agronómico está muy por debajo de las gramíneas, por lo que proporcionan menos masa verde para preservar. Su ensilabilidad es baja, debido a sus pequeñas concentraciones de CHS y altos porcentajes de proteína bruta, además de presentar elevada capacidad buferante, lo que hace poco recomendable la confección de ensilajes puros de leguminosas.

Arbóreas

Debido a la condición de perennidad de los árboles y a su manejo dentro de los sistemas de producción, se dificulta la obtención de follajes para su conservación de forma tradicional.

La particularidad de algunos árboles de ser caducifolios, los excedentes que se presentan en la época lluviosa en las áreas destinadas a corte y acarreo, y la necesidad de efectuar podas radicales en determinados períodos del año cuando se utilizan como sombra de cultivos, hacen que se presenten grandes cantidades de masa foliar que, de no ser conservadas, se pierden como alimento animal.

Aunque los árboles poseen un alto contenido de proteína bruta y de nutrientes, los ensilajes de arbóreas constituyen un caso particular dentro de la conservación, ya que los mismos presentan en su composición bromatológica compuestos antinutricionales que pueden permanecer, variar en sus concentraciones o desaparecer, según la especie arbórea o el procesamiento que reciba el follaje introducido en el silo, y el premarchitamiento es el más atrayente (Vallejo, 1995).

Estudios desarrollados por Betancourt *et al.* (2003) han demostrado que en los ensilajes de leucaena, el contenido de proteína cruda es afectado cuando se emplean de manera simultánea la miel final y el ácido fórmico; sin embargo, el N-NH₃/Nt % en los ensilajes, disminuye con la adición de miel final.

El mayor valor de proteína cruda lo obtuvieron cuando utilizaron 0,25 % de ácido fórmico, y concluyeron que *L. leucocephala* puede ser utilizada en los procesos de ensilaje con el uso de conservantes.

Una tecnología con buenas perspectivas es la fabricación de ensilajes mixtos de arbóreas y gramíneas, cuyos principios serán expuestos en el próximo acápite.

Hay referencias en las que se demuestra que durante la conservación algunos factores antinutricionales desaparecen, como es el caso de la mimosina en la leucaena.

Estos resultados son importantes porque ofrecen una buena posibilidad de aprovechar árboles que no son consumidos en fresco, aunque también existe el caso inverso (follajes de árboles que al ser ensilados son rechazados por los animales).

Ensilajes mixtos

Es una práctica mejorar el valor nutritivo de las gramíneas incluyendo leguminosas en los ensilajes (Camargo, 2015).

El interés de confeccionar ensilajes mixtos de gramíneas y leguminosas tiene varias finalidades:

- Aprovechar el contenido de proteína bruta y el valor nutritivo de las leguminosas y las plantas arbóreas para obtener ensilajes con mayor potencial productivo.
- Lograr una combinación en la que se facilite la conservación a través de la mejor ensilabilidad de la gramínea, la cual hace la función de sustrato microbiológico de la leguminosa y la planta arbórea.
- Obtener mayores volúmenes de masa verde para conservar, teniendo en cuenta que las gramíneas poseen un rendimiento superior.

En este tipo de ensilaje la proporción óptima de incorporación de leguminosas está entre 20 y 40 %, y el empleo de conservantes contribuye a garantizar un desarrollo adecuado del proceso fermentativo.

Ojeda *et al.* (1990) han señalado que las respuestas están muy vinculadas al forraje conservado.

En una evaluación efectuada con tres gramíneas (*M. maximus* cv. Likoni, *C. dactylon* cv. 68 y *P. purpureum* cv. Taiwan A-144), conservadas en proporciones de 60:40 con *L. purpureus* cv. Rongai (según los tratamientos: A) gramínea, B) gramínea + leguminosa, C) gramínea + leguminosa + 80 kg de miel final/t, D) gramínea + leguminosa + 5 kg de ácido fórmico/t), se comprobó que en la guinea la inclusión de la leguminosa permitió alcanzar incrementos de 15 % en el consumo con respecto al tratamiento sin leguminosa; con la adición de ácido fórmico el aumento fue de hasta 45 %; y con la miel final esta mejora ascendió a 60 %.

En la bermuda 68 (*C. dactylon*) este efecto solo se encontró para el tratamiento con miel final, cuyo beneficio fue de 18 %, y no se hallaron diferencias para los ensilajes de Taiwan A-144, independientemente del tratamiento evaluado.

No hubo diferencias en la DMO de los ensilajes; mientras que la DFB estuvo más vinculada al consumo de los ensilajes que a los tratamientos en sí, ya que a menor consumo fueron mayores los valores de este indicador.

Con respecto al nitrógeno, solo en los ensilajes de Taiwan A-144 los preservantes ejercieron su influencia como medio de mejorar la DPB y la retención de nitrógeno. Los valores más elevados correspondieron a la miel final y al ácido fórmico. Estos resultados fueron interpretados como un efecto de las marcadas diferencias en la calidad fermentativa de los ensilajes.

Estas investigaciones demostraron la factibilidad de emplear leguminosas para incrementar el contenido de PB de los ensilajes y perfeccionar, incluso, su calidad fermentativa, además de garantizar que el nitrógeno no constituya una limitante para el consumo.

El balance nitrogenado fue positivo en todos los tratamientos y se alcanzaron valores más altos que los hallados normalmente en los ensilajes.

Estos resultados fueron corroborados mediante evaluaciones con vacas lecheras, en las que se encontraron respuestas productivas más altas cuando se confeccionó y utilizó este tipo de ensilaje (Ojeda y Diaz, 1991).

Debido a que no se habían estudiado en el centro ensilajes mixtos de morera (*Morus alba* Linn.) con hierba de guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni), resultó importante hallar la mejor combinación de ambos forrajes, como alternativa para aprovechar los excedentes de biomasa durante el período lluvioso y obtener un ensilaje con un alto valor nutricional, sin disminuir la calidad fermentativa. Los tratamientos de morera:hierba de guinea fueron los siguientes: a) 100:0, b) 90:10, c) 80:20, d) 70:30, e) 50:50, f) 30:70 y g) 0:100. La combinación de los forrajes indujo disminuciones en la relación proteína soluble/proteína bruta (%). La evaluación integral de los indicadores demostró que la proporción de 70:30 fue la más efectiva (Ojeda *et al.*, 2006).

A su vez cuando se incluyó en diferentes niveles de *Morus alba* en ensilajes mixto de *Sorghum almum* (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100), la FND, la FAD y la hemicelulosa tendieron a aumentar después de la conservación. La valoración organoléptica mostró un proceso de conservación adecuado en todas las mezclas. No obstante, la inclusión de 50 % de morera constituye una alternativa viable para mejorar la calidad nutricional del ensilaje de sorgo (Alpízar-Naranjo, 2014).

Efecto de la conservación en el valor nutritivo de los ensilajes

Una agrupación de 60 ensilajes (tabla 2), confeccionados con diferentes tamaños de partícula y empleando o no conservantes, muestra que con la excepción de la digestibilidad de la

fibra bruta, todos los indicadores tienden a ser inferiores a los hallados con los forrajes verdes (Ojeda *et al.*, 1989).

Tabla 2. Valor nutritivo de los ensilajes tropicales

Indicador	Unidad medida	Media	Máxima	Mínima	DS±
Consumo	g MS/kg P ^{0,75}	47,61	80,5	36,5	11,60
DMO	%	56,55	70,0	45,8	5,44
DPB	%	48,18	65,3	19,8	13,67
DFB	%	65,37	69,7	58,2	6,73
Δ Consumo	Unidad de dif.	12,27	27,2	0	8,25
α DMO	Unidad de dif.	5,16	12,1	0	5,13
β DPB	Unidad de dif.	14,41	35,0	1,9	12,94
γ DFB	Unidad de dif.	- 4,70	-15,0	1,3	8,43

Δ, α, β, γ: Diferencias de los ensilajes con respecto al forraje inicial

Fuente: Ojeda *et al.* (1989)

- *Consumo voluntario*

El contenido de materia seca, el troceado y la calidad de la conservación fueron los factores que más incidieron en el consumo de los ensilajes (Ojeda y Cáceres, 1982). Algunos indicadores, como los valores de proteína bruta y fibra bruta, y otros intrínsecos de los ensilajes (la ausencia de aminos y los bajos porcentajes de proteínas solubles), también contribuyeron a lograr los mejores consumos.

- *Digestibilidad de la materia orgánica (DMO)*

La DMO estuvo muy vinculada con la calidad de la conservación. Cuando se realizó de forma adecuada, sus valores fueron próximos a los del forraje original.

- *Digestibilidad de la proteína bruta (DPB)*

Es considerado el indicador menos preciso cuando se evalúa el valor nutritivo de los ensilajes.

La elevada degradabilidad de la proteína de los ensilajes en el rumen, por estar solubilizada en un alto porcentaje, hace que las cantidades de proteína alimentaria expulsadas en las heces fecales sean pequeñas, lo cual proporciona altos valores de digestibilidad; cuando en realidad, de no existir una contrapartida energética adecuada en la dieta, una parte importante de ella se pierde en forma de amoniaco a través de la orina.

Como está vinculada al contenido de proteína de los ensilajes, las comparaciones solo se pueden realizar de forma relativa entre ensilajes que posean aproximadamente iguales tenores de proteína bruta.

La mejor referencia para determinar la eficiencia de utilización del nitrógeno es mediante el porcentaje de retención de este compuesto en los animales.

- *Retención de nitrógeno (Rt)*

Cuando esta estimación se realiza con animales jóvenes y en crecimiento, permite obtener una información más precisa del éxito o no de la conservación de los compuestos nitrogenados.

Los indicadores químicos, biológicos y nutricionales que influyen de manera positiva en este indicador son los contenidos de materia seca y proteína bruta, la materia orgánica, el ácido láctico, el consumo de materia seca y de nitrógeno, y la digestibilidad de la materia orgánica; mientras que los contenidos de fibra bruta, ácido láctico, ácidos grasos volátiles, $N-NH_3/N_t$ % y el pH, lo hacen negativamente (Grenet y Demarquilly, 1976).

El presecado y el uso de conservantes, como la miel y el ácido fórmico, favorecen una mejor respuesta en los ensilajes.

- *Digestibilidad de la fibra bruta (DFB)*

Fue el único indicador que presentó incrementos con respecto a los forrajes verdes. Existen tres hipótesis sobre las razones que pueden incidir en este aumento: 1) que la fibra bruta es más digestible para los microorganismos debido a la acción de los ácidos orgánicos sobre los ensilajes; 2) que al mantener la misma digestibilidad, la proporción que se digiere es superior debido a un mayor tiempo de permanencia de los ensilajes en el rumen, y 3) que la fibra bruta que se determina en los forrajes y en los ensilajes no es la misma, como producto de las transformaciones químicas sufridas durante la conservación.

En la práctica se debe esperar una combinación de las tres hipótesis, ya que a los efectos de cada una de ellas todas son igualmente posibles, aunque es evidente que se necesitan estudios más profundos al respecto

Utilización de los ensilajes en las dietas

Los principios que deben tenerse en cuenta cuando se ofrecen los ensilajes, se pueden resumir de la manera siguiente:

- No pueden constituir el único alimento en la dieta.

Los ensilajes son mal consumidos cuando no están acompañados de otros alimentos que aporten nutrientes imprescindibles para el buen funcionamiento de la microflora ruminal, como es el caso de la energía, que disminuye debido a los procesos fermentativos del ensilaje.

Las acciones inherentes a la conservación modifican la estructura física y química de los forrajes originales, lo que provoca dificultades en la regurgitación y la rumia.

La presencia de aminos provoca trastornos en la motilidad ruminal.

Los ensilajes muy ácidos inducen desmineralización y rechazo por parte de los animales.

- Requieren ser suplementados con energía y proteína pasante.

La alta solubilización de las proteínas iniciales del pasto hace que una buena parte del nitrógeno presente en los ensilajes sea degradada rápidamente a amoníaco en el rumen.

En los ensilajes la porción de nitrógeno capaz de ser asimilado en otras partes del tracto digestivo es muy pequeña, por lo que puede ocurrir déficit de aminoácidos esenciales que deben ser aportados por otras vías.

Los métodos para eliminar estas dificultades en el trópico son variados (García-Trujillo y Esperance, 1982), y los de mejores resultados son los siguientes:

a) Realizar pastoreo restringido: dado el déficit de pasto en los potreros, no es conveniente dejar al ganado de forma permanente en estos porque destruyen el pastizal, gastan energía en la locomoción y no satisfacen sus requerimientos nutricionales (Esperance *et al.*, 1978; Esperance, 1984). Un ejemplo de sistema de manejo eficiente pudiera ser enviar a los animales al pastoreo después del primer ordeño durante cuatro a seis horas y estabularlos a partir del mediodía con libre acceso a los ensilajes (tabla 3).

Tabla 3. Efecto del tiempo de pastoreo en vacas que consumían ensilaje *ad libitum*

Indicador	P + E	PR + E	EE	ES±
Producción de leche, kg/vaca/día	8,9 ^a	9,6 ^a	7,9 ^b	0,46 ^{**}
Consumo de MS, kg/vaca/día				
Ensilaje	4,0	7,2	8,7	
Total	10,5	13,0	10,5	
Variación de peso vivo, kg/vaca/día	-0,2 ^a	+0,1 ^b	-0,1 ^a	0,30 ^{**}

a, b: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$

P: Pastoreo permanente, E: Ensilaje, PR: Pastoreo restringido (cuatro horas) y EE: Ensilaje + estabulación

Fuente: Esperance y Figueroa (1978)

- b) **Suplementar con heno y concentrado:** al procedimiento anterior se le añade como suplemento heno y concentrado; así se logran incrementos importantes en el consumo total de la dieta y en la producción de leche, y se evita la disminución del peso vivo de los animales (tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la suplementación con concentrado y heno en el comportamiento productivo de vacas lecheras

Suplemento	Incremento del consumo, %	Incremento de la producción de leche, kg	Cambios de PV, kg/vaca/día
Concentrado + heno	32,1	3,2	+0,2
Concentrado	27,7	2,7	+0,2
Heno	6,8	0,6	+0,03

Fuente: Esperance y Guerra (1978)

- c) **Suministrar forraje:** cuando no se dispone de heno también se puede emplear forraje, siempre que no exceda el 30 % del consumo total, para evitar los efectos sustitutivos en detrimento del ensilaje. El forraje puede ser una gramínea, caña de azúcar y, mejor aún, una leguminosa o follaje de arbórea. En este último caso se tendría la ventaja de aportar taninos que contribuirían a un mejor aprovechamiento de la proteína presente en la dieta (tabla 5).

Tabla 5. Efecto del forraje en dietas de ensilaje

Forraje	Incremento del consumo de ensilaje, %	Incremento de la producción de leche, kg/vaca/día	Cambios de PV, kg/vaca/día
Gramínea 30 %	16,5	1,3	+0,08
40 %	4,7	1,2	+0,05
Leguminosa 30 %	22,5	1,5	-

Fuente: Esperance (1982)

Al utilizar los ensilajes en la producción de carne, es necesario diferenciar el tipo de explotación.

En sistemas semiextensivos a base de pastos, las dietas son muy similares a las concebidas para la producción de leche, ya que el objetivo es evitar que los animales pierdan peso durante el período seco y esperar el crecimiento compensatorio en la otra estación del año.

En los sistemas intensivos los ensilajes son menos efectivos y su función es aportar la parte voluminosa de la dieta, aunque los principios para incrementar el consumo se mantienen vigentes (tabla 6).

Tabla 6. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de proteína en toros alimentados con ensilaje

Indicador	Control	Pescado	Soya	Girasol	Algodón
Consumo de ensilaje, MS	5,8	7,8	7,9	8,0	7,8
Aumento de peso/día, g	77	623	618	621	654
Conversión ensilaje/aumento de peso, kg/kg	241	38	39	39	36

Fuente: Michelena *et al.* (1979)

Conservación como heno

El heno que se fabrica en los países tropicales, por lo general, es de escasa calidad, ya sea por el valor nutritivo de los forrajes o por malos métodos de fabricación que provocan pérdidas de nutrimentos, principalmente de proteína y caroteno, hasta 80 y 46 %, respectivamente (Esperance, 1981).

Principios básicos de la henificación

La henificación es un proceso que consiste en deshidratar el forraje por medio de la energía solar hasta que alcance entre 80 y 85 % de materia seca.

Por su dependencia de las condiciones climáticas, se debe efectuar en el menor tiempo posible.

En Cuba, las mejores condiciones para fabricar heno se presentan entre los meses de noviembre a abril, cuando se registran los menores valores de humedad relativa y precipitación.

Cambios que ocurren durante la henificación

Una vez cortado el forraje, continúan los procesos fisiológicos normales de la planta. En las primeras horas la desecación es constante y el agua es eliminada fácilmente de las células exteriores.

La fotosíntesis disminuye rápidamente debido al cierre de los estomas y por una menor absorción de las radiaciones solares.

Después de las primeras horas de secado, la intensidad de evaporación disminuye al aumentar la resistencia a la pérdida de agua de las células internas o externas.

Otro proceso es la rápida hidrólisis de la proteína, con un incremento de los péptidos, los aminoácidos libres y las amidas (Ruxton *et al.*, 1975).

Las vitaminas, sobre todo el caroteno, la xantofila y el tocoferol, también se afectan como consecuencia de una exposición muy prolongada al sol y por una desecación lenta.

Factores que determinan la velocidad de desecación de los forrajes

- Condiciones climáticas

Aunque las condiciones climáticas resultan adversas para la henificación durante los meses de lluvia, en ocasiones se presentan períodos secos de tres o más días, en los cuales se pueden lograr incrementos de MS de hasta 75 %.

Esperance y Cáceres (1979), al comparar las curvas de desecación de la pangola con una edad de 40 días en el período lluvioso (junio) y en el seco (diciembre), encontraron una mayor tasa de desecación cuando el corte fue realizado en este último mes.

Cuando se ha efectuado el corte para henificar y las precipitaciones son continuas durante dos o tres días, independientemente de la época, se dificulta la obtención del porcentaje de MS necesario para empacar el material; en estas condiciones las pérdidas de proteína son cuantiosas (tabla 7). Esta reducción de la calidad continúa durante el período de almacenamiento.

Tabla 7. Calidad del heno y pérdida de nutrimentos según las condiciones climáticas durante la fabricación

Composición, %	Condiciones climáticas	
	Desfavorables (lluvia)	Óptimas
MS	52,6	86,0
PB	4,4	6,5
FC	36,5	33,2
Pérdidas de PB	45,7	21,9

La velocidad de desecación también se reduce por la nubosidad. En días nublados, además de obtenerse un menor contenido final de MS, es necesario un mayor tiempo de exposición en el campo.

- Características del material para henificar

Los pastos para henificar deben presentar las características siguientes: bajo contenido de agua, alto porcentaje de hojas, buen contenido de proteína y otros elementos nutritivos, y tallos gruesos.

Gutiérrez *et al.* (1979), al comparar la pangola común y la pangola PA-32, hallaron que la primera alcanzó un mayor contenido de MS en los diferentes tiempos de exposición, aun cuando mantuvieron la misma tendencia en la curva de desecación.

Cuando compararon bermuda 68, rhodes, buffel formidable y guinea SIH-127, se apreciaron diferencias entre estas. La guinea presentó mayor dificultad al inicio de la desecación por una mayor resistencia al secado, debido a que posee tallos y raquis más gruesos y difíciles de secar.

Se ha planteado que la resistencia a la desecación tiene su origen en el interior de los tejidos vegetales y es consecuencia de la cera superficial, la apertura de los estomas y la plasmólisis (separación del contenido celular de las membranas de las células) (Thaine, 1972; Sullivan, 1973).

En un estudio sobre el comportamiento de pastos tropicales, la guinea común presentó el mayor contenido de hojas en primavera y seca, mientras que *C. dactylon* y la pangola mostraron los menores porcentajes (Machado, 1985).

Roselló *et al.* (1985) encontraron diferencias en la composición morfológica (proporción hoja/tallo) de la bermuda cruzada a diferentes estados fenológicos, y sugirieron además que las diferencias en las curvas de desecación están relacionadas con las variaciones en la proporción de hojas de una graminea en relación con otra.

Estos resultados explican, en parte, el comportamiento en las curvas de desecación de los diferentes pastos, y el mayor contenido de MS en el pasto pangola a una edad de 90 días en comparación con el pasto henificado a 60 días, aunque la tendencia de deshidratación fue similar en ambas edades.

- Factores que aceleran la velocidad de desecación

Hay diferentes maneras de acelerar el secado del material y reducir las pérdidas.

Factores como el tipo de máquina de corte, la hora de siega y el volteo del forraje, contribuyen a que se efectúe la henificación en menor tiempo.

Gutiérrez *et al.* (1979) obtuvieron una mayor velocidad de desecación cuando el corte se efectuó con silocosechadora con respecto a la segadora, ya que la menor longitud del material permite una mayor aireación y un secado más rápido y uniforme (Carter, 1960; Boado, 1975).

No obstante, Esperance y Cáceres (1979), al evaluar bermuda cruzada-1 y comparar estas máquinas, obtuvieron contenidos de MS de 70,0 y 84,2 % con la silocosechadora, y de 70,6 y 83,1 % con la segadora, al cabo de 18 y 24 horas sol; en este caso la ausencia de diferencia entre las máquinas, por tratarse de la misma especie y similares contenidos iniciales de MS, pudiera estar relacionada con la época de fabricación (agosto y sin lluvia).

Cáceres y Esperance (1981), cuando compararon el efecto de la hora de corte en la velocidad de desecación, apreciaron que el contenido inicial de MS del forraje fue superior cuando se efectuó en

horas de la tarde; sin embargo, en los dos primeros días de exposición al sol este fue mayor cuando el corte se hizo en horas de la mañana (tabla 8).

Tabla 8. Efecto de la hora de corte en el contenido de MS (%) de la bermuda cruzada-1

Hora de corte	Forraje	Tiempo de exposición, días		
		1	2	3
9:00 am	28,2	67,8	73,0	74,1
2:00 pm	37,0	49,3	67,7	73,7
Incremento		18,5	5,3	0,4

Existen contradicciones acerca de la hora del día más apropiada para realizar el corte. Brockmam y Swift (citados por Wilkins, 1972) sugieren realizarlo por la mañana, mientras que Wilkins (1972) lo recomienda por la tarde.

Se ha señalado que el forraje cortado por la mañana tiene al día siguiente el mismo contenido de humedad al amanecer que el cortado en ese momento, como consecuencia del rocío nocturno, el cual es más difícil que desaparezca en el forraje cortado en la tarde del día anterior (Swift, citado por Wilkins, 1972).

Por el contrario, Wilkins (1972), al comparar la velocidad de desecación de la alfalfa, alcanzó los mayores incrementos de MS en el corte de la tarde y señaló que esto puede deberse a una pérdida de resistencia de la planta durante la noche, lo que permite una mayor desecación al día siguiente.

Cáceres y Esperance (1981) consideran que la planta cortada por la mañana recibe una mayor insolación, lo que permite disminuir el tiempo de exposición en el campo y los riesgos de recibir precipitaciones; además, el rocío nocturno es más fácil de evaporar en la planta recién cortada.

Se conoce que los tratamientos mecánicos contribuyen a una mayor tasa de desecación, pero tienen el inconveniente de provocar grandes pérdidas de hojas, que constituyen la parte de mayor contenido de nutrimentos en el heno.

El tiempo a que se efectúa el volteo después de cortado el material influye en el grado de desecación.

Cáceres y Esperance (1981), en una prueba con bermuda cruzada henificada en diciembre, hallaron un mayor efecto del volteo en el porcentaje de MS cuando este se realizó a las seis horas de cortado el forraje. Al efectuarlo a las 29 horas el incremento fue de 4,3 unidades y no se observó efecto al realizarlo a las 52 horas (tabla 9).

Tabla 9. Curva de desecación de la bermuda cruzada volteada y sin voltear (% de MS)

Indicador	Horas		
	6	29	52
Volteo	73,1	71,0	81,0
Sin volteo	64,9	66,7	81,0
Incremento ¹	8,2*	4,3	-

¹ Incrementos en unidades de MS por efecto del volteo

Efecto del estado de madurez en la calidad y el valor nutritivo del heno

Cuando el forraje que se corta es joven, el rendimiento es bajo, y con edades muy avanzadas se obtiene más material, pero con un marcado detrimento de la calidad.

El primer requisito para obtener un heno de calidad excelente es conservar el forraje con un estado adecuado de madurez.

Esperance y Perdomo (1978), en hierba pangola, al comparar tres edades de corte (45, 60 y 90 días), fertilizada con 40 kg de N/ha/corte, encontraron que los forrajes de 60 y 90 días superaron en rendi-

miento de MS al de 45 días en 32 y 48 %, respectivamente, pero el contenido de proteína del heno se redujo y alcanzó 4,5 % con el forraje de mayor edad.

Veitía y Márquez (1973), al estudiar la composición del heno de rhodes a diferentes edades de rebrote (42, 63 y 84 días), con aplicación de 50 kg de N/ha, observaron que la composición bromatológica fue afectada por el estado de madurez del forraje (tabla 10).

Tabla 10. Composición del heno de rhodes a diferentes edades del material

Composición, %	Edad, días		
	42	63	84
MS	83,5	84,8	84,3
PB	7,9	7,2	6,1
FC	36,1	36,3	37,8

Fuente: Veitía y Márquez (1973)

Resultados similares fueron obtenidos por Cáceres *et al.* (1983) cuando determinaron la composición y el valor nutritivo del heno de pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlemfuensis*) cortado a diferentes estados vegetativos. Los trabajos realizados han demostrado que para obtener un heno de calidad y alto valor nutritivo, es necesario que la edad del material sea de seis a nueve semanas.

Pérdidas que ocurren durante la henificación

En la henificación las pérdidas más importantes ocurren debido a la oxidación, la fermentación, los factores atmosféricos y los tratamientos mecánicos, y se pueden reducir cuando se logra una desecación rápida y se almacena el producto final con un contenido de MS apropiado (Hardy *et al.*, 1979b).

El tiempo de exposición al sol del forraje incrementa de modo considerable las pérdidas de proteína durante el cuarto y quinto días de exposición (Esperance, 1978).

Los tratamientos intensivos que se aplican durante la henificación (volteo e hilado), una vez que el material se ha vuelto quebradizo, producen el desprendimiento de hojas, con reducción de la calidad y el valor nutritivo del heno.

También ocurren pérdidas de MS durante el almacenamiento, que se incrementan con el aumento de la temperatura y de la humedad en el momento del almacenaje, principalmente en azúcares y otros carbohidratos solubles, por la oxidación en presencia de aire y la actividad de las enzimas o de los microorganismos.

Cuando el contenido de humedad es muy alto, la digestibilidad se reduce y aparece la presencia de mohos. En esta condición las mayores pérdidas ocurren en el caroteno, ya que aproximadamente 81 % del caroteno presente en el heno se pierde en un período de seis meses de almacenamiento.

Durante el almacenamiento, los cambios en el contenido de fibra bruta son reducidos.

El forraje henificado nunca debe conservarse de un año para otro, debido a que por efecto de la oxidación y la desintegración que ocurren durante el almacenamiento se van perdiendo principios nutritivos y digestibilidad.

Harina de plantas arbóreas

Diferentes estudios indican que la deshidratación de las hojas de los árboles mejora la respuesta animal (Norton, 1994).

Ahn *et al.* (1997) encontraron que en *Gliricidia sepium* los taninos desaparecen con el secado, acción que favorece una mayor digestibilidad y balance del nitrógeno.

Leng (1996) encontró en cinco especies de árboles que el secado aumenta la ganancia diaria y productiva de cabras, y plantean como hipótesis que algunos factores antinutricionales disminuyen su concentración, desaparecen, se inactivan o se transforman en compuestos inocuos.

Importancia de la fabricación de harina de plantas arbóreas

La harina de follaje de los árboles tiene la ventaja de que puede ser incluida como suplemento, en combinación con otras materias primas o sustituyendo de forma parcial los concentrados de cereales. También puede ayudar a mejorar el consumo de algunas arbóreas que son poco palatables en estado fresco.

Una evaluación del potencial nutricional de cuatro plantas arbóreas, señala que poseen mayores contenidos de proteína y fibra bruta y menores tenores de energía metabolizable que los concentrados tradicionales (tabla 11).

Tabla 11. Composición química y aporte de nutrientes para una tonelada de harina de plantas arbóreas y de un concentrado de cereales

Rendimiento en nutrientes para 1 t de harina de arbóreas								
Especie arbórea	MS, %	PB, %	FB, %	EM, MJ/kg MS	MS, t	PB, t	FB, t	EM 10 ³ , MJ
<i>L. leucocephala</i>	90,4	20,1	18,5	8,88	0,90	0,18	0,17	8,05
<i>Gliricidia sepium</i>	97,7	24,7	28,5	9,26	0,98	0,24	0,28	9,05
<i>Albizia lebbek</i>	95,7	23,9	26,6	8,92	0,96	0,23	0,26	8,55
<i>Morus alba</i>	96,7	24,9	13,1	10,17	0,97	0,24	0,13	9,84
Concentrado comercial	86,2	18,2	5,6	11,55	0,86	0,16	0,05	9,97

Producción de harina de arbóreas

El follaje de las plantas arbóreas se obtiene de forma manual, y en las ramas se encuentra, además de la parte comestible (hojas y tallos tiernos), la parte leñosa, la cual poco aporta a la nutrición animal y dificulta la confección de la harina.

Para obviar esta dificultad existen dos posibilidades: extraer el follaje cuando la planta está verde o después de que se ha deshidratado. El procedimiento depende de la especie arbórea que se utilice.

Resultados con harinas de plantas arbóreas

- *Morus alba*

En la planta entera, la pérdida de agua presenta un descenso rápido en las primeras ocho horas, durante las cuales las hojas adquieren un estado quebradizo y el agua permanece retenida en los tallos. Sin embargo, cuando es troceada este descenso es menos abrupto, porque la ruptura mecánica de las hojas y los tallos provoca la aparición de un mucílago que apelmaza el material verde, que no contribuye al secado; y si bien no presenta diferencias en la composición bromatológica, la materia seca final es menor (tabla 12) (Ojeda *et al.*, 1998).

Tabla 12. Composición bromatológica de la morera deshidratada al sol

Morera	Horas sol	MS final, %	PB, %	FB, %	MO, %	Ca, %	P, %
Planta entera	18,0	90,0	24,9	13,0	89,5	1,2	0,20
Troceada (2 cm)	26	87,6	25,6	14,8	89,3	1,7	0,18

Cuando la morera se seca sin la acción directa del sol, el proceso de deshidratación es más lento (tabla 13), aunque no se pierde valor nutricional.

Tabla 13. Comparación de dos métodos de secado para la deshidratación de la morera

Morera	Horas sol	MS final, %	PB, %	FB, %	MO, %	Ca, %	P, %
Secada al sol	16,0	90,2	15,5	12,9	90,6	1,9	0,1
Secada a la sombra	22,0	89,4	15,1	13,4	87,8	2,7	0,1

El factor que acelera la pérdida de agua al sol, es la elevada temperatura que alcanza el plato de secado, acción que no ocurre cuando el proceso se realiza a la sombra.

La fabricación de la harina utilizando solo las hojas tiene como ventaja una disminución importante en el contenido de fibra bruta y un incremento en la proteína bruta; sin embargo, los rendimientos disminuyen desde 20 hasta 40 % (tabla 14).

Tabla 14. Composición bromatológica de la harina de hojas de morera (%)

Horas de sol	MS	PB	FB	MO	Ca	P
16	91,2	26,4	10,1	90,7	2,1	0,15

Martín (2004) recomienda fertilizar con 300 kg de N/ha/año y utilizar frecuencias de corte de 60 días en la época de lluvia y de 90 días en el período seco, para un rendimiento anual de 8,2 t de MS/ha/año.

- *Albizia lebbbeck*

La albizia como forraje verde presenta poca aceptación por los animales; sin embargo, en forma de heno hay mejoras en el consumo y en la digestibilidad de la fibra bruta, con afectaciones menores en la digestibilidad de la proteína bruta (Soca *et al.*, 1999), lo que sugiere que mediante este procedimiento es posible incrementar su valor nutritivo.

Esta arbórea tiene entre 2 y 5 m de altura y es caducifolia durante el período seco, por lo que resulta estratégico efectuar podas escalonadas a partir del mes de diciembre, para evitar la caída de las hojas y promover el rebrote de hojas y tallos jóvenes en el período de escasez (Soca y Simón, 1998). Su potencial nutricional es interesante (tabla 15).

Tabla 15. Composición química de *Albizia lebbbeck* (%)

Albizia lebbbeck	MS	PB	FB	FND	FAD	Lignina	Ceniza	DIVMS
Hojas con peciolo	32,5	20,7	24,5	46,2	35,4	8,5	6,3	78,8

En una comparación entre dos sistemas de secado, al sol o con el empleo de un secador solar, no se encontraron diferencias entre ambos métodos (Ojeda *et al.*, 2002), aunque los valores fueron superiores a los hallados por Maldonado *et al.* (2000).

Las dos tecnologías permiten obtener un alimento de calidad, y la utilización de una u otra dependerá de las posibilidades de las empresas pecuarias (tabla 16).

Tabla 16. Composición química del heno de *A. lebbbeck* obtenido por diferentes métodos de secado (%)

Tratamiento	MS, %	PB, %	FB, %	FND, %	FAD, %	Lignina, %	Ceniza, %	DIVMS, %
Sol	93,5	18,5	25,6	51,4	34,7	10,9	6,8	73,3
Secador	91,8	20,3	26,0	47,2	33,2	9,4	6,4	73,2
ES±	0,7	1,2	1,9	0,8	0,6	0,9	0,4	0,6

Francisco (2002) sugiere una frecuencia de 90 días, con una producción de 2,5 t de MS/ha.

- *Gliricidia sepium*

Gliricidia sepium es una planta arbórea caducifolia, con un período de floración desde febrero hasta marzo, pero mantiene su follaje si es interrumpida mediante cortes a partir de septiembre-noviembre. Su empleo en Cuba ha sido principalmente como cerca viva; aunque en Colombia en condiciones de corte, densidad de 20 000 plantas/ha y frecuencias de 60 a 90 días, se han logrado producciones de 15 t MS/ha/año, con un contenido de proteína bruta entre 16 y 20 % (Chamorro *et al.*, 1998).

G. sepium presenta una estructura foliar resistente a la deshidratación, sus hojas permanecen adheridas a los tallos. Se necesitan no menos de cuatro días para que alcancen 90 % de materia seca (tabla 17).

Tabla 17. Variación de la materia seca de *G. sepium* secada al sol

Indicador	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5
	0	8	12	16	20	24	26	30	34
Horas sol									
MS, %	26,4	30,1	43,5	52,8	60,7	70,5	82,3	90,4	91,9

La composición bromatológica no varía por la deshidratación, aunque el contenido de fibra bruta es alto (tabla 18).

No obstante, el contenido nutricional de la *G. sepium* es adecuado para suplementar los rumiantes, no así en monogástricos debido a su elevado contenido en fibra bruta.

Tabla 18. Composición bromatológica de *G. sepium* deshidratada al sol

Indicador	MS, %	PB, %	FB, %
Follaje verde	26,4	19,1	26,5
Follaje deshidratado	91,9	18,2	27,9

A. lebeck y *G. sepium* mantienen sus hojas, por lo que en estas especies es más conveniente hacer la separación en fresco y ponerlas a deshidratar.

- *Leucaena leucocephala*

L. leucocephala es la planta arbórea más difundida y estudiada en los sistemas silvopastoriles. Se preconiza su utilización como planta de ramoneo, y menos frecuentemente en sistemas de corte y acarreo.

Su empleo como harina en los animales monogástricos no debe ser mayor que el 30 % del consumo total de MS, por los compuestos antinutricionales que contiene.

Su deshidratación es diferente a la de la generalidad de las plantas arbóreas, pues pierde rápidamente el agua retenida dentro de las células y las hojas se separan con facilidad de los tallos, mediante simples movimientos de golpeo, con un tiempo corto de exposición al sol, las cuales por su tamaño y textura no hacen imprescindible el molinado (tabla 19).

Tabla 19. Variación de la materia seca de *L. leucocephala* secada al sol

Indicador	Día 1		Día 2	
	0	8	12	16
Horas sol				
MS, %	28,2	50,2	80,3	92,6

La composición bromatológica cambia también de manera favorable, pues al no estar incluidos los raquis de las hojas, los índices nutricionales mejoran (tabla 20).

Funes (1980) indica que en Cuba *L. leucocephala* alcanza hasta 19,5 t de MS/ha/año.

Tabla 20. Composición bromatológica de *L. leucocephala* deshidratada al sol

Indicador	MS, %	PB, %	FB, %
Follaje verde	28,2	19,2	32,4
Follaje deshidratado	92,6	24,32	22,5

Referencias bibliográficas

- AGUILERA, G. R. Dinámica de la fermentación del ensilaje de pastos tropicales. I. Elefante Candelaria (*Pennisetum purpureum*) sin aditivo. *Rev. cubana Cienc. agric.* 9:235-244, 1975.
- AGUILERA, G. R. Dinámica de la fermentación del ensilaje de pastos tropicales. II. Pangola común (*Digitaria decumbens* Stent) ensilada con y sin el 4% de melaza de caña de azúcar. *Pastos y Forrajes.* 2 (3):489-503, 1979.
- AGUILERA, G. R. Dinámica de la fermentación de pastos tropicales. III Bermuda de Costa con y sin adición de 4% de miel. *Pastos y Forrajes.* 3 (2):309-319, 1980.
- AHN, J.; ELLIOT, R. & NORTON, B. Oven drying improves the nutritional value of *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* as supplements for sheep given low-quality straw. *J. Agric. Sci. Camb.* 75:503-510, 1997.
- ALPÍZAR-NARANJO, A. *Efecto de la suplementación con Morus alba Linn en la ceba de ovinos Pelibuey en estabulación.* Tesis presentada en opción al título de máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2014.
- BAILEY, R. V. Structural carbohydrates. In: G. V. Botler and R. V. Bailey, eds. *Chemistry and biochemistry of herbage.* London: Academic Press. p. 157-180, 1973.
- BECK, TH. The microbiology of silage fermentation. In: E. McCullough, ed. *Fermentation of silages. A review.* p. 63-115, 1978.
- BETANCOURT, MARÍA; MARTÍNEZ-DE-ACURERO, MIRIAN; BRAVO, J.; RAZZ, ROSA & CLAVERO, T. Efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el contenido de proteína cruda y nitrógeno amoniacal en silaje de *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Trop.* 21 (3):289-300, 2003.
- BOADO, A. *Las provitaminas A y la vitamina A en la alimentación de bovinos en Cuba.* Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias. La Habana, Universidad de La Habana, 1975.
- CÁCERES, C. & ESPERANCE, M. Efecto del volteo, tiempo de exposición al sol y hora de corte sobre la velocidad de desecación de la bermuda cruzada-1. *Pastos y Forrajes.* 4 (1):109-120, 1981.
- CÁCERES, O.; ESPERANCE, M. & ECHEVARRÍA, N. Metodología para la fabricación de heno. *ACPA.* 1:41-44, 1983.
- CAMARGO, DAYANA. Caracterización química y nutritiva del ensilaje de *Pennisetum purpureum* cv. Mott mezclado con *Pueraria phaseoloides*. *Memorias del V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical.* [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- CARTER, W. R. B. A review of nutrient loss and efficiency of conserving herbage as silage barn-dried hay and field cured hay. *Grass For. Sci.* 15 (3):220-230, 1960.
- CATCHPOOLE, V. R. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) and *Chloris gayana* (CPI. 16144). *Aust. J. Agric. Res.* 16:391-402, 1965.
- CATCHPOOLE, V. R. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) with molasses. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 6:76-81, 1966.
- CATCHPOOLE, V. R. The silage fermentation of some tropical pasture plants. *Proceedings of the XI International Grasslands Congress* St. Lucia, Australia: University of Queensland Press. p. 891-894, 1970.
- CATCHPOOLE, V. R. & WILLIAMS, D. The general pattern in silage fermentation in two subtropical grasses. *Grass For. Sci.* 24 (4):317-324, 1969.
- CELANIE, M. *Etude de l'évolution microbiologique et des caractéristique fermentaires des ensilages de canne a sucre, de sorgho et de pangola en climat tropical humide.* París: These Univessite Pierre et Marie Curie, 1982.
- CHAMORRO, D. R.; GALLO, J. E.; ARCOS, J. C. & VANEGAS, M. A. *Gramíneas y leguminosas. Consideraciones agrozootécnicas para ganaderías del trópico bajo.* (Ed. T. N. Forero y O. García). Colombia: CORPOICA, 1998.
- CONTRERAS-GOVEA, F. E.; MARSALIS, M. A. & LAURIAULT, L. M. *Inoculantes microbiales para ensilaje: su uso en condiciones de clima cálido.* México: Universidad de Nuevo Méjico, Servicio de Extensión Cooperativa, Facultad de Ciencias Agrícolas, Ambientales y del Consumidor Circular, 2009.
- CONTRERAS-GOVEA, F. E. & MUCK, R. Inoculantes microbiales para ensilaje. *Focus on Forage.* 8 (4):4-11, 2006.
- DEMARQUILLY, C. *Classification des conservateur actuel. Evolution a venir: Cicle approfondi d'alimentation animal.* France: INRA, 1979.
- DI MENNA, M. E.; PARLE, J. N. & LANCASTER, R. J. The effects of some additives on the microflora of silage. *J. Sci. Food Agric.* 32:1151-1156, 1981.
- DOMÍNGUEZ, G. H. *Estudios fermentativos y balance de nutrimentos en ensilajes de gramíneas con y sin miel final.* Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, 1984.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11 (1):1-42, 1955.

- ESPERANCE, M. Estudios para mejorar el sistema de segregación de áreas para conservar en explotaciones lecheras. *Pastos y Forrajes*. 7 (1):95-109, 1984.
- ESPERANCE, M. *Factores que afectan la calidad del heno*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1978.
- ESPERANCE, M. *Factores que afectan la calidad del heno*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1981.
- ESPERANCE, M. *Utilización del ensilaje para la producción de leche*. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, 1982.
- ESPERANCE, M. & CÁCERES, O. *Metodología para la fabricación de heno*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1979.
- ESPERANCE, M.; ECHEVARRÍA, N. & OJEDA, F. Estudio de la calidad de los ensilajes en áreas de producción. Resúmenes de la II Reunión de ACPA. La Habana: ACPA. p. 20, 1979.
- ESPERANCE, M. & FIGUEROA, J. Efecto del heno o el tiempo de pastoreo sobre la producción de leche en dietas de ensilaje *ad libitum*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 12:131-136, 1978.
- ESPERANCE, M. & GUERRA, A. Efecto de diferentes niveles de suplementación de heno y concentrados en dietas de ensilaje *ad libitum* y pastoreo restringido para la producción de leche. *Rev. cubana Cienc. agric.* 12:217-224, 1978.
- ESPERANCE, M.; O'DONOVAN, P. B. & PERDOMO, A. Sistemas de producción de leche a partir del pasto. 1. Segregación de áreas para conservar como ensilaje y heno. *Pastos y Forrajes*. 1 (1):115-131, 1978.
- ESPERANCE, M. & PERDOMO, A. Conservación de forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1977.
- ESPERANCE, M. & PERDOMO, A. Ensilaje y/o forraje para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 1 (3):425-435, 1978.
- FILHO, R. A. & MOHAMAD, L. Estrategias para mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje. *Producir XXI*. 18 (219):58-62, 2010.
- FRANCISCO, ANA G. Manejo de las defoliaciones en *Albizia lebeck* para la producción de biomasa forrajera. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2002.
- FUNES, F. *Leucaena*. Una nueva posibilidad para la alimentación ganadera en Cuba. *Rev. Agrop. Pop.* 1 (3): 19-22, 1980.
- GARCÍA, A. *El daño térmico en el ensilaje de alfalfa*. Extension Extra Ex Ex 4032S. USA: College of Agriculture and Biological Sciences, South Dakota State University, USDA, 2006.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. *Alimentación de vacas lecheras basadas en la alimentación de pastos y forrajes y sus formas conservadas*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1977.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. III. Validación de los sistemas energéticos y proteicos. *Pastos y Forrajes*. 7 (3):421-437, 1984.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & ESPERANCE, M. Comparación de tres sistemas básicos para la producción de leche en condiciones de secano. *Trabajos temáticos del V Seminario Científico*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 88-89, 1982.
- GOUET, PH. Les bacteries des ensilages. In: *La conservation des ensilages*. París: Journee CAAA. p. 18-38, 1979.
- GOUET, P.; GIRARDEAU, J.-P.; RIOU Y. La flore microbienne des ensilages - II. Intérêt de l'inoculation de bactéries lactiques dans les ensilages de fourrages verts, influence du nombre, du conditionnement et de l'addition de glucides. *Bull Tech. CRZV INRA Theix*. 37:25-30, 1979.
- GRENET, E. & DEMARQUILLY, C. Interest and action of additives (formic acid-formaldehyde). *Colloque Franco-Suedois: Feeding and Management of Ruminants*. Theix, France: INRA. p. 45-57, 1976.
- GUTIÉRREZ, A.; ESPERANCE, M. & HERNÁNDEZ, R. Efecto de tipo de máquina de corte sobre la velocidad de desecación y pérdida de nutrientes de las especies bermuda cruzada-1, P. Común, PA-32. *Pastos y Forrajes*. 2 (2):311-321, 1979.
- HARDY, CLARA; DOMÍNGUEZ, G.; AYALA, R. & BOADO, J. *Informe final del tema 27. Métodos y técnicas de conservación de pastos y forrajes*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1979b.
- HARDY, CLARA; GUTIÉRREZ, A. & DOMÍNGUEZ, C. Conservación de pastos y forrajes. En: *Los pastos en Cuba*. p. 439-451, 1979a.
- JARRIGE, R.; DEMARQUILLY, C. & DULPHY, J. P. Forage conservation nutritional limits to animal production from pasture. *Proceedings of an International Symposium*. Queensland, Australia: CSIRO. p. 363, 1981.
- LENG, R. A. *Trees. Their role in animal nutrition in developing countries in humid tropics*. Armidale, Australia: Department of Animal Sciences, University of New England, 1996.
- LINDGREN, S. & CLEUSTON, G. Antibacterial activity of lactic acid bacteria. 2. Activity in vegetable silages, Indonesian fermented foods and starter cultures. *Swedish. J. Agric. Res.* 8:67-73, 1978.

- LINO, A. Ensilaje en bolsas. Alternativa para pequeños ganaderos. San Cayetano, México: Colegio de Postgraduados. <http://padrecitozesati.file.wordpress.com/2015/02/ensilaje-en-bolsa.pdf>, 2014.
- LUIS, LISSETTE & RAMÍREZ, MARISOL. Cinética de los principales grupos de microorganismos en un ensilaje de buffel formidable. *Pastos y Forrajes*. 9 (1):71-78, 1986.
- LUIS, LISSETTE & RAMÍREZ, MARISOL. Estudio de los principales grupos de microorganismos presentes en los ensilajes de pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlemfuensis*) y su relación con los parámetros bioquímicos. *Pastos y Forrajes*. 8 (1):141-155, 1985.
- MACHADO, R. Efecto del pastoreo en el comportamiento de diez pastos tropicales. Evaluación inicial con irrigación. *Pastos y Forrajes*. 8 (3):349-364.
- MALDONADO, M.; GRANDE, D.; ARANDA, E. & PÉREZ-GIL, F. Evaluación de árboles forrajeros tropicales para la alimentación de rumiantes en Tabasco, México. *Memorias del IV Taller Internacional Silvopastoril "Los Árboles y arbustos en la ganadería tropical"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 90-92, 2000.
- MARTÍN, G. J. *Evaluación de los factores agronómicos y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de Morus alba Linn.* Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2004.
- MCDONALD, P. Silage fermentation. *Occasional Symposium No. 11*. p. 114, 1980.
- MCDOWELL, R. E. *Improvement of livestock production in warm climates*. San Francisco, USA: Freeman, 1972.
- MICHELENA, J. B. *Aplicación de diferentes aditivos químicos y presecado en la fabricación de ensilaje de king grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides)*. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. San José de las Lajas, Cuba: ISCAH, 1987.
- MICHELENA, J. B.; VEITÍA, J. L.; ELÍAS, A. & YANES, J. A. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de proteína a toros alimentados con ensilaje. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 13:133-144, 1979.
- MINSON, D. J. & McLEOD, M. N. The digestibility of temperate and tropical grasses. *Proceedings of the XI International Grassland Congress*. Australia. p. 719, 1979.
- MONTEJO, I. L.; CLAVERO, T. & OJEDA, F. Evaluación del potencial nutritivo de *Albizia lebbek* deshidratada. *Pastos y Forrajes*. 25 (4):305-309, 2002.
- MORRINSON, I. M. Change in the cell wall components of laboratory silage and the effect of various additives on these changes. *J. Agric. Sci. Camb.* 93:581-586, 1979.
- NORTON, B. W. The nutritive value of tree legumes. In: R. C. Gutteridge and H. M. Shelton, eds. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, UK: CAB International, p. 177-191, 1994.
- OJEDA, F. *Estudio de los aditivos químicos para la conservación como ensilaje de cuatro gramíneas tropicales*. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agropecuarias. San José de las Lajas, Cuba: ICA, ISCAH, 1986.
- OJEDA, F. & CÁCERES, O. Efecto del troceado y la adición de 4% de miel sobre el consumo y la digestibilidad del ensilaje de pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). *Pastos y Forrajes*. 5 (1):87-94, 1982.
- OJEDA, F. & CÁCERES, O. Troceado, adición del 4% de miel y el predesechado sobre el consumo y digestibilidad de la hierba guinea cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 4 (3):373-382, 1981.
- OJEDA, F.; CÁCERES, O.; LUIS, LISSETTE; ESPERANCE, M. & SANTANA, H. Ensilajes de pastos tropicales. *Simposium de nutrición de rumiantes en medio tropical húmedo*. Islas Guadalupe, 1989.
- OJEDA, F. & DÍAZ, D. Ensilaje de gramíneas y leguminosas para la producción de leche. I. *Panicum maximum* cv. Likoni y *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Pastos y Forrajes*. 14 (2):175-184, 1991.
- OJEDA, F.; ESPERANCE, M. & DÍAZ, D. Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. I. Utilización del dolichos (*Lablab purpureus* (L.) Sweet). *Pastos y Forrajes*. 13 (2):189-196, 1990.
- OJEDA, F.; FERNÁNDEZ, R. & CAÑIZARES, F. Edad de rebrote y nivel de miel sobre los patrones fermentativos de la hierba guinea cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 3 (3):481-502, 1980.
- OJEDA, F.; MARTÍ, J.; MARTÍNEZ, NEREYDA & LAJONCHERE, G. Harina de morera: un concentrado tropical. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 203-207, 1998.
- OJEDA, F.; MONTEJO, I. L. & LÓPEZ, O. Estudio de la calidad fermentativa de la morera y la hierba de guinea ensiladas en diferentes proporciones. *Pastos y Forrajes*. 29 (2):195-202, 2006.
- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. Efecto de los aditivos químicos en la calidad de los ensilajes de hierba guinea cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 6 (2):263-276, 1983b.
- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. Efecto de los aditivos químicos sobre la calidad de los ensilajes de pangola. *Pastos y Forrajes*. 5 (3):359-378, 1982.
- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. Efecto de los aditivos químicos sobre la conservación del king grass. *Pastos y Forrajes*. 6 (1):117-133, 1983a.

- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. Efecto de los aditivos químicos sobre los parámetros fermentativos de la bermuda cruzada-1. *Pastos y Forrajes*. 6 (3):391-404, 1983c.
- PÉREZ-INFANTE, F. Pastos tropicales. *ACPA*. 1:21-24, 1983.
- QUEIROZ, O. C. M. Calidad del silaje y respuesta animal. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/calidad-silaje-respuesta-animal-t32722.htm>. [28/02/2017], 2015.
- RODRÍGUEZ, H.; CISNEROS, M. & RODRÍGUEZ, J. A. Producción de ensilaje seco en nuestras empresas ganaderas. *ACPA*. 4:45-48, 1985.
- ROSELLÓ, B.; HIDALGO, J. & BELMONTE, F. *Nuevas posibilidades para producción forrajera del regadío: henuficación natural del Coastcross-1 Bermudagrass*. Comunicaciones. Serie producción vegetal No. 66. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 1985.
- RUXTON, I. B.; CLARK, B. J. & McDONALD, P. A review of the effects of oxygen on ensilage. *J. Br. Grassld. Soc.* 30:23-30, 1975.
- SILVEIRA, A. C.; LAVEZZO, W.; SILVEIRA, S.; PEZZATO, A. C. & TOSI, H. Consumo de silagens de campin-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum) submetidas a diferentes tratamientos. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 9:125-131, 1980.
- SILVEIRA, A. C.; LAVEZZO, V.; TOSI, N. & GUTIÉRREZ, L. E. Composicao de cultivares de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) como plantas para ensilagen. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 8:348-364, 1979.
- SILVEIRA, E. A. & FRANCO, R. Conservación de forrajes: segunda parte. *REDVET*. VII (11). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106/110606.pdf>. [28/02/2017], 2006.
- SOCA, MILDREY & SIMÓN, L. *Albizia lebbek* (L.) Benth. (algarrobo de olor). *Pastos y Forrajes*. 21 (2):101-113, 1998.
- SOCA, MILDREY; SIMÓN, L.; CÁCERES, O. & FRANCISCO, ANA G. Valor nutritivo del heno de leguminosas arbóreas. I. *Albizia lebbek* (algarrobo de olor). *Pastos y Forrajes*. 22 (4):353-358, 1999.
- SULLIVAN, J. T. *Chemistry and biochemistry of herbage*. (Ed. E. W. Butler and R. W. Bailey). New York: Academic Press, 1973.
- THAINE, R. Relación entre la fisiología vegetal y el proceso de conservación. En: *Conservación de forrajes*. Zaragoza, España: Acribia. p. 62-76, 1972.
- TOSSELL, W. E. Forraje conservado comparado con el pastoreo como principio para obtener el máximo rendimiento en los sistemas de producción intensiva del ganado. *Rev. cubana Cienc. agric.* 3:195-218, 1969.
- VALLEJO, M. A. *Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales*. Tesis presentada en opción al grado de Máster en Ciencia. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1995.
- VAN SOEST, P. J.; MERTENS, D. R. & DEINUM, B. Preharvest influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47:712-720, 1978.
- VEITÍA, J. I. & MÁRQUEZ, J. R. Digestibilidad de pasto pangola (*Digitaria decumbens*) verde y del heno de la hierba rhodes (*Chloris gayana*) a tres intervalos de corte. *Rev. cubana Cienc. agric.* 7:23-28, 1973.
- WHITTEMBURY, R.; McDONALD, P. & BRYAN JONES, D. G. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. *J. Sci. Food Agric.* 18:442-447, 1967.
- WILKINS, J. R. *Conservación de forrajes*. Zaragoza, España: Acribia, 1972.
- WILKINSON, J. M. Silage made from tropical and temperate crops. *World Animal Review*. 45:36-42, 1983.
- WILSON, J. R. & FORD, C. W. Temperature influence on the *in vitro* digestibility and soluble carbohydrates accumulation of tropical and temperate grasses. *Aust. J. Agric. Res.* 24:187-198, 1973.

CAPÍTULO 13. Valor nutritivo de los principales recursos forrajeros en el trópico

Orestes Cáceres-García, Félix Ojeda-García, Eliel González-García, Javier Arece-García, Leonel Simón-Guelmes, Luis Lamela-López, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez, Jesús Manuel Iglesias-Gómez, Marcos Esperance-Matamoros, Iván Lenin Montejó-Sierra y Midrey Soca-Pérez
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

Los pastos y forrajes constituyen el alimento natural de los rumiantes y representan la fuente alimentaria de mayor abundancia y menor costo, además de que no compiten con la alimentación humana y de los animales monogástricos (aves y cerdos).

Los concentrados, en especial los de alto contenido en proteína y energía, son cada vez más escasos y costosos, por lo que su uso en los rumiantes en el trópico es prácticamente prohibitivo, y deben ser destinados a los animales monogástricos (cerdos y aves) que los utilizan más eficientemente.

Los rumiantes, por sus características anatómo-fisiológicas, están especialmente dotados para hacer un uso eficiente de los pastos y forrajes, por lo que se debe tratar que estos los ingieran en la mayor cantidad y calidad posible.

Los pastos y forrajes tropicales tienen, en general, menor valor nutritivo que los templados; sin embargo, presentan la ventaja de su alta productividad, prácticamente, durante todo el año,

Las posibilidades de una alta utilización de los forrajes por los rumiantes y las elevadas producciones que se alcanzan en los recursos forrajeros tropicales, son ventajas que deben ser aprovechadas en el trópico para desarrollar una ganadería eficiente y sostenible.

La elección de los recursos forrajeros más adecuados para cada especie, categoría y propósito productivo, así como el racionamiento y la alimentación científicamente fundamentada de los animales, requieren el conocimiento lo más exacto posible del valor alimenticio de los forrajes de los que se dispone. En el análisis del agroecosistema no se debe desestimar ninguno de sus componentes en el manejo y la alimentación del ganado. Es sumamente importante conocer el valor alimenticio de los diferentes forrajes verdes o conservados que pueden formar parte de la ración y que permitan manifestar el potencial máximo de producción de los rumiantes, es una contribución a la soberanía alimentaria. Cuando se utilizan asociaciones de leguminosas arbóreas y gramíneas, el valor nutritivo de esta última mejora significativamente sin el uso de fertilizantes (López *et al.*, 2015; Milera *et al.*, 2017).

Los avances logrados en el campo de la nutrición de los rumiantes hacen necesario un conocimiento cada vez más preciso del valor alimenticio de los forrajes, los cuales constituyen en el trópico la mayor parte y la más económica para la alimentación de los animales, además de su importancia para la adaptación al cambio climático. Los árboles representan una importante opción para la alimentación y tienen una contribución significativa en la dieta, así como en mejorar la fertilidad de los suelos, servir de nicho a la fauna silvestre y la captura de carbono, entre otros.

Igualmente es necesario conocer, lo más exactamente posible, el valor alimenticio de los forrajes con que se cuenta para la realización de los balances alimentarios instantáneos y los plazos más prolongados que permitan prever el déficit alimentario y solucionarlo en el momento requerido.

El mejoramiento genético de los animales en el trópico hace que estos sean más productivos, pero al mismo tiempo eleven sus requerimientos nutricionales; mientras que los concentrados son cada vez más escasos y costosos. Por ello, es necesario lograr la máxima utilización del forraje y el incremento de su calidad; en este sentido, es una necesidad la búsqueda de nuevas especies forrajeras de mayor productividad y adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

El valor alimenticio de un forraje depende de su valor nutritivo y de su aceptabilidad, por lo que es necesario, además de medir su composición bromatológica y digestibilidad, conocer la cantidad ingerida por los animales, para lo cual se debe utilizar el método *in vivo*, que es más preciso y próximo a la realidad; el más práctico y de menor costo es el que se realiza con ovinos alojados en jaulas de metabolismo. Ello no descarta, en modo alguno, el empleo de métodos *in vitro* para estimar el valor alimenticio de los forrajes, como por ejemplo la producción de gas *in vitro*, constituye una herramienta útil para determinar la degradabilidad de las principales macromoléculas nutricionales (Posada y Noguera, 2005; Danielsson *et al.*, 2017).

Una de las prácticas para el incrementar el valor nutritivo fue la fertilización química de los forrajes, en muchos casos con altas dosis. Las mismas tuvieron repercusión en los suelos por lo que los métodos intensivos de la agricultura industrial han cambiado. La reconversión de la agricultura convencional hacia los sistemas sostenibles, debe lograr sinergia con la resiliencia ante el cambio climático, es una necesidad. Se trata de producir alimentos de alta calidad e inocuidad que contribuyan no solo con el medioambiente, sino con la alimentación animal y con la del ser humano.

En las investigaciones sobre el valor alimenticio de los recursos forrajeros tropicales, realizadas en más de 800 muestras durante 20 años en la EEPFIH, se han tenido en cuenta los sistemas de expresión del valor nutritivo y los requerimientos de los animales desarrollados por investigadores del Institut National de la Recherche Agronomique (Francia) y nuestras propias experiencias.

Por tanto, el objetivo del capítulo es conocer los factores que afectan la calidad de los forrajes y su interacción con los animales, así como tener en cuenta los avances científicos alcanzados en los sistemas de expresión del valor nutritivo de los alimentos y de los requerimientos nutritivos de los animales.

Principales factores que afectan el valor alimenticio de los forrajes tropicales

Principios básicos

Es bien conocido que los forrajes tropicales tienen un valor alimenticio más bajo que los de las zonas templadas y se clasifican dentro de la categoría de alimentos groseros con fuerte proporción de constituyentes de la pared celular y bajo contenido en elementos nitrogenados. Estos dos componentes son los principales factores que limitan su consumo y digestibilidad.

Las necesidades nutritivas de los animales se satisfacen a partir de los grandes grupos de alimentos: a uno de ellos pertenecen los llamados alimentos concentrados, ricos en energía y/o nitrógeno, y al otro los alimentos groseros, entre los cuales se encuentran los pastos, los forrajes y los residuos de cosecha (Legel, 1981). En la mayoría de los casos, se intenta que los rumiantes ingieran la mayor cantidad posible de forraje, con el fin de que la cantidad necesaria de concentrados para alcanzar el nivel de producción deseado sea mínima (INRA, 1981).

El valor alimenticio y los rendimientos que se pueden esperar de los forrajes se determinan, en primer lugar, por su composición química, así como por la digestibilidad de las sustancias nutritivas (Legel, 1981), a lo cual se debe añadir la ingestión que pueden realizar los animales cuando se le ofrece a voluntad (INRA, 1981).

La digestibilidad de la materia orgánica determina el valor energético de los forrajes. Se pueden distinguir dos grupos de constituyentes en las plantas: a) los constituyentes del contenido celular, que están formados esencialmente por los azúcares, los ácidos orgánicos, las sustancias nitrogenadas y los lípidos, cuya digestibilidad real en el rumiante es total (glúcidos) o casi total (proteínas-lípidos); b) los constituyentes de la pared celular, los cuales comprenden, por una parte, los polisacáridos, las celulosas, las hemicelulosas y las sustancias pépticas que tienen una digestibilidad muy variable (40-90 %), y por otra parte la lignina, que puede ser considerada como totalmente indigestible.

El coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica depende, esencialmente, de la proporción y la digestibilidad de la pared celular; disminuye con la proporción de membranas, así como con su grado de lignificación y disposición de los diferentes componentes indigestibles.

Se puede considerar que los tejidos celulósicos (parénquimas) son, en general, totalmente digeridos, y que los tejidos lignificados (esclerénquimas-tejidos conductores) son casi completamente indigestibles. Por ello, las hojas y los tallos jóvenes son más digeribles que los tallos más viejos de las plantas.

Alrededor de la tercera parte de la materia orgánica es digerida en el rumen por la población microbiana, y la parte no digerida debe ser reducida a partículas muy pequeñas para que puedan pasar hacia la parte posterior del tracto digestivo.

El consumo de forraje depende del efecto de repleción que ejerce en el rumen, la cantidad no digestible que contiene el forraje, la velocidad a la cual es degradado por la población microbiana y la reducción de la parte no digestible a partículas finas.

La masa de membrana tiene un papel fundamental, puesto que es la que contiene las fracciones no digestibles (tejidos lignificados) y se degrada más lentamente.

El contenido celular es degradado rápidamente y determina, en gran medida, la actividad de la población microbiana, por los elementos nutritivos y los factores de crecimiento que les aporta y por las condiciones físico-químicas que se crean en el rumen.

En resumen, todas las características del forraje que determinan su digestibilidad actúan también, en el mismo sentido, sobre el consumo, lo cual explica la relación positiva relativamente estrecha entre la digestibilidad y el consumo, al menos para un forraje dado.

Se puede afirmar que la composición química expresa la estructura histológica y la composición morfológica de las plantas, las cuales dependen de varios factores internos y externos, entre los cuales se han señalado, como fundamentales: la especie y la variedad, el estado de crecimiento y desarrollo, la edad, la fertilización o fertilidad del suelo, el uso de riego o no, el nivel de oferta, la época del año, las condiciones climáticas, los sistemas de explotación, la especie animal, la suplementación con otros alimentos, y otros de menor importancia. Estos factores deben tenerse en cuenta en la determinación del valor nutritivo y alimenticio y en el destino de los recursos forrajeros, con la finalidad de obtener la mayor eficiencia posible en la explotación de los forrajes y en la alimentación y productividad de los animales.

Especies y variedades

En los trabajos acerca del valor nutritivo en las zonas templadas se han encontrado variaciones entre las familias, las especies, los géneros, las variedades e inclusive entre los genotipos dentro de una población pura. Las plantas tetraploides tienen mayor valor nutritivo que las diploides, y los descendientes de los cruzamientos realizados entre genotipos con alta digestibilidad han aumentado su valor nutritivo y han mostrado un valor medio más alto que el de la población de los progenitores.

En los forrajes tropicales se repite el mismo fenómeno, pues en los trabajos genéticos se han podido obtener nuevas variedades de un valor nutritivo más alto; mientras que en los estudios de comparación de especies y variedades se ha encontrado que las variaciones del valor nutritivo debido a estos factores son de suma importancia, pues en general son mayores que las originadas por otras causas.

Edad de rebrote o estado fisiológico

A medida que las plantas crecen, aumenta la necesidad de tejidos de sostén y de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa, lignina), disminuye el contenido de sustancias nitrogenadas y otras sustancias orgánicas, y, por consiguiente, su valor nutritivo.

La digestibilidad de la materia orgánica puede alcanzar 80 % en forrajes tiernos y descender hasta 50 % o menos en los forrajes de mayor edad.

Durante el período anterior a la floración, la digestibilidad se mantiene constante y después decrece bruscamente. Es importante destacar que al disminuir la digestibilidad también disminuye el consumo, puesto que aumenta el volumen con la proporción de fibra bruta.

La hierba joven posee un contenido proteico referido a la materia seca cercano al 20 %, que es notablemente más elevado que en la planta madura, en la que ese nutriente se reduce hasta el 5 % o menos.

Ello depende del mayor desarrollo de la parte foliar y de la intensa actividad metabólica y de síntesis de la planta joven.

La hierba joven o poco madura contiene poca fibra, representada por la celulosa casi pura, al contrario de la planta madura.

Con el progresivo aumento del tenor de celulosa ocurre el proceso de lignificación, que determina una importante disminución de la digestibilidad de todas las sustancias nutritivas.

En resumen, el valor nutritivo es máximo en los forrajes jóvenes y se mantiene elevado hasta el principio de la floración, para decrecer más o menos rápidamente, en dependencia de la especie o variedad, las condiciones climáticas, la fertilización, etc., que pueden ejercer una influencia importante al acelerar o retardar el estado fisiológico de la planta.

Época del año

En general se ha encontrado que el valor nutritivo, y en particular el consumo, es más bajo en la época de lluvia que en la de seca, aunque esta influencia es muy variable en dependencia de las variaciones climáticas, la especie forrajera y animal, entre otros factores, como la utilización de riego y fertilización.

En la época de lluvia las plantas maduran más rápidamente, se produce una mayor proporción de tallos que de hojas, existe una mayor dilución de los nutrientes y un efecto adverso sobre el fisiologismo del animal, lo cual hace que el valor nutritivo sea menor en una planta determinada de la misma edad, y ocurre lo contrario en la época de seca, en especial cuando se utiliza el riego y la fertilización.

Fertilización

La fertilidad del suelo es un factor importante en el valor nutritivo de los forrajes, ya que el suelo suministra a la planta los nutrimentos necesarios.

La adición de fertilizantes puede satisfacer los requerimientos nutricionales de la planta y mejorar su composición nutritiva.

La aplicación de nitrógeno merece especial atención, pues produce un incremento en las sustancias nutritivas nitrogenadas y trae consigo grandes beneficios en el consumo; al respecto se ha demostrado que puede elevarse hasta seis veces en relación con otro pasto o forraje no fertilizado; sin embargo, un exceso de nitrógeno puede incrementar el contenido de agua de la planta y cambiar su estructura morfológica y fisiológica, lo que reduce su valor nutritivo.

En general, la fertilización nitrogenada tiene un mayor efecto en las sustancias nitrogenadas y en su digestibilidad, y su influencia es menor o casi nula en el contenido energético.

Oferta de forraje

Se acepta generalmente que, en los forrajes templados, un exceso de 10-15 % es suficiente para permitir un nivel de selección tal que se obtengan resultados aceptables en el consumo; sin embargo, en nuestras condiciones esto es muy variable, en dependencia de la especie o variedad forrajera. Se ha encontrado, en algunos casos, que al incrementarse hasta 40-50 % el rechazo, se obtienen los más altos valores nutritivos.

Se ha evidenciado que el consumo se incrementa hasta niveles de alrededor de 100 g MS/kg P^{0.75} de oferta en ovinos; mientras que en algunos casos la digestibilidad continúa elevándose a niveles de oferta más altos, especialmente en las leguminosas.

El efecto beneficioso se alcanza cuando ocurre un mayor consumo de hojas, inflorescencias y partes más digeribles de los tallos, debido a que, al incrementarse el nivel de oferta, existen más posibilidades de selección por parte de los animales.

Dadas las variaciones tan disímiles que pueden ocurrir con el nivel de oferta en el valor nutritivo a causa de un gran número de factores, no es posible dar una receta en este sentido, por lo que el nivel de oferta debe ajustarse para cada condición específica.

Se concluye que existe un grupo de factores que inciden en el valor nutritivo de los forrajes, los cuales deben tenerse en cuenta con el fin de hacer un uso eficiente en la alimentación de los rumiantes.

Metodología experimental y procesamiento de los resultados

La metodología se basa en los resultados obtenidos por Cáceres y González (2000). En la determinación del valor nutritivo se empleó la metodología de investigadores franceses (INRA, 1981; Andrieu y Demarquilly, 1987; Demarquilly *et al.*, 1989), adaptada a las condiciones tropicales (García-Trujillo, 1983; García-Trujillo y Cáceres, 1984a; Xandé *et al.*, 1985; García-Trujillo y Pedroso, 1989; Xandé *et al.*, 1989). Se elaboró un programa para el procesamiento automatizado de los resultados (González *et al.*, 1995), y se adaptó una metodología para las condiciones de Cuba (Cáceres y González, 2000).

Metodología experimental

El valor alimenticio de un forraje depende de su contenido de nutrimentos, su digestibilidad y de la cantidad voluntariamente ingerida por el animal.

El contenido de nutrientes (materia seca, proteína bruta, N x 6,25, fibra bruta, materia orgánica y ceniza), es determinado por los métodos tradicionales, conocidos en su conjunto como análisis bromatológicos. La digestibilidad de los diferentes nutrimentos es determinada a partir de lo ingerido y lo excretado en las heces por el animal, y puede ser calculada como sigue:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Ingerido} - \text{excretado}}{\text{Ingerido}} \times 100$$

La cantidad de forraje ingerido de forma voluntaria por el animal se determina sobre la base del alimento ofrecido y el residuo, para lo cual hay que pesar con la mayor exactitud posible el forraje que se pone a disposición de los animales diariamente y el residuo que queda de este, y se calcula de la forma siguiente:

$$\text{Forraje ingerido} = \text{forraje ofrecido} - \text{forraje rechazado}$$

Debido a que en la práctica los animales generalmente tienen la posibilidad de seleccionar el alimento, para que el consumo sea voluntario es necesario ofrecer entre 10 y 20 % por encima de lo que puede ser consumido diariamente, de forma tal que siempre exista un residuo y que no se limite la ingestión.

El porcentaje de este residuo está en dependencia del tipo de forraje; el más bajo (10 %) corresponde a los que tienen mayor proporción de hojas; y el más alto (20 %), a los que poseen más tallos, por lo que debe ajustarse diariamente la cantidad de forraje ofrecido a los animales.

Debe evitarse que las variaciones de los residuos sean muy diferentes, pues es conocido que a medida que se incrementa la oferta y, por consiguiente, el residuo, el animal podrá seleccionar las partes más nutritivas, por lo que además de alejarse de la realidad práctica no permitirá hacer comparaciones entre diferentes muestras de forrajes.

Está comprobado que una vez alcanzado su desarrollo como rumiantes, las diferentes especies hacen una digestión similar de los forrajes, por lo que son transferibles los valores de digestibilidad hallados en ovinos, ya que estos son de más fácil manejo y necesitan menos alimentos; por consiguiente, se hacen más económicas las determinaciones del valor alimenticio.

Sin embargo, no ocurre lo mismo con el consumo, el cual difiere considerablemente entre especies e incluso entre categorías o propósitos de producción, por lo que es necesario medirlo para cada especie en particular. Esta dificultad puede ser resuelta con la medición de un número de forrajes y la determinación de las ecuaciones que permitan transferir los resultados entre especies y categorías de animales para el racionamiento específico.

No obstante, lo antes planteado, en la mayoría de los casos se utilizan ovinos machos castrados alojados en jaulas de metabolismo para la determinación del valor nutritivo, ya que son más dóciles, requieren un menor volumen de alimento y, por consiguiente, hacen menos costosas las evaluaciones. Debe tenerse el cuidado de seleccionar animales sanos, que tengan entre 1,5 y 3 años de edad, y que estén correctamente identificados, de forma tal que pueda conocerse si presentan diferencias con el resto del grupo en su normal fisiologismo digestivo y ser eliminados como animales experimentales.

Para la evaluación de cada forraje deben utilizarse seis ovinos con peso vivo y edades similares. El consumo se mide en el total de los animales, y si es posible se realiza la colecta de heces en todo el grupo; aunque también es válido utilizar solamente cuatro de los seis animales, que es el mínimo requerido, para la determinación de la digestibilidad, en los cuales se recogerán y pesarán las heces fecales, mientras que sí es necesario emplear los seis para medir el consumo.

Las hembras también pueden ser utilizadas, con la única dificultad que conlleva la separación de las heces fecales y los orines, ya que las heces no pueden estar contaminadas para su pesaje y análisis de laboratorio.

Cada período de evaluación de un forraje determinado debe constar de uno preliminar de adaptación de 10-12 días, que es el tiempo requerido para que se evacuen todas las heces de un alimento precedente, y a partir de este momento se iniciará el período de medición que debe ser de 5-7 días. Este período puede repetirse si existen dudas de que no fue suficiente la adaptación o si se quieren tener dos períodos para una mayor precisión en un forraje determinado con iguales características.

En el caso de las evaluaciones con forrajes de diferentes edades, por ejemplo, una sola parcela en crecimiento, se continuará de forma sucesiva con la adaptación preliminar y sin adaptación entre una y otra edad; se separará un período del otro solamente por uno o dos días (sábado y/o domingo) y cada período de medición tendrá una duración de 5 a 6 días.

En el caso de las especies arbóreas y de otros forrajes que no experimentan cambios tan bruscos como las gramíneas y otras plantas forrajeras estacionales, el período de adaptación debe ser más amplio, ya que por sus características químicas dicho período es más prolongado y puede enmascarar los resultados, sobre todo en el consumo.

El residuo se pesará individualmente en horas de la mañana y se tomará una muestra aleatoria para todo el grupo.

Las heces fecales se recolectarán y pesarán individualmente en su totalidad, en horas de la mañana.

En las muestras de alimento ofrecido y residuo se tomarán 300 g, respectivamente, y en las heces, 10 % del peso total para cada animal.

Posteriormente, las muestras de forraje, residuo y heces fecales se secan en estufas de ventilación forzada a 80 °C durante 48 horas, con el fin de determinar el contenido de materia seca.

Al final de cada período de medición se unen las muestras del forraje ofrecido, las del residuo y las de las heces fecales individualmente y se toma una muestra aleatoria que se envía al laboratorio para la determinación de su composición bromatológica.

Cada período experimental cuenta con 10-12 días de adaptación y 5-6 días de medición. En los casos de forrajes verdes con edades continuas, cada período de medición se realiza de forma continua con uno o dos días de separación, y en los forrajes conservados y subproductos frescos y conservados, generalmente, se realizan dos períodos continuos de medición.

Procesamiento de los resultados

Digestibilidad

La digestibilidad de la materia seca (DMS), de la materia orgánica (DMO), de la proteína bruta (DPB) y de la fibra bruta (DFB) se calculan por el método tradicional, donde:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Ingerido} - \text{excretado}}{\text{Ingerido}} \times 100$$

Energía

Los cálculos del valor energético se realizan según los procedimientos y ecuaciones establecidas por investigadores del INRA francés (INRA, 1978; Vermorel *et al.*, 1987; Vermorel, 1989) y las adaptaciones a nuestras condiciones (García-Trujillo y Cáceres, 1984a; García-Trujillo y Cáceres, 1984b; Xandé *et al.*, 1985; 1989), y se exponen a continuación.

Energía bruta (EB)

$$\text{EB (kcal/kg MO)} = 4543 + 2,0113 \text{ PB (g/kg MO)}$$

La energía bruta se determina sobre la base de la MO y para ello se expresa la PB sobre la base de la materia orgánica:

$$\text{PB (g/kg MO)} = \frac{\text{PB (g/kg MO)} \times 1000}{\text{MO (g/kg MS)}}$$

La EB se expresa sobre la base de la MS, y la operación es:

$$\text{EB (kcal/kg Ms)} = \text{EB (kcal/kg Ms)} \times \frac{\text{MO}}{100}$$

Energía digestible

$$\text{ED} = \text{EB} \times \text{DE}$$

Donde, DE (digestibilidad de la energía bruta) se obtiene a partir de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO):

$$\text{DE (\%)} = 1,0087 \text{ DMO (\%)} - 0,0372$$

Energía metabolizable

$$\text{EM} = \text{DE} \times \frac{\text{EM}}{\text{ED}}$$

La relación EM/ED es la siguiente:

$$\frac{\text{EM}}{\text{ED}} = 0,8286 - 8,70 \times 10^{-5} \text{ FB} - 1,70 \times 10^{-4} \text{ PB} + 0,243 \text{ NS}$$

Donde, FB y PB se expresan en g/kg MS, mientras que NA (nivel de alimentación) se obtiene al dividir el consumo de materia orgánica digestible (expresada en g/kg P^{0,75}) entre 23 para los ovinos y entre 55 para las vacas lecheras, que corresponde al requerimiento para el mantenimiento en ambas especies. El coeficiente 0,8286 es para ovinos y se sustituye por 0,8240 para vacas lecheras.

Energía neta

Esta tiene dos expresiones: la ENL (energía neta leche) y la ENE (energía neta engorde), y se calcula como sigue:

$$\text{ENL} = \text{EM} \times \text{KL}$$

Donde KL (coeficiente de eficiencia en la transformación de EM en ENL) se calcula de la forma siguiente:

$$\text{KL} = 0,43 + 0,24 \text{ q}$$

Dónde: q = EM/EB

$$\text{ENE} = \text{EM} \times \text{Kmf}$$

$$\text{Kmf} = \frac{0,3358q_2 + 0,6508 + 0,005}{0,4235q + 0,2830}$$

También pueden ser calculados a partir de las ecuaciones obtenidas en las condiciones cubanas:

$$\text{ED} = 1,094 \text{ DMO } (\%) - 4,167$$

$$\text{EM} = 0,037 \text{ DMO } (\%) - 0,148$$

$$\text{ENL} = 0,026 \text{ DMO } (\%) - 0,359$$

$$\text{ENE} = 0,032 \text{ DMO } (\%) - 0,793$$

Donde los valores de energía se expresan en Mcal/kg MS, y para transformarla en MJ se multiplica por 4,185.

Proteína digestible

Para el cálculo de este nutrimento se utiliza el procedimiento desarrollado por el INRA (1978); Verite *et al.* (1987) y Verite y Peyraud (1989), adaptado a las condiciones de Cuba (García-Trujillo y Cáceres, 1984c; 1984d; Xandé *et al.*, 1985; 1989).

Proteína bruta digestible

Se calcula a partir de la digestibilidad de la proteína bruta (DPB) y el contenido de proteína bruta (PB):

$$\text{PBD (g/kg MS)} = \text{PB (g/kg MS)} \times \frac{\text{DPB } (\%)}{100}$$

Los sistemas de expresión del valor proteico de los alimentos para los rumiantes se han basado, hasta hace pocos años, únicamente en el uso de la PB y/o la PBD, la cual es aún usada por los principales estándares de requerimientos. Sin embargo, en los últimos años se han propuesto nuevos sistemas de expresión del valor proteico (PDI).

La causa principal del surgimiento de estos sistemas, es la limitante que presentan la PB y la PBD, ya que no diferencian las proteínas de diferente calidad, ni tienen en cuenta el papel que desempeñan la síntesis de proteína microbiana y las posibilidades de usar eficientemente el NNP.

Es por ello que se incluye en las tablas, junto a PB y PBD, el valor de PDIE Y PDIN de los alimentos, así como el procesamiento para su cálculo.

Bases del sistema PDI

La PDI de cualquier alimento está integrada por la suma de dos fracciones: la proteína alimentaria digerida en el intestino (PDIA) y la proteína microbiana digerida en el intestino (PDIM).

En este sistema se tiene en cuenta que la síntesis microbiana está gobernada por dos factores principales, que son la energía y el nitrógeno fermentado en el rumen, por lo que en el sistema el PDIM se expresa en dos fracciones: PDIME (proteína microbiana digerida en el intestino que permite sintetizar la energía fermentable en el rumen) y PDIMN (que permite sintetizar el nitrógeno fermentable).

Teniendo en cuenta lo anterior, a cada alimento se le asignan los valores de PDI, el que permite la energía (PDIE) y el que permite el nitrógeno (PDIN), y que se expresan de la forma siguiente:

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

El valor PDIA es el mismo; el valor real de PDI es el menor de los dos (PDIE o PDIN) y corresponde al mayor el valor potencial de PDI del alimento, por lo que es necesario equilibrar ambas fracciones cuando se confecciona una ración.

El cálculo de las fracciones que integran el sistema PDI, es el siguiente:

$$PDIA \text{ (g/kg MS)} = PB (1 - S) 0,65 Dr$$

Donde:

S: Solubilidad de la proteína

Dr: Digestibilidad real de la proteína alimentaria.

0,65: Factor que representa el escape a la degradación de la proteína insoluble en el rumen.

La Dr se determina por la fórmula siguiente:

$$Dr = \frac{PAI - PANDI}{PAI}$$

Donde:

PAI: Proteína alimentaria que llega al intestino

PANDI: Proteína alimentaria no degradada; y se calculan por las fórmulas siguientes:

$$PAI = PB (1 - S) 0,65$$

$$PANDI = PBND - 0,025 MOD - 0,057 MOND$$

Todas las fracciones se expresan en g/kg de MS.

Donde:

PBND: PB no digestible

MOD: Materia orgánica digestible

MOND: MO no digestible

Para calcular PDIME y PDIMN se usan las fórmulas siguientes:

$$PDIME = 135 \times 0,80 \times 0,70 \times MOD \text{ (kg)} = 75,6 MOD \text{ (kg)}$$

$$PDIMN = PB \text{ (g/kg MS)} [S + 0,35 (1 - S)] \times 0,80 \times 0,70$$

Dado que la ecuación para determinar PANDI desarrollada anteriormente no predice adecuadamente para los forrajes tropicales, se han establecido nuestras propias ecuaciones para estas fracciones y para su cálculo más simple.

$$PBND = 0,501 + 0,045PB + 0,033MOD + 0,009MOND$$

$$PANDI = PBND - 0,033MOD - 0,009ND$$

Se expresa en g/kg de MS.

También pueden ser calculados PDIE, PDIN, PDIA y PBD a partir de las ecuaciones siguientes:

$$PDIE = 0,335PB + 37,99$$

$$PDIE = 1,718DMO (\%) - 39,6$$

$$PDIN = 0,590PB + 1,75$$

$$PDIA = 0,408PBD + 5,65$$

$$PBD = 0,853PB - 22,35$$

Los valores de proteína se expresan en g/kg de MS.

Consumo de materia seca

Una de las mayores dificultades de los sistemas actuales de racionamiento, es el cálculo del consumo de la materia seca (CMS) que pueden hacer los rumiantes de las raciones formuladas.

El sistema desarrollado por los franceses (INRA, 1978; Dulphy *et al.*, 1987; Dulphy *et al.*, 1989) y adaptado a nuestras condiciones (García-Trujillo, 1983; García-Trujillo y Cáceres, 1984a; García-Trujillo y Cáceres, 1985; Xandé *et al.*, 1985; García-Trujillo y Pedroso, 1989; Xandé *et al.*, 1989), permite estimar

el consumo de materia seca por los rumiantes, teniendo en cuenta las características de los animales, los alimentos y la interacción entre ellos, tratándolo como un nutriente más dentro de la ración.

En este sistema se establece un índice de consumo (IC) para cada forraje, y para cada animal una capacidad de ingestión (CI).

El índice de consumo (IC) corresponde a la ingestión de MS, expresada en g/kg P^{0,75}, de un ovino o bovino cuando consume un forraje estándar, previamente determinado y que posee las características de un buen forraje.

El índice de consumo del forraje estándar corresponde a 1, mientras que el del forraje evaluado se determina al dividir su consumo por el consumo del forraje estándar.

$$IC = \frac{\text{Consumo forraje x (gMS/kg P}^{0,75})}{\text{Consumo forraje estándar (gMS/kg P}^{0,75})}$$

En nuestras condiciones el forraje estándar es consumido en las cantidades siguientes:

71 g MS/kg P^{0,75}: Carnero

98 g MS/kg P^{0,75}: Bovino joven

146 g MS/kg P^{0,75}: Vaca lechera

Como los ovinos y los bovinos difieren en el consumo que realizan de un mismo forraje, se han creado dos IC, uno para los ovinos (ICO) y otro para los bovinos (ICB).

Cuando no se tiene el valor de consumo realizado por los bovinos, se puede estimar a partir de las ecuaciones siguientes:

$$Y = 37,13 + 1,53X: \text{ Vacas lecheras}$$

$$Y = 22,4 + 1,06X: \text{ Bovinos jóvenes}$$

Se expresan en g de MS/kg P^{0,75}, donde X es el consumo de MS realizado por los ovinos en g/kg P^{0,75}.

La capacidad de ingestión (CI) se define como el consumo que realiza un rumiante cualquiera del forraje estándar, y se puede calcular a partir de las fórmulas siguientes:

Ovinos:

$$CI = 71 \times \text{kg P}^{0,75} \times 10^{-3}$$

Vacas lecheras:

$$CI = 10,85 + 0,299PL \text{ (kg 4 \% grasa) para vacas de más de 18-19 kg leche/día}$$

$$CI = 2,91 + 0,0247 PV \text{ (kg) para las de baja producción}$$

Bovinos en desarrollo:

$$CI = 1,69 + 0,0188 PV \text{ (kg)}$$

La CI se expresa en kg MS.

El consumo de materia seca (CMS) de un forraje que debe realizar un animal, se determina al multiplicar la CI del animal específico por el IC del forraje específico.

$$CMS \text{ (kg)} = CI \times IC$$

Donde:

CI: Capacidad de ingestión calculada a partir de la ecuación

IC: Índice de consumo que aparece en las tablas

Tablas de valor nutritivo

Colectivo de autores

La alta demanda de las tablas de valor nutritivo y los requerimientos nutricionales de los bovinos por los estudiantes de Maestría en Pastos y Forrajes y por los especialistas en alimentación de las empresas ganaderas del país, motivó su recopilación y publicación en la revista *Pastos y Forrajes* (EEPF Indio Hatuey, 2000).

En su elaboración intervinieron todos los centros de investigación que trabajan en la temática de evaluación de los recursos forrajeros, que incluyen los pastos, los subproductos agroindustriales y los suplementos proteicos, energéticos y minerales; estos estudios fueron realizados por numerosos investigadores de elevado nivel científico.

Se tomó como base la información contenida en el folleto *Alimentos para rumiantes. Tablas de valor nutritivo*, de los autores R. García-Trujillo y Dulce M. Pedroso, publicado por EDICA en 1989 (García-Trujillo y Pedroso, 1989).

Tabla 1. Valor nutritivo de las especies

No.	Alimento	Época	N, kg	Frecuencia de pastoreo, días	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
Pastos cultivados													
1	Bermuda cruzada 1	Ll	0	-	25	88	325	3,8	1,5	2,01	53,6	67,5	0,93
2		Ll	100	21-28	24	107	321	3,8	2,7	2,01	64,8	74,2	0,94
3		Ll	150	15-24	23,8	138	299	3,8	2,7	2,11	83,1	80,6	0,99
4		S + riego	150	21-28	26	107	302	3,8	2,6	2,05	64,8	74,9	0,97
5		S + riego	200-240	21-28	25,3	141	279	3,8	2,6	2,16	84,9	88,8	0,97
6		S + riego	200-240	35-42	26,5	106	350	3,6	2	2,07	64,3	74,9	0,87
7		S	0	21	35	65	334	3,8	1,5	1,99	40,1	59,3	0,91
8	<i>Urochloa brizantha</i>	Ll	150	21	22,3	149	275	6,2	2	2,11	89,6	83,2	1,05
9	Guinea común	Ll	150	21-42	22	104	331	8,3	2,5	2,1	63,1	75,3	1,02
10		S + riego	60-120	28	27	112	341	8	2,3	2,1	67,8	74,7	0,92
11		S + riego	200	21-42	26,5	132	297	9,8	2,6	2,25	73,6	78,1	1,04
12		S	0	24-38	33	60	330	8	1,8	1,8	39	50	0,91
13	Guinea likoni	Ll	0	-	33	63	330	5,7	2,3	2	38,9	56	0,91
14		Ll	80	-	32	75	324	5,5	2,4	2,01	46	61,6	0,93
15		Ll	120-160	18	30,9	97	290	6	2,4	2,07	58,9	70,4	1,01
16		S + riego	200	24	30,5	136	268	8,5	2,5	2,12	81,9	79	1,07
17		S	0	28	34,3	51	308	6,3	2,1	1,9	31,8	54	0,91
18	Pangola común	Ll	150	9-18	19,1	131	304	5,3	2,8	2,3	79	81,1	0,97
19		Ll	150	24	21,9	124	293	4,2	2,5	2,25	74,9	78,2	0,99
20		Ll	150	30-44	25	95	342	3,1	2	2,2	57,8	73,7	0,96
21		S + riego	200	28-35	26	95	292	3,4	2,3	2,22	57,8	73,7	0,99
22		S + riego	200	42	27	74	320	3	2	2,12	45,4	64,6	0,93
23		S	0	25-28	35,3	67	293	4,8	1,9	1,7	41,2	54,2	0,68
24	Pasto estrella	Ll	80	21-24	35,7	83	360	4,1	2,5	1,95	51	65,3	0,86
25	Pasto estrella	Ll	100	21-24	32,5	97	341	4,1	3,2	1,99	58,9	70,2	0,9

No.	Alimento	Época	N, kg	Frecuencia de pastoreo, días	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
26		Ll	160	21-24	25	137	396	5,1	4,7	2	82,5	78,6	0,9
27		S + riego	240	21-24	29,8	138	375	5,9	2,8	2,16	83,1	82,3	0,9
28		S	0	21-24	43,7	66	350	5,3	1,8	1,87	40,7	57,1	0,88
Pastos naturales													
29	Faragua	Ll	0	-	29,7	92	289	4	2,5	2,01	56	65,7	0,96
30		S	0	-	35	35	324	5	1,8	1,55	22,4	38,1	0,82
31	Pitilla + Tejana	Ll	0	-	26	72	310	3,9	1,7	2,04	44,2	61	0,96
32		S	0	-	31,7	48	351	5,4	1,7	1,83	23,6	36,6	0,84
33	Tejana	Ll	0	Continuo	32,1	68	344	5,4	5,8	1,97	41,7	59,1	0,83
34		S	0	-	41,9	59	327	5,5	4,1	2	36,9	56,4	0,92
Forrajes permanentes													
35	Bermuda cruzada 1	Ll	0-30	28-35	25	80	320	3,9	2,4	2,25	62,2	77,2	0,91
36		Ll	0-30	50	31,4	69	328	5,4	2,4	2,11	43,5	62,3	0,9
37		Ll	50	28-35	23,1	99	321	3,9	2,4	2,23	64,7	78,9	0,94
38		Ll	50	55	27,4	75	331	4,5	2,1	2	45,6	60,5	0,89
39		S + riego	0-30	41-56	29,4	76	367	3,3	2,1	1,96	46,5	59,1	0,88
40		S + riego	50-60	41-56	26,1	102	313	4	1,8	2,02	63,2	70,8	0,89
41		S + riego	88	26-38	20,8	138	252	7,6	2,4	2,16	83,5	81,3	0,93
42		S	0	50-60	40,3	56	308	3,5	1,5	2	35	56	0,89
43		S	50	50-60	39,8	80	300	4	1,5	2	49,1	64,4	0,98
44	Bermuda cruzada 68	Ll	0	49	26	82	265	6	2,5	2,13	50,2	67,5	0,9
45	Bermuda cruzada 68	Ll	60	49-56	26	81	332	2,6	2,2	2,3	51,5	71	0,95
46		Ll	60	63-70	27,6	69	344	3,5	2,2	2	42	60	0,81
47		S + riego	60	49-56	28,7	83	286	9,4	3,2	2,14	50	65	0,99
48		S + riego	60	63-70	32,7	80	314	7,4	2,2	2,11	41	57,5	0,9
49	Caña de azúcar	S	60-90	365	26,2	26	279	5,5	1,4	2,19	13	51	0,62
50	Suplementada con PB	S	60-90	365	26,1	38	269	5,5	1,4	2,33	15,8	53,4	0,71

No.	Alimento	Época	N, kg	Frecuencia de pastoreo, días	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
51	Sup. con PB y forraje verde	S	60-90	365	26,1	38	269	5,5	1,4	2,33	15,8	53,4	0,7
52	Guinea likoni	L1	30	49-56	25,6	57	334	6,5	2,9	1,81	32,9	51,5	0,81
53		L1	60	35-42	21,2	74	343	7,2	3,8	2,07	58,2	71,5	0,9
54	Guinea común	L1	60	49-56	24,5	65	365	10,7	2,8	1,9	41	58,8	0,85
55		S + riego	30	63-70	26,1	58	334	11,9	2,4	2,03	40,8	61,9	1
56	Guinea común	S + riego	60	49-56	25	100	310	14	2,5	2	64	72	0,93
57		S + riego	60	63-70	26	99	287	16,8	2,4	1,98	63,3	72,2	0,85
58	Guinea común	L1	60	35-40	21,8	103	364	6,9	2,6	2,03	60,4	67,7	0,91
59		L1	60	45-60	23,6	71	328	10,4	2,3	1,96	38,4	55,2	0,83
60	King grass (1er. corte)	S + riego	60	45-65	25,4	94	300	13,3	2,3	2,2	57,1	70,7	0,97
61		L1	60	130	22	64	337	4,9	1,6	1,82	39,3	36,5	0,67
62	King grass (2do. corte)	L1	60	150	26	36	354	5,2	1,8	1,75	23,1	44,3	0,62
63		L1	60	49-56	16,5	69	335	5,7	2,5	2,31	35,3	62,6	0,82
64	King grass (otros cortes)	L1	60	63-70	18,2	56	352	5,6	2,4	2,11	35,3	58,1	0,74
65		L1	60	77-84	20	52	371	4,4	2,3	2,1	31,7	55,4	0,72
66	King grass (otros cortes)	L1	60	91-78	23,8	51	388	5	1,3	1,96	31,7	45	0,74
67		L1	90	55-65	16,9	85	318	6,8	2,5	2,02	51,9	64,9	0,75
68	King grass (otros cortes)	S + riego	60	49-56	17,9	80	299	5	2	2,14	55,5	72	0,86
69		S + riego	60	63-70	20,2	71	314	4,5	2,1	2,16	43,6	66,5	0,9
70	King grass (otros cortes)	S + riego	60	71-84	21	64	325	5,5	2	2,08	40,6	61,4	0,79

No.	Alimento	Época	N, kg	Frecuencia de pastoreo, días	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
71		S + riego	60	91-98	22,7	52	331	4,3	2,1	2,03	28,9	55,6	0,66
72		S + riego	90	49-56	14	98	300	7,3	2,2	2,09	62,4	75,1	0,81
73		S + riego	90	63-70	17	77	316	6,1	2,2	2,09	47,2	62,7	0,82
74		S + riego	120	49-56	10,2	116	302	9,6	2,5	2,05	69,3	78,3	0,77
75		S + riego	120	63-70	14,3	83	318	7,8	2,5	2,02	42,9	59	0,75
76		S	50	70	24	68	397	4,2	1,9	1,86	41,8	56,2	0,8
77		S	50	85	26	58	431	5,6	1,4	1,8	36,2	51,5	0,76
78		S	50	100	30	47	465	7	0,9	1,73	29,4	46,5	0,72
79	Pangola común	Ll	0	47	30,9	69	350	5,2	1,8	1,96	42,7	59,1	0,87
80		Ll	30	42	28,6	68	339	4,4	1,9	2,3	43,8	68,1	0,9
81		Ll	50-60	42-63	26,3	89	296	3,8	2	2,06	54,2	67,8	0,99
82		S + riego	50-60	42-63	30,7	100	306	4,5	2,2	2,16	60,7	73,4	0,97
83		S + riego	60	77	32,9	91	319	4,5	2	2,02	55,4	67,7	0,94
84		S	0	76	33,6	49	360	2,1	1,5	1,94	30,6	51,7	0,86
85	Pasto estrella jamaicano	Ll	45	32-35	24	105	325	3,8	2,1	2,01	63,7	73,4	0,9
86		Ll	60	49-56	27,5	91	334	4	2,6	2,1	51	56	0,91
87		Ll	60	63-70	30,7	52	349	4,5	2,4	1,9	28,5	50	0,89
88		Ll	90	60	24,1	97	298	5	2,4	2,06	58,8	84,9	0,9
89		S + riego	60	49-56	26,9	110	330	5,1	2,6	2,17	63	71	0,93
90		S + riego	60	63-70	28,8	76	340	5,1	2,3	2,04	47	57,5	0,9
91	Rhodes gigante	Ll	60	35-42	20,9	85	316	2,2	2,4	2,12	51,7	67,4	0,85
92		Ll	60	49-56	21,1	72	332	3,2	1,9	2,02	43,9	57,3	0,82
93		Ll	60	63-70	24,8	51	339	4,3	1,4	1,93	31,9	53,8	0,75
94		S + riego	60	49-56	27,5	89	315	4,8	1,7	2,12	54	67,7	0,75
95	Taiwán A-144	Ll	60	49-56	17,7	79	344	5,8	1,6	2,33	48,3	71,6	0,83
96	Taiwán A-144	Ll	60	63-70	19,1	73	359	6,4	1,4	2,28	50	66,6	0,8
97		Ll	60	77-84	20,8	65	370	6,5	1,3	2,17	40,1	60,9	0,75
98		S + riego	60	77-84	19,5	60	326	3,4	2,3	2,19	37,4	61,9	0,84

No.	Alimento	Época	N, kg	Frecuencia de pastoreo, días	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
99	Taiwán 65-A	L1	60	49-56	21,7	81	288	8,2	2,3	2,23	49,8	64,2	0,91
100		L1	60	63-70	23,3	81	298	8,9	2,3	2,06	49,8	64,5	0,86
101		L1	60	77-84	30	77	283	7,4	1,9	1,95	45,7	61,2	0,72
102		S + riego	60	77-84	23	61	299	4,5	2,1	2,31	37,8	62	0,92
103	Taiwán 801-4	L1	60	49-56	19,2	78	313	5,1	3	2,21	47,8	66,5	0,81
104		L1	60	63-70	20,3	70	340	6	2,6	2,02	43,1	58	0,72
105		L1	60	77-84	20,4	56	330	5,1	2,5	1,98	34,5	54,2	0,68
106		S + riego	60	77-84	21,3	68	323	3,8	3,1	2,11	41,7	60,6	0,79
Forrajes temporales													
107	Boniato (parte aérea) (L)	L1	-	-	10	200	126	17,9	2,4	2,3	130	90	1,96
108	Girasol	L1	60	49-56	15,8	28	262	27,2	2,1	1,85	77	70,8	0,73
109		L1	60	63-70	17,7	104	234	22,6	2,6	2,03	63	74,7	0,81
110		S + riego	60	77-84	16,1	121	194	26,1	3,2	2,3	71,5	75,5	1
111	Maíz	L1	60	63-70	19,3	110	316	9,2	2	2,52	66,6	84,7	0,98
112		L1	60	77-84	21,5	78	315	7,4	2	2,22	47,7	70,8	0,96
113		L1	60	91-98	29,3	78	325	15,4	1,4	2,37	47,6	71,6	0,76
114		S + riego	60	91-98	28	77	272	6,2	1	2,28	47	71	0,99
115	Sorgo bicolor	L1	60	49-56	16,2	106	307	6	2	2,41	64	76,5	0,84
116		L1	60	63-70	16,4	83	339	7,5	1,9	2,19	55,5	67,5	0,74
117		L1	90	63-70	16,3	107	207	8,5	1,7	2,03	61,1	72,5	0,64
118		S + riego	60	35-42	21,2	118	285	8	1,3	2,31	72	79	0,9
119	Sorgo bicolor	S + riego	60	49-56	22,5	108	299	8	2,8	2,38	64,5	75,5	0,84
120		S + riego	60	63-70	24,1	108	330	6	2,5	2,42	70	85	0,84
121	Sorgo grano var. 3, 4, 5 y 6 (1er. corte)	S + riego	60	80	20,8	99	274	5,4	2,3	2,15	58,4	74	0,94
122	Sorgo grano var. 3, 4, 5 y 6 (2do. corte)	S + riego	60	75	22,5	99	233	6,3	2,4	2,14	58,4	74	0,83

No.	Alimento	Época	N, kg	Frecuencia de pastoreo, días	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
123	Yuca (parte aérea)	L1	90	135	23,3	95	221	13,9	1,5	2,16	72,7 84,3	0,85	0,8
124	Yuca (hojas)	L1	-	42-56	15,3	230	240	10	5,5	2,19	91,4	56,7	1,23
125		S	-	42-56	17,4	270	175	12,9	6	2,19	112	63	1,96
Leguminosas forrajeras													
126	Dolichos lablab	L1	30	77-84	25,1	157	269	17	1,7	2,42	102	93,3	1,07
127		L1	30	91-98	28	149	261	16,3	2,8	2,27	89,7	87,3	0,76
128		S + riego	30	77-84	26,5	129	232	23,9	1,2	2,42	77,3	82,2	1,16
129		S + riego	30	91-98	23,8	159	257	17,2	1,7	2,39	95,3	90,3	1,09
130		S + riego	30	105-112	19,9	162	281	15	2,5	2,27	97	89,4	0,71
131	Glycine	L1, S	-	-	28,2	191	276	16,6	2,5	2,32	114	96,4	1,05
132	Gliricidia (hojas)	-	-	-	25,3	246	183	17	2,1	2,53	171	120	1,44
133	Leucaena cv. Cunningham	L1, S	-	28	31	205	182	23	2,5	2,25	110	78,4	0,92
134	Soya planta var. V-9	L1	30	63-70	16,3	219	318	15,8	2,4	2,09	131	91,1	0,72
135		L1	30	77-84	18,8	192	305	16	2,5	2,14	120	92,6	0,81
136		L1	30	91-98	19,5	174	297	10	3,2	2,28	99,4	88,9	0,82
137		S + riego	30	105-117	24,4	106	343	19,7	0,6	1,9	64,3	72,4	0,95
138	Soya planta var. V-7	L1	30	63-70	19	201	213	13,7	3,4	2,66	120	96	0,73
139	Soya planta var. V-7	L1	30	77-84	21,1	153	287	17,9	3,5	2,3	100	87	0,74
140		L1	30	91-98	21,7	211	213	10,6	2,6	2,11	126	91,4	0,69
141		S + riego	30	105-117	24,4	106	343	19,7	2,6	1,9	64,3	72,4	0,95
142	Soya planta var. P-70	S + riego	30	63-70	28	147	218	12,6	4,1	2,46	88,4	88,9	1,17
143	Soya planta var. P-112	S + riego	30	77-84	28,8	137	240	17,8	2	2,42	81,4	86,1	1,25
144	Terciopelo	L1	30	91-98	17,4	153	351	13,5	1,1	2,29	91,8	86,4	1,06
145		S + riego	30	91-98	26,9	188	293	14,7	1,7	2,49	112	100	1,01

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
Henos de gramíneas											
146	Bermuda cruzada 1	Bueno	85,9	89	324	4,4	2,5	1,8	54,3	64,6	0,93
147		Regular	86,4	65	358	4,4	2	1,7	42,1	55,4	0,89
148		Malo	82,1	45	370	4,5	1,7	1,4	28,3	41,2	0,81
149	Pangola común	Bueno	78,9	93	313	5,6	2,2	1,9	56,6	66,7	0,9
150		Regular	75,6	69	320	5,6	2,4	1,8	42,4	56,6	0,85
151		Malo	75	26	323	5,2	1,9	1,4	17	34	0,8
152	Pasto estrella	Excelente	87,2	123	318	5	4,2	2,03	74,3	74,6	0,84
153		Bueno	85	90	335	5	2	1,9	54,8	64,1	0,82
154		Regular	83,6	71	350	7,9	1,8	1,7	43,4	55,5	0,8
155		Malo	83,1	41	365	5,3	2,2	1,41	25,9	39,2	0,79
Ensilados											
156	Caña	Excelente	21,2	69	280	6,1	3	2,16	51,4	37,5	0,76
157		Bueno	24	67	308	4,6	2,9	2,12	50,2	36,2	0,65
158		Regular	26,8	65	335	3,1	2,8	2	49	35	0,52
159		Malo	28,3	39	398	5,2	1,1	1,65	38,5	20,9	0,45
160	Guinea likoni	Excelente	37	69	296	8	2,4	2,08	38,4	48,1	1
161		Bueno	35,9	62	287	7	2,2	2	35,1	43,4	0,92
162	Guinea likoni	Regular	23,6	56	371	4	1,9	1,93	28,9	42,3	0,78
163		Malo	23	53	379	3	1,7	1,56	28,9	37	0,58

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC	
164	King grass	Excelente	18,4	101	367	5	2	2,2	56,4	55,5	1	1
165		Bueno	19,6	82	372	4,6	1,9	2,12	46	52,7	0,94	0,92
166		Regular	20,5	63	380	4,3	1,7	2,06	35,6	49,9	0,82	0,76
167		Malo	20,5	54	390	4	1,5	1,95	30,5	48,6	0,77	0,69
168	Pangola (presecada)	Excelente	33,8	80	289	5,9	2,5	2,25	43,4	58,6	0,92	0,9
169	Pangola sin presecar	Bueno	23,8	87	349	5,8	1,9	2,03	44,1	46,1	0,9	0,87
170		Regular	24,7	70	337	5,9	1,6	1,95	39,6	45,8	0,83	0,77
171		Malo	25,9	62	380	7,1	1,3	1,85	36,1	43,3	0,67	0,56
172		Bueno	24,9	80	354	3,8	2,4	2,25	43,1	53	0,95	0,93
173	Pasto estrella	Regular	25,3	63	391	4	2	1,99	35,7	47,9	0,83	0,77
174		Malo	27,2	33	400	4	1,8	1,82	18,3	40,6	0,72	0,63
175	Sorgo forrajero	Excelente	19,1	78	352	6,3	2,3	2,18	51,8	46,1	0,94	0,92
176		Bueno	26,1	62	394	6,5	2,1	1,98	44,5	35,5	0,77	0,69
177		Regular	25,4	59	416	6,6	1,5	1,8	42,2	32,3	0,71	0,61
178		Malo	15	61	423	4,7	0,6	1,78	41,8	32,7	0,52	0,35
Residuos agroindustriales												
179	Arroz rebrote	Prefloración	20,8	82	325	4,2	2,6	1,79	49,8	58,5	0,93	0,91
180		Grano pastoso	23	102	282	5,9	2,6	2,1	65,9	73,2	1,03	1,04
181		Grano maduro	26,3	56	325	6,8	1,2	2,01	35	52,3	0,93	0,88
182	Arroz paja		74,6	54	349	9,1	3,5	1,6	25,3	40	0,89	0,85

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS		ICB, UC	ICO, UC
183	Arroz con cáscara		94,3	29	490	10,7	0,6	0,85	19	9,3	0,7	0,6
184	Arroz espiga y grano vacío		92,2Ω	57	398	11,6	1,2	1,87	35,6	49,5	0,8	0,73
185	Boniato residuo de cosecha		13,4	200	126	17,5	2,4	2,3	114	75	1,96	2,29
186	Caña bagazo		50,1	23	536	11,8	0,7	1,6	15,4	33,6	0,57	0,42
187	Caña bagacillo		51,8	21	537	14,1	0,7	1,6	13	32,7	0,57	0,42
188	Caña bagacillo-miel-urea	(70 % bagacillo - 30 % miel)	58	100	291	12	0,5	1,99	54,6	43,6	0,66	0,54
189		(50 % bagacillo - 50 % miel)	62	110	274	12	0,5	2,25	65,3	49,7	0,74	0,65
190		(30 % bagacillo - 70 % miel)	66	123	288	12	0,5	2,43	69,6	55,4	0,87	0,83
191	Caña bagacillo predigerido	(15 % miel - 10 % urea)	57	97	198	9,5	0,3	2	51,6	46,7	0,85	0,8
192	Caña cachaza fresca		30,3	94	198	18,8	6	2,2	55,8	75,6	0,89	0,85
193	Caña cachaza seca (GICABU)	Bueno (8,5 % EE)	95,3	94	267	18,8	6,5	2,2	55,8	75,6	0,89	0,85
194		Regular (6,5 % EE)	95,3	94	267	18,8	6,5	2,04	55,8	75,6	0,89	0,85
195		Malo (3,0 % EE)	95,3	94	267	18,8	6,5	1,88	55,8	75,6	0,89	0,85
196	Caña hojas verdes (cogollo)		42,4	45	347	3,8	0,5	1,88	28,3	51,5	0,86	0,81
197	Caña hojas secas		75,9	16	368	4,6	0,2	1,22	11,3	27,8	0,73	0,64
198	Caña vainas		79,6	11	368	1,9	0,2	1,05	8	22,4	0,58	0,43
199	Caña, residuo de la cosecha		50	30	391	10	1,8	1,33	19,5	35,1	0,73	0,64
200	Caña, residuo de centro de acopio		82,6	17	415	5,8	0,4	1,33	11,7	26,6	0,64	0,52
201	Caña, residuo de centro de limpieza (RCL)		35,1	31	385	12,5	1,8	1,45	19,9	37,4	0,73	0,64

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC	
202	Caña, RCL	Molido después de seco	83	33	427	5,6	1,5	1,34	21,2	33,5	1,06	1,08
203	Caña, RCL	Troceado + NaOH 4 %	35	32	409	9,2	1,4	1,82	20,3	48,5	0,78	0,71
204	Caña, RCL	NaOH 4 % + seco + molido	85	32	409	9,2	1,4	1,84	20,3	48,5	1,06	1,08
205	Caña, RCL ensilado	Cachaza 40 % + urea 2 %	40,8	72	482	11,5	2,5	1,84	36,1	47,8	0,71	0,61
206	Caña, RCL ensilado		51,9	57	333	7,4	1,1	1,32	16,4	26,6	0,73	0,64
207	Caña, RCL ensilado	NaOH 2 %	69,6	48	328	7,4	1,1	1,81	16,4	48,5	0,76	0,68
208	Caña RCL ensilado	NaOH 2 % + urea 2 %	42	69	350	7,4	1,1	1,62	37,8	42	0,72,	0,62
209	Caña saccharea		89,5	166	238	3,1	2,5	2,6	91,9	63,6	1,05	1,07
210	Caña, saccharina		87,1	127	234	3,1	2,5	2,6	78,7	80,4	1,14	1,19
211	Caña solicana		88	22	280	3,4	1,4	2,5	12	54	0,97	0,97
212	Café afrocho natural		92,8	56	399	9,6	1,5	1,85	28,2	50,4	0,8	0,73
213	Café afrocho pergamino		95,4	36	648	10,4	0,9	1,17	17,4	29,7	0,59	0,45
214	Café pulpa		14,7	116	265	4,3	0,8	2,03	70,7	88,4	1,08	1,11
215	Cítrico citrourea		87,7	147	226	20,5	2,7	2,79	95,1	106	2,22	2,64
216	Cítrico pulpa fresca		16,3	77	120	18,1	1,3	2,83	42,1	78,2	1,2	1,27
217	Cítrico pulpa deshidratada		88	77	117	18,1	1,3	2,83	42,1	78,2	2,22	2,64
218	Cítrico pulpa ensilada		15,5	87	181	14,9	2,2	2,83	43,5	72	0,98	0,97
219	Cítrico poda de naranja Valencia		59,2	133	195	26,2	1,3	2,17	77,5	69,2	1,16	1,21
220	Cítrico poda de toronja Marsh		36,7	153	182	32,8	1,9	2,17	89,1	73,4	1,16	1,21

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE,		ICB, UC	ICO, UC
									g/kg MS	g/kg MS		
221	Cítrico poda de lima persa		35,9	139	164	30,2	1,7	2,12	83,7	72,3	1,16	1,21
222	Frijol, rastrojo de cosecha		85	87	355	15	1,5	2,52	62,5	77	0,9	0,86
223	Gallinaza (ponedoras)		81,9	208	198	127	21	1,15	127	57	1	1
224	Guayaba (semillas)		51,5	145	586	9,5	2,2	1,48	80,4	60,6	0,63	0,5
225	Henequén, pulpa fresca		16,8	72	204	58	4	2,62	51,1	73,1	0,97	0,96
226	Henequén, pulpa ensilada		20	60	280	50	0,4	2,5	48	68	0,97	0,96
227	Kenaf, desecho industrial		96,3	29	790	13,9	0,9	1,09	19,2	31,2	0,53	0,37
228	Maíz (paja)		68	60	500	3	1	1,5	28,3	43,2	0,69	0,59
229	Maíz (raastrojo seco)		84	60	370	4,7	1,6	1,89	27,5	45,7	0,84	0,78
230	Maíz (tusa)		80	30	370	0,7	0,6	1,7	15,1	47,1	0,84	0,78
231	Maní (raastrojo)		87	118	239	15,5	1,3	2,53	69,8	82,5	1,16	1,21
232	Piña (bagazo seco)		87,6	35	162	2,9	1,1	2,59	23,8	68,4	1,61	1,82
233	Piña (hoja)		20,6	91	236	7,9	1,8	2,2	59,2	83,7	1,18	1,24
234	Plátano (hoja)		20	142	231	14,3	1,7	2,19	85,8	77,7	0,89	0,85
235	Plátano (pseudotallo)		6,5	25	205	10,4	2,4	2,5	11,5	42,2	0,45	0,26
236	Plátano (planta entera)		16	64	237	12	2	2,3	43,9	72	0,54	0,38
237	Tomate (semilla)		36,2	178	362	11,7	5,5	1,93	103,6	70,6	0,86	0,81
Cereales y subproductos de la molinería												
238	Arroz grano (L)	Sin cáscara	87	95	12	0,4	2,5	3,29	53,2	97,1	1	1
239	Arroz grano (L)	Con cáscara	88	91	96	0,5	2,7	2,94	52,6	90,1	1	1

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
240	Arroz (polvo)	(16,3 % EE)	91,5	123	72	0,8	12,4	3,33	73,8 102,3	1	1
241	Arroz salvado	(15,5 % EE)	92,2	141	148	2,6	3,2	2,93	85,8 102	1	1
242	Avena grano (L)		86,8	121	116	0,9	3,8	2,83	80,4 89,5	1	1
243	Cebada grano	Canadá	87	121	75	2	3,6	3	79,1 98,5	1	1
244	Maíz grano	Canadá-Argentina	85,7	97	40	2,2	3	3,22	80,1 112,8	1	1
245	Maíz, mazorcas molidas (L)		86,2	92	85	1	2,6	2,83	76,5 106,7	1	1
246	Sorgo grano (L)		88,1	110	25	1,6	3	2,86	87,5 115,1	1	1
247	Trigo blando	Inglaterra, Argentina, Bulgaria	88	115	25	2,3	3,1	3,21	81,5 92,5	1	1
248	Trigo blando	Inglaterra	87,1	122	25	2,6	2,6	3,22	85,9 94	1	1
249	Trigo blando	Canadá	88,1	136	25	2	3,3	3,11	93,8 97,2	1	1
250	Trigo duro	Francia	87,2	106	25	2,3	3,1	3,24	75,1 90,4	1	1
251	Trigo desnaturalizado	Inglaterra	87,6	113	25	2,3	3,1	3,21	79,5 92	1	1
252	Trigo salvado		91,3	157	125	0,9	8,4	2,71	93,2 82,6	1	1
Mieles de caña de azúcar											
253	Miel final		81,2	37	0	13,6	1	2,73	20,7 63,7	1	1
254	Miel final + urea 2 %	(6 % de agua + 0,5 ClNa)	767	110	0	13,1	9,1	2,58	54,1 61,7	1	1
255	Miel final + urea 10 %	(20 % de agua + 0,5 ClNa)	66,8	460	0	11,4	8,3	2,29	214 51,9	1	1
Raíces y tubérculos											
256	Yuca (L)	Fresca	31,5	27	25	1,2	0,3	2,92	20 76	1	1

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS		ICB, UC	ICO, UC
									40,6	64,4		
257	Boniato (L)	Fresco	37	70	16	2,3	2	3,24	40,6	64,4	1	1
Granos de oleaginosas												
258	<i>Canavalia ensiformis</i>	(2,3 % EE) (L)	88,9	350	105	1,5	3,2	3,4	218	80,4	1	1
259	Girasol	(32,6 % EE)	92	163	261	1,8	4,8	3,01	103	53,1	1	1
260	Palmiche	(26,6 % EE)	57,3	61	236	2,1	2,4	3,12	35	21,8	1	1
261	Soya	(19,9 % EE)	90	400	61	2,5	5,5	3,66	245	86,8	1	1
Tortas y harinas proteicas												
262	Algodón torta	URSS solvente	91,2	441	159	5,1	11,7	2,63	312	208	1	1
263	Carne harina B	Cuba (10,4 % EE)	95,4	462	0	70,3	42	3,72	325	261	1	1
264	Copra torta	(L) (mecánica)	93,8	251	191	4,1	6,1	2,67	194	185	1	1
265	Girasol torta	Argentina solv. (1 % EE)	89,5	378	199	5,3	14,2	2,38	247	130	1	1
266	Girasol torta	URSS (1,4 % EE)	93,1	403	181	4,8	11	2,53	262	135	1	1
267	Girasol torta	Tratada con 0,5 % formaldehído	89,5	378	199	5,3	14,2	2,38	139	202	1	1
268	Mozir levadura	URSS	86,8	660	25	4,6	15,8	3,27	476	355	1	1
269	Pescado harina	Perú	91,1	700	0	59,3	31	3,35	542	457	1	1
270	Pescado harina	URSS solvente	92,9	665	0	68,1	35,9	3,1	516	454	1	1
271	Pescado harina	URSS presión	93,6	653	0	61,6	41	3,35	506	427	1	1
272	Pescado harina	Cuba presión	90,6	651	0	67,8	48,3	3,07	505	424	1	1
273	Pescado ensilado	Cuba (Morrolla)	30	550	0	5	5	3,86	426	360	1	1
274	Sacharomices levadura (L)		90	660	0	1,4	15,4	2,95	473	345	1	1

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
275	Torula levadura	Cuba baja PB	88,6	347	25	10,2	13,3	2,8	252	213	1
276	Torula levadura	Cuba media PB	89,1	404	25	9,5	14,5	3,08	292	241	1
277	Torula levadura	Cuba alta PB	89,7	491	25	9,7	14,5	3,14	354	274	1
278	Soya torta	Argentina solvente	91,9	460	59	4,4	8	3,04	329	233,5	1
279	Soya torta	España solvente	87,8	492	82	4,9	7,2	2,94	351	244	1
280	Soya torta	URSS solvente	90,2	484	60	5,1	7,9	3,09	345	243	1
281	Soya torta	Cuba presión	93	475	87	6	10	2,94	339	237	1
Concentrados comerciales											
282	Pienso-ternero inicio		0	0	0	0	0	0	0	0	1 00
283	Pienso-ternero crecimiento		0	0	0	0	0	0	0	0	1
284	Pienso-ternero Los Naranjos		87	219	36	12	12	2,91	148	143	1
285	Pienso-ternero futuro semental		0	0	0	0	0	0	0	0	1
286	Pienso novilla genética		85,6	131	58	6,8	5	2,93	81	90	1
287	Pienso-hembra en desarrollo		88,7	124	43	3,7	4,5	2,82	70	92	1
288	Pienso-vacas lecheras Los Naranjos		88,9	209	58	14,7	11,6	2,86	142	140	1
289	Pienso-vacas lecheras genética		89,5	186	69	4	5,1	2,78	111	95	1
290	Pienso-vacas lecheras comercial		86,2	182	56	5,9	4,7	2,77	105	86	1
Minerales											
291	Ácido fosfórico (L)	-75 %	0	0	0	0	239	0	0	0	1
292	Carbonato de calcio		99,5	0	0	387	0	0	0	0	1

No.	Alimento	Características	MS, %	PB, g/kg	FB, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	EM, Mcal/ kg MS	PDIN PDIE, g/kg MS	ICB, UC	ICO, UC
293	Ceniza de central azucarero	Cuba	99	0	0	27	2,8	0	0	1	1
294	Fosfato de calcio	Cuba	97	0	0	237	179	0	0	1	1
295	Fosfato dicálcico	URSS	97,5	0	0	242	204	0	0	1	1
296	Fosfato diamónico (L)		95	1 125	0	5	200	0	518	1	1
297	Harina de hueso	Cuba	96,4	253	0	185	135	1,53	184	1	1
298	Harina de hueso (L)	Calcinada	99	0	0	240	120	0	0	1	1
299	Sal mineral INRA (30004)	(46,5 % ClNa)	97	0	0	123	104	0	0	1	1
300	Sal mineral INRA (A-2)	(36,5 % ClNa)	97	0	0	149	125	0	0	1	1
301	Urea		100	2 875	0	0	0	0	1324	1	1

Tabla 2. Aportes recomendados para machos en crecimiento-ceba en condiciones de cebadero y pastoreo

Peso vivo, kg	Ganancia, g/animal/día	EM, Mcal/día		PB, g	PDI, g	Ca, g	P, g	CI (UCB) Crecimiento	
		Dietas Normales	Consumiendo RCA					Normal	Lento
	0		7,46						
	200		8,06	220	103	11	6		
100	400	6,91	8,65	341	240	15	8	3,57	3,60
	600	8,69		381	308	17	9		
	800	10,41		427	377	19	10		
150	0	6,68	9,79		134				
	400	8,19	11,23	455	273	18	10		
	600	10,06		497	339	19	11	4,51	5,00
	800	11,93		539	412	21	12		
200	0	8,29	11,87		167				
	400	10,15	13,56	582	306	20	13	5,45	6,10

Peso vivo, kg	Ganancia, g/animal/día	EM, Mcal/día		PB, g	PDI, g	Ca, g	P, g	CI (UCB) Crecimiento	
		Dietas Normales	Consumiendo RCA					Normal	Lento
	600	12,47		622	376	21	14		
	800	14,8		660	443	22	15		
250	0	9,8	13,79		197				
	400	11,23	15,71	666	336	22	15	6,40	8,0
	600	14,09		702	405	23	16		
	800	16,47		736	475	24	17		
300	0	11,24	15,58		228				
	400	13,62	17,73	754	366	23	18		
	600	16,56		800	435	25	19	7,33	9,30
	800	19,49		827	504	26	19		
	1000	22,42		862	574	27	20		
350	0	12,62	17,27		254				
	400	15,02	19,64	793	393	24	19		
	600	17,98		863	462	26	20	8,27	10,0
	800	20,95		887	532	27	20		
	1000	23,91		917	602	28	21		
400	0	13,95	18,89		281				
	400	16,61	21,47	880	419	26	20		
	600	19,90		902	489	27	21	9,21	10,5
	800	23,18		921	558	28	22		
	1000	26,47		947	628	29	23		
450	0	15,24							
	400	18,15		866	445	27	21		
	600	21,74		898	515	28	22	10,15	10,8
	800	25,33		914	584	28	22		
	1000	28,92		934	654	29	23		

Tabla 3. Aportes recomendados para hembras en crecimiento

PV, kg	Ganancia, g/ animal/día	EM, Mcal/día		Consumiento RCA EM, Mcal/día	PB, g	PDI, g	Ca, g	P, g	CI (UCB) Crecimiento	
		Estabulación	Pastoreo						Normal	Lento
100	0	3,44	4,13	9,49	103					
	300	5,11	5,61	7,51	317	184	14	7		
	400	5,69	6,38	7,86	356	211	15	8		
	500	6,24	6,93	8,60	360	234	16	8	3,57	3,60
	600	6,81	7,51		380	257	17	9		
	700	7,36	8,06		402	280	18	9		
150	0	5,26	6,31	8,51	139					
	300	6,99	8,04	9,76	425	220	16	10		
	400	7,58	8,63	10,71	453	247	17	11	4,51	5,00
	500	8,15	9,20		473	274	18	11		
	700	9,31	10,30		511	320	20	12		
200	0	7,08	8,49	10,32	172					
	300	8,87	10,28	11,78	583	259	18	12		
	400	9,47	10,88	12,26	571	282	19	13	5,45	6,10
	500	10,07	11,48		586	305	20	13		
	700	11,26	12,67		620	351	21	14		
250	0	8,74	10,40	11,99	204					
	300	10,72	12,44	13,64	602	295	19	14		
	400	11,36	13,10	14,20	642	319	21	16	6,39	8,00
	500	12,02	13,70		666	343	22	16		
	700	13,32	15,06		696	388	23	17		
300	0	10,40	12,48	13,55	234					
	300	12,58	14,61	15,40	671	327	20	15		
	400	13,25	15,33	16,02	713	355	22	17	7,33	9,30
	500	13,97	16,05		745	380	23	17		
	700	15,38	17,46		771	425	24	18		
350	0	11,65	13,90	15,02	263					
	300	13,94	16,25	17,06	716	362	22	16		

PV, kg	Ganancia, g/animal/día	EM, Mcal/día		Consumiento RCA EM, Mcal/día	PB, g	PDI, g	Ca, g	P, g	CI (UCB) Crecimiento	
		Estabulación	Pastoreo						Normal	Lento
	400	14,66	16,99	17,75	773	391	23	18	8,27	10
	500	15,44	17,77	18,43	795	416	24	18		
	700	16,90	19,23		818	461	25	19		
400	0	12,91	15,50	16,43		291				
	300	15,31	17,80	18,66	762	397	23	18		
	400	16,07	18,66	19,40	833	428	24	19	9,21	10,5
	500	16,91	19,49	20,14	844	453	24	20		
	700	18,42	21,00		864	498	25	20		
450	0	14,52	17,43			317				
	300	16,91	19,77		803	433	24	19		
	500	18,50	21,40		873	490	25	20	10,15	10,8
	700	20,04	22,95		886	533	26	21		
500	0	16,14	19,37			343				
	300	18,51	21,74		844	471	26	20		
	500	20,09	23,32		901	529	27	21	11,09	11,9
	700	21,67	24,90		909	568	27	21		

Tabla 4. Requerimientos para vacas lecheras. Mantenimiento de vacas lactantes y secas hasta los 7 meses de gestación

PV, kg	Capacidad de ingestión, UCB/día	Requerimientos EM, Mcal/día			PB, g/día	PDI, g/día	Ca, g/día	P, g/día
		Estabulación	Pastoreo Bueno	Pastoreo medio				
350	9,4	10,7	12,3	14,0	312	262	18	15
400	10,2	11,9	13,6	15,5	343	290	21	17
450	11,1	13,0	14,8	16,9	381	320	23	20
500	11,9	14,0	16,1	18,2	408	343	26	22
550	12,8	15,1	17,3	19,6	451	370	28	24
600	13,9	16,1	18,4	20,9	470	395	31	26
650	14,5	17,1	19,6	22,3	498	418	33	28

Gestación de los últimos 2 meses (incluye mantenimiento y ganancia de las vacas)

PV, kg	Capacidad de ingestión, UCB/día	Requerimientos EM, Mcal/día			PB, g/día	PDI, g/día	Ca, g/día	P, g/día
		Estabulación	Pastoreo Bueno	Pastoreo medio				
400	9,2	15,6	16,5	17,4	751	466	40	27
450	10,2	16,9	17,9	18,9	800	496	42	30
500	11,2	18,2	19,3	20,3	848	526	46	32
550	12,2	19,5	20,6	21,7	895	555	48	34
600	13,2	20,6	21,8	23,1	940	583	52	36
650	14,1	21,9	23,1	24,4	987	612	54	38
700	15,0	23,0	24,4	25,7	1 030	639	58	40

Producción de leche (nutrientes/kg de leche)

Grasa, %	Proteína, %	Cl, UCB/kg	EM, Mcal/kg	PB, g/kg	PDI, g/kg	Ca, g/kg	P, g/kg	
3,0	3,1	0,26	1,01	75	44	2,90	1,38	
3,5	3,3	0,26	1,10	80	47	3,33	1,51	
4,0	3,5	0,26	1,19	85	50	3,75	1,63	
4,5	3,7	0,26	1,28	90	53	4,15	1,77	
5,0	3,8	0,26	1,37	93	55	4,57	1,90	
5,5	3,9	0,26	1,46	96	57	4,93	2,01	
Cambios de peso vivo, nutrientes/kg de peso vivo								
Ganancias de 1 kg								
Vacas lactantes				8,5	500	300	48	17
Vacas secas				9,5	500	300	48	17
Pérdidas de 1 kg				6,6	320	180	17	4,7

Referencias bibliográficas

- ANDRIEU, J. & DEMARQUILLY, C. Valeur nutritive des fourrages: Tables et prevision. *Bull Tech. CRZV-Theix, INRA*. 70:9-18, 1987.
- CÁCERES, O. & GONZÁLEZ, E. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. *Pastos y Forrajes*. 23 (2):97-103, 2000.
- DANIELSSON, R.; RAMIN, M.; BERTILSSON, J.; LUND, P. & HUHTANEN, P. Evaluation of a gas *in vitro* system for predicting methane production *in vivo*. *J. Dairy Sci.* 100 (11):8881-8894, 2017.
- DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J.; MICHALET-DOREAU, BRIGITTE & SAUVANT, D. Measurement of the nutritive value of feeds. In: R. Jarrige, ed. *Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables*. París, London: INRA, John Libbey Eurotext. p. 61-70, 1989.
- DULPHY, J. P.; FAVERDIN, P. & JARRIGE, R. Feed intake: The fill unit systems. In: R. Jarrige, ed. *Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables*. París, London: INRA, John Libbey Eurotext. p. 61-70, 1989.
- DULPHY, J. P.; FAVERDIN, P.; MICOL, D. & BOCQUIER, F. Revision du systeme des unites d' encombrement (UE). *Bull Tech CRZV-Theix, INRA*. 70:35-48, 1987.
- EEPF Indio Hatuey. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. *Pastos y Forrajes*. 23 (2):105-122, 2000.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. *Estudios en la aplicación de los sistemas de expresión del valor nutritivo de los forrajes en Cuba y método de racionamiento*. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: ISCAH, 1983.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. I. Energía. *Pastos y Forrajes*. 7 (1):121-131, 1984a.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. II. Proteína. *Pastos y Forrajes*. 7 (2):261-273, 1984c.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. III. Validación de los sistemas energéticos y proteicos. *Pastos y Forrajes*. 7 (3):421-437, 1984b.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. IV. Consumo. *Pastos y Forrajes*. 8 (3):449-470, 1985.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. *Nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los alimentos y el requerimiento y racionamiento de los rumiantes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1984d.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. & PEDROSO, DULCE MA. *Alimentos para los rumiantes. Tablas del valor nutritivo*. La Habana: EDICA, MES, 1989.
- GONZÁLEZ, E.; ROLO, R. & CÁCERES, O. Calvanut: variante automatizada para el cálculo y almacén del valor nutritivo de los alimentos. *Pastos y Forrajes*. 18 (2):193-197, 1995.
- INRA. *Alimentación de los rumiantes*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1981.
- INRA. *Alimentation des ruminants*. (Ed. R. Jarrige). París: INRA, 1978.
- LEGEL, S. *Tablas de los valores alimenticios de forrajes tropicales*. Leipzig, Alemania: Inst. Agric. Trop. Univ. Karl-Marx, 1981.
- LÓPEZ, O.; LAMELA, L.; MONTEJO, I. L. & SÁNCHEZ, TANIA. Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 38 (1):46-54, 2015.
- MILERA, MILAGROS DE LA C.; ALONSO, O.; MACHADO, HILDA & MACHADO, R. *Megathyrus maximus*. Resultados científicos y potencialidades ante el cambio climático. *AIA*. 21 (3):41-61, 2017.
- POSADA, S. L. & NOGUERA, R. R. Técnica *in vitro* de producción de gases: una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *LRRD*. 17 (36). <http://www.lrrd.org/lrrd17/4/posa17036.htm>. [08/10/2012], 2005.
- VERITE, R.; MICHALET-DOREAU, BRIGITTE; CHAPOUTOT, P.; PEYRAUD, J. L. & PONCET, C. Revision du systeme des proteines dans l' intestins (PDI). *Bull. Tech. CRZV-Theix. INRA*. 70:19-34, 1987.
- VERITE, R. & PEYRAUD, J. L. The PDT systems. Protein. In: R. Jarrige, ed. *Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables*. London, París: John Libbey Eurotext, INRA. p. 33-46, 1989.
- VERMOREL, M. Energy. The feed unit systems. In: R. Jarrige, ed. *Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables*. London, París: John Libbey Eurotext, INRA. p. 61-70, 1989.
- VERMOREL, M.; COULON, J. B. & JOURNET, M. Revision du systeme des unites fourrageres (UF). *Bull. Tech. CRZV-Theix, INRA*. 70:9-18, 1987.
- XANDÉ, A.; GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. Feeds of the humid tropics (West Indies). In: R. Jarrige, ed. *Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables*. London-París: John Libbey Eurotext, INRA. p. 347-362, 1989.
- XANDÉ, A.; GARCÍA-TRUJILLO, R. & CÁCERES, O. *Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages tropicaux de la zone Caraïbe*. Guadalupe; Matanzas, Cuba: INRA Petit-Boury; EEPF Indio Hatuey, 1985.

CAPÍTULO 14. Sistemas a base de pastos y forrajes para la alimentación del ternero

Mildrey Soca-Pérez¹, Leonel R. Simón-Guelmes^{*1}, Emiro R. Canchila-Asencio², Yohanka Lezcano-Más³, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez¹ y Jesús Manuel Iglesias-Gómez¹

¹ Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey*. Universidad de Matanzas. Central España Republicana, C.P. 44280, Matanzas, Cuba

² Instituto Universitario de la Paz. Santander, Colombia.

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Matanzas. Autopista a Varadero km 3 ½ Matanzas, C.P. 44740, Cuba

Introducción

El éxito de cualquier sistema de producción ganadero depende de la capacidad de criar satisfactoriamente los animales que servirán de reemplazo. La etapa de cría se caracteriza por ser improductiva, ya que se inicia con la vaca seca gestante y termina con el primer parto de la novilla. En muchas ocasiones, no se le presta la adecuada atención a este período, haciéndose notar los efectos negativos, a largo plazo, en la baja eficiencia y productividad del sistema, el escaso desarrollo de la ubre y los bajos índices de producción de leche Ybalmea (2015).

La crianza del ternero resulta compleja por cuanto los animales jóvenes estarán sometidos a diversos cambios desfavorables a causa del ambiente físico y demás variaciones introducidas por el hombre en su entorno. El ternero es el responsable del aumento cuantitativo y cualitativo de la masa vacuna, elemento principal del índice de natalidad y de la mortalidad en esta especie (Camargo *et al.*, 2006; Torres-Diez y Bernal-Jacometo, 2018). Es por eso que, para alcanzar buenos resultados en esta etapa, es imprescindible garantizar el manejo al nacimiento que incluya el consumo del calostro en cantidades adecuadas, disponer de alimentos apropiados para el desarrollo de su sistema digestivo (Patiño *et al.*, 2012; Prieto *et al.*, 2013), e implementar sistemas de alimentación que permitan cubrir sus necesidades nutricionales y asegurar su crecimiento para lograr un desempeño productivo a largo plazo (Castillo-Olivera *et al.*, 2018).

Según Iglesias *et al.* (1997) los trabajos han estado centrados en la sustitución de la leche o el concentrado por levaduras, el uso del forraje antes del destete como vía para sustituir el heno cuando este no reúne las características deseadas y la evaluación comparativa del forraje como suplemento al pastoreo en la época de seca, en sus diferentes formas (fresco o conservado). Así como, los estudios relacionados con el peso a la incorporación, la carga, la rotación, la suplementación y la relación con el comportamiento productivo y las enfermedades parasitarias de los animales jóvenes en pastoreo (Soca *et al.*, 2007).

Desarrollar sistemas de crianzas para el bovino joven basados en la máxima utilización de los pastos es una necesidad que cobra cada día mayor vigencia para Cuba y los países tropicales, ya que éstos constituyen la fuente más barata de alimentos para los rumiantes. Este capítulo pretende hacer una revisión de los principales resultados obtenidos sobre la utilización de los pastos, forrajes y otros alimentos para el desarrollo de los sistemas de alimentación del ternero.

Apuntes sobre la anátomo-fisiología ruminal del ternero

Fases del desarrollo ruminal del ternero

El ternero al nacimiento es considerado un animal monogástrico y tiene limitaciones de capacidad del retículo rumen (RR) con respecto a los rumiantes adultos. Al nacer, el rumen no es un órgano funcional y el sistema digestivo y metabólico del ternero no se diferencia de otros mamíferos recién nacido. Sin embargo, durante las primeras semanas de vida experimentan modificaciones anatómico-

fisiológicas de su aparato digestivo que les conducirán al estadio definitivo de rumiante (Khan *et al.*, 2016; Reyes y Gómez, 2018).

El desarrollo ruminal se puede dividir en tres fases: Fase de lactante o no rumiante (0–3 semanas), Fase de transición (3–8 semanas) donde pasará de alimentarse a base de leche a alimentarse de productos vegetales y Fase de rumiante (a partir de las 8 semanas) (Rotger-Cerdá, 2005). Estas fases dependerán del sistema de cría y su duración podrá manejarse de acuerdo a las dietas empleadas.

Fase de lactante o no rumiante: En esta fase el animal obtiene toda su energía a través de la digestión de la leche por enzimas propias. Se considera como punto crítico de esta etapa al nacimiento, debido a que se pasa de la alimentación placentaria a la digestiva y gran parte del éxito de supervivencia durante los primeros días de vida, se deberá a la composición del calostro que aportará nutrientes, inmunidad pasiva y contribuirá al mantenimiento de la temperatura corporal (Ørskov y Ryle, 1998).

Durante el primer mes, las enzimas primordiales son la lactasa y la quimosina. El volumen y actividad del resto de las enzimas es muy bajo y los pre-estómagos son muy rudimentarios. Sin embargo, según Rotger-Cerdá (2005) a las dos semanas de edad los mecanismos nerviosos que estimulan la rumia ya son muy sensibles.

El cierre de la gotera esofágica se desencadena ante el estímulo de algunos componentes de la leche que tienen receptores específicos a nivel del tracto gastro-intestinal superior y como reflejo condicionado ante la visión de la ubre o del sistema de lactancia utilizado (Figura 1). Si el reflejo no es completo entrará leche en el rumen inmaduro y su fermentación puede estimular el desarrollo epitelial de papilas más cortas y agrupadas (Rotger-Cerdá, 2005).

Por otra parte, la fermentación láctica es tan intensa que causa grandes descensos en el pH ruminal que destroza las papilas ruminales y selecciona unas poblaciones microbianas muy específicas (Lane *et al.*, 2000).

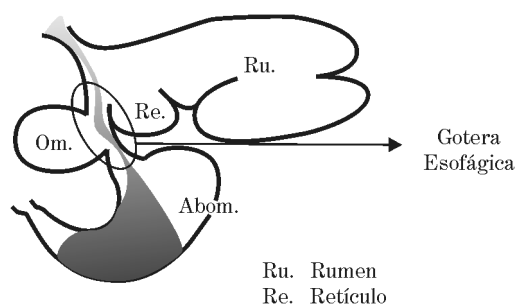


Figura 1. Anátomo-Fisiología del aparato digestivo del ternero al nacimiento.

Fase de transición: Está constituida por la fase más crítica ya que el rumiante pasa de depender de las enzimas gástricas propias, a la simbiosis con los microorganismos ruminales, y el RR debe pasar de ser un órgano no funcional a ser una cámara de fermentación que aporte los productos necesarios para el crecimiento y mantenimiento del animal.

Durante esta fase se producen una serie de cambios hacia el rumen maduro que le permitirán mantenerse a base de forraje y/o concentrados, como son aumentar el tamaño y adquirir las proporciones relativas adultas (desarrollo anatómico), establecer una población microbiana estable (desarrollo microbiológico) y una diferenciación papilar y metabólica para poder absorber y utilizar los productos de la fermentación (Bacha, 1999).

Fase de rumiante: comienza a partir de las 8 semanas, donde ya se sustenta exclusivamente de alimentos vegetales. Esta fase está en dependencia del sistema de cría y del período utilizado para el destete, siendo precoz o tardío en función de la raza. Según Díaz-Reyes *et al.* (2009) la llegada a la fase de rumiante dependerá del tamaño, forma y capacidad de los distintos compartimentos gástricos, los cuales dependen de la alimentación, la edad y la talla de los animales.

Estos cambios anátomo-fisiológicos del sistema digestivo se producen paulatinamente a medida que se comienza a consumir alimentos sólidos, estando todos interrelacionados entre sí para asegurar el éxito del destete sin que se afecte el crecimiento y la salud del animal.

Efecto de la alimentación en el desarrollo ruminal del ternero

Al nacer el ternero el abomaso es la parte más desarrollada, representando el 50 % del peso y tamaño del estómago. Durante la fase de lactancia las pautas de crecimiento de los distintos compartimentos son similares. Al iniciarse el consumo de alimentos sólidos comienza un rápido crecimiento del RR. A las 8 semanas de edad, el rumen experimenta su máximo crecimiento, alcanzando proporciones próximas a las del adulto con respecto a los otros órganos digestivos y al peso corporal. Sin embargo, el desarrollo anatómico que se sucede con la edad tiene poco efecto sobre el crecimiento de las papilas ruminales y, por tanto, sobre la función primordial del RR que es la absorción de nutrientes, principalmente de ácidos grasos volátiles (AGV) que representan el mayor aporte energético para los rumiantes (Díaz-Reyes *et al.*, 2009).

Con el crecimiento los compartimentos gástricos irán adquiriendo las posiciones adultas dentro de la cavidad abdominal, y los otros órganos abdominales se redistribuirán para dar cabida al rápido desarrollo del rumen que llegará a ocupar la totalidad del lado izquierdo de la cavidad abdominal (Rotger-Cerdá, 2005).

Para lograr un rápido desarrollo del rumen y permitir el destete temprano, se considera como un factor clave el consumo de una dieta que permita el crecimiento del epitelio y de la masa muscular promoviéndose así la motilidad ruminal. El desarrollo del rumen debe cubrir cuatro aspectos: tamaño, desarrollo muscular, habilidad de absorción y población microbiana (Patiño *et al.*, 2012).

Una alimentación prolongada con grandes cantidades de leche limita el desarrollo del rumen tanto en capacidad como en crecimiento papilar. Si por el contrario, la leche es restringida y se suministran alimentos voluminosos, la rumia aparece aproximadamente a las dos semanas y aumenta grandemente el contenido de bacterias y protozoos ruminales. Este desarrollo funcional es tan rápido que los terneros de 3 a 5 semanas pueden digerir la hierba de alta calidad con una eficiencia semejante a la de los animales adultos cuando se utiliza un destete temprano (Ybalmea *et al.*, 2005; Díaz-Reyes *et al.*, 2009).

Factores que determinan el comportamiento de los terneros en pastoreo

Para hacer una valoración sobre el comportamiento de los terneros en pastoreo será necesario considerar las condiciones climáticas (altas temperaturas y humedad relativa) y la estacionalidad de la producción de forrajes. Estos aspectos constituyen el medio adecuado para el desarrollo de enfermedades y limita la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de pastoreo. Estos factores junto a la variabilidad en el contenido de nutrientes y las cantidades de alimentos a suministrar se comportan como agentes estresantes crónicos que constantemente están incidiendo sobre el ternero y afectan su comportamiento.

El destete y consumo de alimentos

El destete constituye un período crítico mediante el cual, el ternero sufre un estrés fisiológico, que podrá ser mayor o menor, en dependencia del sistema de alimentación que se utilice. La edad es el indicador más fácil desde el punto de vista práctico, pero el peso vivo es más eficaz y seguro, ya que está más íntimamente relacionado al desarrollo de las funciones digestivas y fisiológicas del ternero. De esta manera, el peso vivo permite el destete a edades fisiológicas y estados de desarrollo semejantes, en terneros de diferentes edades (Heras *et al.*, 2008).

Los diferentes tipos de alimentos que se le suministran al ternero tienen que corresponderse con las necesarias y oportunas transformaciones morfológicas y funcionales que se deben producir en su

sistema digestivo. Hay que armonizar de forma rápida y eficiente, el tránsito de la categoría mono-gástrico (lactante) por la de pre rumiante a rumiante propiamente dicho. Este aspecto ha sido muy controversial: el no contar con tablas de requerimientos para esta categoría en las condiciones del trópico, la variabilidad en nutrientes de los alimentos, la prevalencia de un tipo de alimento sobre otro en la ración (concentrado sobre voluminosos) y los prolongados aportes lácteos han determinado resultados muy variables en la cría de terneros, compromisos con su vida reproductiva futura y la necesidad de nuevos estudios.

Un aspecto importante es el ritmo de ganancia de peso diaria a obtener. No se aconsejan ganancias altas en los tres primeros meses de vida ya que el rumiante no dispone de mecanismos eficaces para enfrentar una sobrecarga metabólica y pueden aparecer alteraciones endocrinas, generalmente de carácter irreversible, que comprometen la futura vida productiva del animal (Lomillos *et al.*, 2017).

El principal problema por resolver en la crianza de terneros basada en pastos y forrajes es que los animales consuman la suficiente materia seca (MS) para cubrir sus necesidades nutricionales (Benítez y Simón, 1983). Las determinaciones del consumo de pastos en condiciones tropicales para esta categoría son escasas y dependen del contenido de materia seca, la digestibilidad y el porcentaje de hojas del pasto ofrecido. Según Iglesias *et al.* (1997) los terneros son más susceptibles que los adultos a las variaciones de digestibilidad, características físicas de la hierba y a la facilidad de aprehensión del pasto.

Por estas razones si se desean ganancias superiores a 600 g/día en sistemas de pastoreo será necesario establecer estrategias de suplementación para satisfacer los requerimientos de energía y proteína. Stahringer *et al.* (2017) señala que la suplementación estratégica, posibilita mejorar la ganancia de peso de los animales, la eficiencia de conversión del forraje base y acortar los ciclos de recría y engorde. También puede ser una herramienta para aumentar la capacidad de carga del sistema, incrementando la eficiencia de utilización de los pastizales en sus picos de producción y aumentando la productividad por unidad de superficie.

Edad y peso de incorporación de los terneros al pastoreo

Las investigaciones acerca de la edad a lo cual los terneros deben ser introducidos en el pasto son contradictorios. Numerosos trabajos desarrollados en áreas templadas sugieren que no existen diferencias en el comportamiento cuando los terneros son llevados al pasto desde la primera o segunda semana de edad con relación a aquellos que son introducidos con edades posteriores, si se controlan los parásitos y se mantienen similares condiciones de alimentación (Walshe *et al.*, 1971).

En Cuba, Peyrellade y Gale (1971) observaron un mejor comportamiento en terneros llevados al pasto desde los primeros días de nacidos con relación a los introducidos posteriormente. Por otra parte, Ugarte *et al.* (1975) no observaron diferencias en la ganancia de peso bajo similares condiciones a las 5, 10, 16 y 20 semanas cuando los animales fueron llevados al pastoreo desde los 5 a 42 días de edad y se suplementaron con concentrado a voluntad.

Con respecto al peso vivo (PV) de incorporación de los terneros al pastoreo se han desarrollado diferentes investigaciones. Estudios realizados con animales de 90, 120 y 150 kg de PV no mostraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros estudiados y las ganancias hasta los 180 días después de la incorporación fueron de 0,52; 0,46 y 0,50 kg/animal/día, respectivamente (Simón, 1978).

Este autor, al evaluar terneros de 73, 88 y 98 kg de PV, con una presión de pastoreo fija de 880 kg de PV/ha, no encontró diferencias para ninguno de los parámetros analizados. Las ganancias durante el período lluvioso (PLL) fueron de 0,34; 0,38 y 0,42 kg/animal/día respectivamente. Resultados similares fueron reportados cuando se estudiaron diferentes pesos de incorporación con distintas cargas y presiones de pastoreo. Las ganancias de peso vivo se incrementaron a medida que aumentó el peso de incorporación y disminuyó la presión de pastoreo.

Por otra parte, Soca (2005) al evaluar diferentes pesos de incorporación (menos de 70, 70-90, más de 91 kg) en sistemas silvopastoriles comerciales, obtuvo que los animales con más de 70 kg de peso vivo al

inicio del pastoreo mostraron ganancias superiores a las del grupo de menor peso, en las épocas lluviosa y poco lluviosa, respectivamente. Así como una tendencia a disminuir la carga parasitaria en los animales.

Efecto de la carga y el sistema de rotación en la crianza del ternero

La carga animal es la variable más importante en el manejo de pastos y determina la productividad por animal y por área. Su efecto fundamental es a través de los cambios que se producen en la disponibilidad y el consumo de los pastos con influencias marcadas en la estructura y la composición química de la planta (Canchila, 2014).

Trabajos experimentales para estudiar la carga y el sistema de rotación donde se han utilizado terneros son escasos. Se ha sugerido que los terneros son más susceptibles a la variación de la intensidad de la carga que los rumiantes adultos.

En condiciones tropicales el comportamiento puede ser muy variable debido a la estacionalidad de la producción de pastos. En investigaciones desarrolladas con cargas fijas se ha observado una disminución de la ganancia en la medida que avanza la estación de pastoreo, por el incremento del peso vivo en los animales, así como una disminución progresiva de la disponibilidad de pastos a medida que aumenta la presión de pastoreo.

Al estudiar el efecto de la carga (15, 20 y 25 terneros/ha) y el sistema de rotación (continuo y rotacional) en terneros destetados Simón (1978), observó que en la medida que aumenta la carga las ganancias disminuyen significativamente ($p < 0,001$) en ambas épocas. Un comportamiento similar se aprecia en cuanto a la incidencia parasitaria ($p < 0,001$), con correlaciones significativas entre época e infestación parasitaria ($r=0,57^{***}$) y entre carga e infestación parasitaria ($r= 0,63^{***}$).

Resultados similares fueron reportados por Eichholz *et al.* (1975) en Chile al evaluar el efecto de la presión de pastoreo y el grado de infestación de las praderas en el crecimiento de terneros en pastoreos. Benítez (1980) al evaluar el efecto de la carga en el comportamiento de los terneros encontró que la ganancia de peso vivo/ha se ajustó según una ecuación polinomial y sugirió que la carga expresada en animales/ha carece de sentido si no se relaciona con la calidad y cantidad del pasto disponible por animal.

Por su parte, Iglesias *et al.* (1997) señala que al evaluar el efecto de la carga (6, 10 y 14 animales/ha) en un pastoreo de *Digitalia decumbens* Stent (pangola), con 12 cuartones y 33 días de reposo, los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,001$) a favor de los tratamientos de 6 y 10 terneros/ha, por lo que la carga no debe exceder de estos valores para condiciones de pastoreo de gramíneas en secano.

Aunque se ha planteado un efecto beneficioso de la rotación, el pastoreo rotacional aumenta el riesgo del parasitismo cuando las cargas de animales son exageradas, ya que en estos sistemas el ternero se ve obligado a cortar la hierba más cerca del suelo (Soca *et al.*, 2007).

Enfermedades parasitarias en los terneros en pastoreo

Las enfermedades parasitarias es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la crianza de los terneros a base de pastos, el cual causa considerables pérdidas económicas, especialmente, por disminución del consumo, reducción de las ganancias y la eficiencia alimenticia, menor retención de N y elevada mortalidad (Soca *et al.*, 2007; Stahringer *et al.*, 2017).

Aunque se conozcan los agentes infestantes, la modalidad de su aparición y evolución son variables de un año a otro y con frecuencia de un pastizal a otro resultando difícil la prevención de su intensidad y la influencia que pueda tener en el crecimiento y estado de salud de los animales (Quiroz *et al.*, 2011; Roque, 2014).

Por ello, para reducir la intensidad de infestación y el impacto negativo de las parasitosis en los animales jóvenes será necesario evaluar de forma integral varios factores, entre ellos los más importantes son: los estudios epidemiológicos, las condiciones climáticas, la estacionalidad en la producción de alimentos, la edad y peso a la incorporación, la carga, el sistema de pastoreo y el valor nutricional de los alimentos empleados en esta etapa.

Según Soca *et al.* (2016) los animales son capaces de mantener los niveles de crecimiento bajo infestaciones parasitaria (umbral productivo) cuando reciben un plano nutricional balanceado y niveles de proteínas adecuados, mejorando la tolerancia de los hospederos a estas enfermedades. Así mismo, los animales que reciben dietas altas en proteínas muestran efectos patofisiológicos y signos clínicos menos severos, que los animales con bajos valores en las dietas.

Para relacionar la carga parasitaria con el umbral productivo de los animales se han empleado los métodos de coprología y coprocultivos para obtener información sobre el grado de infestación de los animales y la naturaleza de los parásitos presentes. Sin embargo, no siempre el grado de infestación encontrado está acorde con el comportamiento animal. En este sentido será necesario hacer análisis integrales y la variable más recomendada es el Conteo Fecal de Huevos (CFH) expresado en huevos por gramos de heces, ya que los estudios cualitativos resultan superficiales para estas investigaciones.

Varios han sido los métodos de control empleados para limitar el desarrollo de la infestación parasitaria y sus efectos negativos en los animales. El momento de aplicación de la primera dosis de antiparasitario y su frecuencia son de los factores más controversiales. Generalmente, son aplicados los tratamientos, a principio y mediados o final de la estación de pastoreo, muchas veces sin criterio veterinario, aspectos que limitan el uso de los medicamentos y han traído consigo la aparición de resistencia a los antiparasitarios.

Uno de los aportes más valiosos al control parasitario, en Cuba, a través de los sistemas de pastoreo resultan las investigaciones desarrolladas por Delgado y Mikes (1970), quienes reportan en más de un 90 % el control de las parasitosis pulmonares por *Dictyocaulus viviparus* cuando se utilizan 12 cuartones, tiempos de estancia de tres días y 33 días de rotación.

Sistemas con pastos y forrajes para la alimentación del ternero

Los pastos constituyen la principal fuente de alimentación de los rumiantes en el trópico, ya que garantiza las condiciones ideales de temperatura y humedad para su rápido desarrollo (Ybalmea, 2015). Su mayor reto radica en la sincronización de los requerimientos nutricionales del rebaño y la curva de crecimiento de los pastos como estrategia en el suministro de los alimentos (Soto-Senra *et al.*, 2017).

Sin embargo, al conjugarse estas condicionantes con la aplicación incorrecta de la rotación del pastoreo, la baja calidad nutricional y tolerancia de los terneros al parasitismo, así como el estrés por exceso de movimiento y temperaturas extremas, conllevan a bajas ganancias de peso vivo (Ybalmea, 2015). De ahí la importancia de utilizar otras estrategias de alimentación que permitan un máximo aprovechamiento de los recursos locales adaptados a las condiciones de bajos insumos, y que puedan incluir: heno, ensilajes, forrajes de gramíneas, subproductos agroindustriales y plantas proteicas entre otros alimentos disponibles en el trópico. A través de dietas integrales adaptadas a cada etapa del crecimiento del ternero.

Por estas razones este acápite pretende hacer una síntesis de las principales estrategias utilizadas para la alimentación del bovino joven en sus diferentes fases (lactante y en pastoreo). En algunos casos constituyen investigaciones con más de 50 años, pero que marcan pautas hasta nuestros días en cuanto al manejo y alimentación del ternero.

Sistemas que utilizan heno, forraje verde y ensilaje para terneros lactantes

La utilización del heno en nuestro país, como componente de la ración en bovinos lactantes es una práctica generalizada, la que se fundamenta en el contenido de MS que le permite al ternero hacer un mayor consumo en función a su capacidad estomacal, su efecto buferante en la digestión y para lograr un adecuado desarrollo ruminal.

Se evaluó el efecto de la calidad del heno sobre las ganancias de PV, utilizando los pastos *D. decumbens* (pangola), *Cynodum dactylon* (L.) Pers. (bermuda de costa) y *Choris gayanus* Kunth. (rhodes común) fertilizados con 30 kg de N/ha y cortados a 35 días de edad; mientras que el de mala calidad provenía de esas mismas gramíneas que no recibieron ninguna fertilización y su contenido de proteína era inferior al 7 %. Las ganancias fueron 30 % superiores con el heno de buena calidad (0,56 kg/

día) con respecto al de las gramíneas sin fertilizar (0,39 kg/día). No se encontraron diferencias entre las especies de pastos evaluadas (Iglesias *et al.*, 1997).

Sin embargo, las gramíneas en el proceso de fabricación del heno y durante su almacenamiento sufre pérdidas considerables de nutrientes. De ahí que se hayan evaluado otras alternativas como son el forraje verde y los ensilajes para la alimentación del ternero lactante.

Simón y Cruz (1978) al evaluar la sustitución del heno por forraje verde de la misma especie de pasto (*D. decumbens* PA-32), en terneros machos F2 (3/4 Holstein x 1/4 Brahman) a los 28, 42 y 60 días de edad, reportaron ganancias de peso vivo de 0,43; 0,40 y 0,37 kg/animal/día. El consumo diario de MS por tratamiento fue de 0,35; 0,33 y 0,35 kg/ternero respectivamente. Los resultados mostraron que es factible sustituir el heno en la dieta de terneros lactantes por forraje verde a partir de la cuarta semana de nacidos, principalmente en la época de primavera cuando es difícil contar con henos de buena calidad.

Los autores señalan que los valores obtenidos para las ganancias de PV antes y después del destete no mostraron diferencias significativas. Esto pudiera estar relacionado con el mayor contenido de proteína y caroteno del forraje verde que cubren los requerimientos de los terneros. Por otra parte, permite una adaptación más rápida al pastoreo después del destete.

Otros estudios, pero en condiciones comerciales (Empresa Genética del Este de La Habana) fueron desarrolladas por Simón *et al.* (1984), los cuales evaluaron el efecto de la sustitución del heno por forraje verde y su comportamiento en la raza Holstein y los cruces F2 (3/4 Holstein x 1/4 Cebú) y F3 (7/8 Holstein x 1/8 Cebú). La ganancia de peso vivo en la dieta de forraje difirió significativamente ($p < 0,001$) del heno, mientras que no se encontraron diferencias entre los animales de los diferentes raciales (tabla 1).

Tabla 1. Ganancia media diaria en terneros lactantes alimentados con forraje verde y heno (kg/ternero/día).

Racial	Forraje	Heno	X	ES ±
Holstein	0,565	0,555	0,560	0,0086
F ₂	0,594	0,517	0,556	0,0101
F ₃	0,590	0,554	0,572	0,0072
X	0,583 ^a	0,542 ^b		
ES ±	0,006 ***	0,007 ***		

a,b: Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955) *** $p < 0,001$

Tomado de Simón *et al.* (1984)

El consumo de MS de ambos alimentos fibrosos fue similar, pero el contenido de proteína bruta (PB) del forraje fue 2,4 % superior al del heno. Además, presentó una mejor composición de calcio (Ca) y fósforo (P), los cuales son factores determinantes en la etapa de crecimiento de los animales. En cuanto a la salud se observó una mayor incidencia de la tiña (Dermatomicosis) y conjuntivitis en los terneros que consumían heno en su dieta con respecto al grupo que recibió forraje (tabla 2).

Tabla 2. Incidencia de enfermedades (%) y gastos en medicamentos (pesos).

Enfermedades	Forraje	Heno
Digestivas	24	23
Respiratorias	1,8	1,3
Tiña	1,6	50
Conjuntivitis	0,08	9,2
Gastos medicamentos/ternero (pesos)	0,32	0,45
Tratamientos/ternero	2,2	4,7
Índice de mortalidad	1,6	1,7

Tomado de Simón *et al.* (1984)

Por otra parte, Simón y Docazal (1983) evaluaron el efecto del ensilaje de *D. decumbens* y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst con respecto al forraje verde (pangola) en raciones para terneros F2, los cuales consumían además 4 kg de leche y concentrado a voluntad. Las ganancias de peso vivo no difirieron significativamente (tabla 3). Sin embargo, el consumo de MS fue significativamente ($p < 0,001$) más bajo para el ensilaje de pangola con respecto a los otros tratamientos. Según los autores es factible la utilización del ensilaje como complemento de la ración de terneros lactantes siempre que se utilice concentrado a voluntad.

Tabla 3. Consumo total de alimentos, peso vivo y ganancia diaria.

Tratamientos	PVI (kg)	PVF (kg)	Ganancia (g/animal/día)	Consumo (g)	
				MS	PB
Ensilaje de <i>D. decumbens</i>	34,1	57,8	0,396	1 048,7	282,1
Ensilaje de <i>C. nlemfuensis</i>	34,4	58,7	0,409	1 084,5	288,5
Forraje de <i>D. decumbens</i>	33,9	58,6	0,412	1 077,0	286,7

Modificado de Simón y Docazal (1983)

Sistemas que utilizan heno, forraje verde y ensilaje para terneros destetados

Investigaciones similares han sido desarrolladas para evaluar el uso de estas estrategias de alimentación, pero con terneros destetados en condiciones de estabulación y en pastoreo. Demostrándose las potencialidades que tienen, fundamentalmente en la época de sequía donde disminuye significativamente la producción de pastos en el trópico.

Montoya *et al.* (1978) evaluó el efecto de la suplementación con ensilaje, heno o forraje verde durante el período de seca, utilizando terneros 3/4 Holstein x 1/4 Cebú, de 4-5 meses de edad y 100 kg de peso vivo, en pastoreos de *D. decumbens* con una carga de 8 animales/ha y que consumían 1 kg de concentrado/día. Las ganancias diarias fueron de 0,345; 0,339 y 0,318 kg/animal para las raciones de ensilaje, heno y forraje respectivamente, los que no difirieron significativamente entre sí.

Según los autores, no se encontraron diferencias significativas en el consumo de MS de los distintos suplementos, los cuales representaron entre el 16-20 % de los requerimientos totales de los animales. El bajo consumo estuvo relacionado con la alta disponibilidad de MS y valor nutritivo del pasto. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la fermentación ni desarrollo ruminal, reportándose valores normales para todos los tratamientos evaluados.

Estudios afines fueron desarrollados por Simón *et al.* (1980), quienes evaluaron los efectos del heno y el ensilaje en la sustitución del 50 % del forraje de *D. decumbens* en la dieta de terneros F2 destetados en estabulación y pastoreo. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor del heno y el forraje para el PV final y la ganancia media diaria en los animales estabulados. Mientras que el consumo de MS no difirió significativamente entre tratamientos (tabla 4).

Tabla 4. Comportamiento del peso vivo y consumo de MS en terneros estabulados y en pastoreo.

Parámetros	Ensilaje	Heno	Forraje	ES ±
Estabulados				
Peso vivo inicial	97,7	97,6	97,6	
Peso vivo final	162,5 ^b	173,2 ^a	176,8 ^a	6,18
Ganancia diaria	0,54 ^b	0,3 ^a	0,66 ^a	0,043
Consumo de MS total	3,7	3,4	3,9	
Pastoreo				
Peso vivo inicial	97,2	98,0	97,6	

Parámetros	Ensilaje	Heno	Forraje	ES ±
Peso vivo final	156,6	156,7	153,8	3,02
Ganancia diaria	0,50	0,49	0,42	0,035
Consumo de MS (forraje verde y conservado)	0,75	0,66	0,89	
Consumo de MS (concentrado)	0,92	0,92	0,92	

No se incluyeron los consumos de pasto para los animales en pastoreo.

a, b: Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955).

Modificado de Simón *et al.* (1980)

Las ganancias de PV para el grupo en pastoreo no mostraron diferencias significativas entre las alternativas evaluadas, pero fueron inferiores a la de los animales estabulados. Así mismo fueron evaluados los indicadores hematocrito y hemoglobina para los diferentes grupos experimentales, reportándose valores normales para la especie, excepto los correspondientes a la hemoglobina del tratamiento forraje + 50 % de ensilaje, los cuales se encontraron por debajo del valor mínimo normal.

Aunque la inclusión de ensilados en la dieta de animales jóvenes es suministrada cada vez con más frecuencia, las diferencias en los contenidos de MS y PB con respecto al forraje fresco y el heno son más notables. Aspectos que están relacionados con las pérdidas de nutrientes que sufre el forraje en su conservación durante la fabricación y el almacenamiento. Además, el ensilaje podría afectar la fermentación y desarrollo ruminal si es incluido en un alto por ciento de la dieta.

Aguilera *et al.* (1978) evaluó el efecto del ensilaje en los parámetros ruminales (ácidos grasos volátiles (AGV), amoníaco (NH_3) y el pH del líquido ruminal) en terneros F1, cuando fueron utilizadas diferentes combinaciones en la dieta: (a) 100 % ensilado, (b) 70 % ensilado + 30 % de heno y (c) 70 % ensilado + 30 % forraje.

Se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) en el pH para las distintas horas de muestreo (6,95; 6,85; 7,30; 7,1; 6,09 a las 0, 3, 5, 7 y 9 horas luego de ingerir el alimento). El amoníaco ascendió en todos los tratamientos hasta las 3 h ($p < 0,001$), mientras que los AGV totales mostraron una tendencia a ascender hasta las 7 h en todas las dietas evaluadas ($p < 0,001$).

Según los autores no se produjo ningún efecto clínico patológico en los animales. Sin embargo, debe observarse el suministro de nitrógeno para compensar la escasez de este elemento en la dieta, ya que niveles deficientes a largo plazo podría afectar a los animales, alternándose la síntesis de albúminas en hígado y desbalanceándose la relación albúmina/globulina. Por otra parte, puede influir negativamente sobre la digestibilidad de la celulosa en el rumen y las características bioquímicas del líquido ruminal. Por lo que se sugiere el uso combinado con otros alimentos para lograr buenos resultados productivos.

Sistemas de pastoreo con gramíneas y leguminosas herbáceas

Existe poca información sobre el efecto del tipo de pasto en el crecimiento y desarrollo de los terneros en pastoreo. Por ser el pasto el alimento de menor costo para los rumiantes, es que se debe buscar su utilización más temprana por los animales jóvenes, seleccionando aquellas especies resistentes al pastoreo, de mayor producción y contenido de nutrimentos (Herrera y Cruell, 1983).

Gutiérrez *et al.* (1978) evaluaron el efecto de dos sistemas de manejo en la crianza de terneros (Sistema A: rotación de los terneros solos en 12 cuartones con una estancia de 3 días y Sistema B: rotación de los terneros delante de las vacas en 8 cuartones con una estancia de dos días para cada categoría). La carga empleada en ambos sistemas fue de 8 terneros/ha. No se encontraron diferencias significativas para las ganancias medias diarias (0,497 y 0,519 kg/animal/día para A y B respectivamente).

La incidencia parasitaria fue similar en ambos sistemas. Al respecto, Gutiérrez y Simón (1974) señalan que el comportamiento que este indicador en los terneros está más afectado por el nivel de carga que por

el número de cuartones en que rotan los animales. Sin embargo, la efectividad del sistema B, pudo estar relacionada con la función de aspiradora que desarrollan los animales adultos al pastar la hierba no consumida por los terneros. Donde son ingeridas las fases parasitarias, además permite una mejor aereación y acción de la luz solar contra los huevos y larvas de parásitos, y dan lugar a un rebrote de mayor calidad. Siendo capaces de prevenir una mayor reinfestación del área de pastoreo (Soca *et al.*, 2016).

Resultados similares fueron obtenidos por Simón y Herrera (1987) al evaluar el comportamiento de tres gramíneas en pastoreo con idénticas condiciones de manejo en seco: pangola común (*D. decumbens*), bermuda cruzada-1 (*C. dactylon*) y guinea likoni (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs) que recibieron durante la época de lluvia una fertilización de 80-50-50 kg de NPK/ha/año en dos aplicaciones. Los terneros que pastaron la pangola alcanzaron las mayores ganancias (450-470 g/animal/día) ($p < 0,01$) en la época de lluvia, seguidos por los de guinea likoni (444 g/animal/día). No se observaron diferencias significativas en la época de seca entre tratamientos.

El pasto de peor comportamiento fue bermuda cruzada-1 por su baja persistencia, reflejándose negativamente en el comportamiento de los animales. Mientras que guinea likoni fue la de mayor contenido de PB, que fluctuó entre 8 y 11 %, este parámetro estuvo estrechamente relacionado con la relación hojatallo de dichas especies. Con respecto a la infestación parasitaria no se encontraron diferencias entre tratamientos y los niveles de infestación detectados fueron relativamente bajos.

Por su parte, Simón y Batista (1998) al evaluar el comportamiento de tres asociaciones de *P. maximum* (*Megathyrsus maximus*) cv. Likoni con: *Teramnus labialis* (L. f.) Spreng. cv. Semilla Clara, *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb. cv. Siratro y *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) Verdc. cv. Tinaroo, durante las épocas lluviosa y poco lluviosa por espacio de cuatro años. Solo se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de la asociación con *Teramnus* en la primera estación de seca y de las asociaciones con respecto al testigo ($p < 0,01$) en los contenidos de PB y Ca. El porcentaje de leguminosas de las asociaciones disminuyó considerablemente; mientras se mantuvo estable el de las leguminosas nativas.

En la época de seca las ganancias de peso vivo mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos (tabla 5), los mejores resultados se correspondieron con la asociación *P. maximum* + *T. labialis*, coincidiendo con la mayor disponibilidad de MS. Sin embargo, en la época de primavera no se encontraron diferencias significativas para este indicador, aunque la asociación *P. maximum* + *N. wightii* mostró valores superiores a 500 g.

Investigaciones realizadas por Canchila (2014) al evaluar el comportamiento de tres accesiones de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt (CIAT-679, 16888 y 16886) en suelos de baja fertilidad reportaron buenos resultados productivos en bovinos jóvenes bajo condiciones de pastoreo y sin suplementación. La ganancia neta de producción de carne por animal fue de 149,6; 151,4 y 154,1 kg para las accesiones, respectivamente, pero sin diferencias significativas entre ellas. El promedio de la ganancia media diaria tuvo un comportamiento similar al del peso vivo, sin diferencias significativas, aunque CIAT-16886, alcanzó los mejores resultados (454,5 g/animal/día). Un indicador importante en los animales fue lo relacionado con el perfil sanguíneo y la ausencia de fotosensibilidad, enfermedad que aparece en esta categoría de animales cuando se utilizan especies del género *Brachiaria*.

Tabla 5. Peso vivo y ganancia diaria (kg) en las asociaciones evaluadas.

Tratamientos	Peso vivo		Ganancia (kg/animal/día)	ES ±
	Inicial	Final		
Época de seca				
A	132	211	0,44 ^a	0,0527
B	147	192	0,29 ^b	
C	142	204	0,34 ^b	
D	130	186	0,34 ^b	

Tratamientos	Peso vivo		Ganancia (kg/animal/día)	ES ±
	Inicial	Final		
Época de lluvia				
A	133	184	0,45	0,418
B	125	178	0,46	
C	120	186	0,58	
D	133	187	0,48	

A) *P. maximum* + *T. labialis* B) *P. maximum* + *M. atropurpureum*

C) *P. maximum* + *N. wightii* D) *P. maximum* (testigo)

a,b: Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$ Duncan (1955)

Modificado de Simón y Batista (1998).

De manera general los pastos constituyen una fuente importante para la alimentación de los animales jóvenes en el trópico con ganancias que pueden variar entre 350 y 600 g/animal/día, bajo diferentes condiciones de manejo. Para alcanzar resultados superiores en las tasas de crecimiento de esta categoría será necesario evaluar otras estrategias que permitan elevar la calidad biológica de la dieta, como lo constituyen los árboles y arbustos forrajeros.

Sistemas con árboles y arbustos forrajeros en la alimentación del ternero

Una gran diversidad de especies arbóreas ha sido identificada en diferentes zonas y para las más variadas condiciones edafoclimáticas con alto potencial para la alimentación animal en sistemas silvo-pastoriles (SSP). La utilización del follaje de estas plantas como suplemento va tomando mayor auge en los países tropicales, por ser una fuente proteica más económica que las convencionales (soya, algodón, harina de carne y pescado) (Villanueva *et al.*, 2018). Muchos y muy valiosos han sido los resultados alcanzados durante los últimos 20 años sobre la utilización de estas arbóreas forrajeras para la producción de bovinos jóvenes, desde una visión que integra la nutrición y la salud animal (Chagas, 2015).

En Cuba, Franco *et al.* (2001), al incluir la *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en la alimentación de terneros como suplemento, lograron reducir la edad del destete de más de 6 meses a 4,5 meses y obtuvieron ganancias de 456 g/animal/día en los animales suplementados con respecto a los del tratamiento sin suplementación (310 g/animal/día).

Mejias *et al.* (2003), al estudiar el efecto de una asociación de gramíneas con leguminosas arbóreas en terneras de lechería encontraron un potencial adecuado para la ganancia de peso vivo durante el período poco lluvioso con valores de 452 g/animal/día. Este comportamiento se correspondió con un buen crecimiento y desarrollo corporal de las terneras en esta etapa, mostrando diferencias significativas con respecto al tratamiento con gramíneas en monocultivo.

Sin embargo, Soca *et al.* (2007) al evaluar sistemas silvopastoriles (*L. leucocephala* y pastos naturales) en condiciones comerciales reportaron ganancias de peso vivo entre 390 y 640 g/animal/día. Según los autores las variaciones estuvieron relacionadas con la edad y peso de incorporación al pastoreo, el sexo de los animales y el manejo del sistema.

Resultados similares han sido observados al utilizar forrajeras no leguminosas para la suplementación de bovinos jóvenes en pastoreo o estabulados. Estudios realizados por (Milera *et al.*, 2010), al utilizar *Morus alba* (morera), reportan ganancias de peso vivo entre 405 y 759 g/animal/día, sin la utilización de concentrado, dado por la alta calidad del forraje (PB: 20,5-24,6 % / FB: 16,6-20,3 %).

Mientras que, Soca *et al.* (2010) al evaluar el efecto de la suplementación con morera en la productividad y la salud de los animales, observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) en el incremento del peso vivo y la ganancia media diaria ($p < 0,05$), con valores superiores a 600 g/animal/día en los animales suplementados con respecto al tratamiento control (pastoreo + concentrado).

Por su parte, Lezcano-Más (2013) reportan incrementos de pesos vivo ($p < 0,01$) y ganancias medias diarias superiores a 525 g/animal/día al utilizar el forraje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para

la suplementación de terneros en pastoreo después del destete. Todos los autores coinciden en que la inclusión de estas especies forrajeras no modifica el perfil sanguíneo en los animales, encontrándose en todos los casos dentro de los parámetros normales para la especie. Otro factor importante es la expresión de la salud en los animales, en los cuales disminuye apreciablemente la carga parasitaria (Lezcano-Más *et al.*, 2016).

La presencia de los árboles disminuye la incidencia por nematodos gastrointestinales en rumiantes. Según (Soca *et al.*, 2016), el pastoreo de animales jóvenes en SSP disminuye significativamente ($p < 0,01$) la carga parasitaria con valores inferiores al umbral productivo de los animales manejados en el SSP con respecto a los que pastorean en sistemas con gramíneas mejoradas (≥ 500 hpg) (tabla 6).

Los sistemas silvopastoriles propician condiciones medioambientales adecuadas en cuanto a humedad y temperatura, mayores contenidos de materia orgánica, incremento en la deposición de hojarasca y un mayor reciclaje de nutrientes, lo cual permite una intensa actividad biológica en el suelo (Soca *et al.*, 2006). La fauna benéfica del suelo, principalmente los coleópteros coprófagos participan en la rápida descomposición de las excretas y por ende, la reducción de la carga parasitaria. Además, contribuyen a la aireación y descompactación del suelo y al incremento de la fertilidad de las pasturas por la incorporación constante de nutrientes (Soca *et al.*, 2011).

Tabla 6. Comportamiento de la carga parasitaria (hpg) de nematodos gastrointestinales en animales en sistemas silvopastoriles.

Sistema	Conteo fecal de huevos		
	Anual	Época poco lluviosa	Época lluviosa
Sistema silvopastoril	2,48 (520) ^a	2,36 (471) ^a	2,64 (596) ^a
Sistema sin árboles	3,013 (1 412) ^b	2,97 (1 183) ^b	3,14 (1 814) ^b
ES \pm	0,066***	0,113***	0,076***

() Valores sin transformar, hpg huevos por gramos de heces

a, b: Valores con superíndices diferentes difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955) *** $p < 0,001$

Tomado de Soca *et al.* (2016)

La mayor parte de las especies arbóreas utilizadas en SSP constituyen no solo un alimento de excelente calidad nutricional (Murgueitio *et al.*, 2015), sino también una fuente de componentes fitoquímicos bioactivos (taninos, alcaloides, flavonoides, entre otros), los cuales representan una alternativa para disminuir la incidencia de enfermedades en los animales (Chagas, 2015). Promueven acciones antioxidantes, cicatrizantes, entre otras, a través de las cuales se modula la respuesta inmune, incrementándose el estado de resiliencia de los animales. Por tanto, se pueden catalogar como plantas nutraceuticas ya que combinan efectos positivos tanto para la nutrición como para la salud animal (López-Vigoa *et al.*, 2017).

Sistemas estabulados para la crianza de terneros

Los sistemas estabulados son aquellos que concentran los animales en un área dada, cuyo objetivo principal es incrementar la producción en el menor tiempo posible para así obtener un mayor beneficio económico (Contexto Ganadero, 2013). Entre sus ventajas se encuentra la eficiencia de conversión de los alimentos, el control del animal y el uso más eficiente del espacio.

Sin embargo, para obtener buenos resultados será necesario respetar el espacio vital y el frente de comedero y bebedero que aseguren el acceso por igual de los animales al agua y los alimentos. Bajo estas condiciones el suministro de alimentos balanceados para cubrir los requerimientos de los animales y la infraestructura constituyen los ejes principales. En los últimos años estos sistemas de crianza han sido cuestionados por las condiciones de vida a la que son sometidos los animales (Romero-Tuta y Suárez-García, 2018).

Una de las principales limitantes lo constituyen los factores higiénicos para lograr condiciones de confort apropiadas. El hacinamiento de los animales podría ser una fuente importante de contamina-

ción (materia orgánica) que puede presentarse como vehículo para la aparición de enfermedades sino son tratadas de forma correcta. Otras desventajas lo constituyen el elevado consumo energético y la necesidad de una gran cantidad de agua para el mantenimiento de las instalaciones.

En el trópico no se justifica la utilización de sistemas estabulados, dado a los beneficios que nos brinda clima para la producción de pastos, forrajes y plantas proteicas que pueden ser utilizadas para la alimentación animal. Por otra parte, la tendencia a consumir carne proveniente de animales criados solo apasto, ha experimentado un constante ascenso en los últimos años, así como su precio, debido a los múltiples beneficios para la salud. Los sistemas de pastoreo requieren menos esfuerzo, costo e inversión que una estabulación. Además, se garantiza a los animales un ambiente más natural y una mejor contribución al medio ambiente.

Consideraciones finales

Los pastos y forrajes constituyen una fuente importante para la alimentación de los animales jóvenes en el trópico, los cuales pueden ser suministrados en formas frescas o conservadas (heno y ensilaje), bajo diferentes condiciones de manejo fundamentalmente en la época de sequía donde disminuye significativamente la producción de forraje.

Entre las variables que mayor influencia ejercen en este comportamiento se encuentran el peso a la incorporación, la carga, la rotación, la suplementación y la relación con el comportamiento productivo y las enfermedades parasitarias de los animales en pastoreo.

De ahí que para alcanzar resultados superiores en los indicadores productivos de esta categoría será necesario implementar otras estrategias de alimentación como los sistemas silvopastoriles (árboles en pasturas o bancos forrajeros proteicos). La combinación del estrato arbóreo y herbáceo, la disponibilidad de materia seca, la altura del pasto, el hábito del ramoneo, la calidad nutricional de la dieta y las condiciones de confort determinan un mejor comportamiento productivo y una disminución apreciable de la presencia de enfermedades en los animales.

Referencias bibliográficas

- AGUILERA, G. R.; GUTIÉRREZ, A. & ROSARIO, E. Influencia de una dieta a base de ensilaje de hierba elefante napier (*Pennisetum purpureum*, Schumacher) sobre algunos parámetros ruminales en terneros F1 (Holstein x Cebu). *Pastos y Forrajes*. 1 (1):163-178, 1978.
- BACHA, F. Nutrición del ternero neonato. En: P. G. Rebollar, C. de Blas y G. G. Mateos, eds. *Avances en nutrición y alimentación animal*. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. p. 277-301, 1999.
- BENÍTEZ, D. *Estudio de algunos factores que afectan el comportamiento de terneros en pastoreo*. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, 1980.
- BENÍTEZ, D. & SIMÓN, L. Crianza de bovinos jóvenes en pastoreo. En: J. Ugarte, R. S. Herrera, R. Ruiz, R. García, C. M. Vázquez y A. Senra, eds. *Los pastos en Cuba*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal p. 477-507, 1983.
- CAMARGO, CARLA M.; ROLOFF, G. & MALINOVSKI, J. R. Water quality originating from forest roads in Southern Brazil. *Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science*. [CD-ROM]. Philadelphia, USA: International Union of Soil Sciences, 2006.
- CANCHILA, E. R. *Evaluación de accesiones de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickhardt en suelos de baja fertilidad en Barrancabermeja, Colombia*. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2014.
- CASTILLO-OLIVERA, J. O.; GUERRA-MEDINA, C. E.; Ley-de-Coss, A.; Montañez-Valdez, O. D.; Reyes-Gutiérrez, J. A.; Escobar-España, J. C. et al. Respuesta productiva de becerros lactantes suplementados con alimento iniciador más cultivo de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). *Acta Universitaria*. 28 (1):1-7, 2018.

- CHAGAS, A. C. S. Medicinal plant extracts and nematode control. *CAB Reviews*. 10 (008). https://www.researchgate.net/publication/275958494_Medicinal_plant_extract_and_nematode_control, 2015.
- Contexto Ganadero. *Informe: Sistemas de estabulación, ¿una apuesta arriesgada para su predio?* <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible>. [26/11/2018], 2013.
- DELGADO, A. & MIKES, J. Estudio sobre la bronquitis verminosa del ganado bovino en Cuba. *Rev. cubana Cienc. vet.* 1:13-17, 1970.
- DÍAZ-REYES, A.; LAURENCIO-SILVA, MARTHA & PÉREZ-QUINTANA, M. *Factores que influyen en el desarrollo ruminal de terneros de 0 a 6 meses de edad*. Matanzas, Cuba: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, 2009.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- EICHHOLZ, J.; TOLOSA, J. & SESNIC, A. Crecimiento de terneros en praderas: Efecto de la presión de pastoreo y el grado de infestación de la pradera por nemátodos gastrointestinales. *Ciencia e Investigación Agraria*. 2 (3-4):157-161, 1975.
- FRANCO, R.; VARGAS, S.; PADRÓN, YENY & MOLINA, S. La leucaena: una opción para la alimentación de los terneros. *ACPA*. 1:47-50, 2001.
- GUTIÉRREZ, A. & SIMÓN, L. *Efecto de la rotación y la carga en pastoreo de terneros sobre la ganancia de peso vivo y la incidencia parasitarias*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1974.
- GUTIÉRREZ, A.; SIMÓN, L.; PERDOMO, A. & CRUZ, R. Efecto de dos sistemas de manejo en la crianza de terneros. *Pastos y Forrajes*. 1 (1):155-161, 1978.
- HERAS, J.; OSORIO, M.; SEGURA, J.; ARANDA, E. & AGUILAR, J. Factores que afectan las constantes de la curva de crecimiento en becerros en un sistema doble propósito en el trópico. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 16 (4):393-397, 2008.
- HERRERA, R. & CRUPELL, S. R. *Evaluación de tres gramíneas en pastoreo en la crianza de terneros*. Trabajo de diploma. San José de las Lajas, Cuba: ISCAH, 1983.
- IGLESIAS, J. M.; SIMÓN, L.; MILERA, MILAGROS & LAMELA, L. Sistemas de producción a base de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*. 20 (1):73-100, 1997.
- KHAN, M. A.; BACH, A.; WEARY, D. M. & KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: transitioning FROM MILK TO SOLID FEED IN DAIRY HEIFERS. *J DAIRY SCI*. 99:885-902, 2016.
- LANE, M. A.; BALDWIN, R. L. & JESSE, B. W. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. *J. Anim. Sci.* 78:1990-1996, 2000.
- LEZCANO-MÁS, YOHANKA. *Propiedades antiparasitarias de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray en el tratamiento de estrongílicos gastrointestinales en bovinos jóvenes*. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: CENSA, 2013.
- LEZCANO-MÁS, YOHANKA; SOCA-PÉREZ, MILDREY; ROQUE-LÓPEZ, EUGENIO; OJEDA-GARCÍA, F.; MACHADO-CASTRO, R. & FONTES-MARRERO, DAYAMI. Forraje de *Tithonia diversifolia* para el control de estrongílicos gastrointestinales en bovinos jóvenes. *Pastos y Forrajes*. 39 (2):133-138, 2016.
- LOMILLOS, J. M.; ALONSO, MARTA E.; GONZÁLEZ, J. R. & GAUDIOSO, V. R. Efecto del manejo de la alimentación sobre la estructura de la mucosa ruminal del toro de lidia. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 27 (5):310-318, 2017.
- LÓPEZ-VIGO, O.; SÁNCHEZ-SANTANA, TANIA; IGLESIAS-GÓMEZ, J. M.; LAMELA-LÓPEZ, L.; SOCA-PÉREZ, MILDREY; ARECE-GARCÍA, J. *et al.* Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):83-95, 2017.
- MEJIAS, R.; MICHELENA, J. B.; RUIZ, T. E.; CINO, DELIA M.; GONZÁLEZ, M. E. & ALBELO, N. Sistema de crianza de hembras bovinas, en la etapa de terneras, con la utilización de leguminosas. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 37:251-256, 2003.
- MILERA, MILAGROS; SÁNCHEZ, TANIA & MARTÍN, G. J. *Morus* sp. para la alimentación de bovinos en desarrollo (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*. 33 (1):73-79, 2010.
- MONTOYA, M.; SIMÓN, L. & ALFONSO, A. Efecto de la suplementación con forraje, heno o ensilaje a ternero en pastoreo durante la sequía. *Pastos y Forrajes*. 1 (3):447-454, 1978.
- MURGUETIO, E.; FLORES, MARTHA X.; CALLE, ZORAIDA; CHARÁ, J. D.; BARAHONA, R. & MOLINA, C. H. *et al.* Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Florencia Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola and B. Eibl, eds. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Cali, Colombia, Turrialba, Costa Rica: CIPAV, CATIE. p. 59-101, 2015.
- ØRSKOV, E. R. & RYLE, M. *Energy nutrition in ruminants*. United Kingdom: Chalcombe Publications, 1998.

- PATIÑO, P. R.; PRIETO, M. E.; MONTES, V. D.; MEZA, S. O. & SIERRA, P. A. Evaluación de estrategias de manejo alimenticio de terneros del sistema doble propósito en la región Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *LRRD*. 24 (5). <http://www.lrrd.org/lrrd24/5/pati24090.htm>. [03/12/2016], 2012.
- PEYRELLADE, J. & GALE, V. E. *Experimento de destete temprano con terneros Holstein*. Serie Biológica. No. 32. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Biología, 1971.
- PRIETO, ESPERANZA; MONTES, D.; PATIÑO, P. R.; CUELLO, HEYMI & REGINO, CARMEN. Desempeño productivo y comportamiento ingestivo de terneros recibiendo diferente manejo alimenticio en un sistema doble propósito, Departamento de Sucre, Colombia. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 5 (2):380-395, 2013.
- QUIROZ, H.; FIGUEROA, J. A.; IBARRA, F. & LÓPEZ, MARÍA E. *Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos*. México: Editorial LIMUSA, 2011.
- Reyes, J. & Gómez, C. Uso de pasta de algodón (*Gossypium barbadense* L.) de bajo nivel de gopisol en la alimentación de terneras Holstein. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 29 (2):419-428, 2018.
- ROMERO-TUTA, J. D. & SUÁREZ-GARCÍA, N. *Análisis del manejo de praderas y uso de fertilizantes en producciones bovinas doble propósito en el municipio de Cóbbita Departamento de Boyacá*. Trabajo de investigación, presentado como requisito para optar el título de Zootecnista. Boyacá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2018.
- ROQUE, E. *Fundamentos de parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos*. Mayabeque, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, 2014.
- ROTGER-CERDÁ, AINA. *Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía-proteína en terneras en cebo intensivo*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Producción Animal. Barcelona, España: Universidad de Barcelona, 2005.
- SIMÓN, L. *Efecto del manejo y la alimentación en el desarrollo de bovinos jóvenes*. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinaria. La Habana: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, 1978.
- SIMÓN, L. & BATISTA, J. Evaluación de tres asociaciones de *Panicum maximum* cv. Likoni con leguminosas volubles en pastoreo con terneros destetados. *Pastos y Forrajes*. 21 (1):81-86, 1998.
- SIMÓN, L. & CRUZ, R. Sustitución del heno por forraje verde en la dieta de terneros lactantes. *Pastos y Forrajes*. 1 (2):315-320, 1978.
- SIMÓN, L. & DOCAZAL, G. Utilización de ensilaje en la dieta de terneros lactantes. *Pastos y Forrajes*. 6 (3):383-389, 1983.
- SIMÓN, L.; GONZÁLEZ, E. & MONTOYA, M. Efecto del forraje, heno y ensilaje en la dieta de terneros destetados en estabulación y pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 3 (3):455-462, 1980.
- SIMÓN, L. & HERRERA, R. Evaluación de tres gramíneas de pastoreo en la crianza de terneros. *Pastos y Forrajes*. 10 (2):183-188, 1987.
- SIMÓN, L.; LAMELA, L.; FERNÁNDEZ, H. & PÉREZ, C. Utilización del forraje verde en terneros lactantes en condiciones de producción. *Pastos y Forrajes*. 7 (2):229-237, 1984.
- SOCA, MILDREY. *Los nematodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes. Comportamiento en los sistemas silvopastoriles cubanos*. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinaria. San José de las Lajas, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, 2005.
- SOCA, MILDREY; OJEDA, F.; GARCÍA, D. E. & SOCA, MAYLIN. Efecto del forraje de *Morus alba* en los indicadores productivos y de salud de bovinos jóvenes en pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 33 (4):433-440, 2010.
- SOCA, MILDREY; SIMÓN, L. & ROQUE, E. Árboles y nematodos gastrointestinales en bovinos jóvenes: un nuevo enfoque de las investigaciones. *Pastos y Forrajes*. 30 (ne):21-34, 2007.
- SOCA, MILDREY; SIMÓN, L.; ROQUE, E.; MILERA, MILAGROS & OJEDA, F. Influencia de la biota del suelo en la carga parasitaria de las excretas y los animales en sistemas silvopastoriles. En: Milagros Milera, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 349-368, 2011.
- SOCA, MILDREY; SIMÓN, L.; ROQUE, E.; ROCHE, YAIMA; AGUILAR, A. & SOCA, MAYLIN *et al.* Efectos de los sistemas silvopastoriles en el control de los nematodos gastrointestinales de los bovinos en pastoreo. En: J. E. Guerra-Liera, R. Barajas-Cruz, J. F. Inzunza-Castro, J. A. Saltijeral-Oaxaca y A. Córdova-Izquierdo, comps. *Bienestar animal: Alternativas para la producción de los bovinos*. México: Editorial: UAS-Juan Pablos. p. 155-168, 2016.
- SOCA, MILDREY; SIMÓN, L.; ROQUE, E.; SOCA, MAYLIN & GARCÍA, D. E. Influencia de la macrofauna edáfica en la desaparición de las excretas en un sistema silvopastoril. *Pastos y Forrajes*. 29 (2):169-176, 2006.

- SOTO-SENRA, S. A.; GUEVARA-VIERA, R. V.; GUEVARA-VIERA, G. E.; LOYOLA-ORÍYÉS, C. J. DE; BERTOT-VALDÉS, J. A.; SENRA-PÉREZ, A. F. *et al.* Reflexiones acerca de la adopción y extensión de un modelo de producción de leche estacional en Camagüey, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 40 (1):3-15, 2017.
- STAHRRINGER, R. C.; NAVAMUEL, J. M. & KUCSEVA, C. D. *Suplementación invernal con expeller de algodón a vacuillas en pastoreo con forraje de baja calidad. Efectos sobre parámetros productivos*. Sitio Argentino de Producción Animal. Argentina: INTA. <http://www.produccionanimal.com>. [03/12/2017], 2017.
- TORRES-DIEZ, N. & BESPALHOK-JACOMETO, CAROLINA. *Programación fetal y nutrición temprana en terneras: impactos en el metabolismo y la producción de leche*. Bogotá: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, 2018.
- UGARTE, J.; PERÓN, L. N. & PRESTON, T. R. Effect of early weaning on pastures on pens on Holstein calves performance. *Cuban J. Agric. Sci.* 9:27, 1975.
- VILLANUEVA, C.; CASASOLA, F. & DETLEFSEN, G. *Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica*. Serie técnica. Boletín técnico No. 87. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2018.
- WALSHE, M. S.; DOWNEY, N. E. & CONNOLLY, E. Comparison of three systems of grazing management including observations the occurrence of parasitic bronchitis. *Ir. J. Agric. Res.* 10:161-172, 1971.
- YBALMEA, R. Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 49 (2):141-152, 2015.
- YBALMEA, R.; JORDÁN, H.; DELGADO, DENIA; CHONGO, BERTHA; ORTEGA, J. & VERA, ANA M. Efecto de la proporción y tipo de fibra de las dietas integrales en la morfometría y desarrollo del estómago de terneros jóvenes. *Rev. cubana Cienc. agric.* 39 (3):279-285, 2005.

CAPÍTULO 15. Sistemas de pastoreo para hembras bovinas de reemplazo

Jesús Manuel Iglesias-Gómez¹, David Hernández-Torrecilla¹, Leonel Simón-Guelmes^{1†},
Ciro Andrés-Zamora-Mojena² y Raúl A. Mejías-Rodríguez²

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Cuba

Introducción

Es conocido que las hembras bovinas en crecimiento se subalimentan y son víctimas de un mal manejo zootécnico en casi toda el área tropical. Comúnmente, estas pastan en áreas de mala calidad y, además, reciben una suplementación escasa. Esto trae como consecuencia que, a largo plazo, la deficiente alimentación o la escasez de nutrientes afecte los rendimientos reproductivos, de tal forma que, aunque se suplementen en etapas posteriores con dietas de alto valor nutritivo, es imposible restablecer los rendimientos, aun cuando el animal posea un peso vivo lo suficientemente grande para su actividad reproductiva (Perón, 1984).

Sin embargo, los estudios de Rosete y Zamora (1988) indican que con planos adecuados de alimentación y ganancias por encima de 0,4 kg/día, la novilla (futura madre) puede tener su primer ternero con un peso adecuado (280 kg para razas grandes), lo que permitirá una gestación temprana, aproximadamente de uno a dos meses después de su incorporación, con uno o dos servicios por gestación.

Por su parte, Álvarez y Hernández (1999) plantearon que es necesario garantizar en las hembras de reemplazo una ganancia diaria de 0,600-0,700 kg/animal desde los tres a cuatro meses hasta la aparición de la pubertad. Estas deben ganar más de 0,700 kg desde la pubertad hasta los 24 meses de edad, de manera tal que, al gestarse, cuenten con no menos de 280 kg de peso vivo y una condición corporal entre 3 y 3,5 (escala de 5 puntos), y el primer parto lo alcancen con 425-450 kg de peso, a una edad menor que 30 meses. A su vez, recomiendan que, para la búsqueda de una mayor eficiencia reproductiva, el ganadero tiene que lograr en la categoría de novillas un intervalo incorporación-inseminación de 42 días, gestarla antes de los 60 días y no más de 350 días después de incorporada, para lograr su primer parto.

Actualmente, el peso de incorporación de novillas Holstein y sus cruces en Cuba, en condiciones de producción, varía normalmente entre 270 y 280 kg de peso vivo, con una edad de incorporación que se encuentra por encima de lo deseado (27-28 meses y hasta tres años), pues en novillas normalmente alimentadas debe estar entre 19 y 20 meses. Esto está dado por la situación que atraviesa la ganadería, en la cual existe gran déficit alimentario, principalmente en la época poco lluviosa, lo que se conjuga con un deficiente manejo zootécnico en las edades tempranas de desarrollo de la hembra en crecimiento.

Por lo tanto, se hace necesario buscar alternativas de alimentación que, aunque no cumplan con los indicadores de ganancia deseados, al menos se ajusten a las condiciones prevalecientes y a los recursos naturales disponibles en el país, y que garanticen la sostenibilidad necesaria en el componente animal. El objetivo del capítulo es caracterizar los sistemas de alimentación con bajos insumos que han sido desarrollados en la cría de hembras de reemplazo de diferentes genotipos o razas.

Principales tecnologías desarrolladas en la alimentación de hembras de reemplazo

Sistemas con miel y urea

En estudios realizados en el Instituto de Ciencia Animal se ha comprobado que la suplementación con miel o caña en hembras en desarrollo durante el período poco lluvioso, no incrementa la ganancia

individual por encima de 0,550 kg/animal/día. Sin embargo, cuando se introduce la urea para estos dos tipos de alimentos, la ganancia se eleva hasta 0,700 kg; de ahí la necesidad de una cantidad de nitrógeno que se fermente en el rumen, para que estos sistemas sean más eficientes (Ruiz y Febles, 1999). En este sentido, Rodríguez et al. (1998) obtuvieron resultados satisfactorios en la alimentación de las hembras mestizas, desde edades tempranas, con el uso de la caña entera troceada, cuando adicionaron 200 g de urea a la caña (20-25 kg de material verde) que propició una ganancia diaria en la época poco lluviosa de 0,511 kg por animal; mientras que los animales que recibieron caña sin urea perdieron 67 g diarios.

Utilización de sacharina

La saccharina, alimento resultante de la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar, también se ha utilizado como suplemento proteico-energético de hembras bovinas en pastizales de gramíneas de secano.

Zarragoitia et al. (1990) compararon sistemas de pastoreo de bermuda 68 (*Cynodon dactylon* cv. 68) + 2 kg de concentrado (58 % de saccharina) con sistemas donde la gramínea estaba asociada con leucaena, y encontraron que la ganancia de peso vivo hasta la incorporación a la reproducción fue de 0,735 kg/día para la saccharina. En este experimento la edad a la incorporación estuvo por debajo de los 20 meses en todos los tratamientos y los autores no encontraron respuesta a la inclusión de miel final en la dieta de la asociación.

Sistemas con suplementación de concentrados

Zamora et al. (2000) recomendaron un sistema de alimentación que ofrece el concentrado (16,8 % de PB y 4,5 % de FB) de forma libre según la edad: a partir de los 30 días de nacidas las terneras; se mantiene a razón de 2 kg diarios desde los dos hasta los nueve meses y se reduce hasta 1,5 kg/animal/día desde los 10 hasta los 18 meses. El pastoreo comienza a los cuatro meses de edad, en cuarterones de pastos cultivados y fertilizados con 80 kg de N/ha/año, los cuales deben garantizar una disponibilidad mayor que 6 kg de MS por cada 100 kg de peso vivo. La ganancia desde los 180 días hasta los 18 meses de edad fue superior a los 0,500 kg/animal/día (0,571) y se logró un peso a la incorporación de 328 kg. Con este sistema, la edad al primer servicio ocurrió 1,4 meses después de la incorporación a la reproducción y la edad a la gestación a los 21,3 meses, con un peso de 364 kg.

Sistemas con leguminosas

Con respecto al uso de las leguminosas para la alimentación de las hembras de reemplazo, Simón et al. (1993) reportaron que durante la época de poca lluvia es posible alcanzar una ganancia individual superior a los 0,500 kg/animal/día en añejas en crecimiento que pastan asociaciones de andropogon (*Andropogon gayanus*) con centrosema (*Centrosema pubescens*), de forma rotacional y con carga de 2 animales/ha; este resultado no difirió del obtenido en guinea común fertilizada con 200-30-50 kg de NPK/ha/año. Estos mismos autores obtuvieron ganancias de 0,477 y 0,431 kg/animal/día en una asociación de guinea común con leucaena (*Leucaena leucocephala*) y guinea (*Megathyrsus maximus*) común fertilizada con 150 kg de N/ha/año, respectivamente, y no observaron diferencias en las ganancias individuales entre sistemas.

Los datos de Franco y Vargas (1998) corroboran la importancia de las leguminosas en la alimentación de las hembras en la etapa de terneras y hasta el destete. La inclusión de la leucaena (0,8-1 kg en base fresca/ternera/día), junto al forraje de king grass, permitió reducir la edad al destete de seis a cuatro meses, con un ahorro de 90 kg de leche por ternero. Además, se elevó la ganancia media por ternera de 0,300 a más de 0,450 kg diarios. Los estimados realizados por estos autores predicen que, si estas ganancias se mantienen en la fase posdestete, podría reducirse la edad de incorporación a la reproducción de 27 a 18,5 meses de edad.

Por su parte, Mejías *et al.* (2000) estudiaron un sistema donde se demostró la ventaja de una adecuada alimentación en la fase posdestete de las terneras, que pastorearon una asociación de pangola (*Digitaria decumbens*) y stylo (*Stylosanthes guianensis*) y obtuvieron una ganancia en esa fase inicial, de 0,478 kg/animal/día. Este incremento diario de peso es un buen valor y se corresponde con lo señalado por Rosete y Zamora (1990) como adecuado para lograr un desarrollo normal de la hembra bovina. Dicha ganancia, además, permitió que los animales arribaran a la etapa de añoja con más de 200 kg de peso vivo y que comenzaran el pastoreo en una asociación de leucaena-guinea en el 100 % del área, donde la ganancia diaria fue de 0,513 kg/animal, una edad a la incorporación de 22,3 meses, con un peso vivo de 304,5 kg. Es de destacar que en el período poco lluvioso la ganancia superó los 0,420 kg/animal/día, incluso sin suplementos adicionales, solo basado en el pastoreo de la asociación.

Ruiz *et al.* (1990) recomendaron la cría de hembras en desarrollo mediante el empleo de los bancos de proteína de libre acceso o acceso limitado de los animales y suplementación con concentrados en la época poco lluviosa (tabla 1). Con estos sistemas, los animales se incorporan a la reproducción a los 19 meses, con un peso vivo de 324 kg, y se obtiene una ganancia acumulada de 0,634 kg/animal/día, para un peso final de 386 kg. También recomendaron ofrecer alimentos voluminosos durante el período poco lluvioso, si el sistema se establece en condiciones de secano con dosis bajas de fertilizante nitrogenado.

Tabla 1. Principales indicadores a considerar en la tecnología para hembras de reemplazo con bancos de proteína

Animal	Edad o peso	Carga (animales/ha)	Fertilización N	Banco de proteína	Área	Suplemento
Añoja	10-12 meses 150-200 kg	4	Sí	Acceso libre	30-50%	A partir de 0,600 kg/animal/día
Novilla	-	3-3.5	Sí	Acceso limitado	25-30%	400 kg PV/novilla

Fuente: adaptado de Ruiz *et al.* (1990)

En este mismo sentido, Hernández *et al.* (1997) y Hernández *et al.* (2001) sustituyeron la cría de hembras en pastos naturales, por un sistema de banco de proteína con *L. leucocephala* (2 300 plantas/ha) y *A. gayanus* como pasto base. En tres ciclos de manejo se obtuvo una edad promedio de incorporación de 25 meses, con un peso mayor que 275 kg. El primer diagnóstico (realizado a los tres meses después de la incorporación) mostró el 59,7 % de gestación, con un incremento de PV hasta 345 kg y una ganancia de 0,473 kg/animal/día. Estos indicadores mantuvieron una tendencia estable de mejora, lo que propició resultados finales positivos con 91,9 % de natalidad, 36 kg de PV al nacer y ganancia de 0,440 kg/animal/día en los terneros hasta el destete, con un estado físico normal en las madres. Anteriormente la crianza de estas hembras Cebú en pastos nativos resultaba muy dilatada, con edad a la incorporación superior a los 30 meses y muy baja ganancia de peso vivo en la época de poca lluvia.

En investigaciones realizadas por Iglesias (2003), el peso vivo promedio entre los animales que pastaron una asociación de leucaena con guinea likoni y el del sistema de banco de proteína difirieron estadísticamente al finalizar las evaluaciones y fue superior en el tratamiento de la asociación en 18,1 kg. En la tabla 2 se muestra el comportamiento animal hasta su incorporación a la reproducción; se tomó el criterio de que las añojas se incorporaban con un peso de 295-300 kg.

Tabla 2. Comportamiento de añojas de reemplazo hasta su incorporación a la reproducción

Indicador	Asociación	Banco de proteína	ES±
Peso vivo inicial (kg)	103,2	101,6	5,6
Edad (meses)	13,4	12,5	0,3
Peso vivo final (kg)	310,4	292,3	5,2**
Edad (meses)	27,4	26,5	0,3

Indicador	Asociación	Banco de proteína	ES±
Ganancia en la lluvia (kg/día)	0,577	0,576	13,9
Ganancia en la seca (kg/día)	0,409	0,331	13,9***
Ganancia acumulada (kg/día)	0,493	0,454	9,8***

p < 0,01 *p < 0,001

Teniendo en cuenta estos resultados, se propuso determinar las posibilidades productivas del sistema “asociación en toda el área de pastoreo” (Iglesias *et al.*, 2003; 2009) para la crianza de hembras de genotipos característicos de los rebaños comerciales lecheros cubanos. En estas investigaciones la utilización de insumos fue mínima, ya que los pastos no fueron fertilizados ni regados; mientras que los animales tampoco recibieron ningún tipo de suplementación durante la época poco lluviosa. La alta disponibilidad de pastos, además del aporte brindado por las leguminosas rastreras y la leucaena mediante el ramoneo y la poda, permitieron que las añejas cubrieran sus requerimientos nutritivos y obtuvieran ganancias deseadas para esta categoría (tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento de los animales durante el ciclo de crianza

Indicador	Asociación	Banco de proteína	ES±
	Tipo de animal		
	F ₁	Siboney	ES ±
Peso vivo inicial (kg)	164,2	170,9	2,47
Peso vivo final (kg)	294,9	280,8	3,67*
Edad a la incorporación (meses)	22,7	22,8	1,05
Ganancia promedio acumulada (g/animal/día)	0,524	0,440	20,08**
Ganancia promedio en el período poco lluvioso (g/animal/día)	0,508	0,421	18,68**
Ganancia promedio en el período lluvioso (g/animal/día)	0,584	0,495	18,08**

*p < 0,05

**p < 0,01

F1 (½ Holstein x ½ Cebú)

Siboney (5/8 Holstein x 3/8 Cebú)

Los animales mestizos del tipo F₁ alcanzaron ganancias superiores a los 0,500 kg diarios, tanto en la época poco lluviosa como en la lluviosa, con una ganancia acumulada de más de 0,520 kg al término del ciclo de cría que difirió (p < 0,01) de la alcanzada por las hembras del genotipo Siboney. También hubo diferencias significativas (p < 0,05) a favor de los animales F₁ en cuanto al peso final alcanzado para la monta (294,9 vs 280,8 kg), a pesar de que estos fueron ligeramente menos pesados al comenzar el pastoreo. La edad a la incorporación fue similar en ambos grupos de animales, con valores cercanos a los 23 meses.

Por su parte, López *et al.* (2010) evaluaron el comportamiento productivo de hembras en desarrollo de los genotipos F1 (Holstein x Cebú) y mestizas criollas en condiciones de producción en sistemas con asociación de gramíneas y leucaena. Los animales F1 se incorporaron a la reproducción con 308,8 kg de peso a la edad de 28,6 meses, y los mestizos criollos con 336,8 kg de peso y 26,9 meses de edad; la ganancia de peso vivo fue de media a baja y similar para ambos genotipos (0,361 y 0,383 kg/animal/día, respectivamente). De acuerdo con los resultados los dos genotipos presentaron un comportamiento similar, en cuanto a los indicadores analizados para estas condiciones de producción.

En la parte oriental del país (Valle del Cauto) Vega-Albi *et al.* (2014) evaluaron diferentes sistemas de pastoreo con novillas *Charolaise* de Cuba y demostraron que cuando se utilizó la leucaena, asociada con *Cynodon nlemfuensis* en el 100 % del área, se obtuvieron ganancias de 0,55 kg animal día⁻¹ y los animales se incorporaron a la reproducción con 19,93 meses, mientras que en los sistemas de monocultivo de pastos, a pesar de un adecuado manejo, solo se lograron ganancias de 0,31 kg/animal/día y 25 meses de edad a la incorporación.

Zarragoitía *et al.* (1992) compararon el sistema tradicional de pastoreo de bermuda 68 con el uso de concentrados, con un sistema de asociación de este pasto con leucaena y no encontraron diferencias en la ganancia de peso vivo (0,569 vs 0,530 kg/animal/día), la edad a la incorporación (18 vs 19,3 meses) y el peso a la incorporación (323 vs 321 kg), lo que demuestra el potencial de la asociación, desde el punto de vista económico, por el ahorro de concentrados y fertilizantes que se origina.

Sánchez *et al.* (2010) evaluaron el efecto de la suplementación con residuos de destilería del maíz en el comportamiento de novillas que pastaban en una asociación de gramíneas y leucaena. Al analizar la ganancia diaria por tratamiento se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), con el mayor valor (0,805 kg/animal/día), en el tratamiento C, donde se suplementó con un 20 % de los requerimientos de proteína con relación al peso vivo, mientras que en A (sin suplementación) y en B (10 %) fue de 479 y 572 g/animal/día, respectivamente; estos autores concluyeron que la suplementación con residuos de destilería del maíz al 20 % de los requerimientos de proteína bruta influyó de forma positiva en la ganancia media diaria, así como mantuvo los valores de hematocrito dentro de los recomendados para la especie bovina

Como complemento a esta línea de trabajo, y teniendo en cuenta que Cuba posee un importante germoplasma de especies arbóreas forrajeras, Simón *et al.* (1995) condujeron un experimento para determinar las posibilidades del algarrobo de olor (*Albizia lebbek*) asociado a pastos naturales para la cría de hembras mestizas 5/8 Holstein x 3/8 Cebú. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) en la ganancia diaria de PV a favor del sistema con albizia en comparación con los animales que pastorearon solo pasto natural en los dos períodos evaluados (0,415 vs 0,371 y 0,337 vs 0,160 kg/animal/día), donde la disponibilidad de MS y de PB en el tratamiento de albizia resultó determinante en el PV final (335 vs 308 kg) y en la ganancia acumulada (0,397 vs 0,296 kg).

Los resultados de las investigaciones mencionadas, realizadas en condiciones de bajos insumos externos, confirman que el comportamiento de las añojas de reemplazo, desde el punto de vista de la ganancia de peso vivo (por encima de 440 g diarios) es aceptable en estos sistemas. Zamora (1983), al trabajar con novillas Holstein y pastos fertilizados, planteó que con una ganancia de peso por encima de los 0,400 kg/animal/día no deben existir dificultades para que las novillas se gesten tempranamente; mientras que los datos de Perón y Tarrero (1981; 1982), obtenidos en momentos que antecedieron al período de crisis alimentaria que atraviesa la ganadería, indicaron que en las condiciones de Cuba y con dietas basadas en forraje y concentrados, en los animales del tipo Holstein x Cebú se obtienen ganancias de 0,444-0,470 kg/animal/día.

Consideraciones finales

Estos resultados demuestran que es posible desarrollar, mediante la utilización de adecuados suplementos energético-proteicos, o con el uso de asociaciones múltiples de gramíneas y leguminosas en toda el área o bancos de proteína, sistemas de crianza para hembras en desarrollo que permitan ganancias de peso vivo satisfactorias hasta su incorporación a la reproducción y, por consiguiente, obtener partos más tempranos y un adecuado reemplazo de las vacas en ordeño. En este sentido, el uso de sistemas con leguminosas, tanto rastreras como arbustivas, propicia el ahorro de los suplementos y del fertilizante nitrogenado, lo que los convierte en sistemas más viables desde el punto de vista económico.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ, J. L. & HERNÁNDEZ, DELMA. La hembra en desarrollo. *ACPA*. 4:36-39, 1999.
- FRANCO, R. & VARGAS, S. La leucaena densa, una opción para la alimentación de los terneros. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 143-144, 1998.
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA & REYES, F. Desarrollo de hembras de cría a base de pastos. *Pastos y Forrajes*. 20 (2):175-179, 1997.

- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA; SANTANA, A. & REYES, F. Impacto del silvopastoreo en el desarrollo y la reproducción de la hembra Cebú. *Pastos y Forrajes*. 24 (4):331-337, 2001.
- IGLESIAS, J. M. *Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2003.
- IGLESIAS, J. M.; MATÍAS, C. & PÉREZ, A. Cria de hembras bovinas en desarrollo en condiciones de silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 26 (1):35-46, 2003.
- IGLESIAS, J. M.; SIMÓN, L. & GARCÍA, R. Crianza de hembras de reemplazo del genotipo 5/8 Holstein por 3/8 Cebú en un sistema de asociación de pastos con árboles. *Pastos y Forrajes*. 32 (1):55-64, 2009.
- LÓPEZ, O.; SIMÓN, L.; LAMELA, L. & SÁNCHEZ, TANIA. Evaluación productiva de hembras en desarrollo de genotipos lecheros en una asociación de gramíneas con leucaena. *Pastos y Forrajes*. 33 (2):203-212, 2010.
- MEJÍAS, D. R.; RUIZ, T. E. & LÓPEZ, M. A. Evaluación del crecimiento y la reproducción de novillas lecheras en pastoreo de leguminosa. *Resúmenes del I Congreso Internacional sobre mejoramiento animal*. La Habana: CIMA. p. 132, 2000.
- PERÓN, N. *Efecto del nivel y tipo de alimentación en el comportamiento reproductivo de las novillas*. Tesis de Candidato a Doctor en Ciencias. La Habana: Centro Investigación Mejoramiento Animal, 1984.
- PERÓN, N. & TARRERO, R. Edad y peso a la pubertad en novillas Holstein, Cebú y 3/4 Cebú x 1/4 Holstein. *Rev. cubana Reprod. anim.* 8:31, 1982.
- PERÓN, N. & TARRERO, R. Efecto de una alimentación a base de miel urea en novillas sobre la actividad productiva. *Rev. cubana Reprod. anim.* 7:41, 1981.
- RODRÍGUEZ, H. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación animal. En: T. Clavero, ed. *Estrategias de alimentación para la ganadería tropical*. Maracaibo, Venezuela: Centro de Transferencia de Tecnologías en Pastos y Forrajes, Universidad del Zulia. p. 155-174, 1998.
- ROSETE, A. & ZAMORA, A. Alimentación de novillas. En: *Temas sobre el ganado lechero*. La Habana: EDICA. p. 27-42, 1990.
- ROSETE, A. & ZAMORA, A. *Alimentación y manejo de novillas*. La Habana: EDICA, 1988.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G., EDS. *Sistemas silvopastoriles. Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba*. La Habana: EDICA, 1999.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; JORDÁN, H.; CASTILLO, E.; ZARRAGOITIA, L.; DÍAZ, J. *et al.* Tecnología de explotación de bancos de proteína de leucaena para hembras en desarrollo, producción de leche y carne. *Seminario Científico Internacional XXV Aniversario del Instituto de Ciencia Animal*. La Habana. p. 186, 1990.
- SÁNCHEZ, TANIA; LAMELA, L. & LÓPEZ, O. Efecto de la suplementación con residuos de destilería del maíz en el comportamiento de novillas en una asociación de gramínea y leucaena. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):323-332, 2010.
- SIMÓN, L.; HERNÁNDEZ, I. & DUQUESNE, P. Efecto del pastoreo de *Albizia lebbek* Benth. (algarrobo de olor) en el comportamiento de hembras bovinas en crecimiento. *Pastos y Forrajes*. 18 (1):61-72, 1995.
- SIMÓN, L.; UGARTE, J.; GONZÁLEZ, I.; GUTIÉRREZ, A. & IGLESIAS, J. M. Crianza del bovino joven en pastoreo. *Resúmenes Taller Internacional "Papel de los pastos y forrajes en la ganadería de bajos insumos"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 26, 1993.
- VEGA-ALBI, ANA M.; LAMELA-LÓPEZ, L.; HERRERA, R. S.; TORREZ, VERENA & SANTANA, A. A. Evaluación de novillas Charolaise de Cuba en el Valle del Cauto en silvopastoreo y monocultivo. *Memorias de la III Convención Internacional Agrodesarrollo 2014*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 939-942, 2014.
- ZAMORA, A. *Crianza de novillas lecheras de reemplazo en pastos tropicales*. Tesis C. Dr. Cs. San José de las Lajas, Cuba: ISCAH, ICA, 1983.
- ZAMORA, A.; PLAZA, J. & LARA, A. Una nota acerca de un sistema de alimentación y manejo de novillas lecheras. *Rev. cubana Cienc. agric.* 34:119-124, 2000.
- ZARRAGOITÍA, L.; ELÍAS, A.; RUIZ, T. E.; PLAZA, J. & RODRÍGUEZ, J. Utilización de la saccharina y la leucaena (*Leucaena leucocephala*) como suplemento a hembras bovinas en crecimiento en pastizales de gramíneas de secano. *Rev. cubana Cienc. agric.* 24:43-50, 1990.
- ZARRAGOITÍA, L.; ELÍAS, A.; RUIZ, T. E. & RODRÍGUEZ, R. *Leucaena leucocephala* y un concentrado de Saccharina como suplemento para hembras bovinas en crecimiento en pastizales de gramíneas de secano. *Rev. cubana Cienc. agric.* 26:263-268, 1992.

CAPÍTULO 16. Caracterización de los sistemas de manejo del pasto para la producción de leche

Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

En el manejo y utilización de los forrajes, intervienen un conjunto de factores, que, por su complejidad, requiere de conocimientos, tanto técnicos como prácticos, lo que permite aplicar el manejo adecuado para que sean utilizados por el ganado en su estado óptimo.

El hombre desempeña el principal papel en el manejo del sistema a partir de sus conocimientos, experiencias y dedicación al trabajo, y a la vez, el manejo correcto de la pradera tiene una influencia positiva sobre el suelo, que constituye la base del sistema, lo permanente, es el sustrato del cual se alimentan las plantas que sirven de nutrimento a los animales y al hombre. Es por eso necesario considerar las partes o componentes del todo (sistema integrado por: suelo-planta-animal-clima), sus interacciones y las acciones a que están sometidos.

En este sentido, el suelo tiene un papel determinante, generalmente, los dedicados a la ganadería no poseen alta fertilidad y existe gran variación entre ellos. Además, no todas las especies de pastos se adaptan y viven en todos los suelos, pues deben cubrirse las exigencias para que estas produzcan en cantidad y con buena calidad. Se ha trabajado con un numeroso grupo de especies de la familia de las gramíneas en condiciones edáficas tropicales y en menor número se presentan opciones con las leguminosas rastreras; sin embargo, son pocas las especies de arbóreas y/o arbustivas estudiadas para su utilización con animales.

La superficie total de las tierras mundiales llegaba a 13 041,038 miles de ha. De este total la superficie agrícola es de 5 016,729 miles de ha. Los pastos perennes llegaban al 69,5 % de la superficie agrícola. La superficie de América Latina y el Caribe llegaba a 2 017,772 miles de ha, de las cuales la superficie agrícola es de 784,197 ha. Los pastos perennes ocupan el 78,6 % (616 378) de la superficie agrícola (FAO, 2007). En este sentido, Cuba dispone de 2 585,575 ha dedicadas a la ganadería y de ellas el 96,6 % de los suelos están afectadas por uno o más factores limitantes.

Es por eso que cobran gran importancia los sistemas de pastoreo racional intensivo, a partir de los postulados de Voisin (1963), basados en varios factores de manejo de la pradera; tales como, no emplear agrotóxicos, es ecológico, estimula los ciclos naturales, utiliza el pasto en el momento óptimo de reposo, con reservas suficientes en la raíz para permitir un rebrote vigoroso; se utiliza la planta cuando posee los nutrientes para alimentar al ganado, y por tanto, maximiza la cosecha de materia orgánica por unidad de área y se maneja con la capacidad de carga en ese espacio.

El objetivo de este capítulo es caracterizar el manejo de los agroecosistemas, componentes, factores que intervienen en el manejo de los sistemas de pastoreo, las leyes del manejo racional y la clasificación de los sistemas de pastoreo a partir de los resultados de las investigaciones en áreas tropicales.

El enfoque holístico o de sistema de producción

En biología, Smuts² en 1926 introdujo el concepto de sistema bajo la idea de “totalidad” en inglés “holism”. En 1968 Von Bertalanffy³ desarrolló la Teoría General de Sistemas, con influencia de otros investigadores que habían trabajado en la cibernética y en la información (Hart, 1985).

² Smuts, J. C. *Holism and evolution*. London: MacMillan and Co., 1926.

³ Von Bertalanffy, L. von. *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1968.

A cada concepción del mundo le corresponde una estrategia de desarrollo, así como un cambio de pensamiento. Pensar de forma sistémica significa reconfigurar nuestros modelos mentales, para desaprender las formas del pensamiento lineal, para aprender las reglas del pensamiento sistémico. Las explicaciones sistémicas son contextuales, pues están constituidas por las redes de relaciones que forjan la dinámica del todo, el contexto ofrece las mejores pistas para comprender cómo ocurren los problemas y las alternativas de solución más apropiadas en armonía con la realidad local (De-Souza-Silva *et al.*, 2001).

Se trabaja en un agroecosistema que privilegie plantas con alta eficiencia en la captación de energía solar, alta producción de biomasa, resistentes (gramíneas, leguminosas, árboles y arbustos de usos múltiples), perennes y que se reproduzcan preferiblemente por semilla, así como animales adaptados a las condiciones locales, utilizando un mínimo de importaciones. El ecosistema, es un sistema dinámico integrado por organismos vivientes y su medio ambiente, con el cual intercambian materiales y energía. La presencia de un componente biológico es la característica esencial que diferencia al ecosistema de los restantes sistemas.

Las potencialidades que de ellos se puede esperar dependen del clima, el suelo, la especie de pasto, el agua, el manejo y el tipo de animal utilizado, el uso de insumos, entre otros factores. La lluvia es uno de los principales factores limitantes del crecimiento de los pastos en la zona tropical de América Latina, debido a una distribución desigual a través del año. No obstante, debido al cambio climático se hacen más marcadas las diferencias entre los períodos lluvioso y poco lluvioso.

Principales componentes del agroecosistema

El éxito del manejo de cualquier agroecosistema está en considerar la relación clima-suelo-planta-animal-agua-energía, son factores que determinan los resultados que se pueden alcanzar en una finca dedicada a la ganadería o que integre agricultura-ganadería. En este acápite se abordará lo relacionado con el manejo de vacas en pastoreo, para que haya un equilibrio entre el suelo-planta-animal.

El clima de Cuba y el impacto del cambio climático

En Cuba la precipitación media anual es de 1 335 mm. Existen dos períodos bien definidos: lluvioso que ocurren el 80 % de las precipitaciones, mientras que en el poco lluvioso solo caen el 20 % de las precipitaciones. En años secos la precipitación promedio es de 1 180 mm; sin embargo, en años lluviosos alcanza los 1 450 mm. Por regiones, los promedios se comportan de la forma siguiente: occidente; 1 437 mm, centro; 1 308 mm y oriente; 1 279 mm.

El período poco lluvioso, llamado sequía, se define como el período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico. El mismo trae consecuencias perjudiciales en el país por su influencia en los recursos hídricos superficiales y subterráneos, la conservación y el manejo de las reservas de agua, la conservación de los suelos en zonas costeras y semiáridas. Además, se observan síntomas de salinidad y desertificación.

Estas afectaciones conllevan a la toma de soluciones emergentes con el abasto, el riego y la generación de energía. En la ganadería alrededor de 0,7 millones de bovinos se trasladan cada año en la época de sequía, con pérdidas de peso y afectaciones reproductivas.

Se pronostica de forma general que, con el cambio climático, habrá una disminución progresiva de las precipitaciones en el territorio nacional entre el 10 y 20 % para los horizontes 2050 (1 232 mm) y 2100 (1 093 mm), respectivamente, con aumentos de la evaporación potencial (Pérez-Suárez, 2012).

En el pasado siglo entre los impactos del cambio climático detectados se encuentran: la elevación de la temperatura media anual, el incremento del nivel medio del mar, la ocurrencia de un mayor número de huracanes intensos, la mayor frecuencia de períodos secos, la repetición de inundaciones, producto de intensas lluvias, entre otros (EPPFIH, 2012).

En Cuba se observan incrementos en un conjunto de indicadores climáticos:

- Temperatura media anual: 0,9 °C.
- Nivel medio del mar: 2,14 mm/año.
- Huracanes intensos (categorías 3, 4 y 5).
- Mayor frecuencia de períodos secos.
- Incremento paulatino de tornados.
- Eventos de fuertes lluvias.
- Disminución del potencial hídrico.
- Disminución de los manglares.
- Aparición de enfermedades emergentes.

Características de los suelos

Es una necesidad el uso intensivo de los suelos en un mundo que crece y necesita alimentos. Se espera que para el 2050 la población mundial alcance los 9 900 millones, un aumento del 33 % con respecto a los 7 400 millones actuales.

El cuidado de los suelos es fundamental pues se pierden 14 ha de foresta por minuto (FAO, 1993), debido a la tala indiscriminada y a los sistemas basados en el monocultivo, que no consideran la importancia de la cubierta vegetal y la diversidad de especies vegetales y animales. Se puede hacer un uso intensivo con bajos insumos cuando el reciclaje es el eje del sistema, cuando se diversifica y si las salidas productivas se incrementan, también aumenta la intensificación, pero por un mejor aprovechamiento de la tierra. El 52 % de la tierra agrícola está moderada o severamente degradada.

El archipiélago cubano posee una extensión superficial de 110 922 km² y un área 10 507 km². La longitud es de 1 250 km de San Antonio a Maisí con un área montañosa de 18 % y la superficie de llanuras alcanza el 84 %. La superficie agrícola ocupa 6,62 millones de hectáreas y de ellas cultivadas 2,9 millones de hectáreas (45,1%) y dedicadas a la ganadería 2,5 millones.

En Cuba, las principales afectaciones estuvieron asociadas con el suelo, el agua, los eventos meteorológicos, entre otros (EPPFIH, 2012).

Principales causas de degradación de los suelos:

Inadecuado manejo mediante prácticas agrícolas y aplicación de tecnologías no acordes a sus propiedades y potencialidades.

- Sobreexplotación de los agroecosistemas.
- Uso indiscriminado de fertilizantes o defecto en su aplicación.
- Eventos climáticos extremos.
- Cambios climáticos.
- Falta de mecanismos eficientes de monitoreo y control de la fertilidad del suelo.
- Ineficientes políticas de gestión.
- Insuficientes esfuerzos para mejorar la capacitación y formación de los productores.

Los suelos cubanos están afectados en un 70 % por condiciones que limitan su productividad. También la desertificación alcanza el 14 % del territorio (1,58 MM) y por condiciones degradantes 5 millones de hectáreas están con afectaciones, entre otros tipos están incidiendo sobre el suelo los siguientes:

- Erosión, 23,9 % (2,5 MMha).
- Acidez, 28,3 % (3,4 MMha).
- Salinidad y/o sodicidad, 4,1% (1,0 MMha).
- Baja fertilidad, 25 % (3,0 MMha).
- Mal drenaje, 22,5 % (2,7 MMha).

- Compactación, 23,9 % (2,5 MMha).
- Bajo contenido de materia orgánica, 38,3 % (4,6 MMha).
- El 7,7 % (0,92 MM ha) presenta degradación de la cubierta vegetal.
- Con drenaje deficiente existen 40 000 km² (37 %).

Aunque en el país se ha incrementado el área boscosa, que cuenta con el 30,6 % (Peláez, 2016) producto de los programas de la Revolución en la reforestación en la ganadería, ha ocurrido una pérdida sustancial de la diversidad de especies, sobre todo de alto valor forrajero y se ha incrementado la invasión de plantas arvenses por el mal manejo de las áreas de pastoreo.

Durante más de 20 años se realizaron investigaciones en Cuba con especies mejoradas en las que se empleó el riego y la fertilización para conocer su potencial de producción y el manejo adecuado cuando se explotaban en monocultivo. Aunque en la situación actual no se justifica el empleo de estos sistemas desde el punto de vista ecológico y económico, los resultados obtenidos permiten un análisis sobre los principios generales que pueden extraerse de estos estudios y es posible su aplicación en cualquier sistema de pastoreo.

En Cuba existen resultados aplicables al contexto actual, pues se estudiaron diferentes sistemas de producción sin riego, y posteriormente, se introdujeron los árboles en áreas con gramíneas sin riego ni fertilización.

Las especies pratenses y forrajeras. Importancia de la regionalización

El principal problema que se identificó en Cuba fue la inexistencia de especies de gramíneas endémicas y/o naturalizadas con rendimientos y calidad aceptables para la alimentación animal.

A partir de la creación de los centros de investigación en la rama ganadera en la década del 60, se comienza una proyección donde los pastos, forrajes, y sus formas conservadas constituían la base de la alimentación para la ganadería vacuna.

La organización de estos estudios a partir de la introducción y evaluación de los recursos fitogenéticos tanto foráneos como de prospecciones nacionales permitió evaluar más de 5 000 accesiones, y existen más de 30 variedades comerciales (Paretas y López, 2007).

Entre los principales géneros de gramíneas evaluadas para la producción de leche se encuentran *Cynodon*, *Megathyrsus*, *Digitaria*, *Chloris* y *Botriochloa*. En el caso de *Cynodon dactylon* L. Pers var. Coastal y *Cynodon plectostachyus* Pilger, se evaluaron solas, en mezclas con otras gramíneas o asociadas a leguminosas herbáceas, bajo condiciones de riego y fertilización (400 kg de N/ha/año); el potencial de producción de las especies mejoradas estaba entre 8 y 10 kg/vaca/día en dependencia de la raza utilizada (Lamela, 1991).

En relación con la carga *Cynodon nlemfuensis* fue el que mayor nivel soportó (Pereira y Lamela, 1995) y se observó, de forma general, que para mantener entre 2,5 y 3,0 vacas/ha no era necesario aplicar más de 250 kg de N/ha.

Cuando se maneja el pastoreo con altas cargas, no se cumple el reposo ni la restricción del horario de pastoreo en época de bajas precipitaciones con nulas o bajas aplicaciones de fertilizantes, las especies mejoradas en monocultivo comienzan a desaparecer y las invasoras a aumentar.

- Principales causas de degradación de los pastos
- Baja fertilidad de los suelos.
- Pobre adaptación de especies introducidas.
- Deficiencia en los sistemas de establecimiento.
- Manejo inadecuado de la carga y el reposo.
- Ausencia de leguminosas.
- Uso nulo o limitado de fertilización.
- Agresividad de plantas invasoras.
- Alta presión de patógenos.

- Políticas inadecuadas de desarrollo ganadero.
- Reducido apoyo a la generación y transferencia.

Importancia de utilizar animales adaptados

Como se pudo observar las temperaturas no solo se han incrementado, sino que seguirán subiendo como consecuencia del cambio climático, por tanto, como los cambios en la genética demoran, debemos propiciar sistemas en los que el animal pueda disminuir el estrés calórico, tenga acceso a especies con disponibilidad y mayor valor nutricional. Estos requisitos los reúnen los Sistemas Silvopastoriles. En el caso de las vacas, también se debe considerar y priorizar los 150 días más importantes en su vida reproductiva y productiva en cada año, es decir dos meses antes del parto y tres después de este (García-López, comunicación personal⁴) para planificar su manejo y alimentación.

El manejador le concede mayor atención a la vaca en ordeño que a la vaca seca gestante; sin embargo, cubrir sus requerimientos en esta etapa garantizará un ternero sano y una mayor producción y duración de la lactancia, de ahí la importancia de una correcta alimentación. Por ejemplo, la proteína tiene una función importante en los requerimientos para el crecimiento del feto y la síntesis de calostro; el aumento del requerimiento se agrava con la disminución de la ingesta de materia seca; la capacidad de movilizar proteína es mucho más limitada que la de la energía y puede agotarse antes o al inicio de la lactación; la falta de proteína limita la producción de leche y la síntesis de inmunoglobulinas, por lo que la competencia inmunitaria se ve comprometida.

Existe un conjunto de factores fisiológicos y ambientales, que afectan la producción y la composición de la leche. Entre los factores fisiológicos se encuentran: genéticos (especies, razas) edad, número de lactancia, gestación, período seco, estado corporal al parto y momento de la lactancia. Entre los ambientales están: época de parto, enfermedades, factores climáticos, temperatura, humedad, ordeño, frecuencia e intervalo, alimentación pre y posparto, naturaleza, composición y balance de la dieta.

Es muy importante en climas como el de Cuba considerar los factores genéticos. En los últimos 50 años, los programas de mejoramiento animal han basado la selección en el mejoramiento de los criterios específicos (por ejemplo, rendimiento lechero y ganancia media diaria) en ambientes controlados.

Los sistemas de producción animal agroecológicos tienen como objetivo manejar las perturbaciones en vez de simplemente soportarlas, lo que significa que un desafío importante lo representa la adaptación de los animales a la fluctuación en la cantidad y calidad de los alimentos. Se predice que el cambio climático disminuirá el rendimiento de los forrajes y, en algunos casos, su calidad, en respuesta al aumento de CO₂, el calentamiento o el cambio en las precipitaciones (Thornton *et al.*, 2009; Dumont *et al.*, 2014).

El éxito de cualquier sistema de producción está vinculado estrechamente con el comportamiento reproductivo, y el manejo nutricional desempeña un papel esencial en el logro de los objetivos de fertilidad. En las vacas lecheras, añadir más concentrado o reducir la carga animal no mejorará la fertilidad, hay que considerar los micronutrientes y el manejo integral en los sistemas de alimentación.

Utilización eficiente del agua en las fincas y unidades lecheras comerciales

Cuba cuenta con 625 cuencas y el 85 % de estas y los ríos son de pequeñas dimensiones: los ríos menores de 40 km y las cuencas inferiores a 200 km², solo 18 con más de 1 000 km²; además, los pozos son poco profundos. El 50 % de los recursos hídricos en explotación son subterráneos y el 70 % del abasto de agua a la población es mediante estos recursos.

El abasto de agua es un fuerte y significativo consumidor de energía eléctrica y combustible, lo que la hace vulnerable a las fluctuaciones de su disponibilidad y precios y es traumático para la débil economía del país (Pérez-Suárez, 2012).

⁴ Roberto García-López, Dr.C., Investigador Titular del Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba.

Más de medio millón de personas aún no poseen agua servida, 6 % la reciben en pipas (muy costosas por la transportación) y más de 10 % la poseen de fácil acceso (no intra-domiciliaria). La disponibilidad per cápita de agua se reducirá de 1 220 m³ por persona (57 % del total de los recursos hídricos aprovechables) a 900 m³.

Se puede mejorar la conductividad hídrica a través del: manejo del suelo y de los cultivos, la siembra de árboles (disminuye el escurrimiento superficial y la evaporación), la introducción de tecnologías para la reparación de redes, instalación de metros contadores entre otros.

En muchas regiones del país, debido a la escasez de agua y a la prioridad que debe dársele al consumo por el hombre y los animales, hay que considerar un conjunto de factores para su uso más eficiente:

- Conocer los consumos de agua del ganado.
- Conocer los gastos por concepto de la limpieza en el ordeño o en las naves de cualquier especie animal.
- Aprovechar el agua de la limpieza (a partir de la información anterior) en la instalación de biodigestores con canales, que pueden usarse en la acuicultura y en el riego de los forrajes sin necesidad de desperdiciarla.
- En vez de limpiar con agua los corrales de estabulación, los de sombra o los utilizados para rumiantes pequeños, cerdos y otros, está demostrado que con el empleo de camas de residuos o pajas en los corrales de estos animales y la aplicación de microorganismos eficientes (IHplus®) sobre la cama, el agua no es necesaria; se ha observado que las camas son más efectivas contra los parásitos, las moscas y los malos olores, y se pueden usar después en la fabricación de compost.
- Otra forma de ahorrar o aprovechar eficientemente el agua es construyendo aljibes o estanques pequeños que permitan guardar el agua de lluvia. Proveer de canales los techos y conducir el agua a un depósito, es una forma antigua que se ha empleado mucho en la zona oriental del país.
- Construir tranques en lugares con pendientes donde baja el agua de zonas premontañas y acumularla para los momentos de escasez, es otro método para ahorrarla.

Energía

Los animales (por sus características heterotróficas), necesitan alimentarse de las plantas para vivir a diferencia de los cultivos, de ahí que los sistemas de producción animal sean menos eficientes en la obtención de energía para la alimentación humana, que los que producen cultivos (Pimentel y Pimentel, 2008). Pero es reconocido (Schiere *et al.*, 2002) que los animales cierran ciclos ecológicos que garantizan un mejor uso de los nutrientes y la energía circulante en el sistema.

Las plantas, como organismos fotoautotróficos, pueden hacer uso solo del 1 % de la energía solar que incide sobre la superficie terrestre (Pimentel y Pimentel, 2008). Un caso especial son las plantas C₄, como el maíz (*Zea mays*), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el sorgo (*Sorghum bicolor*), entre otras, que poseen una mayor eficiencia fotosintética; ellas son capaces de capturar hasta el 5 % de la energía solar y logran fijar mayor cantidad de CO₂ y convertirlo en compuestos orgánicos de cadenas carbonadas más largas, con potencial para producir mayor cantidad de energía por unidad de área cultivada.

Factores que intervienen en el manejo del sistema de pastoreo

En cualquier sistema de pastoreo existen un conjunto de factores a tener en cuenta para que no se afecte la producción animal y la de la pastura: el método de pastoreo, la carga, la disponibilidad, el tiempo de reposo y los días de estancia en el cuartón.

Métodos de pastoreo

En el manejo de la pradera independientemente del método pueden utilizarse carga fija o diferentes niveles de carga a tiempo completo en el potrero o de forma restringida.

Pastoreo continuo

Pastoreo permanente en una o dos parcelas o cuartones

En el pastoreo continuo el animal permanece por períodos prolongados en el mismo potrero.

Ventajas

- Extensivo con grandes áreas de tierra.
- Los animales permanecen juntos con poco movimiento sin estrés.
- Precisa de poca inversión en cercas, bebederos, entre otros.
- El manejador no dedica tiempo a organizar la rotación.
- El animal selecciona las especies a consumir.

Desventajas

- No hay reposo del pasto en el potrero lo que puede generar deterioro.
- Contribuye al subpastoreo en el período lluvioso y al sobrepastoreo en el poco lluvioso lo que incide negativamente en el área cubierta y en la persistencia.
- Al ser más selectivo los animales en el consumo, puede influir negativamente en las especies preferidas las que pueden desaparecer.
- Puede contribuir a la reinfestación de ecto y endo parásitos en los animales por estar permanente en un solo potrero.
- El poco control del manejador sobre el hato cuando están alejados de las instalaciones no permite detectar a tiempo animales enfermos y lo descubren cuando se generaliza en la manada.
- Se utiliza en pastos naturales con una baja capacidad de carga y pocos rendimientos productivos y bajos ingresos.

Pastoreo rotacional

El principio es la utilización de diferentes números de cuartones. El animal permanece en el área seleccionada por un tiempo determinado y vuelven en un intervalo de tiempo después de haber pastoreado el resto de las franjas o cuartones. Esta modalidad de pastoreo tiene disímiles formas para manejarlo. El método de rotar los animales puede ser en un orden mecánico o flexible según la disponibilidad de pasto.

- *Con cercado fijo.* Por lo general se utilizan alambrados fuertes con tres hileras o más y con más de seis potreros. Se fija un tiempo de ocupación en función de la disponibilidad y el número de animales.
- *Franjas con cerca eléctrica móvil.* Se utilizan cercas móviles o fijas y el área ofrecida estará determinada según el forraje que necesitan consumir los animales en un día. Puede limitar o no el acceso de los animales a las franjas ya pastoreadas.
- *Restringido.* Solo se pastorea por un tiempo determinado, generalmente en el horario de la mañana o en la noche y el resto del tiempo se estabulan en naves con alimentos complementarios.
- *Por grupos.* Cuando se tienen diferentes categorías y se asignan áreas a estas, por ejemplo, cuando los terneros permanecen en las vaquerías se le asigna un área acuartonada a la cual solo ellos tienen acceso, o cuando en el caso de las vacas se dividen en grupos según el estado reproductivo (grupo de alta producción, grupo de producción media y baja y grupo de vacas secas).
- *Punteros y continuadores.* Con una especie o con diferentes especies. Se utiliza el grupo puntero a los animales de máximos requerimientos para que puedan seleccionar las hojas. El primer grupo puede ser el de vacas altas productoras.
- *Pastoreos complementarios.* Cuando los animales disponen de cuartones adicionales y solo pastorean en estos una parte del tiempo en forma rotativa, y en sus parcelas el resto del tiempo.
- *Mixto.* Cuando se manejan diferentes especies por ejemplo novillas y ovinos, con los vacunos primero para evitar la parasitosis gastrointestinal, entre otros.

- *Diferido.* Este método se utiliza cuando en el período lluvioso separamos, clausuramos o diferimos un grupo de cuarterones o un área del pastoreo para cortar y ensilar y/o henificar, aprovechando la llamarada de crecimiento, o cuando se dejan como heno en pie para utilizarlos en el período de escasez de alimentos. También se utilizan cuando se quieren reseminar áreas con especies mejoradas de gramíneas o silvopasturas y permanecen cerradas después de la siembra hasta su total establecimiento.

Ventajas del pastoreo rotacional

- Mayor producción de forraje por unidad de superficie.
- Posibilidad de incrementar la calidad en especies perennes.
- Se puede controlar la selección del forraje a consumir en diferentes áreas de una pradera.
- Permite utilizar el excedente del período de máximo crecimiento en heno y/o ensilaje.
- Es posible quitar las malezas después del pastoreo, sembrar cada año un grupo de cuarterones (20 %) para recuperar las áreas.
- Permite utilizar el riego después del pastoreo.
- La frecuencia de defoliación (rotación) se puede controlar y romper el ciclo de los parásitos gastrointestinales y las garrapatas.

Desventajas del pastoreo rotacional

- Inversión en cercados e insumos para electrificar.
- Puede ofertarse un forraje sin calidad si no se maneja con la frecuencia de defoliación adecuada.
- El traslado diario de los animales provoca problemas en el período lluvioso cuando las calles no están en buen estado, debido al pisoteo intenso.
- Si no se tiene en cuenta la carga y disponibilidad o presión de pastoreo para diferir cuarterones para conservar pueden perjudicarse el resto de los potreros pues son sometidos a una mayor utilización.
- En el período poco lluvioso, si no se tienen en cuenta la frecuencia de defoliación (reposo) y la presión de pastoreo (carga), puede haber pérdidas del área cubierta y disminuir la población de la especie establecida.
- Se incrementa la posibilidad del sobre pastoreo si no se emplea el tiempo de reposo necesario para la recuperación de la pastura.
- No considerar el momento óptimo puede influir en el consumo de un forraje de mala calidad.
- Como puede observarse un mejor método o tecnología intensiva, es más sensible a errores en el manejo y está a expensas de una mayor consagración y conocimiento del hombre.

Cero pastoreo o estabulación

Este es el método de estabulación en los que se ofrece forraje cortado durante todo el año y los animales no van al pastoreo.

En la estabulación hay un conjunto de requisitos que cumplir:

- Ofrecer todo el alimento necesario para cubrir los requerimientos del animal, que depende de esa oferta.
- Tener en cuenta la dimensión del frente de comedero para evitar estrés en la competencia por el alimento.
- Disponer de comederos con la dimensión adecuada, según la especie, y limpiar diariamente el rechazo antes de ofrecer un nuevo alimento, para lograr el máximo aprovechamiento.
- Tener bebederos suficientes, con la higiene adecuada y agua limpia.
- Contar con un área suficiente para los forrajes, cumpliendo los requisitos y normas técnicas del cultivo. Fijar ciclos de corte de manera que se entregue diariamente un alimento de calidad; por eso es necesario establecer bancos de forrajes voluminosos o energéticos y bancos de forrajes proteínicos.
- Disponer de personal y carretón para cortar el forraje y acarrearlo diariamente.

- Es necesario, aunque sea de forma artesanal, disponer de una troceadora para el forraje, ya que al reducir el tamaño de la partícula el animal aumenta el consumo y se aprovecha mejor el alimento.
- Tener un lugar donde depositar el forraje a la sombra, pues se debe ofrecer a los animales el alimento en diferentes horarios, al menos, dos veces al día.
- Calcular el agua necesaria para el consumo y las labores de higiene; el agua es un recurso deficitario en muchas regiones del país.
- Aprovechar los residuos y excreciones de los animales, para lo cual es muy ventajoso el uso de biodigestores, canales o depósitos de agua para regar y áreas de lombricultura o compostaje, de manera que se recicle todo el desecho.
- Emplear concentrados de cereales solo en el caso de animales de registro genético, a los cuales el Estado les ofrece una asignación. En el resto de las unidades, ajustar las tecnologías recomendadas por las instituciones científicas a las condiciones de cada lugar, ofreciendo a los animales una dieta a partir de pastos, forrajes, granos y otras fuentes de alimentos locales. Aunque hoy reciban piensos, no será posible importarlos en el futuro por los precios en el mercado.

Ventajas

En el caso de los rumiantes, los animales estabulados gastan menos energía al tener una menor actividad física; todo el estiércol está concentrado en un sitio y, por lo tanto, es más fácil de recoger; si la unidad está próxima a la casa, es fácil observar los animales con más frecuencia; es más hácedero para coordinar las actividades de rutina (alimentar, ordeñar); las enfermedades se pueden controlar mejor (especialmente las transmitidas por vectores). Sin embargo, presenta un conjunto de limitaciones que es importante conocer.

Cuando se dispone de pocos animales, en el caso de los vacunos el sistema puede funcionar bien y aprovechar la tierra para producir forrajes energéticos y proteínicos.

Existen unidades de producción donde los animales permanecen estabulados o semiestabulados; se aplica fundamentalmente en porcinos, aves, conejos, en la ceba vacuna y ovina, aunque existen lecherías de vacunos y de cabras estabuladas. Se ha demostrado que, en módulos de madera levantados, los ovinos y caprinos se benefician con el sistema estabulado, pues se evita la parasitosis y las enfermedades podales, que constituyen el principal problema en estas especies.

Desventajas

Si hay un número considerable de animales, el sistema tiene las siguientes limitaciones: alto costo inicial de construcción; más trabajo para mantener un cierto estándar de higiene y para la entrega de alimentos; no siempre se cubren las necesidades o requerimientos cuando la fuente de alimento son los forrajes; mayor cantidad de personal cuando la fuente de alimento no son los piensos o cereales, pues deben cubrirse los requerimientos ofreciendo todo en la canoa; menor bienestar animal; ataques entre animales por la concentración; si no dispone de maquinaria y equipos para procesar el forraje, las labores manuales se multiplican con el incremento de peso de los animales, sobre todo en la ceba vacuna cuando llega a la fase final.

La carga

En cualquier sistema de pastoreo es posible afirmar que el reposo y la carga son los dos factores que tienen la mayor influencia tanto sobre el rendimiento biológico como en la utilidad económica (Booyesen, 1975).

A medida que la carga se incrementa, la producción individual aumenta hasta el punto de inflexión donde el rendimiento por hectárea sería máximo; el incremento de la carga después del punto de intercepción provoca una caída tanto en la producción por animal como por hectárea. En este modelo se define un área de carga óptima; mientras que para otros autores (Jones y Sandland, 1974) en esta área la ganancia por animal decrece en un 50 %.

Memeekan y Walshe (1963) encontraron que el momento óptimo en la producción individual se observó cuando las vacas (primer parto) descendían su producción entre 10 y 12 %, pero Walshe (1973)

estableció que cuando las vacas tenían más de un parto este rango era superior.

Existen otros factores que se encuentran estrechamente relacionados con la carga como son la especie, la disponibilidad, el sistema de pastoreo, entre otros. No obstante, la mejor forma de expresión es a partir de la presión de pastoreo, porque en esta se relaciona la cantidad de alimento con el animal y no el área.

Disponibilidad de materia seca en gramíneas. Presión de pastoreo

De forma general existe una gran variación de la disponibilidad a través del año, lo que hace que la capacidad de carga fluctúe; es por ello que la presión de pastoreo es una expresión más exacta de las posibilidades nutricionales de un área para satisfacer las necesidades de los animales.

Al respecto, se han realizado un conjunto de trabajos para estudiar el efecto de la oferta de pasto sobre la producción de leche con las especies *Megathyrsus maximus* cv. Gatton (Stobbs, 1978); *Cynodon dactylon* cruzada-1 (Milerá *et al.*, 1987); *Megathyrsus maximus* cv. Likoni (Hernández *et al.*, 1990a); *Chloris gayana* cv. Callide (Hernández *et al.*, 1990b) y *Cynodon nlemfuensis* cv. Tocumen (Pereira y Lamela, 1995).

La cruzada-1 y el *Megathyrsus* (=Panicum) fueron los pastos que mejor respuesta reflejaron en la producción de leche con el aumento de la oferta, aunque en todos, excepto en el pasto estrella, la respuesta fue lineal (fig. 1).

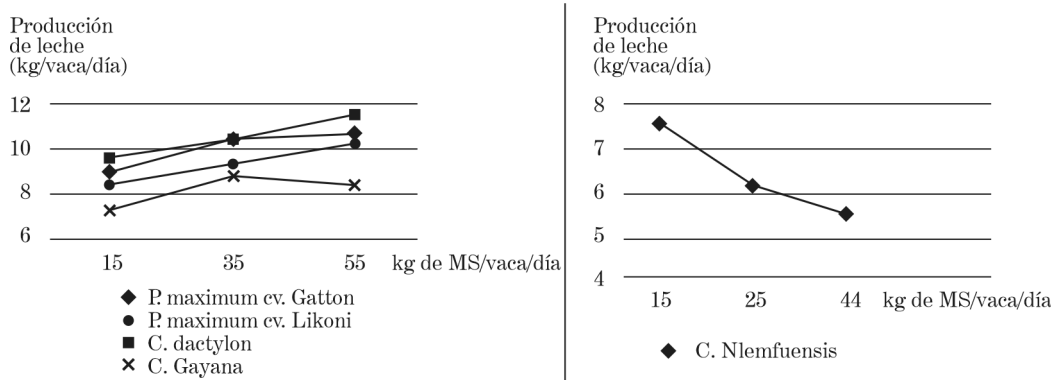


Figura 1. Efecto del nivel de oferta sobre la producción de leche.

La disponibilidad de pasto óptima por animal parece estar determinada por las características de la especie y el método de manejo.

En todas las especies de pasto donde se estudió la presión de pastoreo se empleó un tiempo de reposo fijo con un número pequeño de cuartones y se observó igual tendencia en el comportamiento de la producción de leche.

El pasto estrella fue la excepción, pues la disponibilidad mínima para obtener producciones aceptables fue de 15 kg de MS/vaca/día; se obtuvo una alta densidad de hojas en el estrato superior y total (122,6 y 116-230 kg/ha/cm) en la oferta más baja, por lo que es posible que la densidad de hojas en el estrato superior se relacione mejor que la oferta con el comportamiento de las vacas en pastoreo.

Además, se observó que se necesitaba un tiempo de reposo no menor de 40 días cuando se empleaba una presión de pastoreo de 15 kg de MS/vaca/día, lo que representa un mayor número de cuartones que los que se utilizaron.

Disponibilidad de materia seca en una multiasociación

En un estudio realizado con tres presiones de pastoreo 25, 43 y 66 kg de MS/animal/día, en los que se observó que se mantuvo una disponibilidad promedio anual superior a 5 t de MS/ha (con un 38-39 % registrado en sequía), lo que confirma el potencial de producción de biomasa calculado cuando se certificó el establecimiento del pasto después de transcurridos 13 meses desde la siembra (Hernández *et al.*, 2011). Estos datos cobran singular importancia porque son obtenidos en condiciones totalmente

naturales, sin la aplicación de fertilizantes de ningún tipo y sin uso de regadío. Este indicador es de suma importancia si se tiene en cuenta que es determinante en la capacidad de carga. Evolucionó con mucha estabilidad y se detectó una ligera tendencia de incremento a partir del segundo año de explotación, sin diferencias significativas entre tratamientos.

Se obtuvo igual presión de pastoreo que la recomendada por Greenhalgh *et al.* (1966) en clima templado, pero diferente a la obtenida por Stobbs (1978); en condiciones tropicales y la explicación estaba en la calidad de esa biomasa. En las áreas templadas los pastos poseen superior calidad, entonces se cubre la capacidad de carga con una menor disponibilidad. Desde el punto de vista de manejo era importante el resultado porque permitía intensificar sin la aplicación de fertilizantes con una dieta de superior calidad y por tanto, menor emisiones de metano.

Días de estancia en diferentes especies

Milera y Machado (2011) al comparar dos tiempos de estancia (3,5 y 7 días) con tres cargas (2,7; 3,7 y 4,5 vacas/ha en bermuda cruzada-1 y observaron un incremento de la producción individual en 3 y 4 % a favor de la estancia corta para las cargas 2,7 y 3,7 vacas/ha-1 respectivamente y un aumento de la invasión por parte de otras especies en la estancia larga de 5,7; 13 y 4 % para las cargas 2,7; 3,7 y 4,5 vacas/ha. Con el menor tiempo de estancia y la carga baja no solo se alcanzó la mayor producción de leche (9,4 kg/vaca/día) y persistencia (82 %), sino que fue posible segregar el 43 % del área para ensilar.

Hernández *et al.* (1985) al utilizar 1,5; 3 y 6 días de estancia en cruzada-1, detectaron una disminución en la producción individual con el aumento de la estancia, y el mayor valor de ocupación tuvo un descenso de 6 % en la persistencia.

Senra *et al.* (1981), al comparar diferentes números de cuarterones, observaron que en bermuda no hubo diferencias entre 6 y 12 y en estrella entre 4 y 8 cuarterones, pero el peor comportamiento se presentó en el sistema con 2 cuarterones en ambos pastos en cuanto a producción de leche, disponibilidad y altura de la planta. Este autor también estudió el comportamiento de la producción de leche por día de estancia en pasto estrella, donde la disminución por debajo de la media ocurrió de la forma siguiente; 8 cuarterones (4 días de estancia) en el primer y cuarto días; 4 cuarterones (8 días de estancia) en el primer y sexto días y 2 cuarterones (21 días de estancia) en el primer, segundo y a partir del decimoquinto día.

Milera *et al.* (1986), empleando 7 días de estancia en cruzada-1, observaron que la producción de leche más baja se obtenía el primer día y después del quinto día.

En otros resultados alcanzados en la EEPFIH cuando se estudiaron distintos tiempos de ocupación (1, 3 y 6 días) en diferentes pastos (guinea, rhodes y estrella), se notó una superioridad en el sistema con 6 días en producción de leche, estructura del pastizal y consumo de hojas (Pereira *et al.*, 1990; Hernández *et al.*, 1990b).

En estas condiciones se habían obtenido; en trabajos anteriores de manejo con *M. maximus* cv. Likoni en pastoreo, disponibilidades máximas de alrededor de 6 t/ha/rotación en el momento pico de rendimiento de biomasa, con alta fertilización (400 kg de N/año) y riego (Hernández *et al.*, 1994).

Días de reposo entre pastoreos

McFeely *et al.* (1975) notaron diferencias de 5 % en la producción de leche a favor de la rotación corta con carga baja; mientras que con carga alta la producción fue superior en un 3 % en el sistema con rotación larga. Herrera (1978), al estudiar en diferentes experimentos los ciclos de rotación, solo observó superioridad en la producción con ciclos cortos durante el período poco lluvioso cuando empleó rhodes. En las investigaciones desarrolladas en Cuba en este período, se le confirió mayor importancia al número de cuarterones que a los tiempos de reposo; no obstante, cuando se estudió el Sistema de PRV se le confirió la mayor importancia al reposo y a la carga.

En cuanto a los ciclos de rotación; en el período lluvioso la pangola tuvo mejor comportamiento con los ciclos cortos (Rosete, 1983) y la cruzada-1 sometida a tres ciclos (18, 27 y 36 días) no mostró diferencias en la producción de leche, en tanto que el ciclo corto disminuyó la persistencia en 41 %.

Pereira (1987), cuando estudió diferentes ofertas de pasto estrella (15, 35 y 55 kg de MS/vaca/día) con un día de estancia, observó el mejor comportamiento en la producción de leche con la menor oferta, pero necesitó el ciclo de rotación más largo (40-50 días en el período poco lluvioso) para que la disponibilidad fuera suficiente para ser pastoreada de nuevo.

Considerando los resultados de Jeréz (1983) y Pereira y Lamela (1995) en pasto estrella, parece lógico que esta especie con alta carga, alta intensidad de pastoreo y un número de cuartones que permita ciclos de rotación largos, pueda ser explotada con pastoreo Racional Rotacional Voisin todo el año aun sin el uso del riego.

En otro trabajo con diferentes ofertas de guinea likoni (15, 35 y 55 kg de MS/vaca/día), un día de estancia y ciclos fijos de rotación de 20 días todo el año, Hernández *et al.* (1987) observaron una disminución en el diámetro de macolla a medida que la oferta de MS era menor, lo que pudo ser una consecuencia de no haber flexibilizado el tiempo de reposo según la intensidad de pastoreo y la recuperación del pastizal después de cada rotación.

Leyes del Pastoreo Racional Voisin (PRV). Resultados en Cuba

El PRV es un sistema de manejo de los pastos racional, flexible, que necesita como ente principal al hombre y su conocimiento, pues él es quien determina el manejo equilibrado de los animales y los pastos, del suelo y de otros factores del ecosistema ganadero. No es una alternativa tecnológica más, tras ella yacen una concepción y una vocación ecológica científicamente fundamentadas. El PRV es una técnica de manejo del suelo, de la nutrición de los animales y de los pastos, que puede y debe coexistir con otras tecnologías o prácticas sobre la salud, la reproducción y el manejo del ordeño, porque fue diseñada para cuidar la naturaleza.

A continuación, se describen las cuatro leyes universales para el manejo del pasto enunciadas por André Voisin en 1963:

- *Primera ley.* Para que una hierba cortada por el diente del animal pueda dar el máximo de productividad, es necesario que entre dos cortes sucesivos haya pasado el tiempo suficiente, que permita a la hierba almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un rebrote vigoroso y realizar la llamarada de crecimiento.
- *Segunda ley.* El tiempo de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto para que una hierba cortada el primer día por el diente, no sea cortada de nuevo antes que los animales dejen la parcela.
- *Tercera ley.* Es necesario ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de hierba y que esta sea de la mejor calidad.
- *Cuarta ley.* Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca más de tres días en una parcela. Los rendimientos serán máximos si las vacas no permanecen más de un día en una parcela.

Realmente se pueden aplicar los postulados de Voisin utilizando un número adecuado de cuartones que permita el reposo y la recuperación de la hierba, y en las condiciones actuales, con o sin riego, se deben emplear gramíneas mejoradas, leguminosas con diferentes hábitos de crecimiento (multiespecies-multiestratos) y especies útiles de otras familias que se adapten a las condiciones edafoclimáticas del lugar.

Lo planteado por el científico francés en relación con las leyes generales se cumple; no obstante, el criador o manejador debe saber adecuar los principios a las características de su sitio (suelo, clima, especie de pasto, animales adaptados y propósito productivo).

Características y resultados del manejo racional

Las investigaciones realizadas con el empleo del manejo racional en un área con cinco especies mejoradas demostraron que se necesitan recorridos semanales de los potreros para determinar según el crecimiento de los pastos los que debían ser pastados en la rotación. El salto en la rotación

para llevar los animales al cuartón en punto óptimo, obligaba al manejador a mantener un control estricto del estado de sus potreros y no se introducían en el orden que se encontraban, sino en dependencia de la disponibilidad de pasto (Milera, 2016).

Se le concedió al reposo la mayor importancia, para que el sistema de pastoreo no se deteriorara, un cuartón no se pastoreaba hasta que no alcanzara la disponibilidad y el punto óptimo, y si por encontrarse en el período de poco crecimiento, la disponibilidad no era suficiente para la cantidad de animales que estaban en rotación, se disminuía el tiempo de estancia. Si por algún imprevisto se pastoreaba a fondo por encima de la capacidad de carga, no se introducían los animales de nuevo hasta su total recuperación.

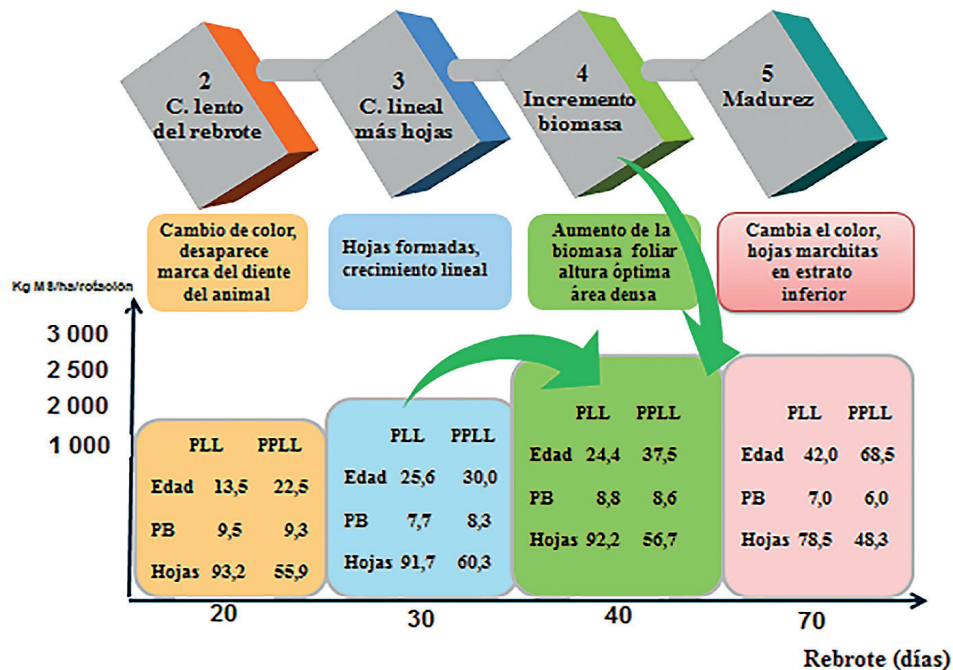
El empleo de altas cargas instantáneas, facilitaba el manejo, ya que no se empleó fertilizante químico. Con la misma se producía una alta descarga de excretas, muy importante pues no se fertilizaba, lo que unido al reposo necesario, contribuían a un cuidadoso manejo para que el pasto no se deteriorara. La carga no se prefijó, primero se realizó una prueba de observación con cargas instantáneas de 300 y 500 UGM/ha y hubo que ajustarla pues el efecto en la más alta fue demasiado fuerte, después se utilizaron cargas entre 200 y 250 UGM/ha.

Se le atribuyó a los pastos igual importancia que a las vacas, por el valor que representan para el éxito del sistema de alimentación.

Se denomina manejo racional porque en la toma de decisiones estuvo involucrado diariamente el manejador del pastizal, que el determinaba cual debía ser pastado sin un orden mecánico.

A los pastos se les atribuyó igual importancia que a la vaca, por el valor de estos para el éxito del sistema de alimentación.

Momento óptimo para la entrada de los animales al cuartón. Con relación al momento óptimo, se realizaron investigaciones con manejo flexible en un área establecida en la que se determinó a partir de muestreos de disponibilidad y composición bromatológica en los diferentes momentos del crecimiento de las plantas y se observó que en las especies de crecimiento erecto como *Megathyrsus* (= *Panicum*) y *Andropogon* con el método empleado (a partir de cinco puntos de clasificación del crecimiento de la hierba), además de la observación visual se necesitó el análisis bromatológico de los puntos de muestreo, y la morfología de la planta (relación hoja-tallo-material muerto y fructificación con espigas (fig. 2).



Leyenda

C: crecimiento, PLL: período lluvioso, PPLL: período poco lluvioso.

Figura 2. Características de los puntos de crecimiento mediante la técnica visual.

A continuación, los cinco puntos para la calificación o caracterización del cuartón o parcela:

- Salida de los animales.
- Crecimiento lento y cambio de coloración, desaparece el efecto de la selección por el animal sobre la hoja consumida.
- Aumento de la biomasa foliar, crecimiento lineal, color más intenso, hojas ensanchadas.
- Área tupida, incremento de la biomasa foliar, en pastos erectos el ápice de las hojas toma inclinación hacia abajo por el peso, pocas inflorescencias.
- Base con hojas marchitas, madurez, cambio de coloración y más del 10 % de floración.

De este método se pueden adoptar sus principios, pero no sus resultados cuantitativos relacionados con la edad, ya que el mismo se hizo a partir de la experiencia del manejador y de la observación de la altura y la densidad, dependiendo además de las condiciones edafoclimáticas del lugar y del tipo de variedad de pasto, entre otros factores.

En este caso el mejor momento resultó como idóneo el punto 4 para introducir los animales en el cuartón. No obstante, no se pueden trasladar tiempos o cifras, sino el método referido a “qué y cómo hacerlo según las condiciones”.

El sistema de pastoreo según la explotación

En la época del modernismo en la agricultura cuando se aplicaban altos insumos se empleaban los conceptos de sistemas intensivos y extensivos; el conocimiento y la dinámica del manejo ha modificado estas clasificaciones. No obstante, en los sistemas intensivos (SI) se empleaban altas dosis de fertilización, riego y suplementación y permitían cargas más altas y, por ende, una producción mayor por unidad de superficie.

El tema será abordado en la conferencia de sistemas, por lo que solo se hará alusión a su definición y principales características.

Aunque no ha dejado de existir la clasificación, han surgido variantes que constituyen nuevas opciones para el productor de escasos recursos y son amigables con el medioambiente.

En la escala global se pueden distinguir tres sistemas de explotación pecuaria:

- A. Los sistemas intensivos que utilizan una alta cantidad de suplementos concentrados (vacas de alto potencial, aves, cerdos y otros), que fue abordado con anterioridad.
- B. Los que se basan en el pastoreo directo, utilizan los fitorrecurso forrajeros, árboles y pasturas, emplean manejo racional con menor dependencia de insumos externos, más comúnmente llamados de bajos insumos.
- C. Los sistemas diversificados o mixtos, que integran agricultura-ganadería.

Es una necesidad utilizar sistemas basados en los pastos y forrajes que incluyan plantas perennes leñosas a partir de los problemas que presentan el suelo y el medioambiente. La estrategia cambió, el concepto de pastizal también cambió porque la proyección holística basada en la sostenibilidad de los sistemas debe tener la convicción de que la base para el desarrollo futuro la garantizarán los sistemas agroecológicos, que sean resilientes a los cambios (fig. 3).

Estrategia alimentaria

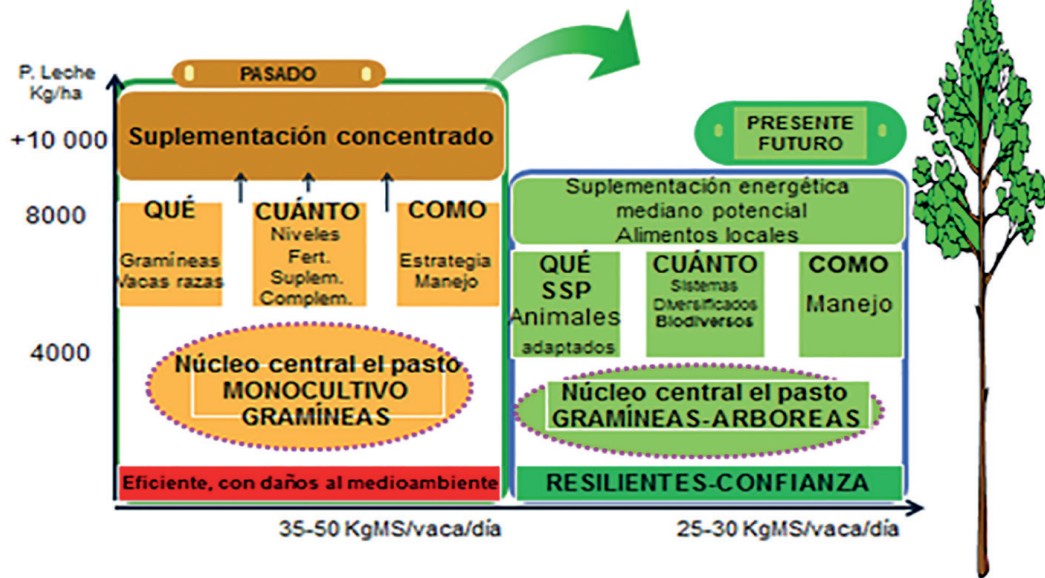


Figura 3. La estrategia alimentaria actual

A. Sistemas intensivos

En la actualidad con las afectaciones sufridas en el medioambiente, en lo social y cultural, el concepto de intensividad cambió; lo importante es la sostenibilidad del sistema, por tanto, deben emplearse especies adaptadas de altos rendimientos y diversificación de la producción con el objetivo de incrementar las salidas productivas y la intensificación estará en función de producir más, pero no en una dirección.

La sostenibilidad de un sistema incluye no solo la producción, su dimensión es más abarcadora porque tiene en cuenta la conservación de los recursos naturales, la protección del medioambiente, la viabilidad ecológica, la equidad social y la calidad de vida.

Los sistemas con altos insumos fueron utilizados en Cuba en la década del 70 debido a los avances genéticos y el alto potencial logrado en los cruces con el ganado Holstein. En lo concerniente a la investigación, estos sirvieron de base para conocer el potencial de las especies mejoradas que fueron introducidas, se realizaron investigaciones en el manejo del pastoreo en los que figuraron; la presión de pastoreo, el tiempo de estancia y reposo, la carga, el nivel de fertilizante, el número de cuarterones, la conservación como ensilaje y heno, entre otros.

Estas investigaciones constituyeron los primeros estudios básicos con especies mejoradas en Cuba y sirvieron de base para conocer los principios del manejo para la conducción de investigaciones en sistemas con bajos insumos.

Los sistemas industriales han reportado ganancias en productividad, sin embargo, han tenido impactos indiscutibles sobre el medioambiente (Thornton, 2010).

- ¿Por qué no continuar con sistemas con altos insumos?, porque estos sistemas eran el reflejo de:
 - Uso de fertilizantes químicos y riego en muchos casos ineficientemente.
 - Altos volúmenes de siembra por reposición si el manejo no era adecuado.
 - Contaminación del suelo y el agua.
 - No todos los sistemas eran económicamente viables, muchos eran subsidiados.
 - Gastos en concentrados (cereales) importados, combustible y maquinaria.
 - El vaciado de residuos farmacéuticos al medioambiente, lo amenaza.
 - Empleo de fármacos, antibióticos y otros que conducen a la resistencia.

- No se considera la relación clima-suelo-planta-animal-manejo. *Sistemas de pastoreo directo o con bajos insumos*

B. Sistemas de pastoreo directo

El pastoreo es el encuentro de la vaca con la hierba y se debe cuidar la hierba, para poder mantener en buen estado a la vaca. Este manejo es complejo porque necesita conocimientos, entrega, amor, pero es el más importante y de mayores ventajas para el animal, la naturaleza y el hombre. Si se analiza el bienestar del animal, este no debe estar encerrado, estabulado; en cuanto a la naturaleza, es más conveniente el reciclaje vía excreta en los potreros, para acumularla y después distribuirla, y para el hombre es más saludable cuando la cadena no concluye en sistemas de confinamiento, a partir de los cuales se han producido graves enfermedades difíciles de controlar. Por otra parte, no es una solución utilizar suplementos debido a los precios y a la competencia con la alimentación humana.

El pastoreo directo posee, además, un conjunto de ventajas que lo hacen superior al sistema estabulado. En el potrero el animal selecciona su alimento, solo hay que trasladar del establo al cuartón en el caso de la hembra en ordeño; en las otras categorías el movimiento es solo de un potrero a otro; recicla nutrientes, ejerce, puede cosechar todo el alimento que necesita si se establecen especies que cubran sus requerimientos; se evita la acumulación de estiércol; se puede mantener mejor la higiene; solo es necesario acarrear una parte del forraje que necesita; se puede mantener un mayor número de animales con una menor cantidad de fuerza de trabajo; las instalaciones son más pequeñas, con un menor costo inicial; no hay ataques entre animales por el alimento. Está comprobado que la calidad de la leche es superior en ácidos grasos, Omega 3, vitaminas, antioxidantes y otros compuestos.

En este sistema, el pasto y los forrajes son la principal fuente de alimentación y no es posible un manejo correcto de la pradera sin la aplicación de los postulados y leyes de Voisin (Milera *et al.*, 2014).

En la clasificación de los sistemas de pastoreo también se incluye el sistema de cero pastoreo o estabulación que es menos utilizado.

C. Sistemas diversificados

Estos sistemas tienen en cuenta las entradas de energía en el sistema especialmente el uso de la energía renovable. Estos sistemas denominados resilientes y sostenibles se emplean en la pequeña propiedad y pueden ser muy variados, en dependencia de los recursos locales, la magnitud de sus componentes y otros.

En el trópico se produce una gran variedad de alimentos con diferentes características físico-químicas y el aprovechamiento de sus potencialidades es posible con la integración de especies de monogástricos y rumiantes. Los primeros consumen todo alimento rico en nutrientes fácilmente digeribles; mientras que los segundos son grandes utilizadores de los pastos, los forrajes y los alimentos fibrosos de escaso valor para el hombre y los monogástricos.

En estos sistemas se utilizan diferentes alimentos según el diseño de las fincas, unas integran agricultura-ganadería, con mayor proporción de cultivos agrícolas y viceversa, lo que les permite el aprovechamiento de todos los residuos, es decir el reciclaje de nutrientes. En la mayoría se utilizan pequeñas áreas de forraje de caña de azúcar (por ser la planta de más alto potencial de producción en el trópico) de diferentes formas: el jugo para alimentar cerdos y aves, el forraje o cogollo para ovinos, el bagazo como fuente de energía y la hojarasca que queda en el suelo como aportador de materia orgánica y protector del suelo.

Otro elemento importante en estos sistemas es la incorporación de los árboles en diferentes diseños, dispersos, en las cercas, con bajas y altas densidades en los potreros como fuente de proteína para los animales y por las utilidades como captadores de carbono. También se utilizan cultivos agrícolas como la yuca y el boniato como fuentes de energía para los animales.

Aunque posee años de historia en su utilización para los campesinos, se ha retomado el uso del biochar en las fincas. Consiste en utilizar todos los residuos maderables de las podas para elaborar carbón. El biochar posee poros que permiten mantener la humedad en el suelo y sirve como hospedero para los bioproductos y bioabonos que se aplican mezclados con él.

Este carbón se utiliza mezclado con los abonos fabricados en la finca y se aprovechan las propiedades antes mencionadas.

Otra forma de diversificar el sistema, es la construcción de biodigestores o biogás los cuales aprovechan los residuos de las excreciones de los animales y el agua y utilizan el gas para electrificar la casa y los locales de ordeño y el sólido como fuente de abono para los cultivos.

Donde existan las condiciones, también se pueden incluir la producción intensiva o semintensiva de peces, en la cual se fertilizan los estanques con abono verde, desperdicios de cosechas, estiércol, sólidos del biodigestor y se combinan para la fabricación de compost. La lombricultura y la producción de compost a partir de los residuos, es una forma de reciclar los nutrientes y producir abonos.

Las plantas acuáticas que crecen en los estanques producen una alta cantidad de biomasa, pues son capaces de duplicar sus rendimientos por día; constituyen uno de los principales descontaminantes de las aguas y tienen un alto valor nutricional, por lo que pueden incluirse en las dietas de aves y otras especies de animales (Milera *et al.*, 2014).

Los subproductos agroindustriales pueden ser utilizados en función de su disponibilidad en el territorio. Existen tecnologías de conservación, en forma de ensilajes, de: los residuos del cítrico, los residuos de viandas y vegetales, la caña, las excreciones de los monogástricos, así como la caña troceada cuando se combina con forraje de alta calidad.

Cuando se integran estas producciones en el sistema hay una mejor utilización de los recursos, pues se absorben los residuos agrícolas y las excreciones, se produce energía renovable, ahorra espacio, se reciclan nutrientes, se reducen los costos, se aumenta la producción por unidad de superficie y se contribuye a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Este sistema hace un uso intensivo de la tierra y de los recursos, y cambia el concepto de intensificación a partir del incremento de la carga animal, por el aumento de las salidas productivas, con un mejor reciclaje de la energía y un mayor aprovechamiento de los recursos locales.

Principios del manejo generados [adaptado de (Milera 2016)]

1. La carga es uno de los elementos más importantes del manejo y está directamente relacionada con la especie de pasto, su población y densidad, la disponibilidad de MS el manejo de la rotación y los requerimientos de materia seca de los animales. La presión de pastoreo es la mejor forma de expresión de la carga, ya que relaciona la disponibilidad de MS con las necesidades de los animales en un área determinada. En gramíneas mejoradas con más del 80 % de población y manejadas con el reposo adecuado, la oferta no debe ser inferior a los 30 kg de MS/vaca/día, porque a partir de esta cantidad se puede cubrir hasta el 80 % de los requerimientos de materia seca en animales de mediano potencial. En sistemas multiasociados gramíneas mejoradas y leguminosas herbáceas y arbóreas, estas últimas ejercen una influencia muy positiva sobre la calidad nutricional del alimento; por lo que con 25 kg de MS/animal/día se han obtenido similares resultados.
2. La calidad del pasto se afecta con el incremento de los días de reposo y con tiempos de estancia prolongados, debido a la disminución que se produce en la relación hoja-tallo, el contenido de PB y el aumento de la FB, lo que repercute notablemente en la disminución de la producción de leche.
3. El tiempo de reposo entre un pastoreo y otro debe ser lo suficientemente largo, de manera tal que permita la recuperación del pasto, siempre que no se afecte su calidad y que este pueda ser pastoreado en el momento oportuno, para lo que debe tenerse en cuenta la fisiología, morfología y calidad de las especies establecidas.
4. Los sistemas con gramíneas mejoradas, sin fertilización, no deben manejarse racionalmente por encima de la capacidad de carga de las áreas, pues ello conduce a la disminución de la disponibilidad de MS y de la persistencia. En el período poco lluvioso, sin riego ni fertilización y con cargas normales (según el estimado promedio para esas áreas), también se produce una disminución acen-

tuada de la disponibilidad. De ahí que para mantener el equilibrio entre la disponibilidad de pasto y las necesidades de los animales es necesario disminuir el horario de pastoreo, ya que la capacidad de carga es inferior a la que soporta el sistema durante el período lluvioso. Este método de manejo puede ajustarse al horario de la mañana o de la noche, y se le denomina pastoreo restringido. Esta práctica no resuelve el déficit, por lo que será necesario complementar con forraje u otra fuente de alimento voluminoso y así se evita el sobrepastoreo.

5. En áreas establecidas con más de una gramínea mejorada, el manejo en cuanto al tiempo de reposo, debe hacerse en función de las especies más consumidas o mejor seleccionadas, las de mayor cuantía en el cuartón o aquellas que se desee preservar, con el fin de evitar su desaparición.
6. En sistemas de manejo racional las gramíneas mejoradas no responden de igual forma a las altas cargas instantáneas (más de 200 UGM/ha), por lo que puede disminuir la disponibilidad de MS y la población, y con ello afectarse su persistencia. Las altas cargas instantáneas propician una alta descarga de excretas, lo que beneficia el incremento de la biota edáfica y el crecimiento de un rebrote con mayor calidad; no obstante, los requerimientos del pasto están en función de la especie, las horas de pastoreo y el tipo de suelo y con el reciclaje en la mayoría de los casos no se cubren las necesidades del suelo.
7. En cualquier método de manejo de los animales se debe considerar: que no se deteriore ni el pasto ni el animal, mantener el equilibrio; cubrir los requerimientos de las plantas y los animales; promover el bienestar animal; que no se afecte el medioambiente.

Consideraciones finales

Es una necesidad la intensificación de los sistemas para producir alimentos con calidad e inocuidad para una población que crece.

Es necesario trabajar con enfoque sistémico, multidisciplinario que integre especialistas de diferentes ramas. Sin conocer cómo funciona la cadena de suministro poco se podrá avanzar. También es importante el análisis de los componentes, los factores que intervienen en el manejo en pastoreo, la clasificación de estos sistemas y los resultados alcanzados a la hora de tomar decisiones. En el manejo del pastoreo es un imperativo considerar los componentes y la relación clima-suelo-planta-animal-agua-energía de cada lugar en cuestión y establecidas las especies, conducir el pastoreo teniendo en cuenta los postulados de Voisin relacionados con el reposo, la carga y la estancia.

No se pueden utilizar recomendaciones de tiempos, ni frecuencias para la adaptación al cambio climático, hay que tener en cuenta los principios que genera cada resultado. El manejo en cada lugar lo ajusta el productor, el mejor sistema, los mejores resultados con las especies y los animales los obtiene el finquero con la innovación en su área. La palabra adaptación al cambio climático no se puede importar desde afuera, se puede lograr en cada lugar teniendo en cuenta los resultados alcanzados en condiciones similares, pero con el ajuste a sus condiciones. El investigador o el extensionista deben ser facilitadores del proceso, el protagonista es el productor.

La transformación de los sistemas convencionales a sistemas agroecológicos, requiere acciones colectivas y locales, descentralizadas, que pudieran no estar acorde con los sistemas actuales de extensión. Se debe analizar y socializar con los productores, decisores, consumidores, ONGs, el diseño de las innovaciones, sin desestimar uno solo de los actores. El desarrollo económico local representa un espacio privilegiado para impulsar la economía y es el nicho ideal para la innovación. Sin conocimientos no es posible lograr resultados eficientes. Estas premisas son un reto para las futuras investigaciones en las áreas agropecuarias y para la producción de alimentos sanos para el hombre.

Referencias bibliográficas

- BOOYSEN, P. DE V. Economic optimization of stocking rate and grazing management. Pasture and forage production in seasonally arid climates. *Proceeding of the 6th General Meeting of the European Grassland Federation*. Madrid. p. 243, 1975.
- DE-SOUZA-SILVA, J.; CHEAZ-PELAEZ, J. & CALDERÓN, JOHANNA. *La Cuestión Institucional: de la vulnerabilidad a la sostenibilidad institucional en el cambio de época*. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR “Nuevo Paradigma”, 2001.
- DUMONT, B.; GONZÁLEZ-GARCÍA, E.; THOMAS, M.; FORTUN-LAMOTHE, L.; DUCROT, C.; DOURMAD, J. Y. *et al.* Forty research issues for the redesign of animal production systems in the 21st century. *Animal*. 8 (8):1382-1393, 2014.
- EEPFIH. Sistemas de manejo y alimentación. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez y Tania Sánchez-Santana, eds. *La guía del criador*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 55-71, 2012.
- FAO. *El uso de las tierras en el mundo*. Roma: FAO. <http://www.todoagro.com.ar>. [26/11/2018], 2007.
- GREENHALGH, J. F. D.; REID, G. M.; AITKEN, J. N. & FLORENCE, E. The effects of grazing in strip-grazed dairy cows. *J. Agric. Sci. Camb.* 67:13-23, 1966.
- HART, R. D. *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Turrialba. Costa Rica: CATIE, 1985.
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA; GARCÍA-TRUJILLO, R.; FUNG, CARMEN; MENDOZA, C. & ROBLES, F. Estudio del manejo de *Panicum maximum* cv. Likoni para la producción de leche. III. Variaciones en la disponibilidad de MS por área y su disposición vertical. *Pastos y Forrajes*. 13 (2):171-177, 1990a.
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA; MENDOZA, C.; ROBLES, F. & FUNG, CARMEN. Efecto de la oferta de materia seca sobre el consumo y la producción de leche en vacas pastando *Chloris gayana* cv. Callide. *VIII Seminario Nacional Científico-Técnico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 122, 1990b.
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA & REYES, F. Manejo racional de una multiasociación árboles-pastos. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 513-535, 2011.
- HERNÁNDEZ, D.; ROSETE, A. & ROBLES, F. Sistema de pastoreo rotacional para la producción de leche con *Cynodon dactylon*. II. Efecto del tiempo de estancia. *Pastos y Forrajes*. 8 (2):279-295, 1985.
- HERNÁNDEZ, D.; SÁEZ, CARIDAD; GARCÍA-TRUJILLO, R.; CARBALLO, MIRTA & MENDOZA, C. Factores del manejo en pastoreo de la guinea likoni en la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 10 (1):83-93, 1987.
- HERRERA, J. Efecto del intervalo de rotación sobre la producción de leche y el pastizal. *Primer Seminario Científico-Técnico*. Las Tunas, Cuba: Estación Central de Pastos y Forrajes. p. 58, 1978.
- JERÉZ, IRMA. *Comportamiento de vacas lecheras con diferentes cargas en gramíneas tropicales*. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencia. San José de las Lajas, Cuba, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, ISCAH, 1983.
- JONES, R. J. & SANDLAND, R. L. The relation between animal gain and stocking rate—derivation of the relations from the results of grazing trials. *J. Agric. Sci. Camb.* 83:335-342, 1974.
- LAMELA, L. *Evaluación de pastos para la producción de leche*. Tesis presentada en opción al grado de candidato al Doctor en Ciencia. San José de las Lajas, Cuba: ICA, ISCAH, 1991.
- MCFEELY, P. C.; BROWNE, D. & CARTY, O. Effect of grazing interval and stocking rate on milk production and pasture yield. *Irish J. Agric. Res.* 14:309-319, 1975.
- MCMEECKAN, C. P. & WALSH, W. The inter-relationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *J. Agric. Sci. Camb.* 61:147-166, 1963.
- MILERA, MILAGROS DE LA C. *Manejo de vacas lecheras en pastoreo. Del monocultivo a la biodiversidad de especies*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2016.
- MILERA, MILAGROS DE LA C. & MACHADO, R. Las investigaciones en pastos y la vigencia de las leyes de André Voisin. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 561-588, 2011.
- MILERA, MILAGROS DE LA C.; MACHADO, R.; ALONSO, O.; LÓPEZ, O.; FONTE, LEYDIS; BLANCO, D. *et al.* Sistemas agropecuarios diversificados. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez y Tania Sánchez, eds. *La guía del criador*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 66-67, 2014.

- MILERA, MILAGROS; MARTINEZ, J.; CÁCERES, O. & HERNÁNDEZ, J. Efecto de diferentes ofertas del pasto *Cynodon dactylon* (L.) Pers, cv. Coastcross-1 sobre la estructura y el valor nutritivo de la planta en pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 10 (3):239-245, 1987.
- MILERA, MILAGROS; MARTINEZ, J.; CÁCERES, O. & HERNÁNDEZ, J. Influencia del nivel de oferta en la producción de leche según los días de estancia en la bermuda cruzada-1. *Pastos y Forrajes*. 9 (2):167-176, 1986.
- PARETAS, J. J. & LÓPEZ, MIRTHA. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, ed. *Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos de Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF IndioHatuey. p. 39-62, 2007.
- PELÁEZ, O. Bosques cubren el 30,6 % de la superficie del país. *Periódico Granma*. La Habana. <http://www.granma.cu/cuba/2016-08-19/bosques-cubren-el-306-de-la-superficie-del-pais-19-08-2016-00-08-30>. [], 2016.
- PEREIRA, E. & LAMELA, L. Producción de leche en pastoreo con diferentes ofertas de pastos estrella cv. Tocumen. *Pastos y Forrajes*. 18 (2):151-161, 1995.
- PEREIRA, E.; LAMELA, L. & RIPOLL, J. L. Evaluación de pastos para la producción de leche, guinea (likoni y comun) y pasto estrella cv. Tocumen. *Pastos y Forrajes*. 13 (1):67-77, 1990.
- PÉREZ-SUÁREZ, R. Variaciones y cambios del clima. En: E. O. Planos-Gutiérrez, R. Rivero-Vega y V. Guevara-Velazco, eds. *Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. La Habana: GEF, PNUD. p. 59-120, 2012.
- PIMENTEL, D. & PIMENTEL, M. H. *Food, energy and society*. Boca Raton, USA: CRC Press, 2008.
- ROSETE, A. Nota técnica sobre el efecto del intervalo entre pastoreo en la calidad y disponibilidad de los pastos. *Pastos y Forrajes*. 6 (3):375-381, 1983.
- SCHIERE, J. B.; IBRAHIM, M. N. M. & KEULEN, H. VAN. The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90:139-153, 2002.
- SENRA, A.; HARDY, CLARA & MUÑOZ, E. Manejo de pastizales para la producción de leche y conservación de excedentes. *Rev. cubana Cienc. agric.* 15:233-250, 1981.
- STOBBS, T. H. Milk production, milk composition, rate of milking and grazing behaviour of dairy cows grazing two tropical grass pastures under a leader and follower system. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18 (90):5-11, 1978.
- THORNTON, P. K. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365 (1554):2853-2867, 2010.
- THORNTON, P. K.; VAN DE STEEG, J.; NOTENBAERT, A. & HERRERO, M. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agric. Syst.* 101:113-127, 2009.
- VOISIN, A. *Productividad de la hierba*. Madrid: Tecnos S.A., 1963.
- WALSHE, W. Grazing management and the productivity of grazing systems. *III World Conference of Animal Production*. Melbourne, Australia. p. 31, 1973.

ANEXO I. Conceptos y definiciones importantes

Carga. Cantidad de animales por unidad de superficie y se expresa en animales o Unidades de Ganado Mayor (UGM) por hectárea.

Carga Global. La definición es la misma, pero para el cálculo se considera toda el área de la finca o la vaquería sin tener en consideración aquellos sitios que no están en explotación; por ejemplo, áreas invadidas de marabú donde la densidad hace difícil el acceso. También se utiliza cuando se incluye el área forrajera.

Carga efectiva. Cantidad de animales por unidad de superficie, se expresa en animales o Unidades de Ganado Mayor por hectárea. Esta representa la carga real, cual es la diferencia con la carga global. La definición es la misma, pero para el cálculo no se considera toda el área de la finca, la vaquería o el área de ceba. Debe eliminar aquellos sitios que no están en explotación; por ejemplo, áreas invadidas de marabú donde la densidad hace difícil el acceso, áreas empedradas, lagunas y áreas que no se utilizan para el pastoreo. No obstante, debe incluir el área forrajera. Aunque este concepto es más aceptable que el de carga global pues está más cerca de la realidad, todavía no expresa la situación real en cuanto a lo que consume el animal. En un área con pasto mejorado, pero con poca población de la especie y áreas afectadas por piedras o marabú puede parecer que la carga es baja; sin embargo, productivamente la producción de leche es menor al compararla con un área que posee pasto natural, ya que, en este caso, toda el área está establecida con especies naturalizadas y la carga es mucho menor y las posibilidades de consumo del animal son superiores.

Carga instantánea. Es la cantidad de animales que soporta una hectárea de pasto cuando es pastada en un tiempo determinado (no superior a un día) por un grupo o varios grupos, y se expresa en animales por hectárea.

Cálculo de la capacidad de carga. Es una de las formas de conocer las posibilidades reales de la utilización que pueden hacer los animales de esa área. Ejemplo para la determinación de la capacidad de carga (Milerá, 2016).

Una vaca de 450 kg de peso con una producción de 8 litros consume 2,8 % de su peso vivo, que equivale a 12,6 kg de materia seca/día. En este caso la suplementación es poca. Si la vaquería no posee obstáculos, lagunas ni marabú y el pasto de que dispone es guinea y ocupa más del 70% del área sin fertilización, manejado correctamente con el reposo necesario, puede producir 4 000 kg de MS/ha/rotación en lluvia y 3 000 kg de MS/ha/rotación en la época poco lluviosa. En lluvia se pueden hacer 4 o 5 rotaciones si se dispone de acuartonamiento y en seca no más de 3 con un buen manejo, que significa pastoreo restringido en la mañana o en la noche. Según la experiencia los animales hacen hasta un 60 % de utilización en estas condiciones. Con estos datos se puede calcular la carga. Si se multiplican 12,6 kg de MS que necesita un animal por 365 días se obtienen 4 499 kg de MS/animal. La producción de la guinea es de 7 000 kg de MS en el año, si el animal solo utiliza el 60 %, el resultado es 4 200 kg de MS, entonces si se divide la disponibilidad entre el consumo estimado se obtiene la carga:

$$\frac{4\ 200\ \text{kg de MS (disponibilidad de pasto consumible)}}{4\ 499\ \text{kg de MS (consumo estimado animal/año)}} = 0,9\ \text{vacas/ha/año}$$

En este cálculo no se tuvo en cuenta el área de forraje necesaria para complementar las necesidades en la seca; no obstante, la carga es inferior a 1 vaca/ha y aunque muy baja se suplementa ocasionalmente.

Si se emplea fertilización la carga podrá aumentarse en dependencia del incremento de la disponibilidad. Si se emplea una asociación de guinea con leucaena es posible incrementar la carga y la producción porque los pastos y forrajes de gramíneas sin fertilización solo contribuyen al balance energético del animal y las plantas proteicas cubren las necesidades de la proteína que en definitiva es la que garantiza la producción de leche y carne. En este ejemplo, los animales producen 8 litros porque satisfacen sus necesidades de materia seca y se suplementan. Cuando no se satisfacen las necesidades de materia seca el suplemento sustituye esas necesidades y no tiene el efecto deseado en la producción.

Disponibilidad de la especie. Es la cantidad de biomasa que existe en un cuartón antes de entrar los animales y se expresa en kg de MS por unidad de superficie en una rotación. Puede determinarse por diferentes métodos; en los sistemas de alimentación a base de pastos, este y la composición botánica o % de población del pasto, son indicadores de gran importancia, porque a partir de ellos se calcula la capacidad de carga; además, se puede efectuar una valoración cuantitativa del estado de sus pastos y elaborar planes de rehabilitación, aplicar abonos entre otras. La disponibilidad se determina en cada cuartón a partir de un marco de 1 x 1 m de cabilla soldada que se tira al azar en forma diagonal al menos en 5 puntos a todo lo largo del cuartón y se corta a 10 cm de altura toda la hierba que hay dentro y se pesa. Cuando se promedian los pesos se obtiene la disponibilidad por m², después se lleva por regla de tres a hectárea y con el contenido de materia seca del pasto, se puede estimar la cantidad por animal en ese momento. Para conocer cómo se comporta por época se debe hacer la medición al menos al inicio y a mediados de cada época, y disponer del número de rotaciones.

Intensidad de pastoreo. Expresa la carga a que se somete cada cuartón o parcela en un determinado tiempo de estancia. Se puede calcular hallando el producto entre la carga instantánea y los días de ocupación. Se expresa en animales por hectárea por día.

Número de cuartones. Factores a considerar para su estimación

El número de cuartones (NC) depende del tiempo de reposo del pasto (TR), el tiempo de estancia (TE) y el número de grupos (NG), pero el elemento más importante es el reposo y para el cálculo debe tomarse el reposo del período poco lluvioso, pues es cuando la planta demora más en recuperarse entre un pastoreo y el otro. La fórmula es la siguiente:

$$NC = \frac{\text{Tiempo de reposo o descanso de la pastura}}{\text{Tiempo de estancia o días de ocupación por grupo}} + \text{No. de grupos}$$

Ejemplo: Si se dispone de 3 grupos de animales se pueden manejar hasta 2 días de estancia por grupo que serían 6 días de ocupación en seca, (en lluvia es diferente porque después del tercer día los animales consumirán el rebrote de la hierba ya consumida y la planta muere). En seca sin riego se deben utilizar, en dependencia de las condiciones edafoclimáticas, el suelo y la especie, más de 50 días de reposo.

En lluvia sobran potreros que se pueden utilizar para hacer heno o ensilaje.

$$NC = \frac{60}{2} + 3 = 33$$

Es por eso que no se puede prefiar el TR, pues hay zonas con intensa sequía en que las plantas en un cuartón demoran 90 días o más en recuperarse y si se introducen los animales antes se produce el deterioro de los pastizales. Como se puede observar el número de cuartones es la resultante del reposo y no a la inversa, es decir no se puede establecer un número de potreros fijos para todo el país y después organizar el tiempo de reposo. En los períodos de escasez de alimentos es muy conveniente la restricción del horario de pastoreo, es decir lo que se conoce como pastoreo restringido, o lo que es lo mismo pastorear solo unas horas en el horario de la mañana o la noche y ofertar en la canoa alimento voluminoso.

Pastoreo. Es satisfacer las necesidades de la hierba y de la vaca; también se define como el encuentro de la va a con la hierba. Al satisfacer de la mejor manera ambas partes, se conseguirá un pastoreo racional que proporcionará la máxima productividad de la hierba, al mismo tiempo que permitirá a la vaca obtener óptimos resultados. Voisin concede igual importancia al animal y a la pastura, con un análisis de equilibrio en el ecosistema, por eso existen cuatro leyes universales, dos que se refieren a las necesidades de la hierba y dos a las necesidades de la vaca.

Pastoreo continuo. Cuando el pastoreo posee un solo potrero y como máximo dos cuarterones o parcelas y los animales tienen libre acceso a toda el área.

Pastoreo rotacional. Pastoreo dividido en cuarterones o parcelas en el que los animales tienen acceso a los mismos sucesivamente ya sea con cercas fijas o por franjas con cerco eléctrico.

Pastoreo rotacional racional. Se adopta el término debido a que no existe un orden preestablecido en la decisión que se tome y el pastoreo será conducido por el hombre con flexibilidad; es muy raro, si no excepcional, que puedan hacerse rotar las parcelas siempre en el mismo orden. El arte del manejador que conduce el pastoreo racional consiste en saber saltar. Significa que no se debe manejar en el orden en que están dispuestos los potreros, sino en el orden de los que más volumen de pastos o cantidad de comida tengan.

Aunque Voisin basó sus leyes en las observaciones que realizó en Francia, con un clima templado, en estudios con vacas lecheras, se ha demostrado que los principios que generaron sus leyes se cumplen en cualquier condición donde se manejen áreas bien empastadas.

Planta pratense. Es aquella que, entre un corte y otro por el diente del animal o el filo de la segadora, es capaz de almacenar varias veces en sus raíces y en la base de su tallo las reservas suficientes, que le permitan obtener un nuevo rebrote después de cada corte.

Persistencia de la especie. Es cuando se trata de plantas perennes que se mantienen, sin disminuir su población, y se puede medir por diferentes métodos.

Presión de pastoreo. Es el número de animales por unidad de forraje disponible, es decir la disponibilidad por animal, y se expresa en kg de MS por animal. También hay países que expresan la presión como la cantidad total del peso vivo de los animales sobre el pasto. Para igualar las diferencias de peso entre categorías animales o entre animales de una misma categoría, se suele expresar en kg de MS por 100 kg de peso vivo. Presión de pastoreo es una expresión (más exacta que la carga) de las posibilidades nutricionales de un área (cantidad de alimento disponible) y la capacidad de carga es la carga animal del pastizal a una presión de pastoreo óptima.

Punto óptimo de la hierba para el pastoreo. La hierba está en punto óptimo para ser pastada cuando se ha recuperado totalmente del pastoreo por los animales en la rotación anterior; este se expresa en una alta disponibilidad de biomasa, sin floración y/o marchitez de sus hojas.

Reciclaje de nutrientes. Las heces y la orina de los animales contienen los nutrientes que no fueron asimilados por el animal; cuando estos vuelven al suelo ya sea por el pastoreo directo o por la distribución como abono, se dice que existe un reciclaje. Los animales pueden producir entre el 6 y el 7 % del peso vivo en forma de heces frescas en un día. Si se utiliza el 6,5 %, en un año, veamos el cálculo de lo que puede producirse por animal. Un animal de 450 kg de peso vivo $\times 0,065 \times 365 = 10\,676,25$ kg de heces en un año. Si la carga es de 1 vaca/ha se producirán 10 676,25/ha. En el pastoreo el animal solo está 16 horas, una tercera parte del tiempo está en el ordeño y en las naves (cuando se ordeñan dos veces al día) por tanto la tercera parte de las heces se queda en las naves. El animal produce entre el 2,5 y el 3,5 % de su peso vivo de orina. Si se utiliza el 3 % se producirán 4 927,5 L de orina/animal/año.

Restricción del pastoreo o pastoreo restringido. Es la limitación del tiempo de pastoreo de los animales a solo unas horas en el día. Se utiliza este manejo cuando hay muy baja disponibilidad o cuando se quiere evaluar una fuente voluminosa para lo cual se reduce el tiempo de pastoreo y se

semiestabula el ganado. También se utiliza en lugares muy fríos o cuando el sol y las temperaturas son elevadas y solo se aprovechan las mejores horas para llevar los animales al pastoreo y el resto del tiempo se estabula.

Segregación de áreas para conservar: Consiste en fertilizar y dejar en reposo un determinado número de cuartones en el período lluvioso (llamarada de crecimiento) para cortar y ensilar o henificar y ofrecerlo en el período de escasez.

Tiempo de estancia: Es el tiempo durante el cual un grupo de animales pastorea una parcela o cuartón en cada rotación.

Tiempo de ocupación. Es la suma de los tiempos de estancia de varios grupos en un cuartón.

Tiempo de reposo. Es el tiempo que transcurre entre una y otra ocupación de un cuartón.

Unidad de ganado mayor: La unidad de ganado mayor (UGM) equivale a un buey o vaca seca de 500 kg de peso vivo. La carga puede expresarse en UGM/ha y es muy utilizada esta expresión cuando existen diferentes categorías o especies. En muchos países de América se emplea el término Unidad Animal (UA) que equivale a 400 kg.

Utilización del pasto por el animal. Es la diferencia calculada entre la disponibilidad existente en un potrero antes de entrar los animales y después de salir estos del mismo. Se expresa en %.

CAPÍTULO 17. Principales sistemas de alimentación utilizados en la producción de leche en Cuba

Tania Sánchez-Santana, Onel López-Vigoa, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez
y Luis Lamela-López
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH)
CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Introducción

La humanidad se enfrenta a uno de sus más grandes desafíos, el crecimiento de la población mundial, junto a un incremento no proporcional de la producción de alimentos que puede poner en peligro la existencia del hombre. La situación es más preocupante en los países subdesarrollados.

La producción agrícola aumentó en los últimos 50 años, pero ello no ha conllevado a una disminución de la pobreza y el hambre. En América Latina y el Caribe hay 54 millones de desnutridos, a pesar de que se produce tres veces la cantidad de alimentos que se consume. Aunque los sistemas del conocimiento, la ciencia y las tecnologías se han dirigido hacia la meta de aumentar la producción agropecuaria, diversos factores, entre ellos, la falta de acceso y distribución de alimentos y el bajo poder adquisitivo de un sector importante de la población, han impedido que eso se traduzca en menos hambre (Soto, 2004).

En Cuba, después de la década del 70 se desarrolló una política encaminada a incrementar la masa ganadera, a través de la mejora genética y el empleo de sistemas de alimentación más intensivos, en los que los pastos ocupaban un lugar destacado. Paralelamente al desarrollo ganadero se puso en práctica un programa de introducción, caracterización y evaluación de pastos y forrajes, así como el estudio y utilización de subproductos de la industria azucarera para lograr satisfacer las demandas crecientes de leche y carne de la población. El objetivo del capítulo es caracterizar los principales sistemas de alimentación en la producción de leche en Cuba.

Caracterización de los principales recursos genéticos forrajeros para la producción de leche

El empleo de variedades mejoradas, las cuales presentan un mayor potencial de producción que las especies de pastos naturales, es una opción que permite favorecer la alimentación de los animales en los ecosistemas ganaderos cubanos.

Entre las plantas macollosas con mejores condiciones pratenses, e incluso forrajeras, se puede señalar las variedades: *Megathyrsus maximus* (Jacq.) cvs. Likoni, Uganda, Común de Australia y SIH-127; *Cenchrus ciliaris* L. cvs. Biloela y Formidable; y *Andropogon gayanus* CIAT-621; una variedad de hábito semimacolloso: *Chloris gayana* cv. Callide; seis variedades de hábito rastrero: *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Cynodon dactylon* cvs. 67 y 68, *Digitaria decumbens* PA-32, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst cvs. Tocumen y Jamaicano, y *Brachiaria purpurascens*; y cuatro erectas de buenas condiciones forrajeras con alta calidad: *Pennisetum purpureum* cvs. 801-4, Taiwán A-144, CRA-265 y CT-115 (Corbea *et al.*, 1996).

Los autores antes mencionados refieren que dichas variedades, independientemente de su hábito de crecimiento, alcanzan un potencial productivo medio de materia seca entre 15,6 y 22,1 t/ha/año cuando se riegan y fertilizan; entre 9,8 y 16,0 t/ha/año en seco y fertilizadas solo en el período de lluvia, y entre 9,0 y 11,0 t/ha/año en seco sin fertilización, lo que representa un incremento medio de 35,7; 44,6 y 40,4 % por encima de lo que producen las gramíneas naturales y/o naturalizadas.

En los últimos años se introdujeron por el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes de Cuba, nuevas variedades, entre las que se encuentran *M. maximus* cvs. Mombasa y Tanzania, y *Bra-chiaria híbrido* cv. Mulato.

Estas especies se caracterizan por presentar contenidos de proteína de 12 a 15 %, una digestibili-dad de 55 a 62 % y una producción forrajera de hasta 25 t de MS/ha/año, con fertilización (Guiot, 2001).

Dichos valores se encuentran dentro de los mejores rendimientos hallados en las especies comer-ciales más productivas, como *M. maximus* cv. Likoni, *C. nlemfuensis* y *P. purpureum* CT-115 en condiciones similares (Herrera, 2005).

En Cuba se aprobaron siete variedades de leguminosas herbáceas: *Lablab purpureus* cv. Rongai, apropiada para corte e incluso para pastoreo; *Medicago sativa* cv. Gilboa Africana, preferentemente para la producción de forraje; así como *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Centrosema híbrido* CIAT-438 y *Arachis postrata*, todas con características eminentemente pratenses; además de dos variedades de árbo-les: *Leucaena leucocephala* (cvs. Cunningham, Perú, Ipil-Ipil y CNIA-250) con posibilidades para el ramoneo en bancos de proteína o asociaciones; y *Albizia lebbeck* (L.) Benth., también para este propósito o para la confección de harina a partir de sus legumbres y semillas secas. El potencial de producción de materia seca de las leguminosas comerciales se encuentra entre 7 y 17 t/ha/año (Corbea *et al.*, 1996).

La tendencia mundial en la última década es reducir el uso de los fertilizantes químicos, no solo por sus altos costos, sino también por los daños que producen en la ecología, en el potencial productivo de los suelos agrícolas y en la salud humana.

Se hace necesario buscar alternativas que promuevan incrementos en los rendimientos, pero que a su vez no ocasionen daños en la fertilidad de los suelos. La inclusión de los árboles y arbustos (especialmente los leguminosos) en los pastizales es una alternativa viable, debido a su contribución a la disminución de la erosión, el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del aporte de nitrógeno atmosférico y el reciclaje de nutrientes, entre otros aspectos.

Además, se ha comprobado que en los sistemas donde se emplean las especies arbóreas, aumenta la biomasa comestible y el contenido de proteína bruta de las gramíneas, en comparación con aquellos sistemas de gramíneas mejoradas sin fertilizar.

En un sistema compuesto por una mezcla de pastos cultivados y naturales asociados con leucaena, se obtuvo una disponibilidad de materia seca de 5,0 y 3,6 t de MS/ha/rotación para las gramíneas, y 0,6 y 1,1 t de MS/ha/rotación para la leguminosa en los períodos lluvioso y poco llu-vioso, respectivamente, sin la aplicación de fertilizantes químicos y con una carga de 0,9 UGM/ha (Iglesias, 2003).

Según Ruiz y Febles (2005) la asociación de gramíneas y leucaena presenta una producción de biomasa comestible mayor y más estable, incluso en los meses del período poco lluvioso, en relación con las áreas de monocultivo. Estos autores encontraron una producción acumulada anual de materia seca de 21,9 t de MS/ha para el sistema de leucaena más gramínea asociada, y de 7,1 t de MS/ha en gramíneas sin fertilizar.

Hernández *et al.* (2007) evaluaron la disponibilidad de materia seca total de una multiasocia-ción con las especies siguientes: *L. leucocephala* cv. Cunningham, *S. guianensis* cv. CIAT-184, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo, *T. labialis* cv. Semilla Clara, *Centrosema pubescens* cv. SIH-129 y *M. maximus* (una mezcla de los cvs. Likoni y SIH-127), y obtuvieron un rendimiento de biomasa comestible de 7 131,9 y 4 94,8 kg de MS/ha/rotación para los períodos lluvioso y poco lluvioso, res-pectivamente, sin el uso de la fertilización.

Por otra parte, Hernández *et al.* (2001), al evaluar cuatro sistemas productivos: gramínea en monocultivo, y *A. lebbeck*, *Bauhinia purpurea* L. y *L. leucocephala* asociadas con *M. maximus* cv. Likoni, encontraron un porcentaje de PB más alto en los sistemas con árboles (tabla 1).

Tabla 1. Contenido de proteína bruta (%) de la gramínea en los sistemas de pastoreo.

Sistema	Año			Época	
	1	2	3	PLL	PPLL
<i>M. maximus</i> (monocultivo)	6,2	6,4	6,9	7,3	5,6
<i>M. maximus</i> + <i>A. lebbeck</i>	9,8	7,3	9,4	9,0	8,5
<i>M. maximus</i> + <i>B. purpurea</i>	8,8	7,6	8,2	8,8	7,5
<i>M. maximus</i> + <i>L. leucocephala</i>	11,3	10,4	12,6	13,5	9,3

PLL: Periodo lluvioso, PPLL: Periodo poco lluvioso
Fuente: Hernández *et al.* (2001).

Un comportamiento similar se ha señalado para las especies *M. maximus*, *C. nlemfuensis* y *Paspalum notatum*, las cuales presentaron un incremento en el contenido de proteína bruta entre una y tres unidades porcentuales, cuando la leucaena u otro árbol leguminoso formó parte de la comunidad vegetal del cuartón o de la parcela (Ruiz *et al.*, 1998).

Ello demuestra el efecto beneficioso de los árboles leguminosos en las gramíneas en los sistemas asociados, ya que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, el cual es aprovechado por estas últimas. Por ello la inclusión de los árboles es una buena opción para incrementar el rendimiento y el contenido de proteína bruta de los pastos sin el empleo de fertilizantes químicos.

Sistemas que utilizan los pastos y los forrajes sin riego

En los sistemas basados en los pastos, los forrajes y los alimentos locales, cuando no se emplea riego en las áreas de pastoreo en el período poco lluvioso ocurre una drástica disminución de los rendimientos de biomasa, lo cual se debe prever, además de planificar oportunamente las formas de alimentar a la masa de animales en función de su producción.

Los sistemas de secano son aquellos en los cuales no se utiliza el riego en las unidades de producción, aunque pueden recibir alimentos provenientes de áreas con riego, como es el caso del forraje que se ofrece cuando se maneja el ganado con restricción del pastoreo o estabulado. Un gran número de sistemas de secano se han estudiado en la producción de leche, de los cuales se describen los de mayor importancia.

Empleo de forraje de gramíneas y/o ensilaje

El forraje es una opción que se emplea no solo para el período de escasez de alimento, sino durante todo el año, especialmente en aquellas empresas lecheras donde las necesidades del ganado son superiores a las que los pastizales, fundamentalmente de gramíneas, les pueden garantizar a través del año.

El comportamiento del rhodes gigante (*Chloris gayana* cv. Callide) se estudió durante dos años en 32 ha de una vaquería de la región oriental del país, con una carga de 2,5 vacas/ha y suministro de alimentos en el comedero en el período poco lluvioso [forraje (80 %), caña de azúcar y bagacillo (18 %) y concentrado; la producción fue de 8,9 kg de leche/vaca/día. El pastoreo en la época de altas precipitaciones se efectuó durante 14 h y en el período poco lluvioso se restringió a cuatro horas (Lamela y Vega, 1992).

Otra opción estudiada fue la del empleo de ensilaje de pangola y el suministro de forraje de sorgo (*Sorghum bicolor*) en condiciones de secano. En este sistema el forraje constituía 40 % del consumo

de ensilaje, el área de sorgo se fertilizó en el período lluvioso con 75 kg de N/ha/corte y se ofreció con una edad de 70 días (Esperance *et al.*, 1980). La vaquería estaba sembrada de pasto pangola común, con una capacidad para 120 vacas y una carga de 3 vacas/ha. La producción fue de 8,3 kg de lecha/vaca/día, con un costo del litro de leche de 16,1 centavos. Además, este sistema superó en producción y en economía a otras vaquerías que se encontraban cerca y suministraban caña de azúcar o heno en adición al ensilaje.

Sistemas que incluyen bancos forrajeros de caña de azúcar

La caña de azúcar como forraje tiene las ventajas siguientes: presenta altos rendimientos de MS y EM en el período poco lluvioso, resiste intensas sequías, se adapta a un amplio espectro de suelos, se conoce su mecanización para la siembra y la cosecha, y existe una amplia experiencia en su explotación. Sin embargo, su composición química se caracteriza: por un bajo contenido proteico, un desbalanceado contenido mineral, ausencia de almidón, bajo contenido de grasa, rica en carbohidratos estructurales con alta cristalización del complejo lignocelulolítico, estrecha relación azúcar-fibra y amplia relación carbono-nitrógeno.

En un sistema donde el pasto base era la pangola común (*D. decumbens*), fertilizada con 150 kg de N/ha/año, que disponía de un área de forraje de caña de azúcar (20 % del área total del sistema) y se manejó durante dos años con una carga global de 3 vacas/ha (4,2 vacas/ha en las áreas de pastoreo de pangola), se encontró un mejor comportamiento en el intervalo entre partos (391 días) y similar producción de leche (9 329 kg/ha/año), al compararlo con otro sistema que empleaba la segregación de los cuartones para la producción de ensilaje, que se ofrecía en la época de seca (tabla 2).

Tabla 2. Sistemas sin riego que emplean gramíneas mejoradas para la producción de leche

Sistema	Especie	Producción, kg/vaca/día	Fertilización, kg/ha/año	Autores
Ensilaje-forraje	<i>C. nlemfuensis</i> <i>M. maximus</i> <i>B. purpurascens</i> <i>C. gayana</i>	8,5-9,5	80-100	Lamela (1991) Milera y Herrera (1991) Esperance <i>et al.</i> (1978)
Caña	<i>C. nlemfuensis</i>	8-10	75-150	Senra <i>et al.</i> (1991)
Bagacillo predigerido	<i>C. nlemfuensis</i>	8-10	100	(Senra <i>et al.</i> , 1991)
Subproductos locales (mezclas) Saccharina húmeda	<i>M. maximus</i> <i>A. gayanus</i> <i>C. nlemfuensis</i>	6-9	-	Milera (1995) García-López <i>et al.</i> (1994)

Cuando en el sistema anterior los animales tuvieron acceso a un banco de proteína de *N. wightii* (20 % del área total), la inclusión de la leguminosa mejoró la producción entre 1 y 2 kg de leche (Lamela *et al.*, 1996) con relación al tratamiento con forraje de caña solamente (9,8 vs 8,2 kg/vaca/día).

Los bancos de proteína con leguminosas herbáceas tuvieron un buen comportamiento en áreas de investigación (Milera, 1996). Sin embargo, debido a las exigencias en el manejo del establecimiento y la explotación, su transferencia a escala comercial fue poco atractiva para los productores.

Sistemas con bancos de biomasa de *Cenchrus purpureus* para pastoreo

P. purpureum (hierba elefante), al igual que la caña de azúcar, es capaz de almacenar alimentos durante seis meses, uno o varios años. La hierba elefante convierte 23 % de la radiación solar que recibe y su ciclo de crecimiento acumula biomasa hasta los seis meses de edad.

El somaclón de *P. purpureum* Cuba CT-115, de porte bajo, se puede manejar en el 30 % del área total de pastoreo; permite una rotación en lluvia (junio-julio) y no se vuelve a pastorear hasta el inicio

de la época de seca. En este sistema el reposo entre pastoreos varía entre 70 y 80 días. Con esta gramínea sin fertilizar se pueden alcanzar 15 t de MS/ha en la época de sequía, que es aprovechada en un 60 %; una hectárea es capaz de alimentar 300-400 vacas/día en la primera rotación y 200-300 vacas/día en la segunda rotación, con un consumo de 12-15 kg de MS/vaca/día. El potencial del sistema es de 3 000 kg/ha/año cuando se suplementa con 1 kg/animal/día y se adicionan componentes nitrogenados de bajo costo (Martínez *et al.*, 2010).

Sistemas que utilizan los subproductos industriales y los recursos locales

Utilizar racionalmente los productos y subproductos de la agricultura y de la industria como sustitutos de concentrados y suplementos del pasto, sin riego, en seca, es una vía para encontrar nuevas fuentes de alimento que eviten la subalimentación de la masa bovina, aumenten la producción de leche y carne, y contribuyan, de una forma u otra, a mejorar el medioambiente.

Existen diferentes alternativas de suplementación a partir de subproductos de la industria azucarera, entre los cuales están el bagacillo, el bagazo, la cachaza y otros. En Cuba el más utilizado es el bagacillo predigerido con 2-3 % de hidróxido de sodio, al que se adiciona 15 % de miel y 10 % de urea. Este alimento contiene 2 Mcal EM/kg de MS y entre 8 y 12 % de PB, y se ofrece en el período poco lluvioso a razón de 6-7 kg de MS/vaca/día. Se puede obtener una producción de 10 kg/vaca/día en pastos mejorados de secano, fertilizados en la época lluviosa, y con suplementación de concentrados (Senra *et al.*, 1991).

Otro subproducto elaborado a partir de la caña de azúcar es la saccharina rústica; para su elaboración la caña debe ser blanda, de entrenudos largos y limpia de paja, con suficiente madurez (8-12 meses). Después de cortada se muele en forma de harina y se deposita en un área de cemento o asfalto. Si el proceso de molienda se inicia por la mañana, se debe proteger el material del efecto del sol (se recomienda moler de 3:00 a 6:00 p.m.) debido a que se producen pérdidas de guarapo, que es esencial para la fermentación y el crecimiento de las levaduras.

Por cada tonelada de caña se debe adicionar 15 kg de urea (NNP), 2 kg de sulfato de sodio, 5 kg de magnesita y 5 kg de sal mineral, los cuales se homogenizan con la harina de caña. La capa de esta mezcla no debe ser mayor que 10 cm.

La fermentación en estado sólido de la caña de azúcar limpia y molida, con urea y minerales, produce una disminución de los carbohidratos solubles, además de la transformación del NNP en nitrógeno, debido al crecimiento microbiano de las levaduras y las bacterias; de esta forma se obtiene una caña enriquecida con alta proporción de PB y alto porcentaje de proteínas sobrepasantes (≥ 70 %), lo que garantiza corregir cualquier déficit de calidad o cantidad de péptidos y aminoácidos que normalmente se sintetizan en el rumen. La eficiencia de conversión de los carbohidratos solubles a proteína puede llegar a valores de 61 % debido al desarrollo de la microbiota que se establece en el sistema (Elías *et al.*, 1990).

Si se desea ofrecer la saccharina húmeda o rústica, el proceso culmina en la noche y se podrá suministrar por la mañana; pero si se desea incluir en el concentrado se deberá mover el material cada 2-3 h y estará lista a las 48 h. Cuando se empleó la saccharina rústica en vaquerías comerciales, se observó un incremento de un litro de leche por vaca.

Otro subproducto utilizado es la pulpa de cítricos; de 1 t de frutas se obtienen 460 kg de jugo, 65 kg de pulpa deshidratada, 51 kg de miel de cítrico y 4,5 kg de aceites esenciales.

La pulpa de cítrico deshidratada (naranja) es un alimento rico en carbohidratos, con un bajo contenido de FB (8-14 %) y una digestibilidad de la fibra de 67,7-81 %. Su desventaja principal es el bajo contenido de proteína (6-7 % de la MS), por lo que se hace necesario la adición de nitrógeno no proteico (NNP) o proteína verdadera (PV).

La inclusión de 45 % de pulpa de cítrico deshidratada en la dieta de vacas lecheras, produjo 12,6 kg de leche diariamente. En la actualidad no existen posibilidades de deshidratación debido al alto costo energético y se está utilizando este subproducto para la confección de ensilaje.

La fabricación de los ensilajes de hollejo de cítrico se lleva a cabo en silos con paredes de 2,5 m de alto por 10 m de ancho y 30 m de largo. La proporción de materiales que se introducen es: 84 % de hollejo, 10 % de heno de gramíneas y 4 % de urea (Ojeda *et al.*, 2005).

Por otra parte, en los últimos años en Cuba se ha empleado el subproducto de destilería del maíz (*northgold*) para potenciar la producción de leche, debido a que el aumento de la producción de etanol a nivel mundial ha traído consigo un incremento en la disponibilidad de los residuos de destilería, que son considerados una buena fuente de proteína y energía para el ganado bovino (Martín *et al.*, 2007).

Un estudio con 45 vacas lecheras, de la raza Siboney de Cuba, desde el inicio de lactancia se desarrolló durante un año en una vaquería, donde se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos de 15 animales cada uno: a) suplementación, con 100 % de concentrado comercial; b) suplementación con 50 % de concentrado comercial y 50 % de *northgold*, y c) suplementación con 100 % de *northgold*. Todos los animales pastaron juntos, durante 16 h diarias, en cuarterones de gramíneas puras (guinea Likoni y pasto estrella) o en asociación de gramíneas y leguminosas (guinea Likoni y leucaena). La producción de leche no difirió entre los tratamientos (14,7; 14,4 y 14,8 kg/vaca/día para a, b y c, respectivamente). En cuanto a la calidad láctea, el porcentaje de grasa de la leche de los animales suplementados con 100 % de *northgold* fue menor ($p < 0,01$) que el del resto de los animales, que no difirieron entre sí. No hubo diferencias entre los demás componentes lácteos (Reyes *et al.*, 2008).

Sistemas con riego y fertilización

Los sistemas con pastos mejorados, riego y fertilización eran una opción hace algunos años, con resultados técnico-económicos atractivos (Cino *et al.*, 2004). Sin embargo, incentivaron modelos consumidores, con un gran componente de importación, con lo cual se hicieron más dependientes y menos autosuficientes.

C. nlemfuensis fue la especie de mayor producción por unidad de superficie, con la cual se alcanzaron de 12 000 a 14 000 y hasta 18 000 kg/ha/año con cinco vacas/ha de la raza Holstein comercial (Jeréz *et al.*, 1980).

En un sistema de producción de leche con bermuda cruzada y guinea común, regada y fertilizada y suplementación con cereales a razón de 4 kg de concentrado por vaca por día, se lograron producciones de 15 kg/vaca/día con animales Holstein (Jeréz *et al.*, 1988).

En la década de los 90 la economía cubana entró en crisis, situación que se agudizó notablemente debido a los defectos inherentes al modelo agrícola vigente, pues se enfrentó a una reducción severa de los insumos, que en su mayoría eran importados.

En este sentido, se produjo la ruptura del paradigma basado en la dependencia de importaciones de insumos y se hizo necesario comenzar a construir un nuevo paradigma técnico-económico basado en el desarrollo endógeno.

Dentro de este contexto surgen los sistemas silvopastoriles como una alternativa viable para la recuperación de la ganadería cubana y satisfacer las necesidades de la población. Se trataba de devolver los árboles al pastizal cubano.

Sistemas que utilizan los árboles-pastos

Existen diferentes formas de clasificar los sistemas silvopastoriles en Cuba, y los más estudiados son:

Sistemas de corte y acarreo

Deben utilizarse, preferentemente, las especies arbóreas o leñosas perennes pues crecen bien en la época de escasas precipitaciones, mejoran las características del suelo y proporcionan servicios ambientales como el secuestro de carbono, el aumento de la biodiversidad y la conservación del agua, entre otros.

El sistema de corte y acarreo se ha usado con diferentes objetivos, uno de los cuales es la alimentación del ganado. Este consiste en disponer de un área de forraje de arbóreas, el cual es cortado y trasladado para ofrecerlo fresco, oreado, henificado o en forma de harina como suplemento; también se pueden emplear las cercas vivas con el mismo fin.

En Cuba, al sustituir 4 kg de concentrado comercial/vaca/día por 4,5 kg de forraje verde de *L. leucocephala* cv. Perú en el 50 y 100 % de la ración para vacas Holstein que pastoreaban *C. nlemfuensis* (con una carga de 3,5 vacas/ha), no se observaron diferencias en la producción de leche diaria.

La morera (*Morus alba*) manejada con cortes a los 60 días de rebrote para el período lluvioso y a los 90 días para el poco lluvioso, a una altura de 40 cm, con una densidad de 25 000 plantas/ha, fertilización de 300 kg de N/ha/año y sin riego, alcanzó un rendimiento de biomasa comestible de 8,30 t de MS/ha/año (Martín, 2004).

Con las condiciones antes mencionadas se alcanzó una producción de leche de 10,6 kg/vaca/día, al suministrarla a 1 % del peso vivo en vacas mestizas del cruce Holstein x Cebú, con pastoreo de especies mejoradas (Milera *et al.*, 2007).

En la actualidad la morera (*Morus alba*), titonia (*Tithonia diversifolia*) y moringa (*Moringa oleifera*) son las especies más utilizadas. Su alto valor nutricional al ser consumidas permite cubrir las necesidades de los animales para la producción de carne y leche.

Se debe tener en cuenta al momento de seleccionar las especies: que resistan las podas frecuentes, rebroten con facilidad, tengan un rápido crecimiento, una buena producción de hojas, una alta calidad nutritiva para el ganado, mantengan una buena cantidad de hojas en la época seca y se adapten a las condiciones de suelo y clima.

En sentido general, muchos de los trabajos realizados con arbóreas se ubican en este contexto de corte y acarreo, y la respuesta a la suplementación con leguminosas arbóreas depende, en gran medida, del tipo de leguminosa y la calidad de la dieta basal, de la forma de presentación del forraje ofrecido, así como de la oferta de MS. En los trabajos analizados las leguminosas tuvieron un efecto positivo en el rendimiento de leche por animal, pero casi todos fueron diseñados para un corto período de duración, por cuanto se precisa de información complementaria.

Sistemas que emplean el banco de proteína en pastoreo

Durante tres años (Milera *et al.*, 1994) estudiaron el comportamiento de un sistema de producción, consistente en la utilización de un área de *M. maximus* cv. Likoni con 20 % dedicado a un banco de proteína de *L. leucocephala* cv. Perú y un control con la gramínea solamente. Esta última se fertilizó con 120 kg de N/ha/año y la leguminosa solo recibió 45 kg de P y K/ha, ambas sin riego. Se empleó una carga de 2,5 vacas/ha del cruce Holstein x Cebú. En el período lluvioso se segregó el 33 y 44 % del área de la gramínea en pastoreo para conservar, con una producción de ensilaje de 2,4 y 2,8 t/vaca para el tratamiento y el control, respectivamente; este alimento se ofreció en el período poco lluvioso.

La producción de leche fue significativamente superior cuando se empleó la leguminosa y la fertilización en el área de la gramínea (10,1 vs. 9,6 kg/vaca/día); además hubo un ahorro de concentrado, al compararlo con el control que solo disponía de la gramínea.

A escala comercial Lamela y Matías (1989) obtuvieron una producción de 9 kg/vaca/día durante un año en un área de *M. maximus* cv. Likoni, con un banco de proteína que incluía leucaena y *N. wightii* sin riego. También en vaquerías comerciales, con el empleo de un banco de proteína de leucaena (3 000 plantas/ha) y *M. maximus*, sin riego ni agrotóxicos, se alcanzaron producciones de 6,6 kg/vaca/día sin el uso de suplementos concentrados. Esta área produjo más de 20 % de leche, cuando se comparó con otras unidades de áreas cercanas que disponían de la gramínea solamente.

Una preocupación para los ganaderos que manejan los bancos de proteína en pastoreo, es la altura que alcanzan las especies arbóreas después de dos o tres años del comienzo de la explotación con los animales. Por ello es necesario realizar podas cada vez que lo requiera la planta.

Sistemas asociados con pastos y árboles de la familia de las leguminosas

Las especies de árboles más utilizados en estos sistemas son *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, *A. lebeck* (Milerá *et al.*, 2014), conjuntamente con *B. purpurea*; mientras que los pastos más abundantes por su capacidad para asociarse con estos son *M. maximus* y *C. nlemfuensis*, aunque también se pueden encontrar otras especies como *C. ciliaris* y *Cenchrus purpureus* (Schumacher.) Morrone CT-115 (López *et al.*, 2015b).

Estos sistemas, en función del tipo y la fertilidad del suelo, la especie de pasto, así como de la especie y densidad de los árboles y también del manejo del sistema y el potencial productivo de los animales (Simón, 2012), pueden admitir cargas en el rango de 1,0 a 1,7 UGM/ha, con períodos óptimos de reposo para el pasto de 25-40 días en el período lluvioso (PLL) y de 50-70 días en el período poco lluvioso (PPLL).

Jordán *et al.* (1998) estudiaron el efecto de la introducción progresiva de *L. leucocephala* cv. Perú en una vaquería, sin necesidad de desactivar la unidad, y encontraron que la producción de leche en vacas Holstein se incrementó de 7,9 hasta 9,5 kg, a medida que aumentó el porcentaje del área cubierta por la leucaena desde el primer hasta el cuarto año. La producción por hectárea al año aumentó de 2 790 hasta 5 406 kg/ha/año. Esta vaquería fue suplementada con 196 g de concentrado por kilogramo de leche producido en ambas estaciones; simultáneamente, la carga aumentó de 2 hasta 3 animales/ha desde el primer hasta el cuarto año.

Lamela *et al.* (2004), al evaluar el efecto de una asociación de *L. leucocephala* y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano con vacas Holstein, obtuvieron producciones de leche por vacas en ordeño de: 7,6 y 7,7; 6,5 y 6,5; 7,0 y 6,8 kg/vaca/día en el primer, segundo y tercer años de evaluación para las dos vaquerías estudiadas, respectivamente. Se encontró efecto del bimestre de producción en el comportamiento productivo de los animales, con los mejores resultados en julio-agosto.

Por su parte, Muñoz *et al.* (2006) evaluaron una asociación de *L. leucocephala* y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano (23 años de establecida), con vacas mestizas, y obtuvieron producciones de leche de 5,1 kg/vaca en ordeño/día, que representó un incremento de 2,2 kg/vaca en ordeño/día en comparación con las áreas de monocultivo de la unidad.

Según Hernández y Ponce (2000), los indicadores físico-químicos de la leche de vacas Holstein Friesian en sistemas silvopastoriles varían dentro de los valores establecidos para Cuba en cuanto a la calidad de la leche. Estos autores hallaron para la grasa, la lactosa, los sólidos no grasos y los sólidos totales valores de: 3,8; 4,8; 8,4 y 12,1 %, respectivamente.

Hernández (2005) realizó un experimento para conocer la influencia de la época del año en la producción y la composición de la leche de rebaños en condiciones silvopastoriles, durante un año, en tres fincas lecheras constituidas por genotipos Holstein Friesian (rebaño 1), Mestizos Holstein (rebaño 2) y Siboney de Cuba o 5/8 H x 3/8 C (rebaño 3).

Los rebaños mostraron cierta disminución de la producción de leche durante la época de seca, que difirió significativamente de la época de lluvia, y los valores fueron de 11,2 vs. 15,1; 7,6 vs. 9,8; y 8,9 vs. 11,3 kg/día para el rebaño 1, 2 y 3, respectivamente. Similar comportamiento mostró la proteína y los sólidos no grasos; mientras que la grasa se comportó mejor en el período poco lluvioso.

En la Empresa Genética de Matanzas, se realizó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de una asociación de leucaena con gramíneas mejoradas en la producción de leche con vacas Mambí de Cuba. La disponibilidad de materia seca total fue superior a las 3 t/ha/rotación durante los tres años que duró la explotación. El mayor rendimiento de leche se obtuvo en el bimestre julio-agosto (10 kg/vaca/día). Por otra parte, se alcanzó una producción por vaca en ordeño de 9,6; 8,7 y 8,6 kg para el primero, el segundo y el tercer año, respectivamente (Sánchez *et al.*, 2005; 2007).

En este sistema se logró una producción por lactancia de 2 030-2 159 kg y por hectárea de 2 744-3 025 kg. A su vez, cuando se analizó el efecto de la época del año en el peso de los terneros al nacer, no se encontraron diferencias significativas; los valores fueron superiores a 37,5 kg para ambos períodos (Sánchez *et al.*, 2008).

Además, las hembras que entraron al sistema en seca tuvieron un IPS significativamente menor ($p < 0,05$) que las que entraron en lluvia (107 vs 139 días, respectivamente). Sin embargo, el IPG fue

similar para ambas épocas de entrada (152-167 días); mientras que el número de servicios por gestación fue significativamente inferior ($p < 0,01$) para las hembras que entraron al silvopastoreo en lluvia (1,38) con respecto a las que lo hicieron en seca (1,75) (López, 2004).

Por su parte, Lamela *et al.* (2009) estudiaron el comportamiento productivo de vacas Holstein en sistemas asociados de *L. leucocephala* y *C. nlemfuensis*, sin la aplicación de fertilizante químico. El trabajo se realizó en dos vaquerías de la Empresa Genética de Matanzas, las cuales contaban con un área de 35,5 ha de pastos y de 3 ha para la producción de forraje de caña de azúcar. Se encontraron diferencias significativas dentro de cada vaquería para el efecto bimestre de producción. A su vez, el 86 y 65 % de las vacas tuvieron una condición corporal (CC) entre 3,0 y 3,5 para el período lluvioso y el poco lluvioso, respectivamente. La producción de leche promedio de las vacas, para la CC de 2,5; 3,0; 3,5 y 4,0 fue de 6,5; 8,0; 7,7 y 6,0 kg/vaca/día, respectivamente.

A su vez, en la vaquería El Rancho de la Empresa de Cítricos Victoria de Girón del municipio de Jagüey Grande, en la provincia de Matanzas, Cuba, se realizó un estudio con el objetivo de determinar la producción de leche en una asociación de la gramínea *P. purpureum* CT-115 con los árboles forrajeros *L. leucocephala* y *M. alba*, en condiciones de riego. Se emplearon vacas de mediano potencial (Holstein x Cebú) del grupo de alta producción, las cuales tuvieron acceso al sistema hasta los 150 días de lactancia. Los mayores resultados se encontraron en el bimestre julio-agosto y los menores en enero-febrero y marzo-abril, con diferencias significativas ($p < 0,01$); mientras que la producción de leche fue de 10,0 y 9,9 kg/vaca/día para la tercera y la cuarta lactancia, respectivamente (Lamela *et al.*, 2010).

Una ventaja importante de los SSP con respecto al monocultivo de gramíneas es que permiten minimizar el desbalance en la producción de alimentos que caracteriza a los sistemas sin árboles (Sánchez *et al.*, 2011). Además, estos sistemas garantizan una elevada producción de biomasa de buena calidad nutricional durante todo el año (López *et al.*, 2012). En este sentido, Sánchez (2007) desarrolló una investigación en la que evaluó, en condiciones comerciales de producción, un SSP constituido por una asociación de gramíneas mejoradas (*M. maximus* cv. Likoni y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano) con *L. leucocephala* cv. Cunningham (5 556 plantas/ha). La carga promedio fue de 1,5 animales/ha y el tiempo de reposo del pasto de 30 y 58 días para el PLL y el PPLL, respectivamente. En estas condiciones, obtuvo 28,8 y 4,6 t de MS/ha/año de pasto y de follaje de leucaena, respectivamente, lo que implicó un rendimiento total de 33,4 t de MS/ha/año de biomasa comestible. El contenido de proteína bruta (PB) fue de 9,7 % en el pasto y 25,2 % en la leucaena; mientras que, la degradabilidad *in situ* de la MS a las 48 h fue de 57,7 y 60,8 %, respectivamente.

Las investigaciones realizadas en Cuba durante más de 25 años, en SSP con predominio de pastos mejorados, sobre suelos de mediana fertilidad, carga entre 1,1 y 1,7 UGM/ha, con vacas de mediano potencial de genotipos provenientes del cruzamiento de Holstein x Cebú, han confirmado que estos sistemas tienen potencial para alcanzar una producción de leche entre 7,0 y 10,0 kg/vaca/día con una adecuada calidad nutricional y una producción por hectárea de 2 800-6 000 kg/año (Jordán *et al.*, 1998; Sánchez, 2007; Hernández *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012).

Además, según López *et al.* (2015a), en el PLL las asociaciones de pastos mejorados con *L. leucocephala*, permiten una elevada oferta de pasto (≥ 50 kg/vaca/día) de buena calidad nutricional, de tal forma que la suplementación de vacas Holstein x Cebú, en buen estado de condición corporal (3,0-3,5), con 1,3-1,5 kg de MS de concentrado, que representa el 10 % de la dieta, no contribuye a incrementar la producción (10,0 kg/vaca/día) ni a mejorar la composición de la leche (4,1 % de grasa; 3,2 % de proteína; 4,6 % de lactosa; 8,6 % de sólidos no grasos y 12,8 % de sólidos totales).

No obstante, cuando en estos sistemas se brinda a las vacas, en similar período del año, 3,0 kg de MS de concentrado/vaca/día, que constituye el 20 % de la dieta, y también probiótico Sorbifauna (entre 60 y 90 g/vaca/día), se obtiene una producción de leche promedio de 12,0 kg/vaca/día, con 3,9 % de grasa y 3,4 % de proteína (Sánchez *et al.*, 2015).

En general los resultados han tenido un gran impacto, pues no solo se ha incrementado la producción de leche, sino que se ha mejorado los indicadores económicos con la implementación de los SSP.

Cino *et al.* (2004), en un estudio económico preliminar con diferentes sistemas o tecnologías (14 en total), basados en pastos naturales y mejorados, forrajes, suplementos y la asociación árboles-pastos según la producción de leche en tres grupos (I hasta 6,5 kg/vaca/día, II entre 8 y 10 kg/vaca/día, y III superior a 10 kg/vaca/día), informaron que los sistemas basados en pastos naturales presentaron una relación ingreso-gasto negativa.

Los sistemas con pastos cultivados, en el caso que utilizaron leucaena en el 100 % del área y forraje de caña, tuvieron un costo unitario del litro de leche inferior a \$0,20 una relación costo/beneficio mayor que uno, y uno de los más bajos costos por animal, y solo fue superior en el costo por hectárea con relación al sistema I. Los sistemas cuya producción fue superior a 8 litros/vaca con animales mestizos (H x C) y Holstein fueron atractivos para el productor, con una mayor producción por área y por animal que en el sistema I y con gastos similares.

Además, Sánchez *et al.* (2008) obtuvieron ganancias por hectárea y por vaca de 4 055,60 y 2 684,70 pesos, respectivamente y una relación beneficio-costo de 4,51 pesos, lo cual estuvo determinado por un alto precio del litro de leche (\$ 0,94) gracias a su calidad, tanto higiénica como nutricional; mientras que el costo de un litro de leche fue solo de \$0,32, debido al bajo uso de insumos producidos fuera del SSP.

Consideraciones finales

La caña de azúcar y los subproductos agroindustriales son opciones y se establece hoy su uso en las unidades de producción de leche para aumentar la autosuficiencia alimentaria, en función de su disponibilidad.

Los sistemas intensivos con el uso del riego y la fertilización en gramíneas mejoradas, son una opción para las vacas lecheras con un potencial genético que justifique la inversión, considerando además las afectaciones al medioambiente.

Las especies de pastos mejorados con riego y dosis de fertilización nunca inferiores a los 250 kg de N/ha/año poseen potencial para producir entre 8 y 11 kg/vaca/día, y la producción por área puede llegar a 10 000 kg/ha.

Las especies de pastos mejorados, aun con altas cargas, no es viable el empleo de altas dosis de fertilizante nitrogenado (por encima de 250 kg de N/ha/año), no solo por los costos que ocasionan y por la pobre eficiencia que se alcanza en animales de mediano a bajo potencial, sino por los efectos negativos que se pueden producir en la persistencia del pastizal en el largo plazo y por los daños que pueden causar al medioambiente.

La carga es uno de los elementos más importantes del manejo y está directamente relacionada con la especie de pasto, su población y densidad, la disponibilidad de MS y su aceptabilidad, el nivel de fertilización, el manejo de la rotación y los requerimientos de materia seca de los animales.

La calidad del pasto se afecta con el incremento de los días de estancia de los animales en el cuartón, debido a la disminución que se produce en la relación hoja-tallo, el contenido de PB y el aumento de la FB, lo que repercute notablemente en la disminución de la producción de leche.

El tiempo de reposo entre un pastoreo y otro debe ser lo suficientemente largo, de manera tal que permita la recuperación del pasto, siempre que no se afecte su calidad y que este pueda ser pastoreado en el momento oportuno.

La segregación de las áreas en pastoreo para conservar en forma de ensilaje o de heno debe cumplir los siguientes requisitos: el área cubierta con más del 70 % del pasto base; tiempo de reposo superior a 45 días para efectuar el corte; dosis de fertilización de al menos 50 kg de N/ha; así como tener en cuenta la carga animal utilizada, el número de cuartones y el momento óptimo para efectuar la segregación en el período lluvioso, los cuales tienen una influencia determinante en la cantidad y calidad del material conservado.

La persistencia de la especie no se afecta cuando se maneja adecuadamente el pasto, lo que significa permitir el reposo necesario y la estancia y la presión de pastoreo requeridas. Violar esos requisitos conlleva la despoblación e invasión del potrero por las especies arvenses.

Cuando las vacas lecheras en producción se manejan por grupos (no en línea), los días de estancia en el cuartón tienen una influencia significativa sobre la producción de leche, debido a la disminución del valor nutricional del pasto con el aumento de los días de pastoreo.

En sistemas de producción sin riego y sin fertilización, la segregación de las áreas de pastoreo o la conservación del forraje producido en las áreas forrajeras deben ajustarse a los principios enunciados. No obstante, puede utilizarse la tecnología de fabricación de ensilaje en silos de anillo de pequeño tamaño, los cuales permiten mejorar la calidad del ensilaje producido si se emplean mezclas de gramíneas mejoradas con plantas proteicas de elevado valor nutricional y urea o miel-urea.

En los sistemas de pastoreo que emplean el banco de proteína debe destinarse entre el 20 y 30 % del área a la siembra de la leguminosa (herbácea y arbórea), y manejarse con no menos de cuatro cuartos y solo con las vacas de mayores requerimientos. El pastoreo se restringirá al horario de la mañana y puede hacerse en días alternos, sin que se afecte la producción de leche. La persistencia de las leguminosas herbáceas (en banco de proteína) se afecta en mayor medida que la de las gramíneas cuando el suelo, la topografía, el clima y el manejo no son adecuados. El potencial de producción varía entre 10 y 12 kg/vaca/día. Los requisitos para el establecimiento y el manejo de la poda serán similares a los que se describen a continuación para los sistemas asociados árboles-pastos.

En las asociaciones árboles-pastos mejorados (sistemas silvopastoriles) debe cumplirse lo siguiente: a) se considera establecida la arbórea cuando alcanza una altura promedio de 2 m; la poda de los árboles se realiza cuando la mayor parte del follaje no sea accesible al animal y estos tengan una altura nunca inferior a 3 m; b) se corta anualmente solo el 50 % de las plantas, por lo que se podan cada dos años; c) la poda se realiza a una altura entre 1,5 y 2 m en el período poco lluvioso (marzo-mayo), y los cortes se hacen de forma escalonada en cada rotación, de manera que el follaje sirva como un complemento proteico de la dieta (1-2 kg de MS/vaca/día); d) la carga global puede ser de 1,2-1,5 UGM/ha; e) cuando se inicie el pastoreo después del establecimiento de las leñosas y en el momento en que se realiza la poda, el tiempo de reposo en el período poco lluvioso debe manejarse sobre la base de la recuperación de la arbórea y no de la gramínea (60-70 días).

Los SSP expresarán su potencial en producción de leche (8-12 kg/vaca/día) en función de las condiciones edafoclimáticas, el potencial de las vacas y la densidad de la arbórea y de la gramínea mejorada; estos sistemas proporcionan mayor disponibilidad y calidad de la biomasa, al compararlos con sistemas en monocultivo de gramíneas mejoradas.

Las asociaciones de árboles con pastos mejorados, establecidas en suelos de buena fertilidad y con un bajo nivel de suplementación con concentrados, propician mejores rendimientos en producción de leche en vacas de mediano potencial, respecto a los sistemas arborizados sobre suelos de mediana a baja fertilidad, con pastos naturales; o a dichos sistemas aun cuando se hayan establecido sobre suelos fértiles, con pastos cultivados, y posean un nivel aceptable de suplementación con concentrados.

En los sistemas silvopastoriles, al compararlos con las gramíneas en monocultivo, se observa una mayor riqueza de organismos del suelo (con predominio de oligoquetos, es decir, lombrices de tierra), además de mayores índices de diversidad y uniformidad de estos. Ello indica que la presencia de los árboles en el pastizal de la gramínea (como, por ejemplo, los de *leucaena*) permite potenciar la actividad biológica del suelo y garantizar la estabilidad del sistema.

Las asociaciones de *Leucaena leucocephala* con gramíneas mejoradas (*M. maximus* y *C. nlemfuensis*) en suelos de mediana fertilidad permiten un consumo de PB entre un 20 y 35 % por encima de las necesidades de los animales; mientras que la energía es deficitaria entre un 3 y 10 % para vacas de mediano potencial en lactación (7-9 kg/animal/día).

Los sistemas silvopastoriles son una necesidad no solo desde el punto de vista de la alimentación del ganado, sino por las múltiples ventajas que poseen para el ambiente, el suelo, las plantas y los animales.

La asociación de gramíneas mejoradas y *árboles* presenta una alta disponibilidad de materia seca y persistencia del pastizal, con valores de PB en las gramíneas superiores en dos unidades porcentuales al monocultivo, sin la aplicación de riego ni fertilizantes químicos.

Las vacas manejadas en asociaciones de pastos mejorados con leucaena que paren con una condición corporal (CC) entre 3 y 3,5 tienen mayor potencial para la producción de leche (entre 20 y 25 %) con respecto a las que paren con una CC inferior a 2,5 o superior a 3,5.

En sistemas con gramíneas mejoradas, sin fertilización, la oferta de forraje troceado de morera (hojas y tallos tiernos) a razón del 1 % del peso vivo, en combinación con pastoreo restringido, permite producciones de 10 kg de leche/vaca/día en vacas lecheras mestizas, sin suplementos concentrados. Con la inclusión del 30 % de la ración de forraje de *Lablab purpureus* se pueden alcanzar similares resultados.

Referencias bibliográficas

- CINO, DELIA M.; MARTÍN, P.C. & TORRES, VERENA. Estudio económico preliminar de alternativas de producción de leche. *Rev. cubana Cienc. agric.* 38:3-11, 2004.
- CORBEA, L. A.; HERNÁNDEZ, MARTA; MACHADO, R.; LAMELA, L. & CÁCERES, O. Variedades comerciales de pastos y forrajes para el desarrollo ganadero en Cuba. *Resúmenes del X Seminario Científico de Pastos y Forrajes*. Matanzas. Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 118, 1996.
- ELÍAS, A.; LEZCANO, ORQUÍDEA; LEZCANO, P.; CORDERO, J. & QUINTANA, L. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico, en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido. *Rev. cubana Cienc. agric.* 24:1-12, 1990.
- ESPERANCE, M.; CEPERO, R.; PINO, P. A. & PERDOMO, A. Métodos de utilización de ensilajes para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 3 (3):443-454, 1980.
- ESPERANCE, M.; O'DONOVAN, P. B. & PERDOMO, A. Sistemas de producción de leche a partir del pasto. 1. Segregación de áreas para conservar como ensilaje y heno. *Pastos y Forrajes*. 1 (1):115-131, 1978.
- GARCÍA-LÓPEZ, R.; MORA, E.; ELÍAS, A.; GARCÍA-TRUJILLO, R. & ALFONSO, F. Evaluación comparativa de la Saccharina húmeda (rústica) y la caña de azúcar fresca (con aditivos) para la producción de leche en secano. *Rev. cubana Cienc. agric.* 28:47-57, 1994.
- GUIOT, J. D. Nuevas variedades. En: *Manual de actualización técnica*. p. 58, 2001.
- HERNÁNDEZ, D.; CARBALLO, MIRTA & REYES, F. Manejo racional de una multisociación árboles-pastos. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Matanzas, Cuba. p. 513-535, 2011.
- HERNÁNDEZ, I.; SIMÓN, L. & DUQUESNE, P. Evaluación de las arbóreas *Albizia lebbek*, *Bauhinia purpurea* y *Leucaena leucocephala* en asociación con pasto bajo condiciones de pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 24 (3):241-258, 2001.
- HERNÁNDEZ, R. Efecto de la época del año sobre el comportamiento de la producción y la composición de la leche en tres genotipos bajo silvopastoreo. *LRRD*. 17 (12). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/12/hern17136>. [10/09/2006], 2005.
- HERNÁNDEZ, R. & PONCE, P. Study of milk quality in Holstein Friesian and their crossings under silvopastoral systems in Cuba. *Electronic conference on "Small scale milk collection and processing in developing countries"*. *Comments on Clean Milk Production*. Rome: FAO, 2000.
- HERRERA, R. S. Evaluación de gramíneas. Contribución del Instituto de Ciencia Animal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 39:253-259, 2005.
- IGLESIAS, J. M. *Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2003.
- JERÉZ, IRMA; GARCÍA-LÓPEZ, R., MARTÍNEZ, R.O. & PEDROSO, D. Sistemas de producción de leche con gramíneas. Mesa redonda. *Jornada XV Aniversario del ICA*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Ciencia Animal, 1980.

- JERÉZ, IRMA; PÉREZ, MARTA & RIVERO, J. L. Comparación de la bermuda cruzada 67 (*Cynodon dactylon*) con guinea común (*Panicum maximum*) con suplementación o sin suplementación en la producción y composición de la leche. *Rev. cubana Cienc. agric.* 22:139-144, 1988.
- JORDÁN, H.; TRABA, J. D.; RUÍZ, T. E. & FEBLES, G. Utilización de las leguminosas para cubrir el déficit de biomasa en la seca con vacas Holstein en pastoreo. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 230-231, 1998.
- LAMELA, L. *Evaluación de pastos para la producción de leche*. Tesis presentada en opción al grado de candidato al Doctor en Ciencias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, 1991.
- LAMELA, L.; LÓPEZ, O.; SÁNCHEZ, TANIA; DÍAZ, MAGALYS & VALDÉS, R. Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. *Pastos y Forrajes*. 32 (2):175-187, 2009.
- LAMELA, L. & MATÍAS, C. *Tecnología integral de manejo y alimentación con la hierba guinea en condiciones de secano. Informe de programa de tecnología integral para la producción de leche y carne*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1989.
- LAMELA, L.; SÁNCHEZ, TANIA; LÓPEZ, O.; VALDÉS, R.; BENÍTEZ, M. & FERNÁNDEZ, E. Evaluación de un sistema silvopastoril con vacas Holstein. *Memorias del VI Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical"*. [CD-ROM]. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2004.
- LAMELA, L.; SOTO, R. B.; SÁNCHEZ, TANIA; OJEDA, F. & MONTEJO, I. L. Producción de leche de una asociación de *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* y *Pennisetum purpureum* CT-115 bajo condiciones de riego. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):311-321, 2010.
- LAMELA, L.; VALDÉS, R. & FUNG, CARMEN. Producción de leche en un sistema en banco de proteína. *Resúmenes del Taller Internacional "Los árboles y arbustos en los sistemas de producción ganadera"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 77, 1996.
- LAMELA, L. & VEGA, ANA M. Comportamiento del rhodes gigante para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 15 (3):241-248, 1992.
- LÓPEZ, O.; LAMELA, L.; MONTEJO, I. L. & SÁNCHEZ, TANIA. Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 38 (1):46-54, 2015a.
- LÓPEZ, O.; LAMELA, L.; MONTEJO, I. L.; SÁNCHEZ, TANIA & OLIVERA, YUSEIKA. Influencia de la complementación de la dieta en la producción de leche de vacas Mambí de Cuba manejadas en un sistema silvopastoril. *Memorias de la II Convención Internacional "Agrodesarrollo 2012"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 329-333, 2012.
- LÓPEZ, O.; RUÍZ, T. E.; SÁNCHEZ, TANIA; CASTILLO, E.; IGLESIAS, J. M. & LAMELA, L. Potencialidades del silvopastoreo para la producción animal en Cuba. En: R. Núñez, R. Ramírez, S. Fernández, O. Araújo, M. García y T. E. Díaz, eds. *La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal*. ALPA, IICA, FAO, UACH, COLPOS. p. 293-306, 2015b.
- MARTÍN, G. J. *Evaluación de los factores agronómicos y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de Morus alba Linn.* Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2004.
- MARTIN, J. L.; CUPP, A. S.; RASBY, R. J.; HALL, Z. C. & FUNSTON, R. N. Utilization of dried distillers grains for developing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85:2298-2303, 2007.
- MARTÍNEZ, R. O.; AGUILAR, P. I. & TORRES, VERENA. Análisis del impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con el pasto Cuba CT-115 en nueve lecherías de la UBPC Desembarco del Granma, Villa Clara, Cuba. *Memorias del III Congreso Producción Animal Tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p., 2010.
- MILERA, MILAGROS. Efecto de un banco de proteína de *Teramnus labialis* sobre la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 19 (2):177-184, 1996.
- MILERA, MILAGROS. *Efecto de un manejo rotacional racional Voisin sobre el comportamiento del pastizal*. Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1995.
- MILERA, MILAGROS & HERRERA, R. Efecto del suministro de ensilaje de guinea likoni (*Panicum maximum*) en diferentes dietas para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 14 (1):69-75, 1991.
- MILERA, MILAGROS; IGLESIAS, J. M.; REMY, V. A. & CABRERA, N. Empleo del banco de proteína de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 17 (1):73-82, 1994.

- MILERA, MILAGROS; LÓPEZ, O. & ALONSO, O. Principios generados a partir de la evolución del manejo en pastoreo para la producción de leche bovina en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 37 (4):382-391, 2014.
- MILERA, MILAGROS; MARTÍN, G. J.; HERNÁNDEZ, I.; SÁNCHEZ, TANIA & FERNÁNDEZ, E. Resultados preliminares del forraje de *Morus alba* en la alimentación de vacas lecheras. *AIA*. 11:3-14, 2007.
- MUÑOZ, D.; CERVANTES, M.; OLAZÁBAL, M.; FERNÁNDEZ M. & LABAÑINO, L. Evaluación de una asociación de *Cynodon nlemfuensis* y *Leucaena leucocephala* cv. Perú en una lechería durante 23 años. *Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*. [CD-ROM]. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2006.
- OJEDA, F.; LAMELA, L.; CÁCERES, O.; ESPERANCE, M.; MARTÍN, G. J.; TÁPANES, J. L. *et al.* Tecnología para la conservación de hollejos de cítricos. *I Congreso Internacional sobre Ganadería Sostenible. I Congreso Internacional de Producción Animal*. [CD-ROM] San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2005.
- REYES, J. J.; RODRÍGUEZ, J. M.; REY, SARA; PÉREZ, L. & NODA, AIDA. Resultados preliminares del efecto de la suplementación con diferentes proporciones de concentrado Norgold a vacas lecheras en pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Rev. cubana Cienc. agric.* 42:149-153, 2008.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. *II Curso Intensivo de Silvopastoreo Colombo-Cubano*. Bogotá, 2005.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; JORDÁN, H.; CASTILLO, E. & DÍAZ, H. Evaluación de diferentes poblaciones de leucaena en el desarrollo del pasto estrella. Efecto de la sombra. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 35, 1998.
- SÁNCHEZ, TANIA. *Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas y Leucaena leucocephala cv. Cunningham con vacas Mambí de Cuba en condiciones comerciales*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2007.
- SÁNCHEZ, TANIA; LAMELA, L. & LÓPEZ, O. Indicadores productivos de hembras Mambí de primera lactancia en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 28 (4):299-309, 2005.
- SÁNCHEZ, TANIA; LAMELA, L.; LÓPEZ, O. & BENÍTEZ, M. Comportamiento productivo de vacas lecheras Mambi de Cuba en una asociación de gramíneas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 31 (4):371-388, 2008.
- SÁNCHEZ, TANIA; LAMELA, L.; LÓPEZ, O. & BENÍTEZ, M. Influencia del probiótico Sorbifauna en la producción y calidad de la leche de vacas mestizas en pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 38 (3):183-188, 2015.
- SÁNCHEZ, TANIA; LAMELA, L.; MIRANDA, TAYMER; LÓPEZ, O. & BOVER, KATIA. Tecnologías alternativas: silvopastoreo. En: H. Ríos, Dania Vargas y F. R. Funes-Monzote, comps. *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. p. 157-164, 2011.
- SENRA, A.; CRESPO, G.; PÉREZ, M.; AGUILERA, R. & ALBELO, N. Uso del bagacillo predigerido miel-urea en un sistema de producción con vacas Holstein comerciales en condiciones de secano. *Rev. cubana Cienc. agric.* 25:145-151, 1991.
- SIMÓN, L. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo: La experiencia de la EEPFIH. En: L. Simón, ed. *Silvopastoreo. Un nuevo concepto de pastizal*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 11-24, 2012.
- SOTO, E. La ganadería de doble propósito en Venezuela. *Conferencia del XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*. Venezuela, 1994.

CAPÍTULO 18. Bancos de biomasa con *Cenchrus purpureus*, Cuba CT-115

Ramón Omar Martínez-Zubiaur
Instituto de Ciencia Animal (ICA), Mayabeque, Cuba

Introducción

Es conocido que en las áreas tropicales de América Latina se desarrolla el 60 % de los bovinos de la región, en unos 1 500 millones de ha. En la zona tropical las lluvias se concentran en períodos de 5 a 8 meses del año, por lo que se manifiestan épocas de sequía de 4 a 7 meses de duración de forma ininterrumpida, las cuales constituyen etapas de penuria para la ganadería. En esos períodos secos, el rendimiento de los pastos tropicales disminuye drásticamente.

Por esta razón, en los animales ocurren pérdidas de peso, muertes y una apreciable disminución de la continuidad del proceso productivo. La poca leche que se puede producir en estas condiciones, y sobre todo la carne, no son suficientes para mantener el mercado, por lo que las fincas ganaderas son menos competitivas y sostenibles. Para evitar la interrupción de la producción y todos los problemas que acarrea el período seco, hay que almacenar o producir con planificación la cantidad de alimento necesario de la forma más económica posible.

Voisin (1963) describió la importancia del control del tiempo (ocupación y descanso) en el pastoreo bajo las condiciones climáticas de Normandía en Francia. Al analizar la producción de pastos, afirmó que hay una fluctuación muy conocida que nunca se intenta equilibrar mediante el pastoreo, que es el descenso de la producción de invierno (época de seca en el trópico), lo que se enmienda con otros recursos; en general, con la suplementación en el establo, y dividió la alimentación anual en dos etapas: a) una basada en métodos externos con el uso de forraje, ensilaje y heno (cuando el pasto no produce), y b) otra con métodos internos de pastoreo segregando las parcelas (cuando el pasto produce).

La forma de afrontar este período de escasez varía con el tipo de propietario y con el grado de intensidad de la explotación ganadera. La mayoría de los sistemas pecuarios con algún grado de intensidad y, en general, las ciencias agropecuarias en el trópico, tiene una amplia influencia de las tecnologías de las zonas templadas para dar solución al déficit de alimentos en el período seco. En muchos casos, con altos costos, solo se utilizan soluciones externas como el forraje, el ensilaje y el heno.

Existe una alternativa para el pastoreo racional en el trópico de temporal que soluciona el déficit de alimentos del período seco, con la segregación de parcelas sembradas con el pasto elefante Cuba CT-115, especie cubana de *Cenchrus purpureus*, obtenida por cultivo de tejido. El objetivo del capítulo es describir la tecnología de los bancos de biomasa con *Cenchrus purpureus* CUBA CT-115 para la producción de leche.

Almacenar alimentos con el clon Cuba CT-115

La esencia de esta concepción tropical del pastoreo racional es almacenar biomasa en pie durante 4 a 5 meses del período lluvioso con la segregación de cuarterones, que es un método interno económico y sostenible para las condiciones del trópico.

Las especies de los géneros *Megathyrsus*, *Urochloa*, *Cynodon* y otras comúnmente utilizadas en pastoreo, presentan en sus curvas de producción el punto de inflexión de acumulación de biomasa aproximadamente a los 60 días en la época lluviosa, de manera que solo podrán acumular biomasa durante períodos cortos. Con estas especies no se pueden solucionar diferencias estacionales mayores de 2 meses, que requieren altas reservas de biomasa. Para almacenar biomasa desde julio hasta noviembre hacen falta especies con ciclos largos de crecimiento (más de 120 días).

Según Burton (1986) junto con la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), la hierba elefante (*C. purpureus*), es una de las especies con mayor producción de biomasa entre todas las plantas herbáceas.

Martínez *et al.* (1994) demostraron que si la hierba elefante se corta cada 180 días, según su ciclo, puede producir más biomasa que la caña de azúcar. Por su rendimiento y ciclo de crecimiento, la especie *C. purpureus* resultó la principal candidata para lograr almacenar el alimento necesario desde la lluvia para la seca.

En Cuba, en la década de 1980, al utilizar el cultivo de tejido como técnica mutagénica, se obtuvieron 12 clones diferentes del clon donante king grass. Uno de estos clones, el Cuba CT-115, presentó características que permitieron su utilización en pastoreo.

La especie *C. purpureus* es muy utilizada para la producción de forrajes; sin embargo, cuenta con pocos cultivares destinados al pastoreo. El cultivar Cuba CT-115 es una contribución al fondo genético de esta especie, en especial para la tecnología de bancos de biomasa en pastoreo.

Características del pasto Cuba CT-115

El pasto Cuba CT-115 es un cultivar de *C. purpureus* seleccionado entre varios individuos obtenidos por el cultivo de ápices y callos en medios sólidos tratados con fitohormonas naturales, por lo tanto, no es transgénico. Este pasto conserva las características del genoma de su especie con 14 pares de cromosomas (Martínez *et al.*, 1996).

En la tabla 1 aparecen las características del Cuba CT-115 y del king grass (utilizado como donante para la obtención del CT-115), que es una de las variedades más utilizadas en Cuba para forraje.

Tabla 1. Características fenotípicas del Cuba CT-115 y el king grass, a diferentes edades de corte (promedio 4 años)

Variedad	Cortes por año	Resistencia al corte	Largo hoja, cm	Ancho hoja, cm	Largo entrenudo, cm	Altura, cm
Cuba CT-115	5	1,01 ^a	73,4 ^a	2,2 ^a	8,8 ^a	69,6 ^a
King grass	5	1,26 ^a	76,7 ^a	2,3 ^a	13,9 ^b	72,4 ^a
Cuba CT-115	2	1,86 ^b	76,0 ^a	2,5 ^{ab}	10,3 ^a	154,1 ^c
King grass	2	2,14 ^c	90,1 ^b	2,8 ^b	14,1 ^b	221,2 ^d
ES±		0,14	3,45	0,14	0,93	6,8

a, b, c, d, e: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas para $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

La principal característica distintiva el CT-115 está determinada por un gen para el acortamiento de los entrenudos, que se pone de manifiesto después de los 90 días de edad. Cuando los cortes se realizaron cada 180 días, la diferencia en altura con respecto al king grass fue de 67 cm. Sin embargo, la diferencia en altura no fue significativa cuando se realizaron 5 cortes al año (con edades de 60 días en lluvias y 90 días en la seca). No obstante, el largo del entrenudo del CT-115 como promedio fue 5 cm menor que el del king grass. También a los 120 días el largo de la hoja y la resistencia al corte fue menor en el CT-115.

Las diferencias entre las características bromatológicas para ambas variedades se muestran en la tabla 2. Con 5 cortes por año, hubo diferencias significativas para el contenido de lignina y de carbohidratos solubles con ventajas para el CT-115. Las diferencias fueron aún mayores a los 180 días de edad, donde se apreció el menor contenido de lignina; ello es una cualidad del Cuba CT-115.

Tabla 2. Indicadores de calidad del Cuba CT-115 y el king grass en la época de seca (%)

Clon	Cortes por año	Materia seca	Proteína bruta	Lignina,	Hojas	Carbohidratos solubles
Cuba CT-115	5	20,0 ^a	6,3 ^a	5,7 ^a	42 ^a	8,46 ^b
King grass	5	20,3 ^a	6,3 ^a	7,4 ^b	39 ^{ab}	7,28 ^a
Cuba CT-115	2	27,5 ^b	4,4 ^b	8,9 ^c	35 ^b	14,40 ^c

Clon	Cortes por año	Materia seca	Proteína bruta	Lignina,	Hojas	Carbohidratos solubles
King grass	2	30,5 ^c	3,4 ^c	13,8 ^d	25 ^c	13,81 ^c
ES±		0,4	0,29	0,40	0,7	0,64

a, b, c, d: Letras distintas en la misma columna difieren significativamente para $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

Las variaciones de los indicadores fenotípicos y de calidad entre las dos variedades cuando se cortaron cada 180 días, permitieron suponer un mejor aprovechamiento del CT-115 en pastoreo, así como la posibilidad de ser utilizado para almacenar alimento entre 90 y 120 días. Ello se demostró en una investigación donde se sometieron a pastoreo las dos variedades con una oferta de 5 kg de MS/100 kg de PV y 100 días de reposo.

Los resultados se muestran en la tabla 3. Como se puede apreciar Cuba CT-115 se aprovechó en un 16,2 % más que el king grass a igual edad.

Tabla 3. Comportamiento en pastoreo del Cuba CT-115 y el king grass, con una oferta de 5 kg de MS/100 kg de PV y 100 días de reposo.

Variedad	Altura inicial, cm	Altura rechazo, cm	Oferta, t de MS/ha	Rechazo, t de MS/ha	Utilización, %
Cuba CT-115	132,3 ^a	75,6 ^a	7,1 ^a	2,4 ^b	66,2 ^b
King grass	152,3 ^b	91,0 ^b	7,6 ^b	3,8 ^a	50,0 ^a
ES±	3,0 ^{***}	2,6 ^{***}	0,41 ^{***}	0,3 ^{***}	4,9 [*]

*** $p < 0,001$; * $p < 0,05$

La evaluación del CT-115 para bancos de biomasa incluyó el estudio de su curva de crecimiento y calidad durante el período lluvioso.

Las curvas que relacionan la edad con el rendimiento de materia seca (MS), la proteína y la fibra se muestran en la fig.1. Se puede apreciar que la llamarada de crecimiento ocurrió a partir de los 28 días (corte 2) y la acumulación de biomasa disminuyó a partir de los 120 días de edad, pero se mantuvo sin declinar hasta los 180 días. La curva de rendimiento de MS responde al modelo de Gompertz con la ecuación $Y = 29,4 \times \text{EXP}(-4,41 \times \text{EXP}(-0,38 \times X))$.

Desde el punto de vista de rendimiento de materia seca con CT-115 se puede almacenar biomasa durante 90 a 120 días del período lluvioso para acumular entre 20 y 25 t de materia seca/ha para el período seco.

El contenido de proteína declinó rápidamente entre las 2 y 12 semanas de edad (desde 20 hasta 7 %) para mantener un descenso gradual hasta 4 % entre las 14 y 24 semana.

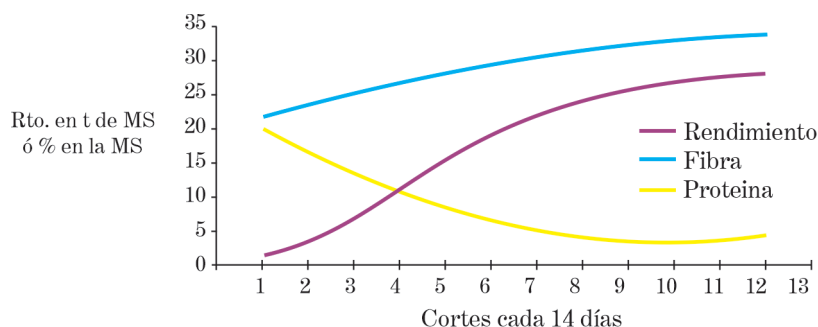


Fig. 1. Relacionan entre la edad con el rendimiento de materia seca (MS), la proteína y la fibra bruta.

La fibra bruta se incrementó rápidamente entre las 2 y 14 semanas desde 21 hasta 30 %. Después, el incremento fue lento en un rango de 30 a 35 % entre las 14 y 24 semanas de edad.

La digestibilidad (fig. 2) se mantuvo entre 80 y 90 % en las primeras seis semanas, bajó rápidamente a 60 % en la semana 8, para disminuir lentamente hasta 54 % en la semana 24.

Se debe tener en cuenta que se trataba de la planta íntegra y que el consumo de este tipo de pasto ocurre en las hojas y los tallos muy jóvenes de forma bien definida; por ejemplo, la proteína de las hojas seleccionadas siempre es más del doble de la que contienen los tallos. No obstante, si se almacena la biomasa solo hasta los 45 días, para pastar en el punto de mejor calidad, se acumula solo 7 t de MS, mientras que a los 100 días se pueden acumular más de 20 t de MS.

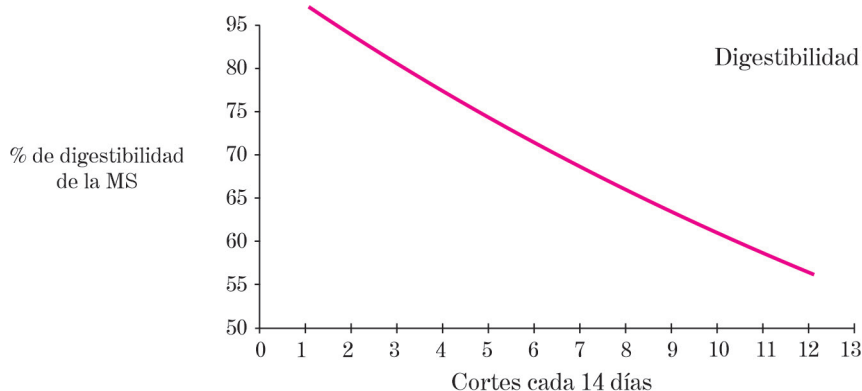


Fig. 2. Edad y digestibilidad de CT-115 en lluvias.

Cambio tecnológico en una lechería

La capacidad de carga de los sistemas de pastoreo que dependen solo del clima en el trópico, no es mayor que una unidad animal/ha (UA = 450 kg) como promedio anual. El principal factor limitante es la disponibilidad de pastos en la época seca y cualquier incremento de alimentos en este período repercute en la carga anual del sistema. Con frecuencia en los sistemas de doble propósito de América Latina no se invierten recursos en producir alimentos para el período seco y utilizan cargas bajas, por lo que son poco productivos y competitivos. Para mejorar la sostenibilidad es necesario, gradualmente, dar una solución más efectiva a la disponibilidad de alimentos en este período del año.

El objetivo principal del cambio tecnológico hacia bancos de biomasa fue lograr el equilibrio anual en la disponibilidad de pastos con 2,2 UA/ha como carga global. Por ello y durante 6 años, se evaluó la tecnología de bancos de biomasa con Cuba CT-115, destinada a solucionar el déficit de alimentos en el período seco.

La investigación se desarrolló en una lechería de 60 ha con 130 vacas Siboney de Cuba (5/8 Holstein x 3/8 Cebú). El área se localiza en los 22° 53' N y los 80° 02' O a una altura de 54 msnm. El 80 % del suelo es Pardo carbonatado y el resto Ferralítico pardo rojizo, poco profundo con 4 a 5 % de materia orgánica, con poca pendiente y mal drenaje superficial e interno y pH neutro.

La principal variable utilizada en el cambio tecnológico fue el incremento paulatino del área sembrada con CT-115 hasta alcanzar 20 ha, lo que representó el 30 % del área total. El resto de la superficie (40 ha) estaba sembrada de pasto estrella, mezclado con pastos naturales (*Paspalum* y *Andropogon* sp.).

El sistema se organizó con un solo programa de rotación, con 80 cuarterones, 40 en las 20 ha de CT-115 y 40 en las 40 ha de pasto estrella. Al inicio del período seco (en Cuba 15 de noviembre) se inició la rotación por la biomasa almacenada en pie de CT-115, continuó en secuencia por el pasto estrella y nuevamente en CT-115 hasta completar 3 rotaciones en el período seco en CT-115 y 2 rotaciones en el pasto estrella. Como promedio en el CT-115 los períodos de pastoreo fueron de 60, 40 y 20 días en las tres rotaciones, respectivamente, mientras que en el pasto estrella fueron de 40 y 30 en las dos rotaciones. De esta forma se cubrió la alimentación de las vacas en el período seco, durante 180 días sin alimentos externos. En el mes de julio (período lluvioso) se realizó una rotación en el área de CT-115, para dejarlo en reposo hasta el mes de noviembre, cuando se inició un nuevo ciclo. El resto del área, con las lluvias, fue suficiente para mantener rotaciones entre 21 y 30 días hasta el inicio de la seca.

Principales resultados en la introducción de la tecnología

Los resultados durante el proceso de incremento del área de CT-115, hasta lograr que las 20 ha (30 % del total) suministraran más de 50 % de las raciones o comidas necesarias en el período seco se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Área, rotaciones y capacidad de carga del Cuba CT-115 en el período de cambio tecnológico

Indicador/Año de trabajo	1	2	3	4	5	6
Área del cuartón, ha	1,16	0,58	0,56	0,59	0,55	0,55
Rotaciones en lluvia	1,00	1,44	1,76	1,93	1,97	2,00
Rotaciones en seca	1,6	1,57	2,71	2,3	2,93	3,00
Vacas, día/ha en seca	418,7	510,5	610,3	638,7	582,5	635,4
Vacas, día/ha en lluvias	348,6	548,0	417,6	406,6	436,9	337,1
Número de potreros	5	16	21	30	34	38
Área total, ha	5,7	9,3	12,0	17,0	18,0	20,0
CCI seca, vaca/día toda el área	2 386	4 840	7 324	10 856	10 485	12 708
% solución necesidades de la seca	11,04	22,4	33,9	52,9	48,5	58,5

CCI: Capacidad de carga instantánea

La capacidad de carga instantánea o vacas/día promedio de los últimos tres años estudiados fue de 620 vacas/día/ha. Con este promedio en las 20 ha de CT-115 se alimentaron 12 400 vacas/día en el período seco. El promedio de vacas en la lechería en esos años fue de 120, por lo que en los 180 días del período seco se necesitaron 21 600 comidas o raciones de pasto (vaca/día). Con el 30 % del área sembrada de CT-115 fue posible solucionar 58 % de las necesidades. Con el resto (70 % del área), en dos rotaciones, se completó el balance de las necesidades de todo el período seco.

Después que se sembraron las 20 ha de Cuba CT-115 durante 4 años se estudió el aprovechamiento y su calidad en cada una de las rotaciones que se efectuaron cada año (tres en el período seco y una en el período lluvioso).

En la primera rotación, el área del banco de biomasa, tuvo un tiempo de reposo de 120 días, se aprovechó un 50,7 % y presentó 7,7 % de proteína en las hojas. En la segunda rotación a pesar de tener menos días de reposo (90 días) que la primera, disminuyó el aprovechamiento y el contenido proteico determinado por la cantidad de tallos que quedaron como residuo de la primera rotación (tabla 5). Los indicadores de calidad guardan correspondencia con la curva de crecimiento y la edad de la biomasa en el momento del pastoreo. La mayor parte del material seleccionado por el animal corresponde a las hojas y entre 10 y 15 % a los tallos blandos consumibles ubicados en el tercio superior de la planta.

Tabla 5. Disponibilidad, aprovechamiento y calidad del Cuba CT-115 en las cuatro rotaciones del año (promedio 5 años).

Indicador	Rotación				Sign.
	1	2	3	4	
Días de reposo del CT-115	120	90	70	40	***
Disponibilidad, t de MS/ha	15,36 ^a	10,56 ^b	6,08 ^c	8,88 ^d	
ES±	0,45	0,52	0,90	0,57	***
Rechazo, t de MS/ha	7,72 ^c	5,69 ^b	2,57 ^a	4,05 ^a	
ES±	0,32	0,37	0,63	0,40	**
Aprovechamiento, %	50,71 ^{ab}	46,32 ^a	57,45 ^b	53,44 ^b	
ES±	1,47	1,70	2,94	1,86	

Durante la seca la disponibilidad de biomasa disminuyó en cada rotación, por lo que la capacidad de carga instantánea de una ha de CT-115, que promedió 616 vacas/día para toda la época, ofreció 300, 200 y 100 vacas/día/ha para las rotaciones 1, 2 y 3, respectivamente. Por su vigor juvenil Cuba CT-115 el primer año puede sostener hasta 1 200 vacas/día/ha, en el período seco, lo cual disminuye a 600-700 en el quinto año en dependencia del estado del suelo y el clima.

El punto de equilibrio entre la biomasa almacenada en lluvia y la necesidad de alimento de la seca se logró con 30 % del área sembrada de Cuba CT-115, lo que constituyó la respuesta a la variable principal en estudio en el cambio tecnológico.

En la tabla 6 se exponen los resultados productivos en la lechería donde se produjo el cambio tecnológico. En este lugar el CT-115 se comenzó a sembrar en 1994 y concluyó con 20 ha de 60 en total (33 %) en 1999.

Tabla 6. Resultados productivos de 16 años de trabajo en la lechería donde se produjo el cambio tecnológico.

Indicador	1995	1998	2001	2004	2007	2010
Producción total de leche, Mil L	79,0	144,8	191,0	242	280,5	300,0
kg/vaca ordeño/día	3,3	5,46	7,6	8,1	9,0	9,79
Natalidad partos/% vacas	52,1	94,7	87,8	82	93,6	90
Leche total, kg/ha	1316	2413	3183	4033	4675	5066

Con la introducción del banco de biomasa, la producción total de leche ascendió rápidamente con un salto brusco en 1997 debido a que se implantó la cría artificial, se aumentó a 132 el número de vacas y ya se contaba con 17 ha de CT-115 para el período seco. Similares resultados se obtuvieron con los indicadores de productividad individual como L/vaca en ordeño/día que ascendió paulatinamente hasta 7,8 kg en el 2000.

Se destaca el incremento de leche vendida/ha, la cual ascendió desde 1 300 hasta 2 680 kg de leche/ha.

Por otra parte, se eliminaron las muertes de vacas, las cuales ocurrían por mala alimentación en el período seco. También se incrementó la natalidad sobre 90 % como indicativo del confort de los animales.

- *Manejo del pastoreo*

Para manejar eficientemente la tecnología de bancos de biomasa, se recomienda utilizar el cerco eléctrico, el cual cuesta mucho menos que los sistemas fijos de alambre de púas. Sin embargo, no es imprescindible, lo importante es la división de los potreros o el acuartonamiento, de lo contrario no hay posibilidades de manejar el pasto. Es necesario emplear un método de pastoreo racional donde exista una estricta disciplina para el descanso y los días de estancia por potrero. Los gastos de inversión para desarrollar la tecnología serán bien recuperados al disminuir o eliminar la necesidad de hacer ensilajes o cortar y moler caña durante el período seco.

La capacidad de carga instantánea fue diferente para Cuba CT-115 y el resto de los pastos donde la mayor población era de estrella africana. La reserva de pastos o banco de biomasa almacenada durante 100 días del período lluvioso, permitió al pasto Cuba CT-115 sostener como promedio 619 vacas/día/ha durante los 180 días del período seco (fig. 3). Sin embargo, el resto del área de pastos solo alimentó 307 vacas/día/ha durante igual período.

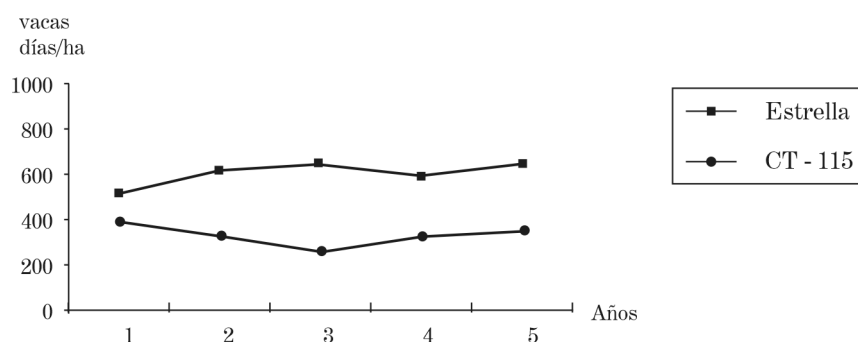


Fig. 3. Capacidad de carga por hectárea en cinco años.

Esta información real de las vacas/día alimentadas por cada pasto permitió hacer el balance (tabla 7), en la que se aprecia cómo el pasto Cuba CT-115 alimentó el 61,2 % de las vacas/día del año en el período seco y el 38,8% en el período lluvioso. Sucedió diferente con el pasto estrella, que alimentó el 64 % de su capacidad en el período lluvioso y el 36 % en la época seca. Con este diseño de las áreas hubo una compensación de la producción anual de pastos sin necesidad de suministrar alimentos forrajeros externos.

Tabla 7. Balance de las vacas alimentadas (vacas/día) en el sistema por épocas y año.

Indicador	Vacas alimentadas		
	Lluvia	Seca	Año
CT-115, 1 ha	393	619,2	1 012
CT-115, 20 ha	7 860	12 384	20 240
% del año	38,8	61,2	100
Estrella, 1 ha	538	307,8	845,8
Estrella, 32 ha lluvia	18 850	10 773	29 623
% del año	63,6	36,4	100
Totales	26 710	23 157	49 867
% del año del sistema	53	47	100

El tamaño óptimo del cuartón depende del área de la lechería, el número de animales y el estado de los potreros; también el manejo de los animales influye en el tamaño del cuartón. En la figura 4 se muestra la relación entre el tamaño del cuartón y las vacas/día que lo ocuparon. En cuartones pequeños o muy grandes la desviación de la media es mucho mayor. Los cuartones eran de tamaño fijo, por lo que no se asignó una cantidad variable de alimentos al animal sino una cantidad variable de tiempo. Cuando el tiempo de pastoreo que se asignó a un cuartón no coincidió con un día completo o un cambio a medio día como ocurre en la rutina diaria, los cuartones pequeños son recargados y los grandes subutilizados. En las condiciones del presente estudio el tamaño del cuartón más ajustado a la capacidad de carga media, fue de 0,5 ha para el pasto CT-115 y de 1 ha para el pasto estrella.

No obstante, el cercado permite una gran flexibilidad en su diseño y el mínimo de potreros se puede definir sobre la base de un período de ocupación máximo de 5 días (para la vaca lechera el óptimo es un día) y una capacidad de carga instantánea (CCI) de 300 vacas días por ha para el CT-115 y de 6 días de ocupación y una CCI de 150 vacas/ha para el pasto estrella.

Teniendo en cuenta que las vacas/día es el producto del número de vacas pastando por los días de ocupación (vacas/día/ha), si hay 100 vacas, demorarán 3 días en pastar una ha de CT-115 con 100 días de reposo, pero 40 vacas necesitan más de 7 días para consumir una ha, por lo que hay que hacer el cuartón más pequeño.

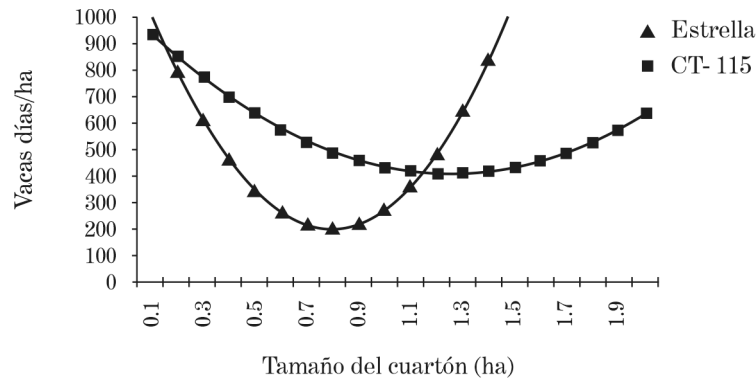


Fig. 4. Comportamiento de las vacas días/ha mantenidas en cuarteones de estrella y CT-115 según el tamaño del cuartón en el período seco.

La hierba elefante CT-115, después de 100 días de descanso durante la época lluviosa, debe pastarse a partir del 15 de noviembre como fecha más temprana. Si las condiciones del resto del área (70 %) son buenas, el pastoreo podría iniciar el 1 de diciembre como fecha más tardía. El inicio del pastoreo no debe extenderse hasta el mes de enero para que no se pierda la humedad residual del suelo y el rebrote sea rápido y efectivo dentro del período seco.

El frente de rotación es único en toda la lechería, las vacas salen de un área y entran en la otra, lo que permite un período de reposo de acuerdo con las necesidades del período seco. Según la experiencia acumulada, es un error dividir las áreas de pastos en varios frentes de rotación para diferentes grupos de animales. Si es necesario manejar grupos diferentes para la suplementación diferida del concentrado, o para un ordeño mecánico más efectivo, los animales se pueden separar en grupos antes del ordeño, pero en el pastoreo deben existir solo dos grupos, el de ordeño y el seco. El de ordeño pasta delante y el seco detrás.

Las rotaciones más difíciles son las del período seco en el que se combina el manejo de los potreros de CT-115 y a continuación los de pasto estrella a partir del momento de inicio del ciclo. Como en cualquier sistema de pastoreo de secano, todos los imprevistos disminuyen la disponibilidad de pasto y acortan las rotaciones. En esta tecnología el período más crítico ocurre en mayo, mes en el que se acumulan todos los problemas. Por esta razón, no se debe descartar la existencia de caña de azúcar para solucionar una eventual falta de pastos (un incendio, por ejemplo). En el presente caso después de 10 años de trabajo no fue necesario utilizarla.

Impacto de la tecnología en una empresa comercial de nueve lecherías

La cooperativa Desembarco del Granma está ubicada en el municipio de Santa Clara, de la provincia de Las Villas, en el centro de Cuba. Su actividad fundamental es la producción y comercialización de leche fresca a la industria. Para ello cuenta con 9 vaquerías y una finca de desarrollo de hembras y machos (Martínez *et al.*, 2010).

Se diseñó un ciclo de desarrollo organizacional con transformaciones técnicas, sociales, administrativas y de inversiones.

Desde el punto de vista tecnológico se decidió utilizar la tecnología de los bancos de biomasa para solucionar el déficit de alimento del período seco, conjuntamente con la caña que ya tenían.

Las vaquerías de esta empresa tienen doble ordeño y utilizan la cría natural, lo cual debe ser considerado en el promedio de producción por vaca. El CT-115 se sembró paulatinamente y se acuartonó según las recomendaciones tecnológicas. Las vacas pastaron todo el día, excepto en los horarios de ordeño y disponían de 4 horas de sombra.

Se captaron valores de 27 variables o atributos obtenidos en las 9 lecherías. La información se dividió en dos semestres, enero-junio, en representación del período seco y julio-diciembre en represen-

tación del período lluvioso. Los datos se recogieron desde el 2000 hasta el primer semestre del 2009. La combinación semestre-año-lechería permitió analizar un total de 169 casos.

Después de demostrar la relación existente entre los cambios tecnológicos y los principales indicadores productivos utilizando componentes principales y los índices de impacto según Torres *et al.* (2008), se calcularon las regresiones lineales entre los años de trabajo y los indicadores productivos más importantes.

La inclusión del tiempo como una variable permitió encontrar relaciones altamente significativas, entre los años de aplicación de la tecnología y las variables donde ocurrió mayor impacto. De esta manera se puede interpretar que las ecuaciones de regresión para la variable predictora, años, y las variables dependientes más importantes y altamente correlacionadas aportaron valores de impacto sobre los indicadores productivos. Las ecuaciones de regresión para 5 indicadores productivos se muestran en la tabla 8. Las variables dependientes corresponden a un semestre.

Tabla 8. Ecuaciones, coeficiente y significación de 5 indicadores productivos relacionados con los años de trabajo del uno al diez

Variable dependiente (y)	Situación inicial Constante (a)	Pendiente (b)	Cambios en 10 años (x)		R	sig
			Semestre	Año		
Producción de leche, L/ha/ semestre	245,3	29,52	540,5	1 081	0,57	***
Intervalo parto gestación	190,7	-3,21	158,6	158,6	-0,85	***
VO/día %	53,0	2,71	80,1	80,1	0,68	***
Leche por lactancia	927,0	73,3	1 660	1 660	0,43	***
Producción total de leche/semestre/vaquería (l)	21 581	3 126	52 842	105 648	0,61	***
L/vaca/día	3,4	0,20	5,4	5,4	0,44	***

En todos los casos Y es el indicador obtenido para un semestre y X los años transcurridos con la tecnología bajo las condiciones estudiadas. La constante b es el crecimiento esperado en la variable para un semestre. Los indicadores por año fueron multiplicados por 2.

En el período estudiado el impacto productivo de la tecnología fue de 60 L de leche/ha/año; el intervalo parto-gestación disminuyó en 3,2 días por año; la producción de leche por lactación se incrementó en 73,3 L por año y como promedio cada lechería aumentó su producción total en 6 252 L de leche/año. Este ascenso sostenido en los indicadores productivos fue debido a las acciones integrales llevadas a cabo en un ciclo de perfeccionamiento y están en correspondencia con los cambios tecnológicos aplicados, principalmente el incremento paulatino de los bancos de biomasa.

Consideraciones finales

La tecnología de los bancos de biomasa con el pasto cubano CT-115 se ha aplicado con éxito como una solución para el período seco en áreas tropicales de América Latina. Es una alternativa ante otras formas de solución, como el ensilaje o el forraje con riego, que cada día son menos factibles para el ganadero de escasos recursos.

El impacto en la producción de leche y carne por año depende del tiempo que necesite el productor para realizar los cambios tecnológicos. Este cambio requiere como promedio de 3 a 5 años con los animales dentro. En las 9 lecherías comerciales estudiadas el impacto más representativo fue de 60 kg de leche/ha/año en un ciclo de perfeccionamiento organizacional de 10 años. Sin embargo, se puede

lograr lo mismo en 5 años y el impacto sería de 120 kg/ha/año. Los resultados con la tecnología de bancos de biomasa con el pasto Cuba CT-115, constituyen un aporte científico al pastoreo racional en el trópico de temporal.

Referencias bibliográficas

- BURTON, G. W. Biomass production from herbaceous plants. In: W. H. Smith, ed. *Biomass energy development*. New York: Pleniun Press. p. 163-171, 1986.
- DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- Martínez, R. O.; Aguilar, P. I. & Torres, Verena. Análisis del impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con el pasto Cuba CT-115 en nueve lecherías de la UBPC Desembarco del Granma, Villa Clara, Cuba. *Memorias III Congreso Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba. p. 309-312, 2010.
- MARTÍNEZ, R. O.; HERRERA, R. S.; CRUZ, R. & TORRES, VERENA. Cultivo de tejidos y fitotecnia de las mutaciones. *Pennisetum purpureum*: otro ejemplo para la obtención de nuevos clones. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 30:1-11, 1996.
- MARTÍNEZ, R. O.; HERRERA, R. S.; CRUZ, R.; TUERO, R. & GARCÍA, M. Producción de biomasa con hierba elefante (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción animal en el trópico. I. Rendimientos. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 28:221-229, 1994.
- TORRES, VERENA; RAMOS, N.; LIZAZO, D.; MONTEAGUDO, F. & NODA, AIDA. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 4:133-139, 2008.
- VOISIN, A. *Productividad de la hierba*. Madrid: Tecnos S.A, 1963.

CAPÍTULO 19. Sistemas de pastoreo para el engorde bovino

Jesús Manuel Iglesias-Gómez¹, Emilio Castillo-Corría², Luis Rodolfo Valdés-Fernández³, Guillermo Valdés-Hernández², Leonel Simón-Guelmes¹, C. A. Hernández¹, David Hernández-Torrecilla¹, Tomás Elías Ruiz-Vázquez² e Ismael Hernández-Venereo¹

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), CP 44280, Central España Republicana, Matanzas, Cuba

² Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba

³ Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes, La Habana, Cuba

Introducción

Es conocido el desbalance de la producción de biomasa forrajera en las áreas ganaderas del trópico latinoamericano, lo que obedece a la presencia de un período lluvioso y al llamado período poco lluvioso o seco, donde solo se produce 30 % de la masa total del año (Delgado y Ramírez, 2008).

Diversos son los trabajos realizados y las tecnologías de producción descritas con diferentes conceptos de manejo para solucionar esta problemática; entre estas se destacan: el uso de concentrados importados o producidos a partir de recursos locales, el empleo de la melaza con diferentes proporciones de urea, el uso de bloques multinutricionales, la caña molida enriquecida con urea, los rastros de las cosechas, la aplicación de la estrategia del heno parado, así como el uso de forrajes conservados, tanto en forma de heno como de ensilaje. El presente capítulo tiene como objetivo abordar las principales tecnologías que se utilizan en la ceba bovina.

Principales sistemas en la ceba bovina

En este contexto, para la producción de carne vacuna en Cuba se trazó la estrategia de realizar la engorda en cebaderos con tecnologías de estabulación total o parcial, donde la miel de caña en combinación con la urea en diferentes proporciones y los suplementos proteicos y minerales constituían la dieta principal de los animales; mientras que el forraje y el pastoreo restringido de gramíneas quedaban en un segundo plano.

En lo que respecta a los sistemas de pastoreo propiamente dichos, los más generalizados fueron definidos por Valdés y Senra (1999), los cuales fueron popularizándose en los últimos años, a raíz de la situación económica creada con el derrumbe del bloque socialista; ello limitó grandemente el uso de insumos externos (tabla 1).

Tabla 1. Sistemas de ceba en pastos más generalizados en Cuba

Sistema	Descripción
Pastoreo restringido más miel urea (3 %) a voluntad	Acceso de cuatro horas al día al pasto, suplemento de proteína natural y sales minerales. Pastoreos divididos en cuatro cuartos con acceso a una corraleta rústica
Pastoreo restringido más consumo limitado de miel urea a 3 %	Suministro de 3 y 3,5 kg de miel urea/animal/día en las épocas lluviosa y poco lluviosa, respectivamente. Suplementación de proteína natural. Fundamentalmente tecnología para el ganado proveniente de rebaño lechero. Instalaciones similares al anterior
Pastoreo libre	Sin restricción de acceso al pasto. Características e instalaciones similares a los anteriores
Pastoreo Racional Voisin	Sin restricción de acceso al pasto. Suficiente número de cuartos y alta carga instantánea e intensidad de pastoreo. Suplementación variada

Fuente: Valdés y Senra (1999)

Manejo y evaluación de gramínea

Un gran número de estudios se han realizado con el uso de pastos introducidos, para evaluar su comportamiento en diferentes alternativas de manejo para la engorda bovina en pastoreo. Estos comenzaron en la década de los 80, utilizando sistemas de secano, sin suplementación (Valdés *et al.*, 1980) y con los pastos pangola (*Digitaria decumbens* cv. PA-32), bermuda (*Cynodon dactylon* cv. Coastercross-1) y guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Común), la utilización de altas cargas (3; 5 y 7,5 animales/ha) y dosis de 150 kg de N/ha/año, aplicado en la época lluviosa.

Efecto carga

Estos trabajos demostraron que la ganancia individual en animales mestizos Holstein x Cebú fue baja, especialmente en las cargas de 5 y 7 animales/ha, donde no rebasó los 200 g/día, y solamente se logró el peso adecuado para el sacrificio (360 kg) con la carga de 3 animales/ha, en correspondencia con la edad (25 meses); mientras que en las cargas 5 y 7,5 los animales a esa edad solo tenían 250 kg de PV.

Teniendo en cuenta los resultados adversos en cuanto a la ganancia de peso vivo, se continuaron las investigaciones con estas mismas especies y animales mestizos, pero con cargas de 2, 3,3 y 5 animales/ha (Alfonso *et al.*, 1984) y la misma aplicación de fertilizante nitrogenado. Los animales que pastaron en el pasto pangola lograron las mejores ganancias ($p < 0,05$) para las tres cargas (548, 415 y 339 g/animal/día), y la carga de 2 animales/ha fue la mejor variante de explotación en cuanto a la ganancia individual.

Los estudios de evaluación de especies continuaron con la introducción de las gramíneas andropogon (*Andropogon gayanus* cv. CIAT-621) y brachiaria (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk), utilizando como testigo la pangola PA-32, especie que se destacó en las investigaciones anteriores (Alfonso *et al.*, 1988a).

Los pastos se sometieron a las cargas de 3 y 4,5 animales/ha y una fertilización de 100 kg de N/ha/año (aplicado en la lluvia), y se obtuvieron resultados similares para el andropogon y la pangola en cuanto a la ganancia de peso vivo promedio anual. La brachiaria mostró una ganancia discreta (250 g/animal/día) con la carga de 4,5 animales/ha.

En otros dos trabajos, Alfonso *et al.* (1988a; 1988b) evaluaron estas mismas especies, pero con animales Cebú en la fase de ceba inicial (130-280 kg de PV). Un resumen de estos trabajos se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Potencial de producción de carne (g/animal/día) de algunos pastos tropicales

Carga, a/ha	Fertilización, kg de N/ha	Ganancia animal, g/día			Raza
		Andropogon	Pangola PA-32	Brachiaria	
<i>Promedio anual</i>					
3,0	100	383	353	302	3/4 Holstein x 1/4 Cebú
4,5	100	314	357	250	3/4 Holstein x 1/4 Cebú
<i>Lluvia</i>					
3,0	100	854	762	631	Cebú comercial
4,5	100	699	749	457	Cebú comercial
<i>Seca</i>					
3,0	60	603	471	392	Cebú comercial
4,5	60	506	388	387	Cebú comercial

Fuente: adaptado de Alfonso *et al.* (1988a; 1988b)

En la lluvia la ganancia más alta se registró en el andropogon con la carga de tres añojos Cebú/ha, seguido de la pangola; sin embargo, al aumentar la carga hasta 4,5 añojos/ha la ganancia individual fue mejor en la pangola, así como la producción de carne/ha/año (1 230 vs. 1 148 y 750 kg para pangola, andropogon y brachiaria, respectivamente).

En el sistema que comenzó en el período poco lluvioso y se fertilizó solo con 60 kg de N/ha, el andropogon resultó mejor para ambas cargas (603 y 506 g/animal/día), aunque hubo ganancias inferiores a las encontradas cuando se aplicó 100 kg de N/ha, con lo que se confirmó el papel preponderante de la especie y la época del año en la producción animal. El aumento de la carga en todas las especies incrementó la producción por área, la que fue mayor en andropogon (752 kg/ha/año).

De estos resultados productivos también se concluyó que, en dichas condiciones de explotación y alimentación, es más factible el uso de los animales de la raza Cebú, mucho más rústicos y adaptados, ya que mantuvieron ganancias de PV muy superiores a las de los añojos de línea lechera.

Como continuación de los trabajos anteriores se estudió el efecto de las cargas 2, 3 y 4 animales/ha en toros Cebú en la fase de ceba final, con la diferencia de que se aplicó una fertilización de solo 20 kg de N/ha durante el período de evaluación (Pereira y Batista, 1991).

Se apreció un efecto significativo de la carga y la especie en la ganancia total del período de ceba final (tabla 3); la mejor carga fue la de 2 toros/ha (592 g/animal/día) y las mejores especies la PA-32 y la brachiaria. El peso vivo en las tres especies, con la carga de 2 toros/ha, fue superior a los 400 kg; los animales tenían una edad de 28 meses aproximadamente y un estado físico satisfactorio.

Tabla 3. Ganancia de peso vivo total del período (kg/animal/día)

Carga	Andropogon	PA-32	Brachiaria	Media
2	0,554	0,648	0,575	0,592 ^a
3	0,272	0,437	0,438	0,382 ^b
4	0,321	0,456	0,397	0,391 ^b
Media	0,382 ^b	0,514 ^a	0,470 ^a	-
ES ±	0,015***			

a, b: Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a ***p < 0,001

Fuente: adaptado de Pereira y Batista (1991)

A partir de los resultados de las investigaciones anteriores, relacionadas con la carga y el tipo de animal, Iglesias *et al.* (2014; 2015) diseñaron un sistema de producción con cargas bajas, sin fertilización, donde pastorearon juntos machos bovinos de los genotipos Cebú (C), F1 Holstein x Cebú (HC) y Mambí (M), desde la etapa de ceba inicial hasta su entrega al sacrificio. En la ceba inicial los animales recibieron un kg de residuo de destilería de maíz (*northgold*) y afrecho de trigo, respectivamente. La disponibilidad de pastos fue adecuada para la época, con una oferta de 26,6 kg de MS/animal/día y predominó la guinea común (43 %) y el CT-115 (19 %) dentro de la composición florística del pastizal. No obstante, existieron diferencias significativas (p < 0,05) en el peso vivo final obtenido en la etapa, a favor de C y HC, con valores de 260, 263 y 241 kg para C, HC y M, respectivamente. La ganancia de peso vivo (kg/día) también difirió significativamente (p < 0,05), con el menor promedio en el tipo Mambí (0,620 kg diarios), por lo que se demostró nuevamente la superioridad de los animales con una mayor ascendencia de *Bos indicus* (C y HC, respectivamente). No obstante, estos resultados fueron superiores a los reportados por Díaz (2009), quien obtuvo 0,550 kg diarios con animales mestizos Holstein x Cebú en pastizales de gramíneas asociadas con leguminosas en un ciclo de preceba de 160 días, pero con una carga mayor (3 animales/ha).

Durante la ceba final, la cual abarcó una época poco lluviosa (EPLL) y una lluviosa (ELL), los suplementos (*northgold* y afrecho de trigo) se ofrecieron a razón de un kg diario en la EPLL y 1,5 kg en la ELL, respectivamente, y la disponibilidad de pastos fue de 11,8 y 26,4 kg de MS animal/día

para EPLL y ELL. En esta etapa del crecimiento también se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la ganancia diaria de peso vivo a favor de C y HC en la EPLL (0,432; 0,364 y 0,256 kg para C, HC y M, respectivamente), pero no difirieron en la ELL. El peso vivo final al sacrificio ($p < 0,05$) fue de 442,7, 436,3 y 391,6 kg para C, HC y M, respectivamente a pesar de la superioridad mostrada por los animales de los tipos C y HC. Se puede afirmar que los toros del genotipo Mambí tuvieron un comportamiento satisfactorio en pastoreo, ya que la ganancia durante la ceba final [superior a la informada por Iglesias *et al.* (2006)] propiciaron la obtención de animales de segunda categoría, con un peso superior a los 390 kg; ello pudo estar asociado a que estos animales recibieron suplementación energético-proteica y, en este sentido, es reconocida la importancia de la suplementación como alternativa tecnológica para aumentar el desempeño animal durante períodos de déficit forrajero en sistemas pastoriles (Simeone y Beretta, 2013).

Efecto fertilización

Con respecto al uso de la fertilización nitrogenada en especies mejoradas, Alfonso *et al.* (1985) estudiaron el efecto de la fertilización en la época lluviosa y la carga en la producción de carne en pastoreo de guinea likoni en la ceba inicial; no se observaron respuestas en la producción por hectárea por encima de 240 kg de N, cuando las cargas fueron de hasta 6 animales/ha; por el contrario, se equipararon a las obtenidas con 160 kg de N/ha.

En la ceba final el mayor incremento de peso vivo se obtuvo con la carga baja (1,5 animales/ha) y sin fertilización (Alfonso *et al.*, 1986); sin embargo, al utilizar la carga de 4 toros/ha con 160 kg de N/ha/año la ganancia individual fue de 401 g/animal/día, lo que representó más de 550 kg/ha/año.

De estos resultados se concluyó que el incremento en las dosis de fertilización nitrogenada propició un aumento de la carga y, por ende, una mayor producción por hectárea; sin embargo, el incremento de la carga origina un decrecimiento de la ganancia individual, la cual solo se puede igualar en la lluvia, debido a la alta disponibilidad de pastos en esa época, lo que permite una alta selección por los animales. No obstante, como promedio, la ganancia no sobrepasa los 500 g diarios.

Unido a esto, las mayores dosis de fertilizante pueden favorecer la estabilidad del pastizal, por lo que se sugiere utilizar una carga de 1,5 animales/ha cuando no se dispone de fertilizante; 3,0 si existen posibilidades de aplicar alrededor de 80 kg en dos momentos durante la lluvia y 4,0 animales cuando se dispone de 120-160 kg de N/ha/año (tres aplicaciones en la época lluviosa).

Teniendo en cuenta el rápido deterioro de los pastizales destinados a la ceba de bovinos (4-8 cuarterones y corraleta rústica central) y el pobre comportamiento animal en la preceba, Valdés *et al.* (1996) evaluaron en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) —el cual se dividió en cuatro cuarterones y se fertilizó con 50 kg de N/ha/año— el comportamiento de la suplementación y del pastizal en el engorde de categorías bovinas mediante dos alternativas de manejo: 1) segregación de cuarterones durante la época lluviosa y fabricar ensilajes para suministrarlos en la época poco lluviosa; 2) no segregación y suplementación con miel a 10 % de urea y proteína natural.

Se encontraron diferencias en la ganancia de peso vivo individual entre las alternativas de no segregación y segregación en las categorías de preceba (560 vs. 420 g/animal/día) y la de crecimiento ceba (620 vs. 520), lo que denotó un mejor comportamiento cuando se empleó suplementación con miel a 10 % de urea más la proteína natural, con respecto al suministro de ensilaje. Estos datos son de importancia para los países o regiones donde la industria azucarera constituya una de las principales fuentes de ingreso para los productores, ya que se facilita el uso de las melazas como un subproducto de esta industria para la alimentación animal. Por otra parte, no todas las explotaciones pecuarias cuentan con los recursos, los insumos y la infraestructura necesaria para la fabricación de ensilajes a partir de los excedentes de pastos (fertilizantes, adecuado acuartonamiento, maquinaria agrícola, combustible, instalaciones, etc.), por lo que la alternativa de segregación no es muy utilizada en la actualidad.

Suplementación con miel y urea

Diversas investigaciones se desarrollaron para evaluar diferentes sistemas de producción de carne, donde la miel-urea constituyó el suplemento principal de los animales en pastoreo.

Valdés *et al.* (1998) plantearon que lo más aconsejable es suplementar con este subproducto en la época poco lluviosa, cuando la disponibilidad de pastos es mínima y la ganancia de peso vivo se deprime drásticamente. En la época lluviosa la ganancia es alta incluso sin suplementar, y si se usa el suplemento en esa época puede existir una sustitución del consumo de pastos por el de suplemento. La variante más utilizada es la combinación de melaza con urea a 10 %, *ad libitum*, rotación en cuatro cuartos y cargas entre 2-3 animales/ha. Con estos sistemas se pueden obtener ganancias de alrededor de 500-550 g diarios, como promedio, en todo el ciclo de crecimiento-ceba y edades al sacrificio de 20-24 meses.

La combinación de la miel/urea con suplementos concentrados puede incrementar la ganancia de peso vivo. Rodríguez *et al.* (2009a; 2009b; 2013) evaluaron el forraje de caña de azúcar, combinado con miel-urea a 2 % y concentrado en dietas completas (todos los alimentos mezclados en un mismo comedero) y semicompletas (el concentrado aparte), y comprobaron que la dieta completa no representó ventajas con respecto a la oferta del alimento voluminoso separado del concentrado, cuando este último se fraccionó dos veces al día. En estas investigaciones la ganancia de los animales (toros mestizos Holstein x Cebú), fue superior a un kg diario y el concentrado representó 17 % de la ración.

Por su parte, Fundora *et al.* (2007) informaron consumos de forraje de caña de azúcar entera en base seca entre 4,09 y 4,16 kg, en dietas con concentrados a razón de 4 kg/animal/día. El consumo total de MS varió entre 7,39 y 7,46 kg, el consumo en BS con relación al peso vivo fue de 2,16-2,15 %, la ganancia media diaria estuvo entre los 842-925 g y la conversión alimentaria en BS fue de 8,10-8,17; estos autores concluyeron que la suplementación de la caña de azúcar con concentrados puede producir ganancias adecuadas de peso vivo, mientras que el mezclado de la caña con el concentrado no mejoró el comportamiento productivo, ni originó cambios en la conducta.

Con la finalidad de buscar soluciones en el suministro de proteína para el ganado de engorde, Valdés *et al.* (1996) realizaron una prueba con el empleo de la miel proteica casera (MPC) mezclada con miel urea a 3 %, como una alternativa proteico-energética al pastoreo de pasto estrella en la época poco lluviosa. La mezcla (50 % de MPC y 50 % de miel urea) se suministró a voluntad y se complementó con 240 g/animal/día de harina de girasol. Los animales (mestizos de Holstein) ganaron 540 g/animal/día durante la prueba y superaron en 110 g ($p < 0,01$) a un grupo que consumió 400 g de harina de girasol y 3 kg de miel a 3 % de urea sobre el mismo pastizal, el cual no se fertilizó y se pastoreó con una carga de 3 animales/ha. El uso de la mezcla de mieles permitió el ahorro de 160 g diarios de harina de girasol, fuente proteica de importación.

Suplementación con Sacharina

Por otra parte, los resultados de Valdés *et al.* (1994) indicaron la posibilidad del uso de la saccharina rústica en la época poco lluviosa, como suplemento al pasto en la ceba de machos bovinos en pastoreo. Con este producto de la industria azucarera, ofrecido a razón de 3 kg/animal/día, se obtuvo una ganancia de 555 g/animal/día en la época poco lluviosa sin diferencias con un lote de toretes (mestizos de Holstein) que recibieron 370 g de harina de soya y 3 kg de miel con urea a 3 %. Según estos autores, dicho alimento es capaz de aportar suficiente cantidad de proteína bruta y energía metabolizable al pasto, de forma similar a la soya y la miel.

Utilización de subproductos del cítrico

En regiones donde el cítrico y su agroindustria es importante, una fuente de gran interés para la alimentación del ganado lo constituye el hollejo de cítrico, tanto en forma fresca, como conservada

(Montejo *et al.*, 2008). En este sentido, Pino (2008) al combinar una dieta de forraje de CT-115 y heno de pastos naturales con hollejo de cítricos (a razón de 18 kg de hollejo fresco diario), obtuvo ganancias en la ceba semiestabulada de 450,0 g/animal/día; este subproducto cítrico aportó 40 y 32 % de la MS y la PB de la ración, respectivamente. Dietas similares, pero con el aporte de afrecho de trigo y levadura *Saccharomyces*, permitieron ganancias de 600,0 g diarios, se logró un mejor empleo de los alimentos voluminosos y se comprobó la importancia de las fuentes de proteína para lograr mayores ganancias de peso en los ciclos de ceba (Ojeda *et al.*, 2010).

La superproducción del cítrico durante la etapa de cosecha permite a los finqueros, a su vez, fabricar ensilajes con el hollejo de cítrico proveniente de las fábricas procesadoras de jugos, conservando el material excedente que no pueden consumir en esa etapa.

Pino (2008) demostró que el ensilaje puede aportar más nutrientes, materia seca, proteína bruta y energía que el hollejo fresco, lo cual se observó en el aporte porcentual con respecto a la contribución de nutrientes que realizó el hollejo sin conservar. Las diferencias en las ganancias de peso entre las dietas fueron pequeñas (633 g/animal/día para la dieta con ensilaje de hollejos y 641 g/animal/día en la dieta con hollejos frescos), como índice de que existe un aprovechamiento ligeramente superior de los nutrientes cuando se utilizan los hollejos frescos, aunque a los efectos prácticos esto es irrelevante.

De los estudios anteriores se resume que los sistemas sin fertilizar o con baja fertilización (0-80 kg de N/ha) producen entre 70 y 100 % de la ganancia de peso vivo por animal, con respecto a los mejores sistemas con alta fertilización, y entre 40 y 80 % de la ganancia por hectárea con relación a los sistemas con altos insumos. Por otra parte, se denota que los sistemas sin suplementación o con bajos insumos externos producen ganancias individuales entre 71 y 100 % con respecto a la mayoría de los sistemas donde se usa moderadamente la suplementación en el período poco lluvioso con miel final y distintas concentraciones de urea y suplementos proteicos, y entre 49 y 75 % con respecto a los de altos insumos externos.

Sistemas que utilizan las leguminosas herbáceas en pastoreo

Teniendo en cuenta el papel que pueden desempeñar las leguminosas en el mejoramiento del valor nutritivo y el rendimiento de los pastizales, así como en la sustitución de suplementos en la época poco lluviosa, se realizaron varios trabajos para evaluar sistemas donde una parte del área, sembrada con leguminosas rastreras (*Neonotonia wightii* y *Macroptilium atropurpureum*), se pastoreó en forma diferida durante la época poco lluviosa con animales mestizos, alternando con los pastos naturales; mientras que en la lluvia los cuarterones de leguminosas no eran pastados para lograr la permanencia y recuperación de estas durante ese período (Valdés *et al.*, 1980; Chao *et al.*, 1982; Valdés *et al.*, 1984).

Estos trabajos indicaron que el pastoreo diferido de la asociación en 50 % del área total del pastizal, logró incrementar la producción de carne entre 13 y 33 % con relación a la obtenida en el pasto nativo solo, incluso cuando este se suplementó con levadura torula a razón de 200 g/animal/día en el período poco lluvioso, época en que la ganancia en los pastos naturales sin leguminosas no llegó, en ocasiones, a los 100 g/animal/día u ocurrieron pérdidas de peso.

Por su parte, Hernández *et al.* (1988) diseñaron un sistema de pastoreo continuo, en el que el área de leguminosas se redujo hasta 33 % del área total. Esta reducción del área diferida a menos de 50 % solucionó la dificultad de la baja ganancia en las lluvias, ya que la carga solo se incrementó de 2 a 3 animales/ha; por otra parte, el empleo de las leguminosas en forma restringida en esa época repercutió en la cantidad y la calidad del alimento ofrecido, así como en la producción, la cual fue 35 % mayor que en los pastos nativos.

El uso de mezclas de leguminosas con gramíneas también fue reportado por Simón *et al.* (1993). Al comparar sistemas en los que *A. gayanus* fue fertilizado con 100 kg de N/ha y los animales recibieron suplementación concentrada durante la época poco lluviosa (1,5 kg/animal/día), con una mezcla del citado pasto con kudzú, glycine, siratro, stylo y centrosema, no hubo diferencias en la ganancia de peso

vivo (550 g/animal/día) en esa época, aunque las mayores disponibilidades de pasto se encontraron en el sistema de gramíneas fertilizadas.

Por su parte, Ruiz *et al.* (1991), al comparar bancos de proteína de leguminosas rastreras con acceso libre o limitado de los animales, encontraron que los primeros lograron una mayor estabilidad del pastizal. En el tratamiento donde el banco ocupaba 75 % del área, los animales dedicaron 73,4 % del tiempo total de pastoreo a la parte asociada y solo 22,6 % a la gramínea; mientras que en el sistema con 50 % fue de 59,7 y 37,9 % para la asociación y la gramínea sola, respectivamente.

Como una muestra del potencial que representan los sistemas con leguminosas rastreras, se encontró que durante el período poco lluvioso todos los tratamientos que contaron con su presencia alcanzaron valores superiores de ganancia de peso (566-578 g/animal/día) que los sistemas con gramíneas solamente (412 g/animal/día). En este sentido, cuando el acceso al banco fue limitado la ganancia fue de 575 g/animal/día.

Sistemas que utilizan las leguminosas arbóreas en pastoreo

En la actualidad, la política trazada para lograr aceptables producciones de carne se sustenta en el uso más eficiente de los pastos y forrajes como base alimentaria fundamental, teniendo en cuenta que:

- Aumentan a diario los precios de los alimentos concentrados para la alimentación animal en el mercado mundial.
- El decrecimiento de la industria azucarera limita grandemente la producción y, por ende, el uso de las mieles y otros subproductos de esta industria para la alimentación animal; sin embargo, amplía considerablemente las áreas destinadas al pastoreo.
- Los rumiantes tienen una alta capacidad para utilizar la fibra como fuente energética.
- En la alimentación del bovino de carne es posible emplear grandes cantidades de recursos marginales, que no compiten con las necesidades del hombre y otros animales.

En este contexto, el uso de los árboles y arbustos (especialmente los leguminosos) como recurso forrajero para la producción de carne, tanto en bancos de proteína como en asociaciones árbol-pasto en toda el área, alcanza una relevancia sin precedentes. El uso del silvopastoreo es una alternativa promisoría que no compite con las anteriores y tiene como ventaja que es un sistema de bajos insumos, el cual mejora la calidad del pasto base y el medioambiente para los animales; estos, a su vez, pueden expresar un mejor comportamiento en términos de ganancia diaria y producción de carne, lo que constituye una mejora desde el punto de vista social.

Los estudios encaminados al desarrollo de una agroforestería pecuaria en el país comenzaron en la década de los 80. La inclusión de la leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* en toda el área de pastoreo cubierta por pastos naturales (Hernández *et al.*, 1986), permitió una ganancia individual de 715 g/animal/día y un incremento de 51 % en la producción de carne/ha con relación a la basada en pasto nativo solamente. En las condiciones donde se presentó una sequía extrema durante el año, este sistema silvopastoril logró mantener una ganancia individual promedio anual superior a los 400 g/día.

La utilización de este sistema en la ceba final de toros Cebú (Hernández *et al.*, 1987) avaló la asociación como una forma ventajosa de producir carne con pocos insumos externos. La ganancia (419 g/animal/día) fue superior en 73 % a la obtenida con pasto natural solo (242 g/animal/día) y no difirió de la de un sistema que incluyó la suplementación en la segunda mitad de la época poco lluviosa con 1,5 kg de miel más urea a 3 % y 200 g de harina de soya (409 g/animal/día).

Al utilizar *A. gayanus* como pasto introducido en pastoreo rotacional más banco de proteína de leucaena y glycine, Hernández *et al.* (1992) alcanzaron un peso al sacrificio de 448 kg a los 29 meses de edad y ganancia acumulada promedio de 487 g/animal/día. Este sistema superó en 64 % la producción de carne en pie del sistema tradicional con pastos naturales, que produjo toros con un peso al sacrificio de 460 kg, pero a una edad superior a los cinco años.

Ruiz y Febles (1998) diseñaron sistemas de producción de carne bovina donde la preceba se realizaba en áreas con leguminosas rastreras asociadas a pastos naturales (hasta 240 kg de PV) y la ceba

final (hasta más de 400 kg) en asociaciones de pastos cultivados con leucaena. Algunos datos de estas investigaciones se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Tecnologías de leguminosas en banco de proteína para la preceba y ceba bovina

Indicador	Tecnologías					
	Pastos con 50 % de leguminosa rastrera					
	Guinea	Estrella ¹	Estrella ²	Guinea	Guinea	Guinea ³
	Con 30 % de leucaena			Con 50 % de leucaena		
Peso inicial, kg	163	136	132	142	137	165
Peso final, kg	426 404 407 422			410		423
Ganancia/día, g	530	535	514	569	446	582
Ganancia/ha/año	438	586	569	415	326	425
Duración, meses	16,5	16,7	17,8	16,4	21,3	15,9
Época de inicio	Lluviosa	Lluviosa	Poco lluviosa	Lluviosa	Poco lluviosa	Poco lluviosa
Animales/ha	2	3	3	2	2	2

Tecnología 1: Fertilización (90 kg N/ha/año)

Tecnologías 2 y 3: Consumo de miel (0,9 kg)

Fuente: Adaptado de Ruiz y Febles (1998)

En las tecnologías 4, 5 y 6 fue factible obtener una ganancia individual superior a los 440 g/animal/día, incluso cuando la preceba comenzó en la época poco lluviosa, en la que la disponibilidad de pastos declina drásticamente. Si el pastoreo en la época poco lluviosa se complementa con cantidades moderadas de miel final (0,92 kg/animal/día), la tasa de crecimiento aumenta a más de 580 g/animal/día y el ciclo de crecimiento-ceba se acorta hasta 15,9 meses.

No obstante, las ganancias de las tecnologías 4 y 6 (569 y 582 g/animal/día, respectivamente) fueron similares, a pesar de que los animales en esta última se suplementaron con miel, lo que demuestra el efecto beneficioso de comenzar el pastoreo en el período lluvioso y usar pastos cultivados de buen valor nutritivo, que propician una adecuada fermentación del NH₃ en el rumen y, por ende, no es necesario la suplementación con mieles.

En otros estudios, al comparar un sistema de banco de proteína en pastos naturales con la asociación de árboles en toda el área, Castillo *et al.* (1998) comprobaron que la ganancia individual y por hectárea en la época poco lluviosa fue mayor para el sistema asociado, lo que demostró el efecto positivo de la leucaena en los rendimientos de la ceba bovina.

En esta investigación las ganancias totales en el período fueron de 425, 539 y 605 g/animal/día para los sistemas de pasto natural solo, banco en 30 % y asociación, respectivamente, con pesos finales de 312, 357 y 384 kg, los cuales se pueden considerar satisfactorios para el genotipo animal estudiado (3/4 Cebú x 1/4 Holstein).

Estos mismos autores desarrollaron diferentes sistemas de producción de carne con el uso de la leucaena en bancos de proteína, con la inclusión de la leguminosa en 30 y 50 % del área y diferentes tipos de pastos. En estos sistemas la ganancia diaria rebasó los 460 g/animal/día, cuando la carga no estuvo por encima de 3 animales/ha y se utilizó pasto mejorado (tabla 5). Las mayores ganancias por

hectárea se obtuvieron cuando el banco ocupó 30 % del área, se fertilizó el pasto con moderadas dosis de N y se rotó en cuatro cuartos.

Tabla 5. Estudio del comportamiento de los machos bovinos en sistemas de leucaena

Área de leucaena, %	Gramínea	Carga, animal/ha	Suplemento	N, kg/ha/año	Ganancia		Cuartos
					g/a/día	kg/ha/año	
30	Guinea	2	-	-	538	392	4
30	Estrella	3	-	-	465	509	4
30	Estrella	3	-	90	532	583	4
30	Estrella	5	-	-	380	465	24
30	Natural	2	Caña + urea	-	371	271	4
50	Guinea	2	-	-	556	406	4

Fuente: adaptado de Castillo *et al.* (1998)

Resultados similares obtuvo Iglesias (2003) al usar el pasto guinea likoni en asociación con leucaena para el engorde de machos Cebú (sin suplementación energético-proteica), aunque la ganancia de la época poco lluviosa se deprimió hasta 429 g diarios. No obstante, al compararlo con un sistema de banco de proteína y el monocultivo de pastos, el acumulado fue superior y por encima de los 620 g, lo que propició animales con pesos superiores a los 400 kg a los 26 meses de edad (tabla 6).

Tabla 6. Peso vivo (kg) y ganancia diaria por época y total acumulado (g)

Tratamiento	Ceba inicial			Ceba final			Ganancia acumulada
	PVI	PVF	Ganancia	PVI	PVF	Ganancia	
Asociación	147,3	310	821	311	400,0 ^a	429 ^a	623 ^a
Banco de proteína	147,5	308	810	310	372,5 ^b	301 ^b	555 ^b
Likoni	148,4	311	821	311	366,5 ^b	268 ^b	538 ^b
ES ±	3,1	6,0	19,9	6,0	7,4 [*]	13,1 [*]	11,2 [*]

a, b: Valores con superíndices no comunes en la vertical difieren a $p < 0,05$

* $p < 0,05$

Fuente: Iglesias (2003)

Iraola (2013), al evaluar los indicadores productivos de bovinos mestizos Cebú en un sistema basado en pastos mejorados (*C. nlemfuensis*, *Cenchrus purpureus* cv. CT-115 y *Urochloa híbrido* cv. Mulato) con leucaena en 50 % del área, encontró una ganancia diaria acumulada de 0,718 kg/animal/día, lo que representó un incremento de más de 65 % con respecto a la ganancia que se obtenía en esa misma área en un sistema de pastos degradados. Además, la edad y el peso al sacrificio fueron de 24 meses y 416,2 kg/animal, respectivamente; mientras que, la producción por hectárea fue de 749,1 kg, la cual está en el rango de 500 a 800 kg/ha, que según lo planteado por Iglesias *et al.* (2011) se logra con estos sistemas en Cuba y que los hace económicamente viables.

Por su parte, Díaz (2009), al evaluar un sistema silvopastoril con predominio de *C. nlemfuensis* en asociación con *L. leucocephala* y acceso a banco de biomasa de *C. purpureus* cv. CT-115 con un genotipo especializado en la producción de carne (Charoláis de Cuba), obtuvo una ganancia media diaria acumulada superior a los 0,800 kg/animal/día con un peso al sacrificio de 445 kg a los 22 meses de edad y un rendimiento en canal de 57,2 %.

Al analizar las posibilidades para el engorde de machos de genotipos cruzados (tabla 7), provenientes de los rebaños lecheros tradicionales del país, se comprobó que es factible su ceba con bajos insumos, siempre que se mantenga un manejo adecuado del rebaño y las atenciones veterinarias

pertinentes (Iglesias, 2003). En un sistema compuesto por guinea likoni, *B. decumbens* cv. Basilisk y pastos naturales (*Dichantium* spp. y *Paspalum notatum*), asociados con leucaena a razón de 555 árboles/ha, se demostró que los animales del tipo lechero no alcanzaron pesos al sacrificio similares a los del tipo Cebú, más rústico y adaptado a las condiciones de pastoreo sin insumos, pero las ganancias durante la ceba fueron suficientes para lograr animales de segunda clase, con un peso superior a los 355 kg y sin pérdidas económicas para el sistema.

Dando continuidad a estos estudios, Simón *et al.* (2009) compararon diversos genotipos lecheros y demostraron que el genotipo F1 alcanzó las mayores ganancias de peso vivo en todos los momentos de la evaluación y difirió significativamente del resto, con ganancias notables de peso, mientras que el Siboney mestizo alcanzó una ganancia de peso vivo intermedia, que no difirió de las de Siboney y Mambí, los cuales presentaron ganancias muy bajas, por lo que estos autores recomiendan que estos deben pasar los primeros meses de su vida en confinamiento, hasta tanto hayan adquirido la resistencia necesaria y se encuentren aptos para soportar las condiciones de pastoreo.

Aunque el peso vivo final y la ganancia acumulada en estos animales no fueron relevantes, resultaron superiores a los de los sistemas basados en los pastos con suplementación con melaza y a los de los cebaderos estabulados con el empleo de miel/urea, forraje y suplementos proteicos.

Tabla 7. Comportamiento productivo de los animales en las diferentes épocas

Genotipo	Peso vivo inicial, kg	Peso vivo final, kg	Ganancia diaria, g	Edad, meses
<i>Ceba inicial: época lluviosa</i>				
Cebú comercial	111,5	273,4 ^a	899 ^a	12-18
F ₁ (½ H x ½ Cebú)	120,0	235,1 ^b	639 ^b	
(5/8 H x 3/8 Cebú)	117,1	233,0 ^b	643 ^b	
ES±	3,1	8,4 ^{***}	29,7 ^{***}	
<i>Ceba final: época poco lluviosa</i>				
Cebú comercial	273,0 ^a	315,5 ^a	236 ^a	18-24
F ₁ (½ H x ½ Cebú)	235,1 ^b	283,5 ^b	268 ^a	
(5/8 H x 3/8 Cebú)	233,0 ^b	264,8 ^c	176 ^b	
ES±	8,4 ^{***}	5,3 ^{***}	16,4 ^{***}	
<i>Ceba final: época lluviosa</i>				
Cebú comercial	315,5 ^a	413,7 ^a	785	24-28
F ₁ (½ H x ½ Cebú)	283,5 ^b	376,3 ^b	742	
(5/8 H x 3/8 Cebú)	264,8 ^c	357,1 ^c	738	
ES±	5,3 ^{***}	9,9 [*]	16,3	
Promedio acumulado en la ceba				
Cebú comercial	111,5	413,7 ^a	621,8 ^a	16
F ₁ (½ H x ½ Cebú)	120,0	376,3 ^b	525,6 ^b	
(5/8 H x 3/8 Cebú)	117,1	357,1 ^c	491,6 ^b	
ES±	3,1	9,9 [*]	11,5 [*]	

a, b: Valores con superíndices no comunes en la vertical difieren a $p < 0,05$

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Fuente: Iglesias (2003)

Los estudios acerca de la conducta de los animales en sistemas de pastoreo con libre acceso a la *leucaena* indican que estos solo le dedican 17 % del tiempo al ramoneo, lo que presupone que en las condiciones de Cuba los animales regulan el consumo de esta leguminosa y, con ello, evitan la posibilidad

de intoxicación por mimosina; además se corroboró que existen bacterias ruminales que desdoblan este aminoácido a compuestos inofensivos (Martínez *et al.*, 2001).

También hay una mejora sustancial en el volumen y la calidad del pasto base, sobre todo en el período no lluvioso, lo cual es importante, ya que constituye la fuente fundamental para satisfacer los requerimientos de materia seca del animal, lo que puede traducirse en un mejor comportamiento en términos de ganancia diaria sin efectos negativos en la salud.

Con estos sistemas no hay necesidad del uso de fertilizantes, ya que toda la gramínea recibe los efectos beneficiosos del aporte de nitrógeno por parte de la *leucaena* a través de la fijación simbiótica y el reciclaje de la hojarasca.

Hernández (2000) evaluaron cuatro sistemas que tenían como pasto base *M. maximus* cv. Likoni y tres leñosas (*L. leucocephala*, *Bauhinia purpurea* y *Albizia lebeck*) y un control con guinea sola con animales Cebú comercial (3 animales/ha) que iniciaron el pastoreo con un peso de 220-230 kg. El pastoreo comenzó cuando los árboles tenían una altura entre 1,3-3,0 m y con una densidad entre 600-900 árboles/ha; la gramínea cubrió cerca de 65 % del área.

Los resultados en términos de ganancia diaria (tabla 8) indican que los sistemas donde estaban presentes los árboles aventajaron significativamente al control basado en guinea sola, y que la *leucaena* más la guinea fue el mejor sistema; ello estuvo relacionado con la alta calidad de la gramínea y una mayor disponibilidad total de este sistema, lo que coincide con similares trabajos reportados anteriormente.

Tabla 8. Comportamiento de animales Cebú en sistemas con árboles y sin árboles en toda el área de pastoreo

Sistema	PV inicial, kg/animal	PV final, kg/animal	Ganancia bruta, kg/animal	Ganancia acumulada, g/animal/día
Leucaena con guinea	226,9	424,0	197,1	788
Bauhinia con guinea	226,3	415,5	189,1	757
Albizia con guinea	227,0	409,2	182,2	729
Guinea sola	226,9	362,2	135,3	541

Fuente: Hernández (2000)

El comportamiento animal demostró la superioridad de los sistemas asociados sobre los sistemas tradicionales con insumos, sin diferencias entre ellos en cuanto a las ganancias de peso. Es importante reconocer que la inclusión de otras arbóreas en las investigaciones, en este caso *A. lebeck* y *B. purpurea*, evidenció una alta potencialidad de su uso para la ceba bovina con bajos insumos externos.

No cabe duda de que en sistemas de crecimiento-ceba con arbóreas estas son capaces de sustituir la utilización de concentrado, riego y fertilizante, cuando están presentes tanto en pastos naturales como artificiales. En el primer caso es imprescindible, en función de la carga animal, la suplementación con forrajes voluminosos con la presencia de urea, para cubrir los requerimientos de materia seca para el animal y de nitrógeno para los microorganismos ruminales; mientras que en el segundo caso es necesaria la presencia de energía y urea, no así de la materia seca como elemento de compensación, sobre todo en sistemas en que la *leucaena* está presente en toda el área de la gramínea.

Aunque la información brindada indica la ventaja del sistema con 100 % de *leucaena* en la totalidad del potrero, pudieran usarse otras opciones en dependencia de las condiciones, las prácticas locales y la disponibilidad de recursos del ganadero.

Suplementación en sistemas con leguminosas arbóreas

Un aspecto presente en todos estos sistemas es el pobre comportamiento animal en el período poco lluvioso, el cual está relacionado con la baja disponibilidad y calidad del pasto base (gramínea), fundamentalmente en lo referente a la energía. Estos conceptos condujeron al diseño de investigaciones bajo los mismos principios anteriores, pero suplementando con miel final a los animales durante el pe-

río poco lluvioso (Castillo *et al.*, 1999). No se encontraron mejoras en términos de ganancia animal (514 g/animal/día) al incluir la miel en el sistema cuando se comparó con trabajos anteriores, lo que pudiera atribuirse a la baja degradabilidad de la proteína procedente de la *leucaena* y, por lo tanto, a los bajos niveles de amoníaco en el rumen, lo que hace ineficiente el sistema, ya que los microorganismos no cuentan con el nitrógeno necesario para su desarrollo y multiplicación.

Lo anterior se corroboró al diseñar un trabajo en condiciones similares, pero en el que se incluyó la urea en la melaza a razón de 3 %. Se evidenció una mejora de 34 % en la ganancia animal al incluir urea en la miel, con relación a los animales que solo consumieron miel final (tabla 9).

Tabla 9. Comportamiento de machos Cebú en pastoreo de guinea con leucaena, suplementados en el período poco lluvioso

Indicador	Tratamiento	
	Miel final	Miel/urea
Peso inicial, kg	256	256
Peso final, kg	306	323
Ganancia/día, g	531	712
Consumo suplemento, kg	2,2	1,9

Fuente: Castillo *et al.* (1999)

El uso de un suplemento activador del rumen en un sistema silvopastoril de *L. leucocephala* y gramíneas, con acceso a banco de biomasa de *C. purpureus* vc. Cuba CT-115 en la época poco lluviosa mostró resultados interesantes en la ceba de machos mestizos 5/8 Holstein x 3/8 Cebú (Díaz *et al.*, 2009). El consumo diario de este suplemento fue de 1,50 kg/animal, lo que propició una ganancia media diaria de peso vivo de 556,0 g y un PV al sacrificio de 412,24 kg, con 27 meses de edad (tabla 10).

Tabla 10. Comportamiento productivo de machos bovinos mestizos, en la categoría de ceba-finalización, en silvopastoreo con leucaena y banco de biomasa de CT-115, con suplemento activador del rumen

Indicador	DE ±	
<i>Silvopastoreo más banco de biomasa, época poco lluviosa</i>		
PV inicial, kg	228,28	22,75
PV final, kg	308,58	18,80
GMD, g	518,06	12,02
Suplemento, kg	1,5	-
Duración, días	155,0	-
<i>Silvopastoreo, época lluviosa</i>		
PV inicial, kg	308,58	18,80
PV final, kg	412,24	16,02
GMD, g	609,76	11,56
Suplemento, kg	1,50	-
Duración, días	170,0	-
<i>Total del sistema</i>		
Duración de la etapa, días	325,0	-
GMD, g	556,03	13,22
Edad al sacrificio, meses	27,0	-
kg totales ganados	183,96	-
PV total al sacrificio t/ha	1,24	-

Fuente: Díaz *et al.* (2009)

Por su parte, Sánchez-Santana *et al.* (2016) utilizaron un preparado de maíz y afrecho enriquecido con levadura torula, como alternativa para cubrir 20 % de los requerimientos totales de PB de toros en ceba final, en una asociación de *M. maximus* cv. Likoni, que representó 91 % de la composición florística, y la arbórea *L. leucocephala* cv. Cunningham. En la tabla 11 se muestra el comportamiento productivo de los toros durante el período de investigación. Se logró una mayor ganancia en los animales que recibieron el preparado ($p = 0,001$), de ahí que se encontró un efecto favorable del suplemento en la respuesta productiva de los animales.

Tabla 11. Efecto de la suplementación con maíz y afrecho enriquecido con levadura torula (B) en los indicadores productivos de toros en ceba final

Indicador	Tratamiento		EE ±	Significación
	Sin suplementación	Con suplementación		
Peso inicial, kg	366	368	9,93	0,797
Peso final, kg	421	440	12,21	0,148
Incremento en peso, kg	56	72	4,28	0,001
Ganancia media diaria, kg	0,846	1,08	0,07	0,001
Duración de la ceba, días	63	63	-	-

Fuente: Sánchez-Santana *et al.* (2016)

La ganancia fue similar a la obtenida por Rodríguez *et al.* (2013) en dietas en las que se utilizó concentrado energético-proteico (1,03 kg/animal/día), aunque en esa investigación la dieta base fue la caña de azúcar, la cual tiene más bajo contenido de proteína bruta que la guinea del presente estudio; por ello se necesitó un mayor suministro de concentrado (3 kg/animal/día) para lograr similar comportamiento productivo.

También Gallo *et al.* (2013) encontraron un comportamiento positivo en las características y el rendimiento de la canal de novillos de engorde en pastoreo durante la etapa de ceba final al evaluar el efecto de la suplementación con un concentrado energético basado en maíz roleadado.

Ello corrobora lo planteado por Elías *et al.* (2015) los cuales concluyeron que, para obtener una ganancia media diaria de 1 200 kg, sería necesario elevar la concentración energética de la dieta mediante la inclusión de fuentes energéticas amiláceas, fermentables o no en el rumen, o con fuentes de proteína no degradables en rumen o con ambas.

Consideraciones finales

En sentido general, la estrategia para lograr adecuadas producciones de carne con los pastos y forrajes como base alimentaria fundamental debe basarse en las consideraciones siguientes:

- Las condiciones climáticas del trópico permiten la explotación de los pastos y forrajes durante todo el año.
- Los rumiantes tienen una alta capacidad para utilizar la fibra como fuente energética.
- En la alimentación del bovino de carne es posible emplear grandes cantidades de recursos marginales, que no compiten con las necesidades del hombre y otros animales.
- El aumento de los precios de los alimentos concentrados en el mercado mundial hace insostenible la producción con esos insumos externos.
- En términos generales, se pueden alcanzar ganancias de 800 a 1 200 g/animal/día en períodos cortos en la época de crecimiento del pasto; sin embargo, cuando las ganancias se miden en años completos o períodos de ceba, raramente sobrepasan los 600 g/animal/día, y por lo general se encuentran entre 400 y 500 g/animal/día.
- Con pastos naturales, en suelos de baja fertilidad y por lo general en períodos prolongados de sequía, las cargas permisibles no deben pasar de 0,35 animales/ha; mientras que las ganancias por hectárea son muy bajas (1,5-40 kg/ha/año).

- En suelos de mediana fertilidad es posible incrementar la carga hasta 1,5-2 animales, y las ganancias/ha llegan hasta 90-120 kg. En ambos sistemas las ganancias individuales raramente pueden ser superiores a 300 g/animal/día.
- Con pastizales cultivados y no fertilizados las cargas no pueden ser altas, pero la ganancia por animal y por área puede incrementarse. La aplicación de fertilizantes nitrogenados mantiene ganancias similares de peso por animal (400-500 g/día), pero permite duplicar las ganancias/ha, que llegan aproximadamente hasta 800 kg/ha/año a través del incremento de la carga.
- Las asociaciones de leguminosas y gramíneas permiten cargas mayores que las gramíneas no fertilizadas y producen mayores ganancias/ha que estos sistemas.

Referencias bibliográficas

- ALFONSO, A.; HERNÁNDEZ, C. A. & BATISTA, J. Algunas alternativas para la producción de carne en pastizales de guinea likoni con distintos niveles de carga-fertilización. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 9 (2):177-184, 1986.
- ALFONSO, A.; HERNÁNDEZ, C. A. & BATISTA, J. Estudio del efecto de la carga y la especie de pasto sobre el comportamiento de añajos en pastoreo. I. Incorporados a inicios del periodo de lluvia. *Pastos y Forrajes*. 11 (2):171-176, 1988a.
- ALFONSO, A.; HERNÁNDEZ, C. A. & BATISTA, J. Estudio del efecto de la carga y especie de pasto sobre el comportamiento de añajos en pastoreo. II. Incorporados a inicios del periodo seco. *Pastos y Forrajes*. 11 (3):267-273, 1988b.
- ALFONSO, A.; VALDÉS, L. R. & DUQUESNE, P. Efecto del nivel de fertilización y la carga sobre la producción de carne en pasto guinea likoni. Ceba inicial *Pastos y Forrajes*. 8 (1):111-125, 1985.
- ALFONSO, A.; VALDÉS, L. R. & DUQUESNE, P. Evaluación comparativa de tres gramíneas en pastoreo. II. Con añajos y cargas 2, 3,3 y 5 animales/ha. *Pastos y Forrajes*. 7 (3):381-393, 1984.
- CASTILLO, E.; RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; CRESPO, G.; GALINDO, JUANA; CHONGO, BERTHA *et al.* Diferentes opciones de producción de carne durante el crecimiento ceba con pastoreo con *Leucaena leucocephala* en Cuba. *VI Seminario Internacional Sistemas Agropecuarios Sostenibles*. Cali, Colombia, 1999.
- CASTILLO, E.; RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; CRESPO, G.; GALINDO, JUANA; CHONGO, BERTA *et al.* Efecto de la suplementación con caña/urea en machos bovinos que pastan en áreas de pastos naturales asociados totalmente con leucaena. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 234-235, 1998.
- CHAO, LAURA; VALDÉS, L. R. & DUQUESNE, P. Uso de las leguminosas o suplementación para la producción de carne. II. Ciclo de evaluación. *Pastos y Forrajes*. 5 (2): 223-234, 1982.
- DELGADO, H. & RAMÍREZ, L. Árboles y arbustos forrajeros como alternativa alimenticia para la ganadería bovina y su impacto sobre la productividad animal. En: C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury y E. Soto-Belloso, eds. *Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito*. Maracaibo, Venezuela: Fundación Girarz, Ediciones Astro Data S.A. p. 385-397, 2008.
- DÍAZ, A.; CASTILLO, E.; MARTÍN, P. C. & HERNÁNDEZ, J. L. Ceba de toros mestizos lecheros, en silvopastoreo con leucaena, acceso a banco de biomasa y suplemento activador del rumen. *Rev. cubana Cienc. agric.* 43:235-238, 2009.
- DÍAZ, C. A. *Producción de carne bovina en pastoreo con gramíneas y leguminosas*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas: Instituto de Ciencia Animal, 2009.
- ELÍAS, A.; CASTELLÓN, M. & HERRERA, F. Algunos conceptos sobre el manejo y la suplementación de bovinos de carne en pastoreo. *Memorias del V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 1225-1228, 2015.
- FUNDORA, O.; MARTÍN, P. C.; VERA, ANA M. & HERNÁNDEZ, J. L. Comportamiento productivo, conducta alimentaria y composición de las canales de machos cebú en la etapa de ceba, alimentados con caña de azúcar y concentrados mezclados o no. *Rev. cubana. Cienc. agric.* 41:31-34, 2007.
- GALLO, C.; APAOBLAZA, A.; PULIDO, R. G. & JEREZ-TIMAURE, N. Efectos de una suplementación energética en base a maíz roleado sobre las características de calidad de la canal y la incidencia de corte oscuro en novillos. *Arch. Med. Vet.* 45:237-245, 2013.
- HERNÁNDEZ, C. A.; ALFONSO, A. & DUQUESNE, P. Banco de proteína de *Neonotonia wightii* y *Macroptilium atropurpureum* como complemento al pasto natural en la ceba de bovinos. *Pastos y Forrajes*. 11 (1):74-81, 1988.

- HERNÁNDEZ, C. A.; ALFONSO, A. & DUQUESNE, P. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. I. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes*. 9 (1):79-88, 1986.
- HERNÁNDEZ, C. A.; ALFONSO, A. & DUQUESNE, P. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. II. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 10 (3):246-255, 1987.
- HERNÁNDEZ, D.; HERNÁNDEZ, I.; HERNÁNDEZ, C. A.; CARBALLO, MIRTA; CARNET, R.; MENDOZA, R. *et al.* Ceba de bovinos con *Andropogon gayanus* CIAT-621 complementado con un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* y *Neonotonia wightii* *Pastos y Forrajes*. 15 (2):153-163, 1992.
- HERNÁNDEZ, I. *Utilización de las leguminosas arbóreas Leucaena leucocephala, Albizia lebbek y Bauhinia purpurea en sistemas silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2000.
- IGLESIAS, J. M. *Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2003.
- IGLESIAS, J. M.; GARCÍA, L. & TORAL, ODALYS. Comportamiento productivo de diferentes genotipos bovinos en una finca comercial. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 38 (2):185-193, 2015.
- IGLESIAS, J. M.; GARCÍA, L. & TORAL, ODALYS. Comportamiento productivo de diferentes genotipos bovinos en una finca comercial. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes*. 37 (4):420-425, 2014.
- IGLESIAS, J. M.; SIMÓN, L.; HERNÁNDEZ, I.; CASTILLO, E.; RUÍZ, T. E.; VALDÉS, L. R. *et al.* Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En: Milagros de la C. Milera, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 548-558, 2011.
- IGLESIAS, J. M.; SIMÓN, L.; LAMELA, L.; HERNÁNDEZ, D.; HERNÁNDEZ, I.; MILERA, MILAGROS *et al.* Sistemas agroforestales en Cuba: algunos aspectos de la producción animal. *Pastos y Forrajes*. 29 (3):217-235, 2006.
- IRAOLA, J. *Rediseño y manejo de un arreglo silvopastoril para mejorar la capacidad de carga biológica con ganado de engorde*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2013.
- MARTÍNEZ, YORDANKA; CHONGO, BERTHA; PIZARRO, L. & CASTILLO, E. Una nota acerca de las concentraciones de hormonas tiroideas de toros de ceba que consumieron *Leucaena leucocephala*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 35:379-381, 2001.
- MONTEJO, I. L.; LAMELA, L.; SÁNCHEZ, TANIA & LÓPEZ, O. Nota técnica: Producción de leche con ensilaje de hollejo de cítrico. *Pastos y Forrajes*. 31 (2):179-186, 2008.
- OJEDA, F.; PINO, BÁRBARA N.; LAMELA, L. & MONTEJO, I. L. Efecto de la suplementación proteínica en la respuesta productiva de toros alimentados con dietas mixtas basadas en hollejo de cítrico. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):333-342, 2010.
- PEREIRA, E. & BATISTA, J. Estudio del efecto de la carga y la especie de pasto sobre el comportamiento de toros en pastoreo. III. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 14 (3):243-251, 1991.
- PINO, BÁRBARA N. *Estudio de la utilización del hollejo de cítrico para la ceba de toros en la Empresa Cítrica Victoria de Girón*. Tesis en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2008.
- RODRÍGUEZ, D.; MARTÍN, P. C.; ALFONSO, F.; ENRÍQUEZ, ANA V. & SARDUY, LUCÍA. Efecto de la inclusión de *Penisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein alimentados con forraje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* sp.). *Rev. cubana. Cienc. agric.* 43:29-32, 2009a.
- RODRÍGUEZ, D.; MARTÍN, P. C.; ALFONSO, F.; ENRÍQUEZ, ANA V. & SARDUY, LUCÍA. Forraje de caña de azúcar como dieta completa o semicompleta en el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein x Cebú. *Rev. cubana. Cienc. agric.* 43:231-234, 2009b.
- RODRÍGUEZ, D.; TUERO, O. & SARDUY, LUCÍA. Fuentes de materias primas en el concentrado para evaluar el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein alimentados con forraje de caña de azúcar. *Rev. cubana. Cienc. agric.* 47:19-21, 2013.
- RUIZ, T. E.; FEBLES, G.; CASTILLO, E.; DÍAZ, L. E.; BERNAL, G. & PUENTE, R. Utilización de leguminosas rastrojeras para la ceba bovina en sistemas de bancos de proteínas con libre acceso. Comportamiento del pastizal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 25:93-99, 1991.
- RUIZ, T. E. & FEBLES, G. Comportamiento de pastizales de leguminosas durante el período seco en Cuba. En: T. Clavero, ed. *Estrategias de alimentación para la ganadería tropical*. Maracaibo, Venezuela: Centro de Transferencia de Tecnologías en Pastos y Forrajes, Universidad del Zulia. p. 73-83, 1998.

- SÁNCHEZ-SANTANA, TANIA; ESPERANCE-CASTAÑEDA, Y.; LAMELA-LÓPEZ, L.; LÓPEZ-VIGO, O. & BENÍTEZ-ALVAREZ, M. Efecto de la suplementación con un preparado de maíz y afrecho de trigo enriquecido con torula, en la ceba de toros en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 39 (4):265-270, 2016.
- SIMEONE, A. & BERETTA, VIRGINIA. Uso de la suplementación y el confinamiento como herramientas para enfrentar épocas de déficit forrajero en sistemas ganaderos pastoriles de América Latina. *Memorias del IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical y XXIII Reunión de la ALPA*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 1655-1659, 2013.
- SIMÓN, L.; HERNÁNDEZ, KIRENIA & LÓPEZ, O. Nota técnica: Comportamiento productivo de machos Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 32 (2):189-195, 2009.
- SIMÓN, L.; UGARTE, J.; GONZÁLEZ, I.; GUTIÉRREZ, A. & IGLESIAS, J. M. Crianza del bovino joven en pastoreo. *Resúmenes Taller Internacional "Papel de los pastos y forrajes en la ganadería de bajos insumos"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 26, 1993.
- VALDÉS, G.; DÍAZ, T. & AYALA, J. R. Experiencia práctica en la producción de carne. *ACPA*. 1:50-54, 1998.
- VALDÉS, G.; ELÍAS, A. & CASTILLO, F. Una nota sobre la suplementación de saccharina rústica en la ceba de machos bovinos en pastoreo. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 28:285-288, 1994.
- VALDÉS, G.; MOLINA, A. & CASTILLO, F. Estudio del manejo de diferentes categorías de ceba en la producción de carne bovina y la estabilidad del pastizal. I. Indicadores del comportamiento animal y económico. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 30:277-282, 1996.
- VALDÉS, G. & SENRA, A. Producción de carne bovina bajo condiciones de pastoreo en Cuba. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 33:1-12, 1999.
- VALDÉS, L. R.; ALFONSO, A. & DUQUESNE, P. Uso de las leguminosas o suplementación para la producción de carne. III. Ciclo de evaluación. *Pastos y Forrajes*. 7 (1):111-120, 1984.
- VALDÉS, L. R.; MONTOYA, M.; CHAO, LAURA & DUQUESNE, P. Evaluación comparativa de tres gramíneas en pastoreo para la producción de carne. I. 3, 5 y 7,5 animales/ha. *Pastos y Forrajes*. 3 (3):463-479, 1980.

CAPÍTULO 20. Sistemas de alimentación para pequeños rumiantes en base a pastos y forrajes

Javier Arece-García¹, Carlos Mazorra-Calero², Ángela Borroto-Pérez³, Exequiel León-Álvarez⁴, Norge Fonseca-Fuentes⁵ y Yoel López-Leyva¹ y Andrés Alpizar-Naranjo⁶
¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba
²Centro de Investigación en Bioalimentos, Ciego de Ávila, Cuba
³Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba
⁴Universidad de Granma, Granma, Cuba
⁵Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Granma, Cuba
⁶Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

Introducción

La explotación ovino-caprina en el trópico centra sus sistemas de producción en el empleo de los recursos forrajeros, de los cuales se aprovechan las potencialidades del crecimiento y composición florística de los pastizales. Estos animales hacen un aprovechamiento eficiente de los pastos tropicales, que por lo general se caracterizan por poseer bajos niveles de proteína bruta. En este contexto, los animales no logran satisfacer sus necesidades nutricionales, por lo que el aprovechamiento íntegro de los recursos forrajeros es una de las estrategias de mayor importancia para el éxito de las explotaciones de estas especies.

Bajo este enfoque se debe prestar especial interés al aprovechamiento de las bondades de los árboles y arbustos, así como la utilización de leguminosas rastreras y gramíneas mejoradas, que pueden ser complementados con el uso de los recursos locales (subproductos agroindustriales) como una alternativa viable para la ganadería.

El objetivo del presente capítulo es presentar algunas consideraciones de los sistemas de producción de ovinos y caprinos sobre la base de la utilización de los recursos forrajeros tropicales.

Empleo de sistemas con pastos naturalizados y mejorados

Los pastos naturales o naturalizados se caracterizan por poseer bajos rendimientos y escasa calidad. Sin embargo, en ocasiones constituyen la única alternativa para la producción de pequeños rumiantes, sobre todo en las épocas de sequías prolongadas.

A comienzos de la década de los 90, en Cuba los pastos mejorados cubrían alrededor del 20-30 % de las áreas de pastoreo en la ganadería vacuna, cifra que en la actualidad ha disminuido un 50 %. Los cambios ocurridos en el sector a partir de 1990, como producto de las limitaciones económicas, la introducción de nuevas tecnologías, la carencia de insumos para el suelo y el animal, entre otros factores, han cambiado el paisaje existente (López, 2004).

En la actualidad grandes extensiones de las áreas dedicadas a la ganadería están cubiertas por aroma-marabú, que en su momento llegó a ser de un 46 % de las tierras dedicadas a la ganadería (Muñoz *et al.*, 2004). Los pastos mejorados se han deprimido en calidad y cantidad y han aumentado las áreas de especies menos deseadas (Paretas *et al.*, 1996).

Los sistemas de producción animal sobre la base de este recurso forrajero por lo general fracasan si no se conciben estrategias para su desarrollo, ya que escasamente logran rendimientos de 4-8 t MS/ha/año. Estos pastos no logran satisfacer los requerimientos nutritivos de los animales en pastoreo, por lo que es necesario la suplementación con otras fuentes proteico-energéticas, como el empleo de follaje de plantas arbóreas, harinas de estas plantas, concentrados, entre otros.

En un trabajo desarrollado en la región oriental de Cuba por León *et al.* (2003), en el cual se combinó el empleo de los pastos naturales (complejo *Dichantium-Bothriochloa*) con la suplementación adicional de diferentes niveles de forraje de *Leucaena leucocephala*, los animales mostraron una respuesta positiva en cuanto a la dinámica de crecimiento, los indicadores hematólogicos del metabolismo energético y proteico, la condición corporal.

Otro estudio muy similar al anterior fue realizado por López (2004), quien obtuvo producciones de leche superiores a los 0,90 kg en ovejas Pelibuey, con la adición de follaje de leucaena y miel urea al 2 %.

Durante 4 años se realizó un experimento en la isla Martinica con ovejas lactantes, donde se evaluó *Cynodon nlemfuensis* en sustitución de *Digitaria decumbens* debido a los problemas fitopatológicos que existen dentro de ciertas zonas húmedas. Los trabajos llevados a cabo sobre pequeñas parcelas de corte con diferentes gramíneas (tabla 1), han demostrado la respuesta superior de *C. nlemfuensis*, que parece bien adaptado y más productivo (Artus-Poliakoff *et al.*, 1991).

El comportamiento de la reproducción de las ovinas no varió entre los dos tipos de forraje; sin embargo, la producción de leche (PL) disminuyó ($p < 0,01$) en 18 % y la mortalidad predes-tete se triplicó ($p < 0,01$) con *C. nlemfuensis* en relación con *D. decumbens*.

La razón de este comportamiento se debe a que *C. nlemfuensis* posee una biomasa considerable, pero presenta una alta proporción de tallos. Estas condiciones traen consigo una mala explotación por los animales (número de golpes de dientes más pequeño y tasa de rechazo más elevada que en *D. decumbens*) (tabla 2).

Tabla 1. Rendimiento y valor alimenticio de algunas gramíneas tropicales en ensayos de corte

Indicador	<i>Digitaria decumbens</i>	<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>Megathyrsus maximus</i>
Producción de biomasa				
Biomasa (t)	33,3	30,4	22,7	35,9
Materia seca (%)	21,3	22,0	30,8	23,7
Valor alimenticio				
UFL	0,65	0,74	0,69	0,59
PDIN (g/kg MS)	74	70	77	72

UFL- Unidad forrajera leche, PDIN- Proteína digestible en intestino

Tabla 2. Uso comparativo de *D. decumbens* y *C. nlemfuensis* con ovejas Martinik

Indicador	<i>D. decumbens</i>	<i>C. nlemfuensis</i>
Hojas en la oferta (g de MS/kg PV ^{0,75} /día)	295 ^b	355 ^a
Tallos en la oferta (g de MS/kg PV ^{0,75} /día)	820 ^b	1 360 ^a
Rechazo de hojas (% oferta)	27 ^b	55 ^a
Rechazo de tallos (% oferta)	123 ^a	96 ^b
Tiempo de pastoreo (% total tiempo)	64	63
Tiempo de rumiación (% total tiempo)	16	16
Tasa de bocado (bocados/min)	31 ^a	26 ^b

Los valores dentro de una misma fila con letras distintas son diferentes significativamente ($p < 0,01$)

Por otra parte, el crecimiento de los corderos bajo la madre fue significativamente más lento ($p < 0,01$) sobre el pasto *C. nlemfuensis*, ya que la ganancia media diaria (GMD) de 30 a 70 días fue de 120 g/día; mientras que, en *D. decumbens* fue de 137 g/día.

El análisis estadístico muestra que después de la corrección por la estación, el peso al nacimiento, la parición y la producción de leche de la madre, queda un efecto desfavorable debido a la naturaleza de *C. nlemfuensis*, lo que sugiere un mayor parasitismo. La cobertura vegetal más alta de *C. nlemfuensis* es favorable al desarrollo y/o a la sobrevivencia de los estrongílidos gastrointestinales en comparación con *D. decumbens* (Aumont *et al.*, 1997).

En los estudios realizados con carneros en las épocas de lluvia y seca, con los pastos guinea, pangola y rhodes gigante, y una carga de 10 animales/ha, la ganancia diaria de PV fue de 85,7 g/animal/día. En la época de seca las menores ganancias (38,2 g/animal/día) se obtuvieron cuando consumieron rhodes, y con brachiaria⁵ y pangola las ganancias fueron de 65,9 y 73,0 g/animal/día, respectivamente. Los mejores resultados se obtuvieron con la guinea común y likoni (88,1 y 102,3 g/animal/día), según lo indicado por Thompson (1983).

Tomando como base el consumo de nutrientes, en particular de proteína bruta digestible (PBD) y la energía metabolizable (EM), realizado por los ovinos en pruebas de valor nutritivo, sobresalieron las variedades CRA-256, Taiwán A-114 y A-148 (*Pennisetum purpureum*⁶); guinea cv Likoni, SIH-127 y común de Australia (*Megathyrsus maximus*⁷); bermuda cruzada-1, 67 y 68 (*Cynodon dactylon*); Tocumen y Jamaicano (*C. nlemfuensis*), *Brachiaria decumbens* cv, Basilisk; pasto estrella (Cáceres *et al.*, 1996).

Factores que intervienen en la productividad del sistema

Sistema de pastoreo

Se condujo un sistema de pastoreo con “líderes y seguidores” (383 cabritos) sobre la durante 2 años, en comparación con el sistema testigo donde los animales no se separaron (Alexandre, 1991).

Los resultados mostraron un efecto beneficioso del pasto en los animales destetados (tabla 3). Durante la primera fase de crecimiento (4-6 meses) estos alcanzaron un kilogramo más que sus homólogos del lote testigo: 11,8 vs 10,5 kg a los 185 días; sin embargo, al final de la ceba no se apreciaron diferencias entre los tratamientos.

A la salida de los animales se observó una alta tasa de rechazo: 17 % para las hojas y 100 % para los tallos. Además, la altura de la hierba residual fue aún más elevada, ya que alcanzó 18 cm como promedio (valor corregido por el sistema de pastoreo, el año y la estación).

El sistema de líderes y continuadores benefició a los cabritos destetados, ya que tuvieron a su disposición una mejor proporción de hojas; además, es posible que hayan tenido una infestación parasitaria menos masiva que aquellos que se mantuvieron sobre la misma parcela. Sin embargo, este sistema de pastoreo conducido intensivamente con los cabritos en crecimiento, al transcurrir 2 meses trajo como consecuencia una acumulación de material muerto, la degradación de la estructura de la pradera y la disminución del valor del pasto.

Todos estos factores pueden generar problemas de consumo en el pastoreo, aumento del parasitismo y una reducción del crecimiento de los animales.

Edad de rebrote

Durante un año se realizó un estudio (Alexandre *et al.*, 1997) con 84 cabras en lactancia para comparar el efecto de la edad de rebrote en la estructura de la pradera, en el que se emplearon dos edades (21 y 35 días). Después de 21 días de rebrote, en la pangola la producción de estolones aumentó; mientras que las hojas se estabilizaron, lo cual coincidió con lo obtenido por Cruz *et al.* (1989). No hubo un efecto significativo en la producción forrajera por día de rebrote (140 g de MS/día), en la relación hoja-tallo (65-70 %) ni en la producción de leche de las madres (900-1 050 g/día) (tabla 4).

⁵ Al género *Brachiaria* actualmente se le denomina *Urochloa*. Gantner, A.R. Poaceae I. Parte general y Panicoideae. Fascículo 17-A. En: Flora de la República de Cuba. Tomo I Texto. Ruggell: 44-58. 2012.

⁶ A la especie *Pennisetum purpureum* actualmente se le denomina *Cenchrus purpureus* (Schumach.).

⁷ A la especie *Panicum maximum* actualmente se le denomina *Megathyrsus maximus*. Para mejor comprensión en el texto se le denominará por el nombre conocido.

Tabla 3. Efecto del modo de pastoreo a base de pangola en el crecimiento de cabritos criollos en Guadalupe

Edad de cabritos (días)	Sistema “líderes y seguidores”	Testigo
Peso vivo (kg) entre el destete y 6 meses *		
112	8,50	8,50
140	9,75	9,45
168	11,00 ^a	9,90 ^b
182	11,80 ^a	10,50 ^b
Peso vivo (kg) entre 6 y 8 meses **		
182	11,35	11,35
196	12,15	12,00
210	12,55	12,65
234	13,25	13,05

Los valores dentro de una misma fila seguidos de letras distintas son diferentes significativamente ($p < 0,01$)

Tomando en cuenta la superficie de las parcelas, la biomasa y la composición morfológica del forraje, no se encontró diferencia entre los sistemas, pero la disponibilidad total fue de 2,30 a 2,42 kg de MS total/cabra/día y la cantidad de hojas disponibles de 0,98 a 1,02 kg de MS hojas/cabra/día.

Por otro lado, se obtuvo una cantidad importante de biomasa residual a la salida de la parcela (hasta 3 000 kg de MS/ha) con una alta proporción de tallos (63 %).

En el sistema de 21 días de edad de rebrote las ganancias de peso diaria de las cabras, ajustadas por su peso al nacimiento y la producción de leche de sus madres, fueron menores ($p < 0,01$) que dentro del sistema de 35 días: 75 vs 84 g/día (tabla 4).

Esto evidencia un efecto directo del sistema de 21 días en el crecimiento, independientemente de la producción de leche de las madres, lo cual sugiere un efecto negativo del parasitismo gastrointestinal de los cabritos bajo la madre.

Estos resultados están en correspondencia con lo indicado por Aumont *et al.* (1991), quienes aseguran que la explotación de un pasto a una edad de rebrote inferior a 28 días aumenta el riesgo de infestación parasitaria.

Tabla 4. Efecto de la edad de rebrote de la pangola explotada por cabras criollas lactantes

Indicador	21 días		35 días	
	Estación seca	Estación húmeda	Estación seca	Estación húmeda
Características del pasto				
Biomasa forrajera (kg de MS/ha)	2 380 ^c	3 504 ^b	3 570 ^b	6 195 ^a
Biomasa de hojas (kg de MS/ha)	828 ^c	1 571 ^b	1 547 ^b	2 432 ^a
Relación hoja/tallo (%)	67,5	64,8	78,8	65,4
Forraje disponible (kg de MS/día/cabra)	1,960 ^b	2,886 ^a	1,878 ^b	2,733 ^a
Disponibilidad en hojas (kg de MS/día/cabra)	0,681 ^b	1,294 ^a	0,773 ^b	1,278 ^a
Producción lechera (PL)				
PL media (g/día)	878 ^b	1 007 ^a	998 ^b	1059 ^a
PL* 10-30 (g/día)	934 ^b	1 113 ^a	1 042 ^b	1157 ^a
Comportamiento del crecimiento				
PV al nacimiento (kg)	1,68	1,85	1,65	1,81
GD 10-30** (g/día)	72 ^b	73 ^b	80 ^a	87 ^a
GD 30-70** (g/día)	71 ^b	75 ^b	89 ^a	91 ^a

* PL 10-30: Producción lechera de 10 a 30 días

** GD 10-30 y GD 30-70: Ganancia diaria de 10 a 30 y de 30 a 70 días

Los valores dentro del mismo rango seguidos de letras distintas son diferentes significativamente $p < 0,05$

Dentro de los sistemas rotativos basados en una carga animal anual fija, la disponibilidad de forraje es compensada por la superficie de las parcelas y por la carga instantánea. Las altas tasas de biomasa residual a la salida de los animales pueden inducir a una degradación de la cubierta vegetal. En todos los casos el problema del parasitismo gastrointestinal debe ser resuelto para las cabras reproductoras y los pequeños bajo la madre. Esta es una de las razones por las cuales el sistema rotativo de 21 días de crecimiento del forraje no es aconsejable en la continuación de los trabajos.

Carga animal

Incrementar la carga animal es uno de los medios de explotar la biomasa disponible y reducir el rechazo a la salida de las parcelas. En estudios realizados por Alexandre y Mahieu (1989) se compararon dos cargas durante 2 años, con 216 cabras lactantes sobre una pradera de pangola de 35 días de crecimiento del forraje. Las cargas medias anuales fueron de 70 hembras/ha para el nivel alto y 54 hembras/ha para el nivel medio con 2 000 vs 1 400 kg de PV/ha/año, respectivamente.

Los rendimientos de las madres y de los pequeños fueron similares en los dos lotes: fertilidad de 90 %, prolificidad de 2,13 y ganancia de peso predestete de 80 g/día. Sin embargo, la mortalidad predestete fue más elevada ($p < 0,05$) en el lote de nivel alto que en el lote de nivel medio: 10,5 vs 7,0 % (tabla 5). La alta mortalidad en el sistema intensivo podría estar ligada a los problemas sanitarios más frecuentemente observados: numerosos casos de estrombiloidosis, coccidiosis, diarreas y edemas. Estos problemas podrían agravarse a mediano plazo, debido a los fuertes riesgos de infestación parasitaria dentro de los sistemas con altas cargas (Aumont *et al.*, 1991).

Tabla 5. Efecto de la carga animal en un rebaño de cabras criollas lactantes que pastorean pangola a 35 días de rebrote

Lote	Carga alta	Carga media
Carga animal (cabras/ha/año)	70	54
Carga animal (kg PV/ha/año)	1 980	1 390
Número de animales	122	94
Comportamiento reproductivo		
Fertilidad (%)	89	91
Prolificidad (crías/camada)	2,12	2,15
Mortalidad predestete (%)	10,5 ^a	7,0 ^b
Comportamiento del crecimiento		
Peso al nacimiento (kg)	1,7	1,8
GD predestete (g/día)	78	82

Los valores dentro de un mismo rango seguidos de letras distintas son diferentes significativamente, $p < 0,05$

En la zona tropical se han reportado pocos sistemas de pastoreo intensivo, con cargas que varían de 37 a 120 cabras/ha, pero para animales de peso vivo diferente (25-50 kg) (Devendra y Burns, 1983).

La intensificación forrajera conduce a la producción de una considerable masa verde, la cual es difícil de manejar. Si no se respetan las normas óptimas, esto conduce a una mala utilización de las praderas y a una degradación de la estructura: la relación hoja-tallo es muy baja y a la salida de los animales se queda sin utilizar el 100 % de los tallos, los cuales se van acumulando a través del tiempo. Por otra parte, los problemas de parasitismo se agudizan por lo que se debe considerar la optimización de sistemas de control parasitario mediante sistemas de tratamientos antiparasitarios selectivos (Soto-Barrientos *et al.*, 2018), el empleo del pastoreo mixto de pequeños rumiantes con bovinos (Alexandre *et al.*, 2010), entre otras.

Sistemas asociados gramínea-leguminosa

Leguminosas herbáceas

Las asociaciones de gramíneas-leguminosas han sido utilizadas en muchos países, debido a que con ellas se logran mayores rendimientos de forraje, en comparación con siembras en monocultivos no fertilizadas.

En general, las gramíneas disminuyen su valor nutritivo durante la época seca, mientras que las leguminosas mantienen un alto contenido de proteína total y minerales a través del año.

Según Aumont *et al.* (1995) los forrajes tropicales tienen un bajo contenido de nitrógeno (10 % PC) y energético (EM: 9 MJ/kg de MS).

Las especies de leguminosas poseen gran importancia en el ámbito agropecuario como mejoradoras de los sistemas agroproducidos: desde el punto de vista del suelo, propiedades físico-químicas; de la dieta animal, alto valor nutritivo; de sus altas fijaciones de N₂, reemplazadoras de fertilizantes inorgánicos; y mejoradoras del ambiente en general, utilizadas en asociaciones bimodales, bancos de proteína o multiasociaciones. Por ello, se hace imprescindible conocer la identidad de las especies de esta familia, de forma tal que sea posible una mejor comprensión de su adaptabilidad y potencialidad como plantas productoras de alimentos de consumo directo por el hombre o de forrajes y otras fuentes para los animales.

Las leguminosas poseen un valor nutritivo mucho más alto para la alimentación de los rumiantes que las gramíneas, como resultado de una mayor fermentación ruminal, un menor tiempo de retención y, por consiguiente, un mayor consumo (Ramírez-Restrepo y Barry, 2005).

En el empleo de estas especies en la producción ovina se han destacado el aprovechamiento de las coberturas naturales o mejoradas en las plantaciones de cítricos (Borroto *et al.*, 1995), cocoteros (Lanzagorta, 1989) y más recientemente en los sistemas de pedestales como banco de proteína (CENPALAB, 2001).

La asociación gramínea-leguminosa es interesante desde el punto de vista del valor alimenticio, como es el caso de *Stylosanthes guianensis* explotado bajo corte en la zona húmeda y en los suelos ácidos de Guadalupe (tabla 6) (Xandé *et al.*, 1989).

Tabla 6. Valor alimenticio de *S. guianensis*.

Indicador	Estación y edad de rebrote				Efecto de la estación	Efecto de la edad
	Seca		Lluvia			
	62 días	84 días	52 días	83 días		
MS (%)	27,5	27,0	26,6	23,4	NS	NS
CP (%)	14,6 ^a	12,8 ^a	9,0 ^b	10,5 ^b	p < 0,01	
ADF (%)	40,5 ^b	42,5 ^b	54,1 ^a	49,0 ^a	p < 0,01	
CUD MO (%)	62,3 ^a	59,1 ^a	56,1 ^b	56,4 ^b	p < 0,05	NS
UFL	0,71	0,62	0,57	0,60		
PDIN	94,6 ^a	82,7 ^a	56,0 ^c	72,5 ^b	p < 0,01	NS

Según Alexandre *et al.* (1989) su rendimiento fluctúa entre 2,4 y 4,0 t de MS/ha en la estación de sequía y de lluvia, respectivamente, y en Guadalupe se ha usado con mucho éxito en la alimentación de cabritos estabulados, así como también se ha estudiado en el reemplazo del alimento concentrado, distribuido *ad libitum* durante 2 meses posdestete, por una dieta constituida por *M. maximus* cv. Likoni A15 (36 %), concentrado (18 %) y *S. guianensis* (45 %) en cabritos criollos en engorde.

En esta investigación el período de ceba duró 180 días, con un peso vivo promedio de 18 kg para los machos y 16 kg para las hembras. El reemplazo del concentrado en la dieta en ambos sexos (tabla 7) por una alta proporción de leguminosa (40-50 % de la MS ingerida) permitió un aumento significativo (p < 0,001) de la GD de 46 % en los machos y de 42 % en las hembras.

Tabla 7. Reemplazo del alimento concentrado por *S. guianensis* en la alimentación posdestete de cabritos criollos criados en estabulación.

Indicador	Macho		Hembra	
	Total	%'	Total	%'
Consumo diario				
MS (g de MS/día)	646 ^a	40	538 ^b	48
PDIN (g/día)	58,4	51	53,1	56
Energía (UFL/día)	0,41	41	0,37	46
<i>Ganancia diaria (g/día)</i>				
Concentrado <i>ad libitum</i>	74 ^c ± 32		66 ^d ± 25	
45 % de <i>Stylosanthes</i>	108 ^a ± 15		94 ^b ± 19	

A diferencia de los ensayos realizados en estabulación, en los trabajos de pastoreo la asociación de leguminosas y gramíneas ha fracasado. Alexandre *et al.* (1989) estudiaron el comportamiento posdestete de cabritos criollos machos (n=639) durante 3 años en una pradera de *Digitaria decumbens* sola o en asociación (1/3 de la superficie) con *Macroptilium atropurpureum*. Esta asociación tuvo en cuenta las características de la gramínea (porte erecto) y las de la leguminosa voluble.

No se observó un mejoramiento de la ganancia de peso con respecto a la gramínea sola (tabla 8). Las parcelas de pangola-siratratro presentaron una mayor invasión de malas hierbas (Ciperáceas y *Stachytarpheta jamaicensis*) que las de pangola: 18 vs 5 % de la biomasa presente.

Estos problemas se explican por un mal manejo agronómico de los pastos (estrategias de fertilización y riego, mantenimiento de las parcelas, etc.). Además, la carga animal debió ser regulada según la estación y la naturaleza del forraje; el empleo de una carga alta, adaptada a la pangola y aplicada al siratratro, ha sido sin duda el origen de su baja perennidad (Partridge, 1979).

Los pastos de la asociación gramínea-leguminosa son difíciles de manejar, debido a la diferencia entre los dos tipos de forraje, a su corta durabilidad y también al período de adaptación que necesitan los animales en el pastoreo.

Tabla 8. Comportamiento posdestete de los cabritos criollos machos en praderas de *D. decumbens* sola o en asociación con *M. atropurpureum*.

Indicador	Pangola	Pangola-siratratro
Carga animal anual (kg PV/ha/año)	1 000-1 400	1 000-1 400
Presencia de mala hierba (%)	5,1 ^b	18,0 ^a
Ganancia 3-7* (g/d)	29,0 ^a	25,1 ^b
Ganancia 7-11* (g/d)	40,4	40,3
Ganancia 3-11* (g/d)	36,3	34,6

* GD 3-7, GD 7-11, GD 3-11: Ganancia diaria entre: 3 y 7; 7 y 11; y 3 y 11 meses

Los valores dentro de un mismo rango seguidos de letras distintas son diferentes significativamente (p < 0,01)

Las conclusiones generadas de las condiciones experimentales del corte indujeron al error. En realidad, estas no permiten integrar el impacto del animal sobre la pradera, ni describir la cantidad y la calidad de la ingestión (no de la oferta solamente).

Para mejorar el uso de los pastos tropicales parece muy importante efectuar los estudios en condiciones de pastoreo, tomar en cuenta la composición morfológica de los forrajes, determinar la materia seca útil para el animal y conocer cuál es realmente utilizada.

La productividad de los sistemas ganaderos puede ser mejorada con el aumento de la producción por unidad de superficie (para un mismo nivel de insumos en la producción forrajera). Por otra parte, la rentabilidad de los sistemas intensivos (para una misma carga) puede ser optimizada al reducir los insumos, mejorar la calidad del forraje ofrecido y disminuir el aporte de concentrado.

Tecnología de los pedestales

Los pedestales son un sistema de asociación de leguminosas rastreras y gramíneas mejoradas, con tutores que permitan proteger las leguminosas del pastoreo de los animales. Mediante este método se han obtenido grandes producciones de biomasa, lo cual posibilita el empleo de altas cargas, por lo que los rendimientos por unidad de superficie se multiplican.

Los sistemas de pedestales para ovinos muestran la potencialidad real para su implementación, en lo que se destacan las altas cargas y los rendimientos del sistema. A continuación, se presentan los indicadores de manejo del sistema:

- Mantener hasta 70 reproductoras/ha
- Obtener 1,5 partos/año y 1,3 crías/parto
- Mantener hasta 100 corderos de ceba/ha de diferente tamaño
- Peso sacrificio: 30-32 kg de peso vivo a los 7-8 meses de edad
- Carga instantánea: más de 250 UGM/ha
- Carga global: 7 UGM/ha
- Rendimiento mínimo de los pastos (MV) cada 35-49 días
 - Glicinia: 2,8 kg/m²
 - Bermuda + guinea: 5 kg/m²
 - Disponibilidad diaria de MV/oveja
 - Glicinia: 3,60 kg
 - Bermuda + guinea: 4,30 kg
 - Total: 7,90 kg

Diseño constructivo

Los pedestales tienen dos funciones fundamentales: servir de soportes a las plantas de leguminosas, preservándolas de los animales y permitiendo su explotación continua; y definir las franjas donde se realizará el pastoreo rotacional de los animales.

La estructura constructiva de los pedestales brinda otra ventaja adicional. Por cada metro cuadrado de suelo que se siembra de leguminosa dentro del pedestal, existen 2,60 m² de frente de comedero para los pedestales de ovinos. Esta combinación permite incrementar los rendimientos por área de la leguminosa y aprovechar mucho más el riego. Los soportes se utilizan en los carriles de siembra para la leguminosa y deben tener la estructura que se presenta en la figura 1. Se pueden elaborar dos tipos de soporte (A y B): los soportes del tipo A se ubican en los extremos y sirven como postes madres para el tensado de los alambres y la malla; los soportes del tipo B se emplean para el tensado de la malla, evitando que esta se ondule en el centro. Para obtener un mejor anclaje de los soportes tipo A en la cabecera del cuartón se utiliza un tensor en dirección opuesta a este. Los soportes, por lo general, se construyen de acero; sin embargo, existen modificaciones que utilizan tutores vivos (árboles de leucaena), lo cual propicia una mejor integración en el sistema entre las gramíneas y las dos especies de leguminosas, con la consecuente mayor fijación de nitrógeno en el suelo (Verdecia y Falcó, 2005).

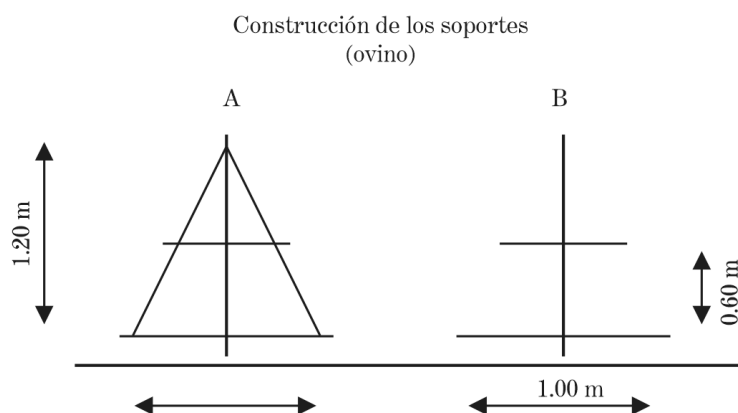


Figura 1. Estructura de los soportes. Adaptado de CENPALAB (2001).

Los soportes se ubican en el potrero como se muestra en la figura 2 y para proteger la leguminosa se emplea malla y alambres a lo largo de las estructuras metálicas.

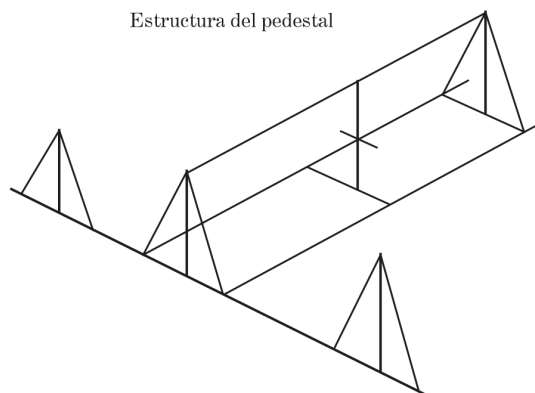


Figura 2. Representación de la estructura de los pedestales en el área.

Productividad del sistema

El sistema tiene una productividad alta, ya que permite cebar 300 corderos al año, llevándolos de 15 a 32-35 kg de peso vivo en 120 días, lo que representa una producción de 5,1-6,0 t de ovejos en pie al año. También se ha empleado exitosamente en la producción de leche bovina con una productividad por vaca superior a los 10 kg/vaca/día (CENPALAB, 2001).

Empleo de árboles y arbustos en el sistema

Utilización de especies forrajeras arbóreas en pastoreo

La agroforestería es un nuevo paradigma científico que ha logrado llenar el vacío creado por la separación entre la agricultura y la ganadería. Los sistemas silvopastoriles son, en ciertas condiciones, una forma exitosa de uso de la tierra, porque proveen mayores beneficios que en los casos de la agricultura y la ganadería aisladas. Los objetivos y potencialidades van más allá del incremento en la producción por unidad de superficie, pues se imbrican con ciertos beneficios ambientales que hoy en día requieren de mayor atención.

Uno de los árboles forrajeros más ampliamente promovido e intensamente estudiado desde finales de los años setenta y década de los 80 ha sido la leucaena, la cual se consideró el “árbol milagro” del trópico, además de ser el tema de varios libros y revistas, talleres nacionales e internacionales, así como contar con una amplia bibliografía (La O, 2001).

La leucaena posee características nutritivas (figura 3) y una adaptabilidad a diferentes zonas edafoclimáticas que la sitúan entre la de mayor versatilidad para el empleo en los sistemas agrosilvo-pastoriles (Cáceres y González, 1998).

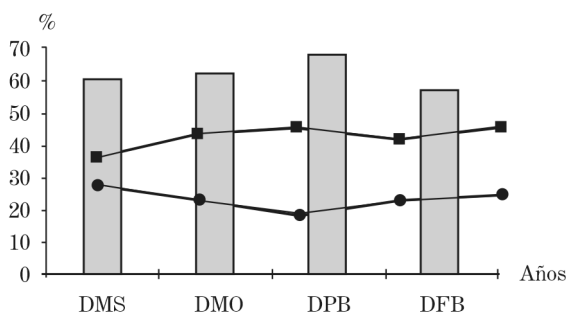


Figura 3. Digestibilidad aparente de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína bruta (DPB) y fibra bruta (DFB) de *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Empleo para corte y acarreo como forraje

(Ibrahim *et al.*, 1988), al realizar pruebas con varias especies de leguminosas arbustivas (*L. leucocephala*, *Calliandra calothyrsus*, *Albizia falcatoria* y *Gliricidia sepium*) ofrecidas a ovejas en pastoreo, encontraron la mayor preferencia por leucaena seguida de albizia, calliandra y gliricidia, que ofrecidas como único alimento garantizaron un consumo de materia seca de 2,74, 1,61 y 1,67 % de peso corporal de los animales, respectivamente.

Por otra parte, Adejumo y Ademosun (1991) realizaron estudios acerca del comportamiento de ovinos y caprinos alimentados con diferentes proporciones de leucaena. Se apreció que la digestibilidad de los nutrientes fue favorecida por la adición de la leguminosa, al igual que el crecimiento de los ovinos (53,4 g/día vs 28,4); sin embargo, estos autores concluyeron que solo hay que controlar que el follaje de leucaena no sobrepase el 60 % de la dieta o que los animales consuman menos de 1 g de mimosina/kg^{0,75}.

En estudios desarrollados en Venezuela con la utilización de follaje de *G. sepium* se han obtenido resultados positivos en animales en fase de desarrollo-ceba y en reproductoras (tabla 9) (Combellas, 1997).

Tabla 9. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos alimentados con *G. sepium*

Ovinos en crecimiento	<i>G. sepium</i>	
	Seca	Fresca
Consumo, g/d		
Gliricidia	252	224
Heno	185	186
Concentrado	250	250
Ganancia de peso, g/d	90	91
Conversión alimenticia, kg alimento/kg ganancia	7,6	7,3
Reproductoras	1 ^{er} parto	2 ^{do} parto
Ganancia de peso (parto-destete), g/d	27	8

Ovinos en crecimiento	<i>G. sepium</i>	
	Seca	Fresca
Porcentaje de partos		
Simples	65	60
Dobles	35	40
Peso al nacer de las crías, kg	3,4	3,2

* Animales en crecimiento alimentados con heno, concentrado y follaje de *G. sepium* seco o fresco

** Reproductoras alimentadas con pasto estrella y *G. sepium*

Los ovinos y caprinos, por sus particularidades en cuanto al sistema de alimentación, son excelentes ramoneadores; estas habilidades son más marcadas en las cabras que en las ovejas. Entre las especies de árboles y arbustos preferidos por estos animales se encuentran: *Morus alba*, *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbbeck*.

Existen diferencias en cuanto a la aceptabilidad de estas especies por los animales y esto está dado, en gran medida, por la composición fotoquímica de estos árboles y arbustos (Morand-Fehr, 2005). En un estudio desarrollado por Combellas (1998) se encontró preferencia de los ovinos por *G. sepium* sobre el pasto estrella, situación que propició que se agotara primero la leguminosa y fuese necesario eliminar el exceso de material vegetativo de la gramínea que quedaba en el potrero.

Por otro lado, se obtuvo lo contrario al ser introducidos en áreas de leucaena, donde los ovinos mostraron una preferencia por el pasto estrella y comenzaron a consumir la leguminosa cuando era muy baja la disponibilidad de la gramínea.

La utilización de estos recursos forrajeros en los sistemas de producción de ovinos ha mostrado excelentes resultados, tanto en sistemas de corte y acarreo como en sistemas de pastoreo.

Los sistemas de corte y acarreo han ofrecido sus mejores resultados con el empleo de la morera. González *et al.* (2003) al realizar investigaciones con cabritas en crecimiento, obtuvieron que el nivel de inclusión de follaje de morera al 1,5% del peso vivo mejoró la eficiencia de utilización de los nutrientes, además de que se optimizó el papel de la gramínea (*M. maximus*) dentro de la dieta y de los animales (figura 4).

En otro estudio se obtuvo, en esta misma categoría, una ganancia de peso superior (54 %) en el grupo al que se le sustituyó el forraje tradicional (gramíneas) por morera (Hernández, Carballo y Reyes, 2003). Estos mismos autores lograron estabilizar la producción de leche a 2, 3 L después de sustituir el follaje de esta planta por el 50 % del concentrado que recibían el resto de los animales.

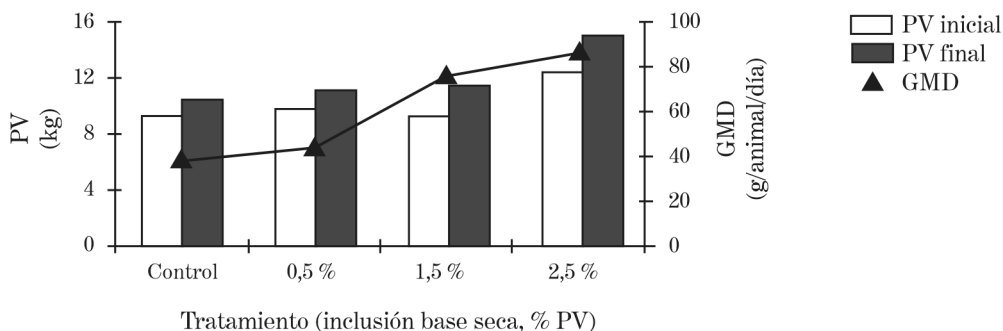


Figura 4. Relación entre el nivel de oferta de morera y la ganancia media diaria.

Por otra parte, se han obtenido excelentes resultados en la utilización de la morera en ovinos. Vargas *et al.* (2000), al emplear dos niveles de inclusión de follaje de morera, obtuvieron que la ganancia media diaria prácticamente se duplicó al emplear un nivel de 1,8% del PV de follaje de esta planta (tabla 10).

Tabla 10. Comportamiento productivo de ovinos con diferentes niveles de inclusión de forraje de morera

Indicador	Grupo 1 [®]	Grupo 2 [®]
Peso inicial, kg	19,27	19,13
Peso final, kg	20,35	21,25
Aumento de peso, kg	1,07	2,11
Consumo, kg MS/día	0,61	0,76
Ganancia media diaria, g/animal/día	67	132
Conversión alimentaria, kg MS/kg aumento	9,02	5,82

[®] Morera (1,24 % del peso vivo)+ follaje de CT-115 [®] Morera (1,80 % del peso vivo)+ follaje de CT-114

En otro estudio desarrollado en Cuba en ovinos Pelibuey se evaluó la respuesta productiva de estos animales en de estabulación mediante la sustitución de concentrado comercial por forraje de morera (*M. alba*) por un período de 126 días. Se alimentaron con una dieta base de *Pennisetum purpureum* (clon OM-22 y CT-169), guinea (*M. maximus* cv. Likoni) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y suplementación de: 1) morera al 1 % del PV en base seca (M-1), 2) morera al 0,75% + 0,1 kg de concentrado base fresca (M-0,75), 3) morera al 0,50% + 0,2 kg de concentrado (M-0,50) y 4) solo concentrado 0,3 kg (control; M-0) (Alpízar-Naranjo, 2014; Alpízar-Naranjo *et al.*, 2017).

Se determinó la ganancia media diaria (GMD, g/d), el consumo de materia seca (CMS; kg de MS/día) y la tasa de conversión de alimento (TCA; CMS/GMD). La GMD se afectó ($p < 0,01$) por el régimen de suplementación (tabla 11). Se observó la GMD más baja ($71 \pm 6,4$ g/d) en los animales del grupo M-1, mientras que no se observaron diferencias entre los otros grupos experimentales (93, 91 y 97 g/ animal/día para M-0,75, M- 0,50 y M-0, respectivamente). Estos resultados fueron similares o superiores a los obtenidos por Ríos *et al.* (2005) e inferiores a los reportados por Vargas *et al.* (2002) de 132 g/animal/día en un estudio con ovejas de pelo y una inclusión de morera como suplemento a 1.8% de su peso vivo.

Por otro lado, se apreció que el consumo de materia seca fue mayor ($p < 0,01$) en los animales que recibieron solo concentrado como suplemento (937 g MS/animal), lo cual influyó significativamente en la TCA ($p < 0,01$) con valores de 11,9, 9,9, 10,5 y 9,7 kg de MS/kg ganancia de peso para M-1, M-0,75, M-0,50 y M-0, respectivamente.

Tabla 11. Consumo de los ingredientes de la ración (g de MS/animal/día) y ganancia media diaria (GMD, g/animal/día) en ovinos Pelibuey con dietas de diferentes niveles de forraje de morera después del destete.

Item	Tratamiento (dieta)					Efecto (p)
	M-1	M-0,75	M-0,50	M-0	ES	
Consumo						
Dieta base	460	510	538	557	9,8	<0,0001
Morera	294	226	153	0	4,7	<0,0001
Concentrado	0	90	181	290	1,4	<0,0001

Item	Tratamiento (dieta)					Efecto (p)
	M-1	M-0,75	M-0,50	M-0	ES	
Consumo total de la ración	844	916	962	937	13,4	<0,0001
Consumo de PC	90	99	105	99	1,3	0,0332
Consumo de energía	1,91	2,05	2,13	2,05	0,03	0,0410
Cambio de peso						
PV inicial, kg	20,7	20,5	20,8	20,7	0,80	0,9968
PV final, kg	29,6	32,2	32,3	32,9	1,12	0,1754
GMD	71	93	91	97	6,4	0,0124
TCA ^φ	11,9	9,9	10,5	9,7	0,01	0,0032
Las dietas experimentales o tratamientos consisten en el nivel de suplementación (o no) con forraje de morera en base al porcentaje de consumo según su peso vivo, i.e., M-1: morera al 1% (base MS) de los animales.						

^φ Tasa de conversión de alimento (TCA) = g de CMS necesario para producir g de GMD.

Las diferencias en PV al sacrificio y el rendimiento de la canal caliente o fría fueron coherentes con los resultados de crecimiento en cada grupo. El rendimiento biológico (peso de la canal fría/peso vacío) fue mayor ($p < 0,01$) en la dieta M-0,75 (tabla 12).

Tabla 12. Características de la canal de ovejas Pelibuey en diferentes niveles de inclusión de morera.

Indicador	Tratamientos (dietas)					
	M-1	M-0.75	M-0.50	M-0	ES	Valor - P
Peso vivo al sacrificio, kg	29,6	32,2	32,3	32,9	0,98	0,0792
Peso tracto gastrointestinal, kg	8,5	9,4	7,7	8,0	0,43	0,0603
Peso del intestino, kg	0,8	1,0	1,0	1,0	0,05	0,0972
Grasa perirenal y mesentérica, kg	1,0	1,2	1,0	1,2	0,19	0,8071
Peso vivo vacío, kg	19,3	20,6	22,6	22,7	0,86	0,0805
Peso canal caliente, kg	11,5	13,3	13,5	13,8	0,50	0,0242
Peso de canal fría, kg	11,3	13,0	13,2	12,9	0,48	0,0378
Rendimiento canal caliente, %	40,2	41,0	43,2	43,4	0,70	0,0107
Rendimiento canal fría, %	39,3	40,2	42,2	40,8	1,13	0,3451
Rendimiento biológico	58,6	63,1	58,4	56,8	0,63	0,0091

El estudio demostró la posibilidad de sustitución de concentrado por morera sin comprometer la productividad de los animales y como resultado se reduce significativamente el costo de la ración. Los mejores resultados se encontraron cuando se incluyó morera en 0,75 % del peso vivo pues se mantuvo una tasa de crecimiento de los animales, un rendimiento de las canales y tasas de rentabilidad cercanos a la dieta ofrecida a base de concentrado.

La morera también ha sido evaluada en sistemas de pastoreo para ovinos. En Yucatán, México en el cual se comparó un grupo de hembras Pelibuey que pastoreaba en áreas de *C. nlemfuensis* con suplementación de 250 g de concentrado comercial (17,64 % de PC) con un grupo que en lugar del concentrado recibió un pastoreo restringido de 2 h en un sistema de banco forrajero de morera (912 m², dividido en 35 parcelas de 25 m² cada una). Los animales que pastoreaban en las áreas de morera presentaron un mayor consumo voluntario en la gestación de 5,05 % y la lactación de 2,97 % con respecto al grupo que recibió la fuente suplementaria de concentrado. Por otro lado, se apreció que las hembras gestadas no mostraron cambios significativos ($p < 0,05$) en el peso vivo, la ganancia de peso vivo durante la gestación y la condición corporal al parto (2,73 vs 2,40). En cuanto a las características productivas se apreció una mayor prolificidad y kilogramos de ovejitos destetados por hembras en experimentación (Lara *et al.*, 2007).

Utilización de plantas proteínicas conservadas como harinas

En la India se sustituyó parcialmente la proteína por harina de hojas de leucaena, morera y *Tec-tona grandis* (2:1:1) y se comparó con la oferta de harina de torta de soya o con torta de maní. Los principales resultados obtenidos muestran que el consumo de materia seca del grupo de animales que recibió la mezcla de harina de hojas de las arbustivas no difirió con el grupo de torta de soya. A pesar de que la dieta formulada con las harinas de arbóreas posee un mayor contenido de pared celular la digestibilidad de la proteína cruda, la materia orgánica y la materia seca no se afectó, probablemente debido a la mayor disponibilidad de fibra y efecto fibrolítico de esa mezcla (Anbarasu *et al.*, 2004).

Otro estudio similar en la India previó la sustitución de proteína en un 50 % por harina de hojas de leucaena, *Melia azederach* (Paradiso) y morera en proporciones iguales comparado con un concentrado en cabras en crecimiento y se obtuvieron ganancias de peso superiores ($p < 0,05$) en el grupo que recibió la alimentación alternativa (51,56 vs 62,22 g/animal/día) (Pal *et al.*, 2010).

Cuba posee aproximadamente el 10 % de su tierra cubierta por marabú, especialmente las tierras agropecuarias y las anteriormente dedicadas a la ganadería (Díaz-González, 2010). En el año 2001 se estimaba ocupaba casi el 50 % de las áreas ganaderas de Cuba (Funes-Monzote, 2001). La búsqueda de alternativas para el control de esta planta se han empleado diversos métodos donde los más efectivos se basan en el desmonte y quema para la posterior siembra con resultados variables (Pedraza *et al.*, 2008). Otras experiencias han sido diseñadas para la producción lechera en pastoreo (Muñoz *et al.*, 2000).

En estudios desarrollados en Cuba se reportaron algunos indicadores del valor nutricional de esta especie para la alimentación animal señalando contenidos de proteína cruda entre 15 y 17 % (Pedraza *et al.*, 2008). Estos mismos autores reportan un contenido de polifenoles entre 12 y 13 %, dependiendo de la altura de la planta.

Los frutos y hojas del marabú en África constituyen una fuente de alimentos importantes durante el periodo seco para rumiantes (Smith *et al.*, 2005; Yayneshet *et al.*, 2008). Aun cuando se han descrito elevados niveles de taninos de este arbusto (178,4 g/kg MS) (Smith *et al.*, 2005) se ha descrito que no interfiere en el metabolismo del nitrógeno (Mlambo *et al.*, 2004)2004.

Sistemas de manejo en plantaciones cítrícolas

La producción mundial de alimentos tiene destinadas, cada vez, mayores superficies, pero paradójicamente las potencialmente productivas disminuyen, por lo que es necesario la reducción de los costos y los daños crecientes al entorno. En este sentido, la integración del ganado con cultivos perennes constituye una alternativa para aumentar la producción animal, sin necesidad de nuevas tierras (Sánchez, 1995); una de las principales ventajas de estas asociaciones es el empleo del 60-70 % de la

biomasa vegetal en la alimentación del ganado, sin causar competencia con la alimentación humana (Russo, 1994).

Son variados los sistemas donde se ha integrado el ganado a los cultivos perennes (Sánchez, 1995); específicamente para el ovino, en las condiciones de Cuba, se ha indicado la necesidad de ubicar sus explotaciones en áreas no utilizadas por la agricultura o la ganadería mayor, o bien en planes de cítricos, frutales y forestales (Borroto *et al.*, 1995).

En el tema de la integración del ovino a las plantaciones cítricas se realizó un conjunto de trabajos dirigidos al diseño de sistemas de alimentación donde se aprovecharán los subproductos que se generan en estas áreas, logrando además una adecuada armonía en la integración. A continuación, se relacionan algunos de los resultados más importantes obtenidos en plantaciones cítricas.

Pastoreo libre en áreas con riego

En campos con riego por aspersión tradicional se ha encontrado que crecen pasturas heterogéneas, con predominio de las especies *Paspalum notatum*, *M. maximus* y *Sorghum halepense*, estas dos últimas palatables para los ovinos. En el caso de sistemas de riego localizado (*Microjet*) aparece un predominio de *Evelia tuberosa*, *Brachiaria subcuadriparia* y *Cynodon dactylon*, las cuales poseen una palatabilidad más limitada.

La altura alcanzada por este pasto natural hasta un grado de enhierbamiento medio, máximo admisible de acuerdo con la tecnología del cultivo, fue como promedio de 13,2 y 37,8 cm para las épocas poco lluviosa y lluviosa, respectivamente; ello permitió obtener una cantidad de masa verde cosechada que no sobrepasó las 2,2-2,3 y 6,7-11,2 t ha⁻¹ por corte, en los campos bajo el sistema de riego por aspersión para estas épocas del año, respectivamente. Lo anterior representa de ocho a 10 siegas anuales, que potencialmente pudieran alimentar cuatro y 16 ovinos de crecimiento-ceba ha⁻¹ al año en ambas épocas, respectivamente. En el sistema de riego localizado estos valores resultaron el 23 y 77 % de los obtenidos en el riego por aspersión, para ambas estaciones del año.

Pastoreo libre y continuo de coberturas naturales sin riego

Después de estudiar diferentes cargas de ovinos en crecimiento-ceba se concluyó la necesidad de emplear, para el pastoreo continuo de esta categoría en las áreas cítricas de pasto natural, cargas brutas de hasta 9 animales/ha y disponibilidad de alimento diaria por animal de alrededor de 2 kg de masa seca, con el cuidado de que exista, además, una composición botánica adecuada.

Borroto (1988) planteó que una alteración de estos indicadores, propiciaría un incremento de las afectaciones por concepto de ramoneo sobre el follaje de los cítricos, con la consiguiente disminución del rendimiento de fruto.

Además, con la utilización de una carga de 9 animales/ha para animales Pelibuey, recién destetados y suplementados adecuadamente, pueden obtenerse también dos ciclos de ceba por año, con incrementos de peso medio superiores a los 100 g/animal/día y rendimientos de la canal en caliente de 45 %, todo lo cual es aceptable para esta especie, raza y categoría.

Pastoreo de las coberturas naturales con cercado eléctrico en las calles

El manejo consiste en la utilización de un cerco eléctrico, colocado al ancho de la calle y a una distancia prudente que permita el aislamiento de la copa de los árboles; deben emplearse, preferentemente, tres cables de alambre a tres alturas del suelo (15, 50 y 80 cm), bien aislados entre sí, y a su vez del suelo y de la copa de los árboles. La característica de inaccesibilidad del sistema, referido a la imposibilidad de que las ramas de cítrico puedan ser ramoneadas por los animales, permite un incremento sustancial de la carga hasta 21 ovinos en crecimiento-ceba por hectárea.

El tiempo de pastoreo diario debe estar alrededor de las seis horas, lo cual permite cubrir los requerimientos diarios de masa seca, proteína cruda y energía entre 46-65, 14-30 y 17 %, respectivamente; es necesaria una suplementación de los animales según la disponibilidad, con un pienso que puede estar constituido por rastrojos de cultivo de frijol molido (125 g), hollejo de cítrico deshidratado (200 g), soya o girasol natural y molido (100 g), urea (15 g), miel final de caña (60 g), ofrecido a razón de unos 500 g/animal/día (base fresca). Con esta tecnología se logran los dos ciclos de ceba al año, con incrementos medios de peso entre 113-152 y 110-120 g/animal/día para los períodos poco lluvioso y lluvioso, respectivamente, lo cual resulta muy superior a 70 g/animal/día, que es lo que se puede obtener si no se emplea una suplementación adicional.

A través de este método se alcanza una verdadera armonía del sistema entre la plantación principal y los ovinos; la altura de la hierba se mantiene entre 24 y 36 cm, con una disponibilidad media diaria de 2,42 kg MS/animal; es necesario chapear solamente en tres oportunidades en el año, específicamente en la época lluviosa, con lo cual se ahorran de cinco a siete chapeas, necesarias para mantener la altura de las coberturas en un enhierbamiento de ligero a medio.

Pudiera considerarse como inconveniente de este sistema, la tendencia mundial a reducir los marcos de plantación de los cítricos, así como algunas modificaciones en la tecnología del cultivo principal debido a la presencia de los cercos, en caso de que se coloquen fijos en el campo.

Una alternativa de este sistema pudiera ser el pastoreo rotacional con cerco eléctrico móvil, energizado por un pastor eléctrico conectado a una batería o a una línea de corriente alterna, el cual, aunque resulta inicialmente más complicado y laborioso, no interfiere en la tecnología del cultivo y permite una mayor productividad. En sentido general, este sistema se recomienda para pequeñas explotaciones.

Pastoreo en coberturas naturales y semiestabulación con forraje de leguminosas herbáceas

Según los estudios realizados por Mazorra (1999), un sistema semiestabulado en el que se ofrezca forraje de leguminosas durante las primeras cuatro horas de la mañana antes del pastoreo de los ovinos en la plantación, permite reducir en un 70 % la actividad de ramoneo de estos en el cítrico.

En el sistema pueden emplearse forrajes de las leguminosas *C. ternatea*, *N. wightii*, *T. labialis* o cualquier otra leguminosa palatable para el ovino y que no contenga altos contenidos de toxinas, debido al tiempo relativamente alto de permanencia de los animales consumiendo estas plantas.

Este autor también indicó que el pastoreo restringido a cuatro horas en la plantación y con el empleo de cargas de 18 ovinos ha⁻¹, debe realizarse en las horas más frescas de la tarde, aunque los animales pueden ser conducidos al pastoreo inmediatamente después del consumo de la leguminosa, ya que a pesar de coincidir con las horas de mayor temperatura e intensidad luminosa del día (entre las 11 a.m. y 3 p.m.), la sombra que ofrecen los cítricos posibilita el pastoreo, principalmente de la cobertura establecida de la copa.

En un sistema en el que se empleó el forraje de *Clitoria ternatea* SN-139 y pastoreo rotacional durante cuatro horas, en una cobertura natural de Toronja march y con el uso del cerco eléctrico móvil (carga global de 18 ovinos ha⁻¹, 30 cuartones y estancia de dos días en cada cuartón), se obtuvo un incremento medio de peso en ovinos en crecimiento-ceba de 100 g/animal/día.

Pastoreo de leguminosas nativas en el estrato herbáceo

Otros estudios realizados en áreas citrícolas son los relacionados con la utilización de las leguminosas nativas, en los que se han reportado alrededor de 11 géneros y 18 especies de leguminosas (Fontes *et al.*, 2000a)2000a, lo cual demuestra la gran diversidad y persistencia de dicha familia en estas áreas, a pesar de las labores culturales aplicadas en las plantaciones, entre las que sobresalen los controles químicos totales, con aplicaciones de herbicidas (Glyphosate [Round up] y Gramoxone) y los cortes a baja altura, con frecuencia entre 10 y 12 veces por año.

Entre las especies prospectadas se destacaron, por su persistencia e importancia: *Alysicarpus vaginalis*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium canum* y *Teramnus labialis* con sus dos variedades (Semilla Clara y Semilla Oscura), las cuales se encontraron generalmente en asociación con gramíneas tanto cespitosas como macollosas, entre las que sobresalieron *Dichantium annulatum*, *P. notatum* y *M. maximus*. Sin embargo, en la fase de evaluación agronómica, donde se incluyeron las leguminosas más promisorias, sobresalió *T. labialis* cv. Semilla Oscura como la de mayor perspectiva para formar coberturas en las áreas citrícolas (Fontes *et al.*, 2000b).

Entre las especies de leguminosas prospectadas en las áreas citrícolas de Cuba por Fontes *et al.* (2000a) se reportó como la de mayor presencia en las coberturas *T. labialis* cv. Semilla Oscura. La presencia de esta leguminosa en la cobertura del frutal propició la reducción significativa de la conducta de ramoneo de las ramas de cítrico (alrededor de un 90 % comparado con las coberturas naturales) y la obtención de altas ganancias de peso (superiores a los 100 g/animal/día), sin necesidad de suplementación adicional de energía y proteína en ovinos en crecimiento-ceba que pastaban continuamente (durante siete horas diarias) con una carga de 9 animales ha⁻¹ (Mazorra *et al.*, 2001).

En este sistema los ovinos seleccionaron, al pastorear, una amplia variedad de plantas, entre las que se destacan *Malvastrum coromandelianum*, *D. annulatum* y *T. labialis* cv. Semilla Oscura, y precisamente en esta última los animales realizaron el mayor consumo. También el alto porcentaje de área cubierta presentado por esta planta debajo de la copa del frutal, favorecido por sus hábitos de crecimiento y excelente adaptabilidad a la sombra, propició un mayor tiempo de pastoreo de los ovinos en dicha zona.

Por las razones expuestas anteriormente se recomienda emplear un sistema de pastoreo rotacional, que permita el reposo y la recuperación de la leguminosa. Desde el punto de vista práctico, el área puede ser dividida imaginariamente en al menos cuatro zonas de pastoreo, las que se pudieran explotar con un régimen entre 15-21 días de estancia y 45-63 de reposo, según la época del año y el sistema de riego implementado en las áreas citrícolas.

Sería provechoso, además, levantar el pastoreo de las áreas menos pobladas por la leguminosa en la época de preparación para la reproducción y producción de semilla de la planta, hasta tanto se logre un porcentaje de madurez de la semilla; este período ocurre aproximadamente entre los meses de enero y abril. También pudiera alternarse esta práctica con algunas siembras en zonas específicas, preferentemente en los meses de septiembre y octubre, con lo cual se garantizaría la persistencia de la especie en el pastizal.

Leguminosas promisorias mejoradoras en las coberturas

A partir de los estudios y revisiones realizadas acerca de las leguminosas promisorias para introducir en las áreas citrícolas, entre los cuales se destacaron el porte y la altura de la planta, el hábito de crecimiento y los métodos para su establecimiento (Pérez-Carmenate *et al.*, 1998), se pudo conocer que entre las especies y/o variedades de la familia con perspectivas para ser introducidas en estas áreas, se recomiendan: *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo y *Arachis pintoii* cv. CIAT-17434; no se indica el uso para este propósito de *C. ternatea* SN-139 y *S. guianensis* cv. CIAT-184, las cuales no logran adaptarse a las exigencias técnicas del cultivo.

Sobre la base del conocimiento que se posee de la adaptabilidad a agroecosistemas sombreados, tampoco se descarta la introducción de las siguientes leguminosas: *Desmodium intortum*, *D. canum*, *C. pubescens* y *M. atropurpureum*.

Los estudios de rendimiento forrajero de las leguminosas promisorias, que se prolongaron a más de un año posterior a la etapa de establecimiento, reportan rendimientos anuales de 1,28 y 1,12 t de MS ha⁻¹ para *N. wightii* y *A. pintoii*, respectivamente, con diferencias entre épocas de 39 y 54 % para el periodo poco lluvioso en ambas especies. A los resultados anteriores se adicionan los rendimientos del pasto natural asociado a estas leguminosas, representado fundamentalmente por *P. notatum*, *M. maximus* y *Sorghum halepense*, el cual alcanzó valores de 1,19 y 0,84 t de MS ha⁻¹ para *A. pintoii* y *N. wightii*, respectivamente.

Poda de cítricos

La agrotecnia del cultivo del cítrico prevé la realización de cinco tipos de poda; sin embargo, solamente poseen potencialidad para ser usadas como alimento animal las del tipo “seto” y “rehabilitación”; la primera es cualitativamente superior debido a una mayor proporción de hojas y brotes verdes (Borroto *et al.*, 1997).

De acuerdo con los estudios de Borroto *et al.* (1989), la composición bromatológica de las ramas de cítrico en las condiciones tropicales mostró similitud entre los cultivares Naranja valencia, Toronja marsh y Lima persa, en correspondencia con lo referido para otras áreas geográficas, pero difirieron notablemente entre las fracciones de hoja y tallo a favor de las primeras, las cuales poseen mayor potencialidad nutritiva.

Los rendimientos medios de las podas del tipo seto, en base fresca, están en el orden de las 7 t/ha⁻¹/cor-te, lo cual representa aproximadamente unas 3,29 t ha⁻¹ de masa seca de la mezcla hoja-tallo. Este forraje puede obtenerse en el transcurso de siete meses, posterior a la cosecha, en el período comprendido entre julio y la primera mitad de febrero. Esto permitiría disponer de volúmenes de los mismos árboles en forma cíclica (prácticamente cada tres años), una vez alcanzada la edad y el desarrollo adecuado para ello.

En la tabla 13 se resumen las principales características bromatológicas de los subproductos generados en los campos de cítrico (hierbas y podas), en la cual se incluyen además las leguminosas más promisorias para establecer en estas áreas. Los valores mostrados en la tabla, unidos a los rendimientos o disponibilidades que se pueden obtener de los diferentes forrajes o pastos, según el sistema implementado para su utilización, demuestran la alta calidad de los subproductos y sus potencialidades reales en la alimentación de los ovinos.

Tabla 13. Composición bromatológica media de los alimentos generados en los campos de cítricos.

Indicador	Poda de Naranja Valencia (hojas) ¹		Pastos naturales ¹		Leguminosas promisorias	
	PPLL	PLL	PPLL	PLL	N. wightii ²	T. labialis ³
PB (%)	14,4	12,5	13,2	11,1	16,9	14,6
FB (%)	15,4	14,1	23,6	21,9	35,4	33,3
Ca (%)	3,6	3,3	1,1	0,8	1,47	1,26
P (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,35
DMO (%)	52,1	57,8	63,7	53,4	52,9	-

PPLL Período poco lluvioso; PLL Período lluvioso

Fuentes: ¹Borroto (1988); ²Mazorra (1999); ³Fontes *et al.* (2000b)

Consideraciones finales

La producción ovino-caprina posee perspectivas para su explotación eficiente en el trópico sobre la base de la utilización de los recursos forrajeros de que se dispone. Existe una amplia variedad de posibilidades de utilización de estos en la dieta de los animales, en estrecha vinculación con las experiencias y la idiosincrasia de los productores de cada zona o región. No obstante, los elementos que componen el sistema de pastoreo tales como: la carga, el número de cuartones, el tiempo de reposo, así como el método de pastoreo en línea o en grupos tienen un efecto significativo sobre la producción animal.

En sistemas silvopastoriles ya sea con plantas leguminosas de ramoneo en bancos de proteína o cuando son ofertadas como forraje o en suplementos como harinas, también se observaron efectos significativos en dependencia del por ciento de inclusión en la ración.

Resultados novedosos se observaron en el manejo del estrato herbáceo en plantaciones citrícolas. Son variadas las opciones en función de la composición del estrato herbáceo, es decir, con gramíneas naturales, mejoradas, leguminosas y en dependencia de si en el manejo se utilizó o no el riego, el cercado eléctrico o el pastoreo continuo. Es una opción que intensifica el uso de la tierra y busca enriquecer la cadena de valor del sistema.

Referencias bibliografía

- ADEJUMO, J. O. & ADEMOSUN, A. A. Utilization of leucaena as supplement for growing dwarf sheep and goats in the humid zone of West African. *Small Rumin. Res.* 5 (1-2):75-82, 1991.
- ALEXANDRE, G. Elevage à l'herbe des chevreaux Créole après le secrage. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* ne:23-26, 1991.
- ALEXANDRE, G.; AUMONT, G.; FLEURY, J.; COPPRY, O.; MULCIBA, P. & NEPOS, A. Production semi-intensive au pâturage de caprins à viande en zone tropicale humide. *Prod. Anim., INRA.* 10 (1):43-53, 1997.
- ALEXANDRE, G.; GONZÁLEZ-GARCÍA, E.; LALLO, C. H. O.; ORTEGA-JIMÉNEZ, E.; PARIACOTE, F. & ARCHIMEDE, H. *et al.* Goat management and systems of production: Global framework and study cases in the Caribbean. *Small Rumin. Res.* 89 (2-3):193-206, 2010.
- ALEXANDRE, G. & MAHIEU, M. Pâturages tropicaux et systèmes allaitants. Le cas des petits ruminants des Antilles francaises (F.W.I.). In: A. Xandé et G. Alexandre, eds. *Pâturages et alimentation animale en zone tropicale humide*. Paris: INRA Publications. p. 173-190, 1989.
- ALEXANDRE, G.; XANDÉ, A.; DESPOIS, P.; FLEURY, J. & RENARD, D. Association graminées-légumineuses pour la production de viande de chevreaux Créoles: Likoni A15 (*Panicum maximum*)-Stylosanthes (*Stylosantes guyanensis*) a l'auge et Pangola (*Digitaria decumbens*)-siratro (*Macroptilium atropurpureum*) au pâturage. In: A. Xandé et G. Alexandre, eds. *Pâturages et alimentation animale en zone tropicale humide*. Paris: INRA Publications. p. 411-434, 1989.
- ALPÍZAR-NARANJO, A. *Efecto de la suplementación con Morus alba Linn en la ceba de ovinos Pelibuey en estabulación*. Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2014.
- ALPÍZAR-NARANJO, A.; ARECE-GARCÍA, J.; ESPERANCE, M.; LÓPEZ, Y.; MOLINA, M. & GONZÁLEZ-GARCÍA, E. Partial or total replacement of commercial concentrate with on-farm-grown mulberry forage: effects on lamb growth and feeding costs. *Trop. Anim. Health Prod.* 49 (3):537-546, 2017.
- ANBARASU, C.; DUTTA, N.; SHARMA, K. & RAWAT, M. Response of goats to partial replacement of dietary protein by a leaf meal mixture containing *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* and *Tectona grandis*. *Small Rumin. Res.* 51:47-56, 2004.
- ARTUS-POLIAKOFF, F.; CHAMPANNET, F. & GAYALIN, M. Production fourragère et élevage ovin à la Martinique. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* ne:91-98, 1991.
- AUMONT, G.; CAUDRON, I.; SAMINADIN, G. & XANDÉ, A. Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. *Anim. Feed Sci. Technol.* 51:580-583, 1995.
- AUMONT, G.; GRUNER, L. & BERBIGIER, P. Dynamique des populations de larves infestantes des strongles gastro-intestinaux des petits ruminants en milieu tropical humide. Conséquences sur la gestion des pâturages. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* ne:123-131, 1991.
- AUMONT, G.; POUILLLOT, R.; SIMON, R.; HOSTACHA, G.; BARRÉ, N. & VARO, H. Parasitisme digestif des petits ruminants dans les Antilles françaises. *Prod. Anim., INRA.* 10 (1):79-89, 1997.

- BORROTO, ÁNGELA. *Potencial forrajero de los subproductos cítricos para la producción de carne*. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. Ciego de Ávila, Cuba: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, 1988.
- BORROTO, ÁNGELA; MAZORRA, C.; ARENCIBIA, ÁGUEDA; HERNÁNDEZ, N.; LÓPEZ, M.; PÉREZ, R. *et al.* Tecnologías alternativas sostenibles para obtener carne ovina en las fincas cítricas. *Memorias del Seminario Científico Internacional XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal p. 127-129, 1995.
- BORROTO, ÁNGELA; MOLINA, A.; CRUZ, D. & PÉREZ-BORROTO, C. Potencial alimentario de dos subproductos agrícolas de cítricos: hierbas bajo corte mecanizado y podas para la producción de carne ovina. *Rev. Prod. Anim.* 5 (2):131-136, 1989.
- BORROTO, ÁNGELA; PÉREZ, R.; MAZORRA, C.; HERNÁNDEZ, N.; ARENCIBIA, ÁGUEDA; FONTES, DAYAMÍ *et al.* *Diversidad de la producción en fincas cítricas, usando distintos sistemas para la obtención de carne ovina. Folleto de extensión*. Ciego de Ávila, Cuba: UNICA, 1997.
- CÁCERES, O. & GONZÁLEZ, E. Potencial alimenticio de árboles y arbustos forrajeros para los ovinos. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 55-56, 1998.
- CÁCERES, O.; GONZÁLEZ, E. & DELGADO, R. Evaluación de pastos y forrajes para ovinos en Cuba. *Resúmenes del X Seminario Científico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 110, 1996.
- CENPALAB. Indicadores generales del sistema. En: *Bovino-ovinocultura intensiva sostenible*. La Habana: Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio. p. 9-16, 2001.
- COMBELLAS, JOSEFINA DE. Comportamiento productivo de ovinos que pastorean asociaciones de gramíneas y leguminosas arbustivas. *Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 279-282, 1998.
- COMBELLAS, JOSEFINA DE. *Producción de ovinos en Venezuela*. Caracas: Editorial Arte, 1997.
- CRUZ, P.; ALEXANDRE, G. & BAUDOT, H. Cinétique de la croissance foliaire et stolonifère d'un peuplement de *Digitaria decumbens* au cours de la repousse. *Proceedings of the XVI International Grassland Congress*. Nice, France. p. 499-500, 1989.
- DEVENDRA, C. & BURNS, M. *Goat production in the tropics*. United Kingdom: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983.
- DÍAZ-GONZÁLEZ, BEATRIZ F. Entrega de tierras ociosas en usufructo: desarrollo del sector cooperativo y seguridad alimentaria. *Congress of the Latin American Studies Association*. Toronto, Canada, 2010.
- FONTES, DAYAMÍ; HERNÁNDEZ, N.; CRUZ, DEISY; SEGUÍ, ESPERANZA & CUBILLAS, NIEVES Leguminosas nativas y/o naturalizadas en áreas de cítrico. *Pastos y Forrajes*. 23 (1):15-23, 2000a.
- FONTES, DAYAMÍ; MAZORRA, C.; ROSA, ANA E. DE LA; HERNÁNDEZ, N.; CUBILLAS, NIEVES & TAPIA, LILLIAYSIS. Potencialidades de *Teramnus labialis* cv. Semilla Oscura como cobertura en sistemas integrados de áreas cítricas. *Memorias del IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 183-187, 2000.
- IBRAHIM, T. M.; PALMER, B.; BOER, M. & SÁNCHEZ, M. Shrub legume potential for integrated farming systems in northern Sumatra—nutritional constraints and palatability. Maximising livestock productivity. *Proceedings of the 11th Annual Conference Malaysian Society of Animal Production*. Serdang, Malaysian: Malaysian Society of Animal Production. p. 128-132, 1988.
- LA O, O. *Contribución al estudio del valor nutritivo de diferentes ecotipos del género Leucaena para la alimentación de rumiantes*. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2001.
- LANZAGORTA, J. GLICINE: excelente leguminosa de cobertura. *Frutícola*. 2 (4-8):10-14, 1989.

- LARA, P. E.; CANCHÉ, MARÍA C.; MARRUFO, NANCY B. & SANGINÉS, J. R. Pastoreo restringido de ovejas Pelibuey en bancos de proteína de morera (*Morus alba*). *Pastos y Forrajes*. 30 (2):267-277, 2007.
- LEÓN, E.; OLMOS, MARÍA C.; RODRÍGUEZ, ANGELA; FONSECA, Y. & LABRADA, A. Variación del crecimiento e indicadores hematoquímicos en reproductoras Pelibuey cubana suplementadas con leucaena durante la campana de cubriciones. *Pastos y Forrajes*. 26 (1):61-65, 2003.
- LÓPEZ, Y. *Suplementación con Leucaena leucocephala más miel-urea al 2 % sobre la producción lechera de la oveja Pelibuey cubana*. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2004.
- MAZORRA, C. *Manejo de dietas voluminosas para disuadir el ramoneo de ovinos pastoreando dentro de plantaciones cítricas*. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1999.
- MAZORRA, C.; ROSA, ANA E. DE LA; BORGES, G.; TAPIA, LILLYSIS; FONTES, DAYAMÍ; BORROTO, ÁNGELA *et al.* Food selection modification: method to achievement sheep- *Citrus* crop integration. *Memorias Simposio Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles*. San José, Costa Rica, 2001.
- MLAMBO, V.; SMITH, T.; OWEN, E.; MOULD, F. L.; SIKOSANA, J. L. N. & MUELLER-HARVEY, I. Tanniferous *Dichrostachys cinerea* fruits do not require detoxification for goat nutrition: *in sacco* and *in vivo* evaluations. *Liv. Prod. Sci.* 90:135-144, 2004.
- MUÑOZ, D.; ALONSO, K.; PEREDA, J.; JOVA, Y. & CRUZ, M. Utilización de la leñosa (*Dichrostachys cinerea*) para la producción de leche. *Memorias del IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 321-324, 2000.
- MUÑOZ, D.; PEREDA, J.; VARELA, P.; OLAZÁBAL, MARÍA & SARIOL, ANA R. Recuperación de áreas de pastizales infestadas de marabú (*Dichostachys cinerea*) mediante chapea mecanizada combinada con pastoreo ovino. *II Evento Internacional SIGA*. Cuba. p. 34, 2004.
- PAL, A.; SHARMA, R. K.; KUMAR, R. & BARMAN, K. Effect of replacement of concentrate mixture with isonitrogenous leaf meal mixture on growth, nutrient utilization and rumen fermentation in goats. *Small Rumin. Res.* 91 (2-3):133-140, 2010.
- PARETAS, J. J.; RUIZ., T. E.; NAVARRO, G.; SUÁREZ, J. J.; FEBLES, G.; LÓPEZ, MIRTA *et al.* Situación de los pastos en Cuba y algunas consideraciones para aumentar la producción de alimentos. *Resúmenes del X Seminario Científico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 112, 1996.
- PARTRIDGE, I. J. Improvement of Nadi blue grass (*Dichanthium caricosum*) pastures on hill land in Fiji with superphosphate and Siratro: effects of stocking rate on beef production and botanical composition. *Trop. Grassl.* 13:157-164, 1979.
- PEDRAZA, R.; GONZÁLEZ, CECILIA; LEÓN, MARLENE; ESTÉVEZ, J. A. & MARTÍNEZ, S. Indicadores fenológicos y valor nutritivo *in vitro* del marabú, *Dichrostachys cinerea*, durante la época seca. *Zootecnia Trop.* 26 (3):219-222, 2008.
- PÉREZ-CARMENATE, R.; CARRERA, J.; BORROTO, ÁNGELA; MAZORRA, C. A.; LÓPEZ, V.; ARENCIBIA, ÁGUEDA A. *et al.* Tecnología de establecimiento de leguminosas tropicales para la diversificación de la producción en áreas de cítricos. *Pastos y Forrajes*. 21 (2):131-141, 1998.
- RAMÍREZ-RESTREPO, C. A. & BARRY, T. N. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120 (3):179-203, 2005.
- RÍOS, L.; RONDÓN, Z.; COMBELLAS, J. & ALVAREZ, R. Using mulberry (*Morus* sp.) and matarraton (*Gliricidia sepium*) forages for substituting concentrates in growing labs diets. *Zootecnia Trop.* 524 23:49-60, 2005.
- RUSSO, R. O. Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible. IX Congreso Agronómico Nacional "La Agricultura de hoy, para la Costa Rica del mañana". San José, Costa Rica. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_ix/a01-1277-48.pdf, 1994.

- SÁNCHEZ, M. Integración del ganado con cultivos perennes. *Revista Mundial de Zootecnia*. 82 (1):50-57, 1995.
- SMITH, V.; MLAMBO, J. L. N.; SIKOSANA, V.; MAPHOSA, I.; MUELLER-HARVEY, E. & OWEN, T. *Dichrostachys cinerea* and *Acacia nilotica* fruits as dry season feed supplements for goats in a semi-arid environment: Summary of a DFID funded project in Zimbabwe. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122:149-157, 2005.
- SOTO-BARRIENTOS, N.; CHAN-PÉREZ, J. I.; España-España, E.; Novelo-Chi, L. K.; Palma-Ávila, I.; Ceballos-Mendoza, A. C. *et al.* Comparing body condition score and Famacha© to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Rumin. Res.* 167:92-99, 2018.
- THOMPSON, M. 1983. Utilización de diferentes especies de pastos en la alimentación de carneros, resultados preliminares 1:3-33
- VARGAS, S.; FRANCO, R.; SUÁREZ, D.; QUIÑONES, R.; RÍOS, L.; ARTILES, J. *et al.* Comportamiento productivo de ovinos mestizos Pelibuey en crecimiento utilizando dos niveles de morera (*Morus alba*) y CT-115 (hierba de elefante cubana) como forraje. *Memorias del II Taller Internacional de Morera*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p., 2000.
- VERDECIA, J. C. & FALCÓ, MARLENIS. *Manual para la construcción y explotación de los pedestales Verdemar*. Holguín, Cuba: MINAG, Empresa Pecuaria Hermanos Sartorio, 2005.
- XANDÉ, A.; DESPOIS, P.; NIPAU, F. & SAMINADIN, G. Valeur alimentaire du *Stylosanthes guianensis* cultivé en Guadeloupe. In: A. Xandé et G. Alexandre, eds. *Paturages et alimentation animale en zone tropicale humide*. Paris: INRA Publications. p. 349-362, 1989.
- YAYNESHET, T.; EIK, L. O. & MOE, S. R. Feeding *Acacia etbaica* and *Dichrostachys cinerea* fruits to small holders goats in northern Ethiopia improves their performance during the dry season. *Liv. Sci.* 119 (1):31-41, 2008.

CAPÍTULO 21. Alimentos alternativos para la alimentación de animales monogástricos

Manuel Castro-Perdomo, Esmeralda Lon-Wo-Chansay, Lourdes Lucila Savón-Valdés, María Felicia Díaz-Sánchez y Katia Hidalgo-Salomón
Instituto de Ciencia Animal (ICA), Mayabeque, Cuba

Introducción

Los animales monogástricos son todos aquellos que tienen un estómago simple; entre las especies monogástricas encontramos a los cerdos, las aves, los equinos, caninos, felinos, suinos. La digestión de los alimentos depende de la cantidad y composición de la dieta. La mayoría de los procesos digestivos de los animales monogástricos ocurren bajo condiciones anaeróbicas.

La producción de proteína animal trae consigo importantes desafíos para la ganadería. Se requieren soluciones con estrategias adecuadas para los problemas básicos: aumento de la densidad poblacional y baja disponibilidad de tierra agrícola por habitante; competencia de los animales con el hombre por el uso de la tierra (rumiantes) y por los mismos alimentos (monogástricos); sostenibilidad de los agroecosistemas a corto y largo plazo y utilización de tecnologías adecuadas a los recursos disponibles en las diferentes regiones del mundo Figueroa (1996).

Asimismo, Makkar y Ankers (2014) señalan la necesidad de establecer una dirección para el cambio positivo hacia la sostenibilidad de los sistemas ganaderos, priorizar varios elementos conceptuales y tomar iniciativas para la implementación y puesta en práctica de los conceptos: a) hacer un mejor uso de los recursos disponibles con la reducción de las pérdidas de alimentos, b) ampliar la base de los recursos alimenticios mediante la identificación de nuevos recursos, especialmente aquellos menos conocidos, adaptados a la región y que no compiten con los alimentos para humanos, c) aumentar la disponibilidad de alimentos, d) incrementar la absorción de nutrientes provenientes de los alimentos consumidos.

Al evaluar los alimentos alternativos para animales monogástricos no se trata de sustituir unos ingredientes por otros, sino desarrollar una forma de alimentar de acuerdo con los recursos que se disponen y el nivel productivo que se espera alcanzar según el genotipo e incorporar procesos tecnológicos artesanales y aditivos naturales que mejoren la eficiencia productiva y la salud (Lon-Wo, 2005), pues como señalara Savón (2004) muchos de estos alimentos se caracterizan por su contenido en fibra que limitan su disponibilidad energética y proteica.

En la actualidad, Ravindran (2014) ha señalado que es difícil establecer una neta distinción entre alimentos tradicionales y no tradicionales, ya que en algunas regiones los alimentos que pudieran clasificarse como no tradicionales se utilizan como tradicionales en otras y en la actualidad se usan cada vez más en las dietas comerciales. Este autor resume que para el uso sistemático de un nuevo alimento en las dietas debe atenderse a tres principios básicos: disponibilidad (incluso si es estacional) precio (competitivo en comparación con los alimentos principales) y valor nutritivo (con la variación existente y la digestibilidad de los nutrientes).

La producción intensiva, por tanto, se hace cada vez más insostenible y sus productos finales son cada vez más inaccesibles para amplios sectores poblacionales que no disponen de suficiente capacidad adquisitiva. Por tanto, la aplicación de tecnologías agroecológicas son necesarias, como actividad agraria desarrollada desde una perspectiva ecológica, social, económica, tecnológica y cultural (Rodríguez, 2007), porque ellas representan una estrategia de desarrollo rural sustentable con un fuerte componente endógeno, que valorizan recursos y conocimientos locales y porque son socialmente más justas, económicamente más viables y culturalmente más aceptables (Barlocco, 2007).

En Cuba es tradición la búsqueda de soluciones que permitan sustituir importaciones y, para ello, se ha enunciado que la producción de alimentos en primer lugar requiere un uso eficiente de la tierra, la rotación, el intercalamiento y el uso de cultivos más adaptables a las condiciones tropicales. Asimismo, Friedrich

(2014) llamaba la atención respecto a los retos actuales para lograr una seguridad alimentaria y la necesidad de cambiar paradigmas en la agricultura en dos sentidos: primero sería ir de una producción intensiva a la sostenibilidad en la producción agrícola y lo segundo ir hacia una producción diversificada.

Las instituciones del país con perfil agropecuario se han enfocado en estos objetivos y han brindado opciones, que en los últimos años se han dirigido más a los sectores productivos no intensivos, los que pueden llegar a competir en eficiencia biológica y económica y unido a la agricultura empresarial podrán superar porcentualmente el aporte que realicen a la producción global del país.

El presente capítulo tiene el objetivo de recopilar los principales resultados obtenidos con alimentos alternativos y con mayores perspectivas de uso en Cuba, de acuerdo con su valor nutritivo y potencialidad de uso como alimento natural o procesado para las especies monogástricas, a partir de las respuestas productiva y fisiológica obtenidas por diferentes investigadores de prestigiosas instituciones del país.

Características generales de los animales monogástricos

Los animales monogástricos se caracterizan por disponer de los nutrientes aportados por los alimentos al pasar por su aparato digestivo desde la boca hasta la salida de los desechos no asimilados. Existen diferencias notables en las diversas especies monogástricas, lo que influye notablemente en el aprovechamiento de los alimentos con los que se pueden alimentar. Por ejemplo, el tracto digestivo de las aves es bastante corto y no dispone de un estómago propiamente dicho, sino que se auxilian de la molleja y el buche para dar una preparación adecuada a los alimentos ingeridos y el tránsito de estos se produce en 3 o 4 horas posteriores a la ingestión, por lo que necesitan que la concentración de nutrientes sea elevada y de alta disponibilidad; ello hace difícil incluir niveles altos de alimentos alternativos en su alimentación, fundamentalmente en el pollo de ceba y, en cierta medida, en las ponedoras. También, por supuesto existen diferencias entre los distintos tipos de aves como los patos, las codornices, las palomas, etc., lo cual debe ser tomado en cuenta desde el punto de vista alimentario.

Los cerdos, por el contrario, tienen un tracto bastante desarrollado con estómago, intestino delgado e intestino grueso donde se realiza una digestión adecuada y con buena absorción de nutrientes. Tienen más posibilidades que las aves de utilizar los alimentos alternativos. No obstante, los niveles a incluir de este tipo de alimentación en todos los casos responden a su eficiencia nutricional y a la ventaja económica al final de la gestión productiva, lo que incluye los tiempos necesarios para culminar los ciclos de crianza, la calidad de la canal y la categoría de los animales.

Otros tipos de animales monogástricos, como el conejo y el caballo tienen su desarrollo alimentario condicionado a la eficiencia con que en las partes bajas (intestino grueso y ciego, respectivamente) de su aparato digestivo, con un alto desarrollo respecto al resto del tracto, pueden utilizar alimentos con mayor aporte de elementos fibrosos o forrajeros.

Sinopsis acerca de los avances obtenidos en la búsqueda de alimentos alternativos

La mayoría de los países en vías de desarrollo tienen limitaciones para poder masificar la alimentación, debido a que las dietas están basadas en formulaciones con materias primas principalmente importadas, dando origen a una dependencia externa y una gran fragilidad de los sistemas de producción.

Valdivi y Bernal (2012), en su libro *Alimentación de aves, cerdos y conejos*; ofrecen diferentes alternativas de raciones a base de yuca, batata, arroz, caña, entre otros, con posibilidades de ser utilizadas en áreas tropicales.

La necesidad de hacer más económica la producción, así como la competencia con la alimentación humana de algunos productos y la necesidad de disminuir la contaminación ambiental han influido en que la mayoría de los países en vía de desarrollo hayan comenzado a utilizar materias primas alternativas para sustituir importaciones de cereales y fuentes proteicas tradicionales utilizadas en la alimentación y así lograr producciones porcinas ecológicamente sostenibles y eficientes (Montilla, 1994).

Los países tropicales no cerealistas y con escasez de fuentes proteicas se inclinan a buscar soluciones para la producción porcina. La estrategia consiste según Figueroa y Ly (1990) en integrar los recursos naturales del trópico con tecnologías que permitan el desarrollo agropecuario de acuerdo con las características socioeconómicas de cada región, con un aprovechamiento máximo de los cultivos perennes tropicales de gran rendimiento de biomasa y energía renovable, como las especies arbóreas y arbustivas, la caña de azúcar, las leguminosas (granos y follajes) que puedan sustituir y superar eficientemente los cereales y las fuentes proteicas.

El cerdo constituye una alternativa por ser una fuente de proteína de excelente calidad, además de presentar una alta tasa de producción, la cual puede sobrepasar las 2 t de carne por reproductora y es capaz de adaptarse a una amplia diversidad de sistemas de producción y alimentación (Figueroa, 1996).

Un aspecto que se ha señalado por diversos autores y que no debe obviarse en la alimentación no convencional de los cerdos es lo relacionado con los indicadores económicos, la valoración de la conversión y la eficiencia que, sin dudas, no pueden ser las tradicionales; sin embargo, con el empleo de aditivos de producción nacional, probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, vinazas de destilerías, minerales con actividad para intercambio catiónico, etc., y con el conocimiento y uso eficiente de los alimentos alternativos (en cuanto a cubrir los requerimientos nutricionales de los animales) es posible alcanzar resultados similares a los obtenidos con la alimentación tradicional; en aquellos casos en que no sea así, habrá que tener en cuenta el aspecto económico y este siempre estará a favor del empleo de los recursos autóctonos (Castro y Martínez, 2015).

Actualmente también se desarrollan crianzas de pequeño o mediano tamaño con una utilización cada vez mayor de productos no convencionales en la dieta, aunque se tiende a la siembra de maíz, soya y girasol como parte importante en estos sistemas de alimentación, fundamentalmente, para las categorías menores y las cerdas lactantes. En estos sistemas de alimentación tienen una participación importante los tubérculos como la yuca y el boniato de los que se utilizan además el follaje y los residuos de cosecha no aptos para el consumo humano. En este sentido Lezcano *et al.* (2017) desarrollaron un método de ensilado de gran importancia para el aprovechamiento de estos recursos en la producción de cerdos y otras especies para, lo cual el grupo Azucarero de la Caña de Azúcar (AZCUBA⁸), aprobó la fabricación de 14 plantas en todo el país.

Utilización de alimentos alternativos

A continuación, se ofrecen resultados de la sustitución en las dietas convencionales de diferentes fuentes de alimentos alternativos en varias especies de animales monogástricos.

- *Saccharum officinarum* (caña de azúcar)

La caña de azúcar es la gramínea con mayor potencial para la producción de biomasa por unidad de área, es un cultivo perenne y resistente a las plagas y las enfermedades. Se caracteriza por su amplio rango de adaptación agroecológica: se cultiva en las más variadas condiciones de temperatura, precipitación y calidad de suelos. Por ser este cultivo el de mayor rendimiento agrícola y constituir por muchos años, nuestro principal renglón productivo, fue quizás el más estudiado y llegó a considerarse como la fuente energética cubana sustitutiva del maíz.

Su valor nutritivo mejora a medida que aumenta su edad, lo que significa una mayor concentración de azúcares con relación a los componentes fibrosos, aunque su aporte en proteína es insignificante y el contenido de ceniza es variable según la fracción de la caña que se trate.

La caña fresca troceada y abierta al medio es apetecida por los conejos y la harina de caña fresca o seca se utiliza, en piensos criollos, para el ganado vacuno, cerdos y conejos.

⁸ Es el grupo estatal que sustituye al Ministerio del Azúcar (MINAZ), que responde por la producción de azúcar, derivados y electricidad, según resoluciones y decretos publicado en la Gaceta Oficial.

El tallo de la caña limpio de las hojas y la paja se suministra a los conejos, ya sea troceado al medio, en cuatro pedazos o con una lasca de la cáscara eliminada, para que los animales consuman totalmente la masa blanca y rechacen la cáscara. Esta es una forma barata y práctica de contribuir a la satisfacción de las necesidades energéticas de los conejos de ceba, de reemplazo y de los reproductores, por parte de los cunicultores con acceso al tallo de la caña.

El fraccionamiento de la caña por medio de un trapiche en sus componentes principales, permite la diversidad de uso en la alimentación animal para la producción de azúcar, carne, energía y materias primas para otras industrias de derivados.

Para las especies monogástricas se utilizaron más sus subproductos y derivados, pero como planta su mayor uso fue cuando se procesó por medio de una fermentación en estado sólido que la transformó en *saccharina* (Elías *et al.*, 1990), alimento energético, con un valor proteico similar al maíz pero con un alto contenido de fibra; a pesar de su hidrólisis parcial durante el proceso, el nivel de inclusión para las aves no pudo superar el 10 % para los pollos de ceba (González *et al.*, 1997) y gallinas ponedoras (Valdivié *et al.*, 1993). Los patos y las ocas son las aves que admiten mayores porcentajes (30 a 60 %) en la dieta (Valdivié *et al.*, 2011).

Los cerdos por su relativa mayor capacidad para digerir la fibra dietética, hacen un mayor consumo de este alimento, sobre todo las cerdas lactantes, donde la “*saccharina*” llega a constituir hasta el 90 % de la ración.

Ponce de León *et al.* (2002) también emplearon con éxito la “*saccharina*” en conejos compactándola en bloques con miel tipo pellet de mayor dimensión.

La combinación de *saccharina* con otros alimentos permitió incrementar su valor nutricional (tabla 1) y, de esta forma, disponer de alimentos mejor balanceados, tales como leucasaccharina, saccharboniato (Rodríguez *et al.*, 2006) y sacchamaíz que pudieron incluirse al 10 % y sacchasoymaíz al 20 % para pollos de engorde (Valdivié *et al.*, 2011).

Tabla 1. Niveles de inclusión de *saccharina* clásica recomendados para las aves

Categoría por especie	% de <i>saccharina</i>	Fuentes
Gansos (1 a 28 días)	30	Valdivié <i>et al.</i> (1990)
Gansos (29 a 69 días)	60	
Gansos (reproductores)	20	
Gansos (mantenimiento)	60	
Pavos (46 días al sacrificio)	30	González <i>et al.</i> (1993)
Patos (1 a 21 días)	10	Fraga <i>et al.</i> (1994)
Patos (22 al sacrificio)	20	Fraga <i>et al.</i> (1994)
Pollos de ceba	10	Valdivié <i>et al.</i> (1993)
Reproductoras pesadas	10 a 20	
Remplazos pesados	10	
Reproductoras ligeras	10	
Remplazos ligeros	10	
Gallinas de Guinea	20	Fraga <i>et al.</i> (1994)

Valdivié y Elías (2006) evidenciaron la posibilidad de reducir los efectos adversos de las sustancias antinutricionales de los granos de canavalia, al someterlos a un proceso de fermentación en estado sólido, pues con la inclusión de 20 % de sacchacanavalia en la dieta de pollos de ceba no se alteró la eficiencia de utilización de los alimentos, aunque la ganancia de peso vivo estuvo relacionada con un menor consumo de alimento (tabla 2).

Tabla 2. Niveles máximos de inclusión de la saccharina clásica en cerdos, conejos y peces

Categoría por especie	Saccharina, %	Fuente
Precebas porcinas (7 a 30 kg)	20	Lezcano <i>et al.</i> (1994)
Cebas porcinas (30 a 119 kg)	30	Castro <i>et al.</i> (1990)
Cerdas gestantes	40	Lezcano <i>et al.</i> (1994)
Cerdas lactantes	20	
Conejos	10	Ponce de León <i>et al.</i> (2002)
Alevines de tilapia	30	Toledo (2007) (Toledo, 2007); Botello <i>et al.</i> (2011)
Tilapia y pez gato	40	Valdivié <i>et al.</i> (2011)

Tabla 3. Consumo de jugo de caña y concentrado de patos Pekin de ceba

Semanas de edad	Jugo de caña (g/ave/día)	Concentrado (35 % de PB) (g/ave/día)
4	470	80
5	530	90
6	550	93
7	550	93
8	550	93
9	550	93

Fuente: Chará y Suárez (1993)

También en las plantas de producir alcohol a partir de las mieles se obtienen desechos importantes para incluir en la alimentación animal. Por ejemplo, con la inclusión del 1 % de vinaza concentrada en la dieta de gallinas ponedoras se produjo una mejora en la producción de huevos (superior al potencial) desde la semana 20 a la 60 y una mayor persistencia de la curva de puesta (72 semanas). Se obtuvieron eficientes resultados en la uniformidad y viabilidad en estas categorías.

En los cerdos en ceba es posible utilizar hasta el 10 % de dicha vinaza como componente del alimento ensilado (conocido como AEC) para esta especie en AZCUBA con excelentes resultados en la conservación del producto y en el comportamiento productivo de los animales.

- *Oryza sativa* (arroz)

Es el cereal por excelencia de más alto rendimiento en el trópico y subtrópico que no contiene componentes tóxicos, pero debe prevenirse el enranciamiento en el grano entero.

El arroz paddy puede sustituir al maíz en niveles superiores al 60 %, eleva la fibra en la dieta y disminuye la digestibilidad de los nutrientes, con efecto irritante de la cáscara a nivel del intestino, y también carece de sustancias pigmentantes como carotenos y xantofila.

Aunque el grano de arroz permite sustituir el 100 % del cereal base en dietas con igual respuesta productiva en todas las especies de animales (Valdivié *et al.*, 2011) el hábito de consumo de arroz por la población cubana al igual que en otros países, no hizo extensivo su uso como alimento animal, a pesar de ser un cultivo con buenos rendimientos en el país.

Raíces y tubérculos

Trabajos desarrollados en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) e Instituto de Investigaciones Avícolas (IIA) han mostrado la potencialidad de diferentes raíces y tubérculos, de ellas sobresale la yuca, también evaluada con éxito en otros países como Colombia y Brasil.

- *Manihot esculenta* (yuca, tapioca, casava, manioca o mandioca)

Es un cultivo de subsistencia que tolera la sequía, crece en suelos pobres y es resistente a las plantas arvenses e insectos. Puede sembrarse en cualquier época o permanecer bajo tierra durante largos períodos. Según Valdivié *et al.* (2011), anualmente se generan 196 millones de toneladas de raíz de yuca, de las cuales 52 % se utiliza para el consumo humano, 28 % para el consumo animal y 18 % para procesos industriales.

Según Lezcano *et al.* (2017) tiene las siguientes características:

- Planta bien conocida y nativa de América tropical.
- Planta perenne con grandes reservas de energía en forma de almidón después de 8 meses de sembrada.
- Cultivo que requiere menos insumos y menos exigencia de agua
- Puede sembrarse en suelos que van desde muy fértiles a menos fértiles.
- Pueden lograrse altos rendimientos/ha.
- A diferencia de la mayoría de los cultivos el suelo puede servir de almacén durante meses.

La raíz se caracteriza por su contenido energético que se eleva con el proceso de secado, puede sustituir hasta el 70 % de los energéticos convencionales. Contiene factores antinutricionales (ácido cianhídrico) más en las hojas y en las variedades amargas que en las dulces. Para contrarrestar estos factores debe procesarse dentro de las 24 horas de cosechada y evitar su contaminación con hongos.

Al no contener fracción lipídica es deficiente en vitaminas A, D, E y K, no así en las del complejo B y vitamina C. Su aporte proteico es insignificante.

En pollos camperos cubanos (de 21 a 63 días de edad) se redujeron los costos de producción cuando Hermida *et al.* (2011) incluyeron hasta 40 % de harina de yuca en los piensos y los animales expresaron satisfactoriamente su potencial de crecimiento.

Se elaboró una metodología de trabajo con la raíz de la yuca con una fuente de lípidos alternativa (aceite de palma africana) para la sustitución total de la harina de maíz en la dieta de los pollos de ceba (Zacarías *et al.*, 2011) y sin aceite hasta 53 % en gallinas ponedoras y 50 % para las aves de reemplazo (Zacarías *et al.*, 2012a) sin afectar los indicadores del comportamiento productivo, mientras que la harina del follaje se puede emplear (entre 2 a 2,5 %) como pigmentante de los picos, las patas, las carnes y la yema de huevo (Zacarías *et al.*, 2012b).

El yogurt de M. esculenta y sus bondades:

- Fácil de preparar por los pequeños y medianos productores.
- Tiempo prolongado de conservación (meses).
- Muy apetecible para los cerdos.
- Nivel de inclusión elevado en las dietas para cerdos en ceba y cerdas gestantes (entre 60 y 80 %)
- Se puede emplear, en lugar de agua, suero de leche, crema saccharomyces, crema torula, vinaza de destilería de alcohol y también enriquecer con residuos de la pesca o matadero.
- Puede emplearse yuca no apta, por diversas razones, para el consumo humano.

La yuca manejada como planta forrajera en sistemas integrados tiene un alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo. Sembrada en densidades de 50 000 tallos/ha y con una alta tasa de fertilización puede llegar a producir hasta 3 t de proteína por ha/ año. La hoja de yuca contiene altas cantidades de ácido cianhídrico que no representa problemas para los rumiantes debido al proceso de desintoxicación de estos elementos por los microorganismos del rumen, en contraste con los monogástricos, para los cuales la hoja de yuca debe ser secada al sol o ensilada en condiciones anaeróbicas para reducir su toxicidad.

Las hojas ensiladas de la yuca son bien consumidas por los cerdos y la materia seca es de alta digestibilidad.

- *Ipomea batata* (boniato, batata, patata dulce, camote)

Es un cultivo aparentemente libre de factores antinutricionales, de altos rendimientos, con producciones entre 10 y 50 t/ha. De este rubro se puede aprovechar la raíz y el follaje. Es fácilmente digestible, rico en carbohidratos solubles y contiene vitaminas en cantidades suficientes para cubrir parcialmente los requerimientos nutricionales.

Se considera uno de los cultivos energéticos más completos. Además, se pueden obtener dos ciclos/año, es de fácil propagación y se adapta a diferentes ecosistemas. El valor energético es equivalente a 90 – 96 % de lo aportado por la yuca y el sorgo, respectivamente.

El boniato se considera un recurso energético tropical, que puede sustituir hasta un 50 % al maíz en la dieta para aves; sin embargo, se pueden alcanzar niveles de sustitución más altos si se incluye una fuente de lípidos en la formulación y para abaratar costos también pueden emplearse fuentes alternativas como son los jaboncillos, fondajes de aceites vegetales, entre otros.

Para los cerdos puede usarse fresco, deshidratado o cocinado y el follaje (bejuco) de boniato es muy apreciado por su contenido proteico y estimulante de la producción de leche en las cerdas lactantes, aunque, Díaz *et al.* (2012) informaron que, con el incremento del nivel de follaje de boniato en la dieta, la digestibilidad de los nutrientes es menor, lo que consideraron se debía al efecto de la fibra consumida.

- *Musa spp.* (plátano, banano)

El plátano y sus subproductos tienen un aporte en nutrientes bajo, pero sus contenidos en azúcares los convierten en un alimento energético aceptable. Algunos países altos productores y exportadores de plátano, utilizan los desechos de las cosechas y la selección para alimento animal, particularmente de los cerdos.

Son fuente importante de carbohidratos que en condiciones de inmadurez están en forma de almidón, que se transforma en sacarosa cuando las frutas maduran, a la vez que disminuye su contenido en taninos; son pobres en fibras y N. El follaje de plátano se ha incluido con satisfactorios resultados en dietas de aves semirústicas de reemplazos de ponedoras (Martínez, 2011).

Para los cerdos es mejor el plátano maduro, aunque grandes cantidades pueden provocar diarreas y por su bajo contenido proteico siempre requieren de un suplemento. También las plántulas maduras pueden servir de alimento.

Los plátanos verdes y las plántulas pueden secarse y usarse como harina en sustitución del 70-80 % de los granos en dietas porcinas, pero en las aves no debe sustituir más del 10 % del grano.

Fuentes proteicas

Leguminosas de granos

Más de 1 300 especies de la familia Leguminosae son conocidas, pero sólo una pequeña parte es empleada para la alimentación animal. Las semillas secas son 2-3 veces más ricas en proteína que la de los granos de cereales y algunas, como la soya, el maní y el frijol alado, son también fuentes de aceite.

En la actualidad existe un mayor interés por las leguminosas subexplotadas en aquellos lugares donde las tradicionales no son aptas agrónomicamente por factores climáticos. Las leguminosas son una buena fuente de proteínas y calorías, pero sólo una pequeña proporción de ellas se utiliza como alimento de los animales no rumiantes y los humanos, debido, en gran parte, a la presencia de factores antinutricionales (FANs) que influyen en la digestibilidad y la utilización de los nutrientes, además de las dificultades para su desintoxicación.

Al evaluar las potencialidades económicas de diferentes especies de leguminosas, soya (*Glycine max.*), dolichos (*Lablab purpureus*), mucuna (*Stizolobium aterrimum*), canavalia (*Canavalia ensiformis*, L.), frijol alado (*Psofocarpus tetrazonalabus*) y vigna (*Vigna unguiculata*) a partir de los costos de producción de estos cultivos y sus harinas, se evidenció que son alternativas que pueden emplearse en los piensos avícolas como fuentes de proteína, aun cuando la eficiencia productiva es in-

ferior a una dieta convencional (Cino *et al.*, 1999), pero de ellas, *V. unguiculata*, es la más promisoría por su bajo contenido en factores antinutricionales.

- *Vigna unguiculata* (caupí o frijol carita)

La siembra de variedades de *Vigna* durante el período lluvioso (mayo – julio) permite contar con una leguminosa capaz de producir grano y forraje en los meses de verano, lo que unido a su corto ciclo de vida (56 a 70 días), posibilita ocupar la tierra, precisamente, en los meses de menor competencia con cultivos tradicionales como: tabaco, papa y hortalizas y así utilizar de forma estratégica sistemas de rotación de cultivos, favoreciendo a través del proceso de fijación del nitrógeno y de sus residuos de cosechas el incremento de la fertilidad de los suelos (Díaz *et al.*, 2000).

La sustitución de la proteína que aporta la harina de torta de soya por harina de *vigna* secada al sol en dietas de trigo como cereal base, isoenergéticas, pero no isoproteicas, se logró hasta 35 % y en dietas isoproteicas de maíz hasta 50 % sin afectar el comportamiento productivo de los pollos de ceba e incluso hasta el 75 % con ventajas económicas por la sustitución parcial de la fuente proteica importada, disminución de la proteína dietética y sin suplementación de aminoácidos sintéticos (Lon-Wo, 2007).

- *Stizolobium spp* (mucuna)

La harina de mucuna a partir de granos tostados o extrusados mejoran la digestibilidad de los nutrientes y el comportamiento productivo respecto a los crudos (Lon-Wo *et al.*, 2002).

En la alimentación de conejos, Dihigo *et al.* (2004), lograron sustituir la harina de alfalfa por la harina de mucuna sin afectar los indicadores de digestibilidad y de comportamiento. La inclusión hasta un 30 % en dietas integrales para conejos en crecimiento ceba, mejoró la digestibilidad de los constituyentes de la pared celular.

Sin embargo, la harina de follaje de mucuna (*S. pruriens*) (Martínez *et al.*, 2007) al 10 % en dietas de pollos de ceba disminuyó la digestibilidad aparente de la proteína y la energía.

- *C. ensiformis* (frijol de Jack)

La canavalia es de todas las leguminosas de granos quizás la más estudiada para su incorporación como fuente proteica, por su alto rendimiento y adaptabilidad a los diferentes ambientes. Sin embargo, debido a los fuertes FANs (concanavalina A y canavanina) que contiene se ha sometido a fuertes procesos desintoxicantes con limitados resultados.

Lon-Wo *et al.* (2002) lograron elevar la digestibilidad de la MS y el N al extrusarlos en un equipo para alimentos humanos, donde la presión y la temperatura se controlaban de forma automatizada. Se reportaron resultados favorables al fermentar en estado sólido (FES) los granos de canavalia (sachacanavalia).

Los granos de canavalia sometidos a remojo durante 24 h y después autoclaveados y secados en estufa para convertirlo en harina se evaluó por Domínguez *et al.* (2015) en la alimentación de cerdos en crecimiento hasta un 15 % como sustituto parcial de la harina de soya frente a un control sin canavalia y otro con 5 % sin tratar. Este último fue eliminado porque los animales no consumían el alimento; con el procesamiento de los granos mejoró el consumo, pero respecto a la dieta convencional, disminuyó la ganancia de peso y empeoró la conversión alimenticia con el incremento del nivel de inclusión, lo que demostró que no se logró contrarrestar totalmente a los FANs presentes.

Árboles y arbustos

Por su amplia diversidad y características de adaptarse a las condiciones naturales del trópico, Los árboles y arbustos forrajeros ofrecen grandes perspectivas como solución biológica, práctica y económicamente viable para la alimentación animal, con la ventaja de ser perennes. Generalmente son recursos locales, relativamente ricos en proteína, con la desventaja de presentar factores antinu-

tricionales como su alto contenido en fibra. La tabla 4 muestra la composición química de algunos de estos forrajes (Macías, 2004).

Tabla 4. Composición química de muestras representativas de follajes de 40 especies arbóreas y arbustivas

Especie	MS	Ceniza	Materia orgánica	N	Fibra cruda	FDN
Algarrobo (<i>Albizia lebbekii</i>)	37,00	7,66	92,34	3,88	37,45	55,88
Piñón florido (<i>Gliricidia sepium</i>)	30,36	11,88	88,12	3,42	22,72	38,74
Guásima (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.)	33,96	11,32	88,68	2,29	25,88	38,78
Marpacífico (<i>Hibiscus rosa sinensis</i>)	16,66	12,71	87,29	3,15	16,71	31,00
Morera (<i>Morus</i> spp.)	35,41	13,26	87,47	2,65	26,44	35,67
Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	29,70	6,10	93,90	4,14	42,00	34,70
Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i>)	30,10	19,90	80,00	2,69	28,70	35,40

Fuente: Macías (2004)

Savón *et al.* (2007) plantearon que el valor nutritivo potencial de estos follajes, depende entre otros factores, de la calidad nutritiva de la fracción fibrosa, que incluye la estructura de sus paredes celulares, el origen y la naturaleza, además de sus propiedades físicas (solubilidad, volumen, capacidad de retención de agua y tamaño de las partículas) que permiten predecir sus efectos en las funciones gastrointestinales y metabólicas del organismo animal.

Los taninos condensados o no hidrolizables presentes se pueden unir a las proteínas endógenas en el intestino, que afectan la absorción de otros macronutrientes debido principalmente a la inhibición de las enzimas involucradas en el proceso digestivo y las enzimas microbianas que intervienen en la fermentación (Savón, 2004).

Para disminuir la cristalinidad de la celulosa y disociar el complejo lignocelulósico, se han ensayado varios métodos que a la vez que mejoran la calidad nutritiva de la fibra, pueden disminuir los factores antinutricionales, lo que influye en gran medida en la utilización de la proteína y la fibra por el animal. Una de las técnicas de cultivo más empleadas para este fin es la fermentación en estado sólido (FES) con la inoculación de hongos celulolíticos, que mejora su valor nutritivo, y permite según Valiño *et al.* (2015) la incorporación de éstas en formulaciones de dietas destinadas a animales monogástricos.

Diferentes forrajes frescos se han empleado en la alimentación de los conejos y en la harina como sustitutos de la tradicional alfalfa; las principales especies evaluadas con buenos resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Forrajes frescos o sus harinas de diferentes especies de plantas utilizadas en las raciones para conejos

Especie	Autores
Ramie (<i>Boehmeria nivea</i>)	Ponce de León (datos inéditos)
Teramnus (<i>Teramnus labialis</i>)	La O <i>et al.</i> (2017)
Marpacífico (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	Díaz <i>et al.</i> (2012)
Oro azul (<i>Phylla nodiflora</i> L)	
Bejuco de boniato (<i>Ipomoea batata</i>)	
Morera (<i>Morus alba</i>)	López y Montejo (2004) Martín-Martín <i>et al.</i> (2018)
Dolicho (<i>Lablab purpureus</i>)	Caro y Dihigo (2012)
Mucuna (<i>Stizolobium</i> spp.)	
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	Padilla <i>et al.</i> (2018)

Especie	Autores
Árbol del pan (<i>Artocarpus altilis</i>)	Leyva <i>et al.</i> (2012)
Tithonia (<i>Thitonia diversifolia</i>)	Ruiz <i>et al.</i> (2018)

- *Moringa oleifera* (moringa)

Esta planta puede rendir elevadas cantidades de forraje con alrededor de 17 % de proteína bruta, su contenido en sustancias antinutricionales es bajo y se han informado buenos resultados en la alimentación de aves (Valdivié *et al.*, 2011; Mesa *et al.*, 2015), cerdos y en conejos (Padilla *et al.*, 2018).

En el caso de la harina de forraje de moringa (tallos + hojas) de 35 a 60 días entre cortes y con una buena relación hoja:tallo (45:55) el contenido de proteína bruta en la materia seca (MS), varía entre 15,29 y 22,60 %, con una media de 19,28 %, lo que significa que una harina de forraje de moringa de buena calidad contiene 88 % de MS como promedio y alrededor de 16,97 % de proteína bruta (Scull *et al.*, 2012).

El contenido de aminoácidos de la hoja de moringa es elevado y bien balanceado, por lo tanto, se puede emplear en la dieta animal.

La energía metabolizable (EM) de la harina de forraje de moringa (tallo + hoja) de 45 a 65 días pos corte, se estima entre 1 700 y 1 900 Kcal de EM/kg para las aves, 2 250 Kcal de ED/kg para los cerdos y de 2 950 Kcal de ED/kg, para conejos; se considera que sus valores son similares o mejores a los de la harina de forraje de alfalfa.

La harina de forraje de *M. oleifera* se ha utilizado exitosamente en cantidades moderadas que varían entre el 10 y 15 % de las dietas para pollos de engorde (Madrazo *et al.*, 2012).

Mesa *et al.* (2015) lograron que pollitas White Leghorn alcanzaran un buen desarrollo y comportamiento productivo hasta alcanzar el pico de puesta a las 26 semanas, con la inclusión hasta 20 % de harina de moringa en las dietas. También se incrementó la pigmentación del pico, la piel y los tarsos, así como la grasa abdominal.

En patos, por su mayor capacidad para digerir la fibra, Valdivié *et al.* (2014) incorporaron altos niveles de forraje (hoja + tallo) hasta 35 y 45 % de 1 a 14 días y de 15 a 28 días de edad, respectivamente, con menores costos de alimentación.

Pérez *et al.* (2014) lograron resultados productivos y económicos al emplear hasta 10 % de harina de follaje de moringa, mientras que Tapia *et al.* (2014) informaron la sustitución hasta 20 % de soya por harina de follaje de moringa con resultados económicos favorables.

En cerdos con bajo peso al destete Mora *et al.* (2015) consideraron que era posible sustituir el 6 % del pienso comercial de crecimiento por la harina de follaje de moringa.

- *Morus alba* (morera)

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey en la búsqueda de nuevas fuentes de forraje para la alimentación animal ha trabajado en la evaluación del comportamiento de esta arbustiva forrajera en distintas condiciones edafoclimáticas, el efecto de los factores de manejo agronómico, así como el consumo, la digestibilidad, la respuesta animal y su potencial medicinal, además de valorar su uso en la crianza del gusano de seda (Martín *et al.*, 2014).

Domínguez *et al.* (2004) informaron que la inclusión de un nivel relativamente alto de harina de morera (30 %) en dietas para cerdos, no favorecía la digestibilidad rectal de los nutrientes dietéticos, lo que coincidía con un reporte de Leiva y Quiñones (2002) donde señalaban que sustituir 14 % del concentrado por harina de morera afectaba la digestibilidad de los nutrientes y sólo recomendaban hasta un 7 %, lo cual corroboraron Leiva *et al.* (2004) cuando en la medida que se incrementaba el porcentaje de harina de follaje de morera en dietas para cerdos en crecimiento, el consumo de alimento disminuía con detrimento en la ganancia de peso vivo, no así la conversión alimenticia, lo que demostró que la eficiencia alimenticia se correspondió con lo consumido.

Contrariamente, Muñoz (2003) al disminuir el alimento concentrado a cerdas en gestación, hasta 25 % con suministro de morera fresca, a voluntad, no halló afectación en el comportamiento; también

Contino y Ojeda (2006) hallaron buena respuesta reproductiva en hembras porcinas que consumieron morera fresca en un 37 % de la MS total del alimento y Almaguel *et al.* (2010) informaron que al sustituir hasta 20 % el Nuprovim (núcleo de proteína, vitaminas y minerales) no encontraron diferencias entre ambos tratamientos.

En pollos de ceba cuello desnudo se logró incluir hasta 9 % de harina de follaje de morera en la formulación del balanceado comercial pero solo el nivel de 3 % mostró resultados similares al control (Herrera *et al.*, 2014). Mientras que en un reporte preliminar Madrazo *et al.* (2015) informaron la posibilidad de incluir hasta 20 % para las aves.

La harina de morera se empleó con éxito en sustitución de la alfalfa en dietas para conejos Dihigo *et al.* (2008). También López y Montejo (2004) obtuvieron buena respuesta reproductiva en conejas mestizas alimentadas con morera incluida en piensos criollos.

Si bien parecen contradictorios los resultados informados respecto a la morera, deben considerarse los factores no nutricionales que pudieran estar involucrados como la especie, la edad, el estado fisiológico, tanto de los animales empleados como de la planta, lo cual es válido para la evaluación de cualquier alimento.

- *Tithonia diversifolia* (girasolillo, botón de oro, margaritona, margarita gigante y margarita isleña)

Los estudios relacionados con esta planta arbustiva se recopilaron por Ruíz *et al.* (2015), donde se presenta la composición química de la tithonia a diferentes edades de corte; el mejor período fue entre 70 y 90 días con un contenido de proteína bruta de 24,2 a 24,4 %, proteína verdadera entre 20,8 y 22,6 %, FDN de 33,3 a 37,3 %, lignina con 5,5 a 6,9 %, FDA de 28,8 a 30,9 %, celulosa de 21,1 a 24,6 %, hemicelulosa de 4,4 a 6,4 % y polifenoles de 1,6 a 3,5 %. Con excepción del contenido proteico que disminuyó, la fibra y sus fracciones, así como los FANs se incrementaron con la edad de corte.

La harina a partir de la planta integral cosechada entre 90 y 100 días, secada al sol y molinada redujo la ganancia de peso en cerdos al destete al sustituir hasta 10 % el pienso de inicio; pero es posible sustituir hasta el 10 % del pienso para cerdos en crecimiento. Mientras que, con 80 días de edad de corte, originó ganancias aceptables en las categorías de destete y crecimiento-ceba, con la sustitución de pienso al 5 y 10 %, respectivamente, para la pequeña y mediana producción porcina (Mora *et al.*, 2007).

Un aspecto sobresaliente acerca del uso de esta planta en la alimentación, es el posible efecto antiparasitario de la harina de follaje de tithonia (Savón *et al.*, 2008) cortado a 80 días de edad al 20 % de sustitución del pienso convencional (Ruíz *et al.*, 2015)2015

- *Leucaena leucocephala*

El estudio de esta planta para alimentar los animales monogástricos no ha recibido mucha atención, Fraga *et al.* (1993), al valorar la posibilidad de introducir harina de forraje de algunas plantas como *L. leucocephala*, *Chenopodium quinoa* W. y *Amaranthus cruentus* en aves, encontró que sólo era factible hasta un 5 % en pollos de ceba y un 10 % para gallinas ponedoras.

- *Artocarpus Altilis* (fruta del pan)

Es un árbol que puede medir hasta 20 m de altura, sus frutos son redondos de aproximadamente 20 cm de diámetro; cocinados y horneados se usan de la misma forma que las papas.

Los frutos se secan con facilidad y la harina tiene un olor agradable y resulta una buena fuente de energía para todas las especies animales.

Leyva *et al.* (2010) recomendaron incluir hasta 20 % de harina de la fruta del pan a expensas del maíz, como límite máximo en las dietas para pollos de engorde, y aunque esto implicaba un mayor aporte de harina de soya y una fuente de lípidos para lograr una dieta con una cantidad de nutrientes similar a una dieta convencional, aun significaba un ahorro económico por el bajo costo de la harina. También sugirieron que el deterioro del comportamiento con el nivel de 30 % pudo deberse a la presencia de sustancias antinutricionales.

Sin embargo, Ortiz *et al.* (2011) al evaluar dietas con 20 y 30 % para cerdos en ceba, aunque encontraron que el peso vivo final y la conversión alimentaria empeoraba, recomendaron utilizar hasta

30 %, aun cuando fuera necesario invertir mayor cantidad de días para alcanzar similares resultados a los de las dietas convencionales, ya que se reducían los costos de la alimentación, sin alterar la calidad de la carne.

Las dietas para cerdos en etapa de preceba, que incluyen hasta 15 % de harina de frutos del árbol del pan como sustituto parcial del maíz, no originan cambios significativos en los indicadores bio-productivos, según Brea *et al.* (2014).

- *Roystonea regia* H.B.K. Cook (palma real, palmiche)

Según Díaz y Ly. (2005) se estima que la producción anual de palmiche varía entre 4,1 a 4,9 t de MS/ha, lo que equivale a 96,1-112,2 MJ/ha, cifra no despreciable para la alimentación de los cerdos, pues su fruto entero o molido puede sustituir la miel final o los cereales en la etapa de engorde. El palmiche se acopia en la época de fructificación sin que estos árboles estén sujetos a ningún régimen de fertilización, riego o control de plagas (Contino *et al.*, 2015).

Es tradicional para los campesinos cubanos, el uso del palmiche en la alimentación de los cerdos tanto en cría extensiva como intensiva. Según Jiménez *et al.* (2015), la producción anual de palmiche se calcula que oscila en torno a 41-51 kg/palma en condiciones de vida silvestre, y que puede almacenarse en ambiente seco por unos diez días antes de ser molido e incorporado a la dieta.

Dirigido a la potencialidad de la harina de palmiche en la cría de cerdos y conejos se estudiaron 30 lotes procedentes de provincias occidentales (Artemisa, La Habana y Mayabeque) y orientales (Ciego de Ávila, Granma y Guantánamo) acopiados durante 2014, los que mostraron valores bajos de proteína total (5 a 6,8 %) y muy altos de FDN (53,9 a 57,2 %) y lignina (8,7 a 10,5 %) y el valor estimado para extracto etéreo fue de 25,9 a 32,2 % en el orden mencionado para el este y el oeste cubano (Caro *et al.*, 2015).

Si bien la capacidad digestiva del cerdo disminuye cuando se usan alimentos voluminosos como harina de palmiche (R. Arias, *et al.*, datos no publicados) y el tiempo dedicado al consumo se prolonga y disminuye la velocidad de ingestión (Batista, 2015) ésta aumenta cuando los frutos están molidos y con la edad de los animales (D. Oliva, datos no publicados). Ayala *et al.* (2015) sugieren que estas modificaciones en el patrón de consumo, posiblemente permitirán diseñar una estrategia de alimentación, *sui generis*, para cerdas reproductoras.

También existe la posibilidad del uso de aceite de palmiche, con fines medicinales (Morales *et al.*, 2013) y en dependencia del proceso de extracción que se emplee, origina un bagazo muy rico en fibras y relativamente pobre en aceite, que para emplearse en la alimentación de animales monogástricos, como el cerdo, y probablemente el conejo, requiere ser tratado previamente con materiales fibrolíticos con el fin de aumentar su eficiencia digestiva y los niveles de inclusión en la dieta (Grageola y Ly, 2014).

Utilización de pastoreo de los animales monogástricos

En el caso del pastoreo de los animales monogástricos hay que tener en cuenta que aunque consumen, en alguna medida, parte de los pastos presentes en estas áreas, su principal importancia radica en otras diversas fuentes de nutrientes que se encuentran en los pastizales como son numerosos insectos, hormigas, lombrices, ranas, algas, además de flores, hojas tiernas, granos y otros alimentos; es por ello que deben tenerse en cuenta diversos aspectos de orden tecnológico para compensar con otro tipo de suministro lo que los animales consiguen en el pastizal. En este sentido para gallinas ponedoras Valdivié y Bernal (2012) recomendó lo siguiente:

Utilizar *ad libitum* una de las fuentes de energía que se presentan en la tabla 6, o una oferta en comederos separados de varias de ellas para lograr un consumo por esa vía del orden de las 180 Kcal de EM/ave/día como mínimo.

Tabla 6. Fuentes energéticas alternativas para las gallinas ponedoras

Fuente energética	g/gallina/día ¹
Miel A	65
Miel B	70
Miel final (es la menos efectiva)	75
Harina de yuca	60
Harina de boniato	60
Harina de plátano verde fruta	65
Harina de fruta de árbol del pan	60
Azúcar de rechazo	60
Raíz de yuca fresca molida o bien troceada	170
Raíz de boniato fresca molida o bien troceada	170
Plátano burro maduro troceado	170
Maíz, trigo o sorgo (grano seco)	50
Palmiche seco troceado o molido	75
Tallo de caña fresco bien molido	180 ²

¹En esta tabla con los g/gallinas/día indicado para cada fuente de energía se aportan 180 Kcal de EM/gallina/día, por lo tanto cuando se utilicen varias de estas fuentes a la vez, un nutricionista debe calcular la cantidad diaria que aproximadamente se debe aportar de cada una de las dos o tres o más utilizadas cada día.

²Cuando faltan otras fuentes de energía, esta variante de tallo de caña bien molido, puede sustituir durante unos días a la fuente faltante de forma parcial o total. No se recomienda utilizarla como única fuente de energía.

Las mieles de caña de azúcar (rica, A, B o final) se disponen *ad libitum* en comederos o bebederos lineales, protegidos con rejillas metálicas que permitan la penetración de la cabeza de la gallina para ingerir la miel e impida que el resto del plumaje del cuerpo se ponga en contacto y se ensucie con la miel.

Los comederos de fuentes de energía se ubican dentro de la nave o caseta rústica donde las gallinas se alojan por la noche o durante el mal tiempo y en el área de pastoreo protegidos del sol, la lluvia y otros animales, garantizando oferta *ad libitum* durante las 24 horas del día.

Dentro de la nave o caseta rústica, se ponen a disposición de las aves, todos los días en el horario de la tarde cuando se recogen las gallinas, una o varias de las fuentes proteicas que se muestran en la tabla 7 para garantizar el 50 % de las necesidades proteicas de las gallinas o sea aportar 8g de proteína bruta/gallina/día, más alguna fuente de energía metabolizable.

Tabla 7. Fuentes proteicas alternativas

Fuentes proteicas	g/gallina/día
Levadura torula	20
Harina de soya	20
Gluten de maíz	20
Semilla de girasol con cáscara	45
Semilla seca de calabaza	27
Grano de vigna (caupí, frijolito chino, frijol carita)	40
Fruto del quimbombó de consumo humano seco al sol y molido	40
Ensilaje de desechos de pescado:miel (relación 40:60 %)	44
Grano de soya tostado o hervido	24
DDGS o <i>northgold</i>	31

Entre las 9:00 am y las 5:00 pm en los días normales sin lluvia ni fenómenos ambientales indeseables se le da acceso a las aves al pastoreo, para que a través del consumo de insectos, moluscos, pequeños invertebrados, pequeños vertebrados, semillas, frutos, inflorescencias, hojas proteicas y otros alimentos naturales disponibles en el área de pastoreo satisfagan sus necesidades de vitaminas y minerales unido a la ingestión de 7 a 8 g de proteína natural/gallina/día y 67 a 92 kcal de EM/gallina/día.

El pastoreo debe aportar:

- El 80 % de las vitaminas
- El grueso de los minerales
- De 7 a 8 g de proteína bruta/gallina/día
- De 67 a 92 kcal de EM/gallina/día

Para poder obtener los nutrientes y EM que necesita la gallina del pastoreo, este debe estar bien poblado de leguminosas, gramíneas, arbustos, algunos árboles, insectos y otra fauna acompañante y como norma se recomienda una superficie de 28,5m²/gallina semirústica o sea 350 gallinas/ha de pastoreo. Los árboles y arbustos además de alimentos generan sombra.

Ubicar varios comederos con carbonato de calcio, o conchas marinas molinadas (en polvo) ad libitum. Para los cálculos oficiales se consideran 10 g de carbonato de calcio/gallina/día o sea 3,65kg de carbonato de calcio/ave/año.

Depositar montículos de cachaza fresca o preferentemente seca en platos al sol, para que las gallinas satisfagan sus necesidades de fósforo y contribuya a cubrir sus requerimientos en otros minerales, vitaminas y proteína.

Suficientes bebederos con agua limpia ad libitum durante las 24 horas del día.

Una gallina semirústica necesita según la época del año 250 a 430 ml de agua/día (para beber).

Brindar 16 horas de iluminación por día con una intensidad mínima de 15 lux (intensidades superiores no dañan las gallinas, pero sí la economía).

Ubicar un nidal por cada 5 gallinas (construido de madera, palma, metal, plástico, cartón u otro material) en el centro de la nave de forma transversal para que exista una mayor penumbra:

- En el horario de la noche el nido permanece cerrado, para evitar que las gallinas duerman en él y lo excreten.
- Antes del amanecer se abren los nidales. pues entre ese momento y las 9:00am las gallinas ponen la mayoría de los huevos.
- En los nidales se deposita un lecho de viruta de madera, cáscara de arroz, heno, hierbas secas, cascarilla de café u otros materiales apropiados.

Los huevos se recogen de 5 a 8 veces al día.

Si las gallinas no se adaptan a los nidales antes de iniciar su vida como ponedoras (desde que ponen el primer huevo) depositarán sus huevos en el piso de la nave y en el pastoreo de forma indiscriminada.

La densidad de alojamiento dentro de la nave o caseta, será de 9 aves/m² de piso.

Los pastoreos se ubican en terrenos altos no pantanosos, con 5 o 6 cuarterones, cercados con mallas, balizas, cardón u otros materiales. Se recomienda en particular el cercado con caña energética.

Disponer de un almacén para harina de soya, levadura torula, el carbonato de calcio, equipos, utensilios y otros alimentos secos.

El espacio de bebedero (frente de bebedero) de miel rica para dentro de la nave es de 10 cm/ave y para el pastoreo es de otros 10 cm/ave.

El espacio mínimo de frente de bebedero de agua dentro de las naves es de 10 cm/ave y para el pastoreo es de otros 10 cm/ave.

Cuando se trabaja con mieles de caña en todos los patios o naves, se deben crear las condiciones para almacenar la miel del año, la cual debe estar protegida de la contaminación y deterioro por el agua de lluvia u otros contaminantes.

El frente de comedero lineal a ubicar dentro de la nave para suministrar los 8 g de PB/gallina/día es de 10 cm/ave. En el caso de comederos tubulares sería uno por cada 17 gallinas.

En las naves o casetas se deposita una cama de 10 cm de altura de uno o varios de los materiales siguientes: bagazo seco (90 % MS), ceniza de central, bagazo+ceniza, cáscara de arroz, viruta de madera, cascarilla de café, zeolita, turba seca, arena, tallo de yuca molido u otros materiales apropiados para camas.

Al lado de los comederos de miel se elimina la cama deteriorada por la miel todos los días y se repone con cama nueva para evitar la suciedad de las gallinas y los huevos.

¿Cómo enseñar a las gallinas a consumir la miel?

- Sumínistrela *ad libitum* en los comederos lineales.
- Durante los primeros 3 a 5 días de aprendizaje, deposite los 20 g de harina de soya o de levadura torula sobre la miel rica para obligar a la gallina a picar miel y reconocerla como buen alimento.
- Espolvoree maíz molido o algún pienso durante los 3 primeros días de adaptación sobre la miel rica de los comederos ubicados en el pastoreo.
- En 3 a 5 días el 100 % de las gallinas aprenden a consumir la miel rica y no es necesario mezclarla con más nada.
- La miel siempre se ofrece *ad libitum* pues a veces la pueden vender alterada (con menos grados Brix) y aporta menos energía, ocurren malas pesadas, malas mediciones de volúmenes, residuos de miel en los recipientes y se limita su suministro mecanizado.
- Cerca del patio de las gallinas debe existir un pequeño plato de secado, para secar y almacenar la cachaza para la época de no zafra y para secar el bagazo cuando se usa como cama avícola o para secar las harinas de yuca, boniato, plátano, hojas de yuca, hojas de boniato, quimbombó u otros alimentos; también se debe tener un molino de caña cuando se emplea ese alimento o una rebanadora de boniato, yuca o plátano cuando se usan como fuente de energía u otros que demanden de molinado o rebanado.
- Como terapéutica antiparasitaria, se aconseja suministrar antihelmínticos, fundamentalmente productos como el tetramisol, diluido en el agua de bebida en dosis de 0,3- g/L, durante 2 días, y repetir el tratamiento a las 5 semanas.
- Se aconseja respetar las cantidades y el tiempo de reposo indicados.
- Se debe suministrar 15 mL de vinaza/ave/día como coccidiostático, antiparasitario e inmunoes-timulante.

Importancia de la crianza de patos en pastoreo

- Un pato de más de 21 días de edad, utiliza los mismos alimentos groseros que un cerdo de más de 30 kg de peso vivo y los digiere y emplea con una eficiencia casi equivalente
- Son capaces de crecer, producir carne, reproducirse y producir huevos con dietas de muy baja proteína bruta (11 a 12,5 % PB) y muy baja EM (2 500 a 2 650 kcal/kg) cuando se ofertan *ad libitum*
- No se vacunan normalmente en Cuba y son más resistentes a las enfermedades, que las gallinas, pavos, pollos y cerdos; demandan de poco dinero para los medicamentos.
- A partir de los 21 días de edad pueden ir a los acuatorios de peces o al pastoreo en áreas arroceras u otras, con un mínimo de instalaciones rústicas (una cerca, bebederos y comederos)
- Sus excretas pueden fertilizar totalmente los espejos de agua o las tierras sobre las cuales pastorean
- Producen una carne de calidad comestible excepcional
- Huevos grandes y nutritivos

Pastoreo en campos de arroz recién plantados

- Esta tecnología se aplica con éxito en pequeños y medianos campos arroceros de Japón, Corea, China, Taiwán y Viet Nam

- En la etapa del cultivo comprendido entre el establecimiento de las plantas jóvenes de arroz y antes de la aparición de las espigas
- Los patos contribuyen también a la fertilización orgánica del arroz
- Con el pico, los patos mezclan también el lodo y el agua, contribuyendo al mejoramiento del suelo
- Los patos pueden satisfacer el 100 % de sus necesidades nutritivas diarias, a partir del alimento natural disponible en el campo de arroz, cuando las densidades no sobrepasan los 150 patos/ha
- Es necesario estar muy atento a la velocidad de crecimiento diario de los patos en función de la edad y hacer correcciones de la densidad de patos/ha o apoyar el alimento natural, con alguna suplementación de piensos tradicionales
- La edad óptima de los patos para introducirlos en el pastoreo es de 21 días o sea cuando están emplumados y tienen un peso vivo superior a los 700 g/pato
- Los patos deben mantenerse en pastoreo durante un mínimo de 12 horas
- En la noche se agrupan en dormitorios, construidos con cercas móviles de 80 cm de altura, donde se ubican las aves a razón de 5 aves/m² de piso, con acceso al agua de bebida
- En los dormitorios se pueden ubicar bombillos de luz a 1,5 m del suelo para aumentar la disponibilidad de alimento natural (insectos)
- Lo óptimo es darle acceso al pastoreo durante las 24 horas del día
- La ganancia de peso vivo oscila entre los 40 y 80 g/pato/día en función de la disponibilidad de alimento natural, de la edad de los patos y de la densidad de alojamiento (patos/ha).
- Algunos criadores sacrifican los patos terminado el pastoreo, mientras que otros los alimentan con piensos tradicionales durante 7 a 10 días, para lograr un mayor engrasamiento de la canal

Pastoreo de patos en áreas arroceras poscosecha

- Posterior a la cosecha y en particular cuando se irriga poscosecha con una capa de agua de 5 cm de altura
- Se genera una potente base alimentaria compuesta por granos de arroz del desgrane, espigas no cosechadas, espigas rebrotadas, espigas del arroz que germinó y creció, granos germinados, forraje del rebrote del arroz, paja, insectos, moluscos, crustáceos, alevines, estadios larvarios de ranas, animales pequeños, musgos, algas, plantas acuáticas, semillas y follajes de otras plantas
- En los meses de mayo a noviembre (214 días/año) la disponibilidad del alimento natural en las arroceras cubanas satisface totalmente los requerimientos nutritivos de 150 patos de ceba/ha ó de 80 patos de reemplazo/ha o de 80 patas dedicadas a la producción de huevos/ha
- Entre diciembre y abril disminuye la disponibilidad de alimento natural, se produce la migración de la fauna autóctona de las arroceras hacia las áreas de pastoreo, debido a que en diciembre se acelera el proceso de preparación de tierras para la campaña de invierno
- Es necesario disminuir la densidad de patos a 75 cebas/ha, 40 reemplazos/ha ó 40 ponedoras/ha y se hace la suplementación de pienso para patos siguiente: 80 g/pato/día entre diciembre y enero (62 días) y 120 g/pato/día entre febrero y abril (89 días) por lo cual muchos criadores reducen o suspenden el pastoreo de los patos en esos 5 meses
- El sistema de pastoreo permite también reducir los costos en instalaciones, pues las aves permanecen 12 horas/día pastando en los campos arroceros con agua y alimento natural *ad libitum* (sin comederos y sin bebederos)
- Las restantes 12 horas en un dormitorio que consiste en un cercado móvil de 80 cm de altura
- En el dormitorio se ubican 5 patos/m² de tierra seca
- La puesta de huevos se realiza en el horario nocturno (2:00 am a 7:00 am) sobre paja de arroz depositada en el piso
- Los patos de ceba se sacrifican con 1,7 a 2,5 kg de peso vivo
- Una ganancia diaria de 40 a 60 g/pato/día y viabilidad del 96 %
- Los patos de reemplazo alcanzan la madurez sexual entre los 21 y 24 semanas de edad así como el peso vivo y talla corporal apropiados, con una viabilidad del 97 %

- Los patos Pekín dedicados a la puesta o la reproducción, se pueden mantener en el sistema durante 7 u 8 meses
- Alcanzan un 60 % de postura y 99 % de viabilidad, lo que significa obtener entre 218 a 236 huevos/pata/año. Los indicadores de edad, peso, reemplazo, ponedores y otros, aparecen en la tabla 8.

Tabla 8. Indicadores principales del sistema de patos Pekín en áreas arroceras poscosecha

Edad mínima de incorporación al pastoreo	21 días
Peso vivo mínimo para incorporar al pastoreo	700 g/ave
Patos de ceba/ha entre mayo y noviembre	150 patos/ha
Patos de ceba/ha entre diciembre y abril	75 patos/ha
Patos de reemplazo/ha entre mayo y noviembre	80 patos/ha
Patos de reemplazo/ha entre diciembre y abril	40 patos/ha
Patas ponedoras o reproductoras/ha (mayo-noviembre)	80 patas/ha
Patas ponedoras o reproductoras/ha (diciembre-abril)	40 patas/ha
Ganancia de peso vivo durante la ceba	40-60 g/pato/día
Duración del reemplazo (63-168 días de edad)	105 días
Duración de la puesta	Hasta 240 días
Producción de huevos promedio durante la puesta	60-65 %
Viabilidad de las patas ponedoras o reproductoras	99 % mensual
Viabilidad de patos de reemplazo	97 %
Viabilidad durante la ceba en pastoreo	96 %
Entre mayo y noviembre el pastoreo garantiza 100% del alimento	214 días
Entre diciembre y enero suplementar 80g pienso/pato/día	62 días
Entre febrero y abril suplementar 120g pienso/pato/día	89 días
Entre diciembre y abril el pienso se suplementa en el dormitorio	-
Tiempo mínimo de pastoreo	12 horas/día
Área seca para alojamiento nocturno	5 patos/m ²
Huevos/pata/365 días	218-236
Tamaño de los grupos de patos	12 000 patos

Fuente: Valdivié *et al.* (2014)

Requisitos para la crianza de patos en Cuba:

1. Toda entidad económica estatal, cooperativa o privada para criar anátidas tendrá que obtener la licencia veterinaria que otorga el Instituto de Medicina Veterinaria (IMV) municipal con la aprobación de la instancia provincial del territorio donde se criarán los animales, una vez cumplidos los requisitos exigidos en este documento.
2. Las unidades de estas especies estarán totalmente desvinculadas de las unidades de gallinas.
3. Disponer de la fuente estable del alimento que se necesita para cubrir los requerimientos según la categoría en explotación.
4. Todas las unidades dispondrán de la fuerza de trabajo requerida y contarán con servicios veterinarios propios.
5. El productor o propietario de los animales está en la obligación de cumplir todas las regulaciones tecnológicas y sanitarias que se orienten por las instituciones competentes autorizadas para el desarrollo de esta especie.

- Las unidades serán inspeccionadas periódicamente por funcionarios del IMV en cada una de sus instancias. De encontrar violaciones tomarán las medidas según corresponda y de ser graves retirarán la licencia de crianza.

Consideraciones finales

Esta breve sinopsis demuestra que, en más de cinco décadas de investigación, las instituciones han acumulado suficiente información para poder disponer de estrategias de alimentación alternativa acorde con los recursos locales en cada región del país.

Son de especial significado para los países en vías de desarrollo del área tropical y subtropical porque pueden contribuir a mitigar la crisis del hambre y la subalimentación. Las tecnologías limpias para los sistemas alternativos de alimentación para animales monogástricos apoyarán el desarrollo de estos sectores, porque incluyen la participación de la mujer y elevan no sólo el nivel nutricional de las familias sino sus ingresos. Representan una estrategia para la autosuficiencia alimentaria y adquieren mayores dimensiones ante la necesidad de enfrentar el alza de los precios y la insostenibilidad de las producciones intensivas.

La producción alternativa llevada al contexto internacional permitirá a aquellos sectores poblacionales más necesitados mejorar su calidad de vida y demostrar que “*Un mundo mejor es posible*” como enunciara el Gral. de División Raúl Castro Ruz.

Referencias bibliográficas

- ALMAGUEL, R. E.; LY, J.; MEDEROS, CARMEN M. & MARTÍN, G. J. Uso del follaje de morera (*Morus alba*) en la ceba de cerdos alimentados con mieles de caña de azúcar. En: Milagros de la C. Milera, comp. *Morera: Un nuevo forraje para el ganado*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 276-280, 2010.
- Ayala, L.; Jiménez, L.; Martínez, M.; Oliva, D.; Arias, R. & Ly, J. Estudios de aceptabilidad y consumo de dietas de palmiche en cerdos en crecimiento. Avances de investigación. *Memorias del V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- Barlocco, N. Recría y terminación de cerdos en condiciones pastoriles. *Memorias: IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos*. Montevideo, 2007.
- Botello, A.; Cisneros, M. V.; Viana, María T.; Valdivié, M.; Pullés, E. & Téllez, E. Utilización de harina de caña proteica en la alimentación de juveniles de tilapia roja. *Rev. cubana Cienc. agric.* 45:411-415, 2011.
- Brea, Odelín; Ortiz, A. & Elías, A. Solid state fermentation of the fruit meal from the breadtree (*Artocarpus altilis*) in diets for pre-fattening pigs. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:391-398, 2014.
- Caro, Y.; Bustamante, D.; Arias, R.; Batista, R.; Pérez, N.; Contino, Y. *et al.* Estudios de la composición química de palmiches cubanos destinados a alimentar ganado porcino y cunícula. *RCPP*. 22 (2):79-81, 2015.
- Caro, Y. & Dihigo, L. E. Estudios de digestibilidad *in vitro* de harinas integrales de dolico (*Lablab purpureus*) y mucuna (*Stizolobium niveum*). *RCPP*. 19 (1). http://www.iip.co.cu/RCPP/191/191_09artYCaro.pdf, 2012.
- Castro, M.; Díaz, J.; Lezcano, P.; Elías, A & Iglesias, M. Sistemas de alimentación para cerdos en ceba con dietas basadas en miel B y pienso con saccharina. *Rev. cubana Cienc. agric.* 24:91-96, 1990.
- Castro, M. & Martínez, M. La alimentación porcina con productos no tradicionales: 50 años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal. *Rev. cubana Cienc. agric.* 48:189-196, 2015.
- Chará, J. D. & Suárez, J. C. Utilización de vinaza jugo de caña como fuente energética en patos Pekín alimentados con grano de soja y azolla como fuentes proteicas. *LRRD*. 5:11. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd5/1/julian.htm>, 1993.
- Cino, Delia M.; Díaz, María F.; Lon-Wo, Esmeralda & González, Acela. Evaluación económica de las harinas de granos crudos de leguminosas y su potencial de uso en la alimentación avícola. *Rev cubana Cienc. agric.* 33:127-133, 1999.

- Contino, Y. & Ojeda, F. Evaluación del consumo de morera fresca en cerdos Large White en el módulo de investigación-producción porcina. *Seminario Internacional de Porcicultura Tropical*. La Habana: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2006.
- Contino, Y.; Oliva, D.; Y., Caro & Ly, J. Estudios de propagación de palmas reales en Cuba. Avances de investigación. *Memorias del V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- Díaz, C. & Ly, J. La asociación palmas-cerdos: ¿Un sistema integrado espontáneo en producción porcina? *Memorias del VII Congreso Centroamericano y del Caribe de Porcicultura*. La Habana: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2005.
- Díaz, I.; González, C.; Reyes, J. L.; Delgado, E. & Ly, J. Digestión de follaje de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en cerdos. Digestibilidad *in situ* medida con bolsas móviles de nailon. *Rev. cubana Cienc. agric.* 48:137-143, 2012.
- Díaz, María F.; Padilla, C.; González, A. & Mora, C. Estudio comparativo de la producción de harinas de variedades de *Vigna unguiculata* para la alimentación animal. *Rev cubana Cienc. agric.* 34:369-378, 2000.
- Dihigo, L. E.; Savón, Lourdes; Forte, C. & Martínez, M. Efecto de la sustitución de la alfalfa por niveles de harina de follaje de mucuna (*Stizolobium niveum*) en dietas para conejos en crecimiento ceba. *Memorias del Seminario Internacional de Porcicultura Tropical*. La Habana: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2004.
- Dihigo, L. E.; Savón, Lourdes; Hernández, Y.; Domínguez, M. & Martínez, M. Caracterización físico química de las harinas de morera (*Morus alba*), pulpa de cítrico (*Citrus sinensis*) y harina de caña (*Saccharum officinarum*) para la alimentación de los conejos. *Rev. cubana Ciencia agric.* 42:65-70, 2008.
- Domínguez, H. A.; Macías, M.; Díaz, C.; Martínez, O.; Martín, G. & Ly, J. Digestibilidad rectal de nutrientes y balance de N en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de morera (*Morus alba*). *Memorias del Seminario Internacional de Porcicultura Tropical*. La Habana: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2004.
- Domínguez, P. L.; Antúnez, E.; Arias, R. & Ly, J. Uso del frijol tratado de canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) en dietas de mieles de caña de azúcar para cerdos en crecimiento. *RCP. 22* (3):145-147, 2015.
- Elías, A.; Lezcano, Orquídea; Lezcano, P.; Cordero, J. & Quintana, L. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico, en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido. *Rev. cubana Cienc. agric.* 24:1-12, 1990.
- Figuerola, Vilda. *Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, 1996.
- Figuerola, Vilda & Ly, J. *Alimentación porcina no convencional. Serie Diversificación*. México D.F.: GEPLA-CEA-PENUD, 1990.
- Fraga, L. M.; Valdiviá, M.; Elías, A. & Rodríguez, C. Alimentación de pollos de engorde con saccharina o leucacaccharina. *Rev. cubana Cienc agric.* 27:65-70, 1993.
- Fraga, L. M.; Valdiviá, M.; Febles, Milagros; Gutiérrez, Onelia & Rodríguez, Claudina. Una nota sobre la utilización de la Saccharina en la ceba de patos Pekín blancos. *Rev cubana Cienc. agric.* 28:345-348, 1994.
- Friedrich, T. La seguridad alimentaria: Retos actuales. *Rev. cubana Cienc. agric.* 48:319-322, 2014.
- González, L. M.; Valdiviá, M. & Elías, A. Saccharina y maíz (Sacchamaíz) para la ceba de pollos. *Rev. cubana Cienc. agric.* 31:283-288, 1997.
- González, Lidia M.; Valdiviá, M.; Lon-Wo, Esmeralda; Elías, A.; Rodríguez, Juana & Gutiérrez, Onelia. Nota sobre el uso de la Saccharina industrial en la ceba de pavos. *Rev cubana Cienc. agric.* 27:71-74, 1993.
- Grageola, F. & Ly, J. Royal palm (*Roystonea regia* H.B.K. Cook) nuts for pigs: ileal output of materials and dry matter digestibility. *VI Edición de la Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad*, 2014.
- Hermida, H.; Mora, L. M. & Valdiviá, M. Sustitución del maíz importado por harina de raíz de yuca nacional, en las dietas para pollos camperos cubanos. *Rev. cubana Cienc. avícola.* 35:5-11, 2011.

- Herrera, S. M.; Savón, Lourdes; Lon-Wo, Esmeralda; Gutiérrez, Odilia & Herrera, M. Inclusion of *Morus alba* leaf meal: its effect on apparent retention of nutrient, productive performance and quality of the carcass of naked neck fowls. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:259-264, 2014.
- Jiménez, L.; Martínez, M.; Oliva, D. & Ly, J. Acopio y mercadeo tradicional de palmiches en el occidente cubano. Avances de investigación. *Memorias del V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- La O, A. L.; Valdiviá, M.; Duran, P. & Cantalapedra, Jaqueline. Coeficientes de digestibilidad aparentes de los follajes *Teramnus labialis*, *Phylla nodiflora*, *Hibiscus rosa-sinensis* e *Ipomoea batata* en dietas para conejos en crecimiento. <https://www.engormix.com/cunicultura/articulos/coeficientes-digestibilidad-aparentes-follajes-t40379.htm>, 2017.
- Leiva, Liliam; López, J. L. & Quiñones, Y. Harina de morera (*Morus alba*) como sustituto del alimento convencional para cerdos en crecimiento. *Memorias del VI Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la Ganadería"*. [CD-ROM]. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2004.
- Leiva, Liliam & Quiñones, Y. Digestibilidad y comportamiento de cerdos de preceba alimentados con harina de morera y comportamiento de cerdos de preceba alimentados con harina de morera. *Memorias del V Taller Internacional sobre la utilización de Sistemas Silvopastoriles para la producción animal y I Reunión Regional de morera "Planta multipropósito"*. [CD-ROM]. Matanzas. Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2002.
- Leyva, Coralia S.; Valdiviá, M. & Ortiz, A. Utilización de harina de frutos y hojas del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) en la ceba de conejos Nueva Zelanda Blanco. *Pastos y Forrajes*. 35 (4):443-451, 2012.
- Leyva, Coralia S.; Valdiviá, M.; Ortiz, A.; Febles, M. & Dieppa, O. Meal of breadfruit tree (*Artocarpus altilis*) as alternative substitute for corn in broiler chicken diets. *Cuban J. Agric. Sci.* 44:43-47, 2010.
- Lezcano, P.; Martínez, M.; Vázquez, A. & Pérez, O. Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience. *Cuban J. Agric. Sci.* 51:1,-10 2017.
- Lezcano, P.; Valdiviá, M. & Marrero, A. Utilización de la sacarina en animales monogástricos. *Resúmenes del II Encuentro de animales monogástricos*. p. 199-214, 1994.
- Lon-Wo, Esmeralda. Retos y perspectivas del uso de fuentes proteicas alternativas para la alimentación de las aves. *Rev. cubana Cienc. agric.* 39:465-473, 2005.
- Lon-Wo, Esmeralda. Sistemas alternativos de alimentación para animales monogástricos. *Memorias del Encuentro de producción de animales monogástricos*. Montevideo: Universidad Central del Uruguay, 2007.
- Lon-Wo, Esmeralda; Beltrán, M. D.; Camps, M.; Rodríguez, B. & Dieppa, O. Extrusión, tostado o secado al sol de granos de leguminosas tropicales. Nota técnica. *Rev. cubana Cienc. agric.* 36:149-152, 2002.
- López, O. & Montejo, I. L. Evaluación de indicadores productivos en conejas mestizas alimentadas con morera y otros forrajes. *Memorias del VI Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la Ganadería"*. [CD-ROM]. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2004.
- Macías, M. Estudio del potencial de árboles y arbustos tropicales como fuentes forrajeras de proteínas para cerdos. *Memorias del Seminario de Porcicultura Tropical*. La Habana: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2004.
- Madrazo, G.; Mendoza, Y.; Bermúdez, J. J.; Fumero, E.; Godínez, Ofelia; Arias, R. *et al.* Evaluación de *Moringa oleifera* en la alimentación de las aves. *Taller Nacional Resultados y buenas prácticas para el fomento y utilización de Moringa oleifera en Cuba*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, EEPF Indio Hatuey, 2012.
- Madrazo, G.; Mendoza, Y. & Godínez, O. Evaluación de la harina de follaje de morera (*Morus alba*) en la alimentación de las aves. Estudio preliminar. *Memorias del V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- Makkar, H. P. S. & Ankers, P. Towards sustainable animal diets: A survey-based study. *Anim. Feed Sci. Tech.* 198:309-322, 2014.
- Martín-Martín, G. J.; Noda-Leyva, Yolai; Pentón-Fernández, Gertrudis; González-Ybarra, N.; Martínez-Peréz, M. & Díaz-Solares, Maykelis *et al.* *Morus alba*, L., una planta multipropósito para la producción ani-

- mal en Cuba. *Memorias del VI Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 2273-2277, 2018.
- Martín, G. J.; Pentón, Gertrudis; Noda, Yolai; Contino, Y.; Díaz, M.; Ojeda, F. *et al.* Comportamiento de la morera (*Morus alba* L.) y su impacto en la producción animal y la crianza de gusanos de seda en Cuba. *Rev. cubana de Cienc. agríc.* 48:73-78, 2014.
- Martínez, Madeleidy. *Efecto de la suplementación con follaje de plátano (Musa paradisíaca) en indicadores morfofisiológicos, productivos y reproductivos de aves semirrústicas de reemplazos de ponedoras*. Tesis de Master en Producción Animal para la zona tropical. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2011.
- Martínez, Madeleidy; Sarmiento, L.; Rodríguez, Z.; Savón, Lourdes; Dihigo, L. E. & Rodríguez, R. Digestibilidad aparente de la proteína y la energía en pollos de ceba que consumen harina de follaje de *Stizolobium deeringiana*. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 41:61-66, 2007.
- Mesa, O.; Valdivié, M.; Berrío, M.; Couso, Z. & Rodríguez, B. Empleo de diferentes niveles de harina de *Moringa oleifera* en las dietas para reemplazos de ponedoras. *Memorias del V Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.
- Montilla, J. J. Agricultura para la alimentación de las aves y cerdos en el trópico. *Memorias de la II Encuentro Regional de Nutrición y Alimentación de Monogástricos*. La Habana. p. 1, 1994.
- Mora, L.; Hidalgo, K. & Rodríguez, Y. Una nota sobre el uso de harina de follaje de moringa (*Moringa oleifera* Lam) en la alimentación de lechones destetados con bajo peso. *RCCP*. 22:141. http://www.iip.co.cu/RCCP/223/223_LMMora.pdf, 2015.
- Mora, L.; Savón, Lourdes; Casteñeda, S.; Vázquez, Y. & Rodríguez, Y. Diferentes niveles de harina de follaje de girasolillo en sustitución del pienso para cerdos al destete. *Memorias del II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2007.
- Morales, C. L.; González, V. L.; Marrero, D.; Rodríguez, E. A.; Sierra, R. C. & Vicente, R. Caracterización físico-química de la torta residual de la producción del D-004: extracto de lípidos de los frutos de *Roystonea regia*. Nota técnica. *Rev. cubana Cienc. agric.* 47:409-411, 2013.
- Muñoz, C. H. *Sustitución parcial de alimento comercial por morera (Morus alba) en la alimentación de cerdas gestantes. Aspectos técnicos y económicos*. Tesis de maestría en Producción Animal Tropical. Conkal, México: Instituto Tecnológico No. 2, 2003.
- Ortiz, A.; Martí, O.; Valdivié, M. & Leyva, Coralia S. Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) en dietas para cerdos en ceba. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 45:145-149, 2011.
- Padilla, C.; Valenciaga, Niurka; Crespo, G.; Sardiñas, Y.; Rodríguez, Y. & Toral, Odalys, et al. Estudios agronómicos en *Moringa oleifera* (Lam.) en Cuba. *Memorias del VI Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 2212-2215, 2018.
- Pérez, E. O.; Tefera, S.; López, W. & Sánchez, A. Efecto de diferentes niveles de inclusión de *Moringa oleifera* en el comportamiento bioproductivo de gallinas ponedoras. *Rev. cubana Cienc. avícola*. 38:43-48, 2014.
- Ponce de León, Raquel; Elías, A. & Guzmán, G. Evaluación de harinas de caña enriquecidas en dietas no convencionales de conejos. *II Congreso de Cunicultura de las Américas*. La Habana. p. 137, 2002.
- Ravindran, V. *Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Revisión del desarrollo avícola*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/docrep/016/al706s/al706s00.pdf>, 2014.
- Rodríguez, A. Cambio climático, agua y agricultura. *COMUNICA*. 1 (II Etapa):13-23. <http://repiica.iica.int/docs/B0482e/B0482e.pdf>, 2007.
- Rodríguez, S.; Boucourt, R.; Elías, A. & Herrera, F. Effect of layer height on the fermentation dynamics of sugar cane and sweet potato mixtures. *Cuban J. Agric. Sci.* 40:161-166, 2006.
- Ruíz, T. E.; Alonso, J.; Febles, G.; Galindo, Juana; Savón, Lourdes; Chongo, Bertha *et al.* *Tithonia diversifolia, arbusto de interés para la ganadería*. Premio ACC, CITMA Mayabeque y MINAG. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2015.

- Ruiz, T. E.; Alonso, J.; Febles, G. J.; Galindo, Juana; Savón, Lourdes & Chongo Berta *et al.* Evaluación y selección de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en Cuba. *Memorias del VI Congreso de Producción Animal Tropical*. [CD-ROM]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 2345-2348, 2018.
- Savón, Lourdes. Perspectivas de utilización de harinas de follajes tropicales para la alimentación de especies monogástricas. *Memorias del Seminario de Porcicultura Tropical*. La Habana: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2004.
- Savón, Lourdes; Scull, Idania; Orta, Mayelín & Martínez, Madeleidy. Harinas de follajes integrales de tres leguminosas tropicales para la alimentación avícola. Composición química, propiedades físicas y tamizaje fitoquímico. *Rev. cubana Cienc. agric.* 41:359-361, 2007.
- Scull, Idania; Padilla, C.; Savón, Lourdes; Orta, Ybett; Ramos, Yasmely; Ortega, Dania *et al.* Composición química de accesiones de *Moringa oleifera*. *Taller Nacional Resultados y buenas prácticas para el fomento y utilización de Moringa oleifera en Cuba*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, EEPF Indio Hatuey, 2012.
- Tapia, Lilia I.; Negrín, A. B. & González, J. A. Comportamiento productivo de gallinas ponedoras (White Leghorn) alimentadas con harina de *Moringa oleifera*. *Rev. cubana Cienc. avícola*. 38:21-26, 2014.
- Toledo, J. P. *Procedimientos operacionales de trabajo para los aspectos nutricionales del cultivo de la tilapia*. La Habana: Ministerio de la Industria Pesquera, 2007.
- Valdivié, M.; Elias, A. & González, I. Saccharina para pienso en pollos de engorde con zeolita, azúcar y levadura torula. *Rev. cubana Cienc. agric.* 27:195-204, 1993.
- Valdivié, M. & Bernal, H. *Alimentación de aves, cerdos y conejos con yuca, batata, banano, arroz, caña, DDGS y amaranto*. La Habana: EDICA, 2012.
- Valdivié, M.; Bicudo, S. J.; Curcelli, F.; Bernal, H. B.; Morales, H. & Gutiérrez, E. *et al.* *Alimentação de animais monogástricos. Mandioca e outros alimentos não convencionais*. Botucatu, Brasil: Editora FEPAF, 2011.
- Valdivié, M. & Elías, A. Posibilidades del grano de *Canavalia ensiformis* fermentado con caña (*Sacchacana*) en pollos de ceba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 40:459-464, 2006.
- Valdivié, M.; Elías, A. & Dieppa, O. Alimentación de gansos con Saccharina. 1. Etapa de ceba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 24:97-101, 1990.
- Valdivié, M.; Mesa, O. & Rodríguez, B. Dietas para inicio y crecimiento de patos con altos contenidos de harina de forraje de moringa. *Rev. cubana Cienc. avícola*. 38:49-52, 2014.
- Valiño, Elaine; Savón, Lourdes; Elías, A.; Rodríguez, M. & Albelo, N. Nutritive value improvement of seasonal legumes *Vigna unguiculata*, *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium niveum*, *Lablab purpureus*, through processing their grains with *Trichoderma viride* M5-2. *Cuban J. Agric. Sci.* 49:81-89, 2015.
- Zacarías, J. B.; Valdivié, M. & Bicudo, S. J. Meal of cassava foliage as pigment of diets with cassava meal and oil of African oil palm for laying hens. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:187-191, 2012b.
- Zacarías, J. B.; Valdivié, M. & Bicudo, S. J. Sustitución total del maíz por harina de raíz de yuca y del aceite de palma africana en pollos pesados. *Rev. cubana Cienc. avícola*. 35:73-87, 2011.
- Zacarías, J. B.; Valdivié, M. & Bicudo, S. J. Substitution of corn and soybean oil by cassava meal and African palm tree oil in diets of laying hens. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:175-180, 2012a.

SECCIÓN D.

Agroenergía y desarrollo territorial



CAPÍTULO 22. Agroenergía, medioambiente y seguridad alimentaria: un reto para la agricultura actual y futura

Jesús Suárez-Hernández, Giraldo Jesús Martín-Martín¹, José Armando Sotolongo-Pérez², Emigdio Rodríguez-del Río³, Valia Savran⁴, Luis Cepero-Casas¹, Fernando Funes-Monzote¹, Jorge Luis Rivero-Moreno⁵ y Dairom Blanco-Betancourt¹

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, (EPPFIH) Matanzas, Cuba

²Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible, Guantánamo, Cuba

³Estación de Pastos de Sancti Spiritus, Sancti Spiritus, Cuba

⁴Dirección de Planificación Física de Cabaiguán, Sancti Spiritus, Cuba

⁵Estación de Pastos de Las Tunas, Cuba

Introducción

Al abordar las fuentes renovables de energía en el medio rural, es inevitable no hacer referencia a temas de gran importancia y muy controvertidos como son: agroenergía o bioenergía, biocombustibles, inseguridad alimentaria y cambio climático. Al respecto, los grupos de expertos sobre política bioenergética, mercados, comercio y seguridad alimentaria, y perspectiva mundial de la seguridad alimentaria y de los combustibles analizaron conjuntamente la situación y las perspectivas futuras de los biocombustibles, identificaron acciones prioritarias, que abordan los efectos del cambio climático y la producción de biocombustibles en la seguridad alimentaria, y determinaron las posibles oportunidades de la producción de biocombustibles para el desarrollo agrícola y rural FAO (2008).

Por otra parte, el crecimiento notable de la población mundial y las expectativas de un nivel de vida más elevado impulsan la demanda creciente de productos agrícolas (FAO, 2009a), lo que implica una presión creciente sobre los recursos naturales. Al mismo tiempo, la industrialización, la comercialización y la globalización han aumentado la presión sobre estos recursos, los que junto a los servicios del ecosistema han sido poco valorados o depreciados por el mercado y, en consecuencia, utilizados en exceso. Asimismo, el cambio climático y la ampliación de la producción de biocombustible como posible fuente de energía limpia, someterán a los recursos naturales de la Tierra a una presión adicional considerable (FAO, 2009b).

Según la Agencia Internacional de Energía, la dependencia de energía basada en combustibles fósiles no es sostenible, en términos de seguridad del suministro y de los efectos ambientales (FAO, 2008b). Sin embargo, la agroenergía puede contribuir a satisfacer, al menos en parte de la creciente demanda energética. Ello exige el desarrollo de nuevos conocimientos y políticas que promuevan el acceso de las personas a la agroenergía, pero logrando una seguridad alimentaria sin afectaciones al medioambiente. Por tanto, las iniciativas que se desarrollen pueden ofrecer nuevas oportunidades a las comunidades rurales; una de ellas es la producción de agroenergía a partir de la biomasa en los sistemas agroforestales integrados, que permita compatibilizar la seguridad alimentaria y la protección ambiental (Suárez y Martín, 2010); en el 2007, la biomasa se utilizó para generar el 10 % de la demanda mundial de energía primaria (FAO, 2008c). El objetivo de este capítulo es analizar la situación mundial y el lugar de Cuba en los avances sobre el tema agroenergía, seguridad alimentaria y medioambiente.

Situación global actual: la agroenergía, la seguridad alimentaria y la protección del medioambiente

La situación global está marcada por diversos peligros (Suárez y Martín, 2010), que también inciden en el sector agropecuario, tales como:

- Un notable declive de los recursos no renovables.

- El deterioro ambiental, causado por la contaminación y el recalentamiento global, con una mayor incidencia de los países más desarrollados, que aportan 46,2 % de las emisiones globales de CO₂ (para una mejor idea, India y China generan 1,1 y 3,5 t CO₂/persona, respectivamente); mientras que EE.UU., Canadá, Alemania, Gran Bretaña y Japón 20,2; 16,5; 9,8; 9,6 y 9,4 %, respectivamente y la OECD⁹ 1,3 t CO₂/persona (Preston, 2007).
- Incremento de la población mundial y de la demanda de productos agrícolas y pecuarios.
- Los subsidios a los productores (pero de los países más ricos).
- Nuevas crisis: energética, alimentaria y financiera.
- El 85 % de la energía mundial se produce a partir de combustibles fósiles (el consumo mundial actual es de alrededor de 90 millones de barriles diarios, lo que es insostenible).

En la actualidad, 1,6 billones de personas en el planeta aún no tienen acceso a la electricidad y más de dos billones dependen, a diario, de la biomasa para cocinar sus alimentos y calentarse, lo cual genera un considerable impacto ambiental, ya que una proporción considerable de esta biomasa —leña y carbón— origina la deforestación de los bosques, los cuales, en su mayoría, no se manejan sosteniblemente; por ejemplo, en el África subsahariana, según World Bank (2008), el 90 y 70 % de la energía doméstica y total, respectivamente, provienen de la leña y el carbón. A esta crítica situación se añade que, según estimaciones de la FAO, anualmente 113 millones de hectáreas de bosques son convertidos en áreas agrícolas, con alta incidencia para las pasturas, principalmente en los trópicos. La pérdida de los bosques y la combustión incompleta de la biomasa tienen una notable contribución en el cambio climático, el cual ya existe y no es posible evitarlo, sino mitigarlo de una manera eficaz y ambientalmente razonable.

Asimismo, globalmente se sufre una crisis alimentaria notable. En este sentido, Castro (2007) planteó que mil millones de personas padecen hambre, lo cual se acrecienta, ya que la crisis financiera la está desplazando en el debate gubernamental y público, lo que es una amenaza para resolverla (Afonso, 2009). También es cierto que la creciente crisis alimentaria se ha propiciado, en parte, por una insensata política para obtener biocombustibles de primera generación (bioetanol y biodiésel) a partir de grandes empresas y extensiones de monocultivos alimentarios, pero creando la gran contradicción “biocombustibles *vs.* alimentos”.

Los biocombustibles líquidos se promueven debido a un creciente negocio conjunto entre compañías agrícolas y petroleras, productores de autos y centros de biotecnología, con una considerable inversión, en la que países pobres convierten sus tierras en monocultivo y se preparan sistemas de transporte que acerquen esos combustibles al Primer Mundo. Esta política ha generado un notable incremento de los precios de los alimentos y, en numerosas ocasiones, hambre, pobreza, degradación ambiental y pérdida de la biodiversidad (Indonesia y sus 6,5 millones de ha de monocultivo de palma aceitera es un lamentable ejemplo).

El aumento récord de los precios de los alimentos es generado por el rápido crecimiento de la demanda de materia prima para los biocombustibles, lo que ha tenido efectos sobre otros productos básicos. La inflación de dichos precios es especialmente problemática en los países en desarrollo que invierten en compras considerables de alimentos (FAO, 2008b; Mueller *et al.*, 2011). Al respecto, Suárez y Martín (2010) consideran que utilizar alimentos para producir biocombustible es moralmente rechazable, mientras una parte considerable de la población mundial sufre hambre y desnutrición.

Sin embargo, dichos biocombustibles son promocionados por gobiernos e instituciones internacionales como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) —aspecto controvertido y abordado por Treesilvattanakul (2013), Taheripour y Tyner (2013), Treesilvattanakul *et al.* (2014), Liska *et al.* (2014), Wang *et*

⁹ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos agrupa a 36 países miembros y su misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo.

al. (2014), Röder *et al.* (2015) y Dwivedi *et al.* (2015) y para promover el desarrollo de comunidades rurales de países del Sur que son las zonas productoras. Entre los defensores de la producción sostenible de biocombustibles líquidos se encuentran el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2007).

El Programa Bioenergía y Seguridad Alimentaria (FAO, 2008d), el Departamento de Manejo de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la FAO (Bogdanski *et al.*, 2011) y la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2009), así como Romijn *et al.* (2014), Van Eijck *et al.* (2014a; 2014b) y De Menna *et al.* (2015), promueven el desarrollo de normas y sistemas sostenibles para su producción.

La producción mundial de biocombustibles en 2017 alcanzó 143 billones de litros –más del 80 % concentrada en Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea- (REN21, 2018), respecto a los 35 billones en 2006 (European Commission, 2006), destacando el bioetanol en ambos períodos, aunque el biodiésel tiene una mayor tasa de crecimiento. En 2017, los líderes mundiales en la producción de biodiésel fueron Estados Unidos, Brasil, Alemania, Argentina e Indonesia, mientras que la de bioetanol es liderada por los dos primeros países, seguidos por China, Canadá y Tailandia; en la generación de electricidad a partir de biomasa destacaron China, EE.UU., Brasil, Alemania y Japón (REN21, 2018). En 2016, del consumo de energía final total en el planeta, las FRE representaron el 10,4 %, de ello el 0,9 % correspondió a biocombustibles líquidos para transporte (REN21, 2018).

Agricultura y cambio climático: sus interacciones

La agricultura y el cambio climático están interrelacionados, a criterios de Nelson (2009), debido a varias razones clave:

- El cambio climático tiene, y tendrá más efectos negativos en la agricultura.
- La agricultura puede ayudar a mitigar dicho cambio, ya que contribuye con 14 % de las emisiones anuales de GEI, sobre todo la ganadería con el metano, así como con 19 % de los cambios en el uso de la tierra, incluida la pérdida de bosques.
- Los productores agrícolas del Tercer Mundo necesitan ayuda para adaptarse a dicho cambio.

En este sentido, la agricultura (especialmente, la ganadería) y los cambios en el uso de la tierra, así como la deforestación para establecer cultivos y pasturas, contribuyen con el 13 y 17 %, respectivamente, de las emisiones totales de GEI, lo cual ha sido abordado por autores como Mintz-Habib (2013) y Carlson *et al.* (2013); además, si bien las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la agricultura son reducidas, las emisiones del sector representan 60 % de todo el óxido nitroso (N_2O), por el uso de fertilizantes, y alrededor de 50 % del metano (CH_4), que proviene principalmente de humedales naturales y cultivados, y de la fermentación entérica (FAO, 2008b).

La FAO prevé que las emisiones de CH_4 y N_2O aumenten en 35-60 % para el 2030, debido al uso creciente de fertilizantes nitrogenados y al aumento de la producción ganadera, en respuesta a una mayor demanda de alimentos. Sin embargo, la agricultura y las actividades forestales disponen, en principio, de un potencial considerable de mitigación de GEI. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático estima que el potencial técnico mundial de mitigación correspondiente a la agricultura (excluido el sector forestal) variará entre 5 500 y 6 000 Mt equivalente de CO_2 al año para el 2030, donde el 89 % se derivará de la retención del carbono en los suelos (Metz *et al.*, 2005).

Asimismo, para mitigar el cambio climático es clave solucionar el problema energético, a partir de la descarbonización del suministro de energía (Worldwatch Institute, 2010), mediante cuatro opciones, no excluyentes (Nestle, 2008): la energía nuclear, la eficiencia energética, la captura y secuestro de carbono, y las fuentes renovables de energía; en ello desempeñan un papel clave los sistemas agroforestales integrados, con notables experiencias y un enorme potencial en la ganadería.

Dicha mitigación es un objetivo político del desarrollo de la agroenergía en muchos países. Al respecto, la FAO (2008c) considera que los sistemas que emplean desechos orgánicos y residuos agrícolas y forestales, así como la plantación de especies perennes para la generación de energía en tierras degra-

dadas, ofrecen un alto potencial de reducción de las emisiones de GEI; WBGU (2010), Smeets y Faaij (2010), Jamieson *et al.* (2010), Thelen *et al.* (2010) y Haberl *et al.* (2011) evaluaron las perspectivas y prioridades de la mitigación y adaptación al cambio climático en la agricultura y coinciden con lo planteado anteriormente.

En el caso de las emisiones de GEI a partir de la agroenergía, un apropiado balance dependerá del uso efectivo de los co-productos de los procesos de conversión y procesamiento de la agroenergía, según criterios del World Wide Fund for Nature (WWF, 2006), con lo cual pueden ser minimizadas tanto las emisiones de estos gases, como la erosión y degradación de los suelos (el término “co-producto” es preferido al de “subproducto”, pues en ocasiones los coproductos tienen un mayor valor que el producto final, como las tortas de prensado y las cáscaras en la producción de biodiésel, y los efluentes de la producción de biogás como alimento animal y biofertilizantes). Brasil es un ejemplo de ello, donde la caña de azúcar tuvo una relación entre la energía renovable producida y la energía fósil utilizada de 8,9 para el bioetanol, cerca de cinco veces mejor que en el caso del maíz; asimismo, ese bioetanol genera emisiones de GEI casi cuatro veces menor a las producidas por el fabricado a partir de cereales (Anon, 2009).

Tendencias y experiencias en el desarrollo de la agroenergía a nivel global

El tema del desarrollo de la agroenergía a escala, tanto global, regional como nacional, ha sido abordado por diversos autores (IEA, 2009; FAO, 2009c; Bos *et al.*, 2010; European Commission, 2010; FAO, 2010; Fischer *et al.*, 2010; Smeets y Faaij, 2010; WBGU, 2010; Haberl *et al.*, 2011), y al respecto la FAO (2008b) identificó un conjunto de tendencias que muestran la comprensión del contexto que vincula a los biocombustibles, el cambio climático y la seguridad alimentaria, las cuales son las siguientes:

- La aceleración de las inversiones en biocombustibles se contrapone a los cambios en los sectores rurales de los países en desarrollo que están impulsados por la integración comercial y el rápido aumento de los precios alimentarios.
- La ampliación de la producción de biocombustibles está impulsada por políticas adoptadas para promover los ingresos de los agricultores, la seguridad energética, la mitigación del cambio climático y el desarrollo rural, sobre todo en los países desarrollados.
- El aumento de los costos de los alimentos y el petróleo causa dificultades financieras a las familias pobres. En particular, muchos países designados por la FAO como países con inseguridad alimentaria, son también importadores netos de estos productos.
- La creciente atención al cambio climático, las emisiones de GEI, los cambios en la utilización de la tierra y las cuestiones ambientales conexas, se han focalizado en si los biocombustibles representan una solución a estos problemas o están agravándose (en este aspecto es clave el análisis del ciclo de vida y del impacto ambiental).
- El aumento del precio del petróleo contribuye a elevar los costos de los productos básicos, sobre todo de alimentos; además, según sube el precio del petróleo, resulta más rentable para los productores de biocombustibles ampliar su producción y pagar más por las materias primas agrícolas, lo que genera una competencia que hace aumentar sus precios y, por ello, los de los alimentos; con ello se incrementa el costo para los consumidores.

Referente a las experiencias, actualmente las alternativas tecnológicas más tratadas son las asociadas a los biocombustibles líquidos, aunque las fuentes para producir agroenergía son diversas y en ellas también se incluyen la digestión anaeróbica para la producción de biogás, la gasificación y la pirolisis de biomasa para la producción de electricidad, la leña y el carbón vegetal, entre otras.

Existe una “primera generación” de biocombustibles, producidos con aceite vegetal y grasa animal, como el bioetanol y el biodiésel. La producción de bioetanol se basa, principalmente, en la caña de azúcar, mediante la fermentación y posterior destilación en los países tropicales, y en el maíz y otras amiláceas, con un proceso similar pero antecedido por una hidrólisis, en los países templados. Se han desarrollado experiencias con otras plantas; en la India se generaron variedades de sorgo dulce, con

alto contenido de sacarosa y adaptadas a zonas áridas y semiáridas, para producir bioetanol; mientras que en Tailandia, China y Colombia se utiliza la yuca.

En cuanto a su competitividad, las experiencias comparativas indican que la producción de algunos biocombustibles, especialmente el bioetanol, es más competitiva a nivel industrial a gran escala, debido al alto costo de la inversión relacionada con el proceso de elaboración (FAO, 2008c). Sin embargo, se han desarrollado experiencias exitosas en minidestilerías para la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar, en Brasil, y de yuca en Colombia, promovida por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ospina, 2009).

El biodiésel utiliza como materia prima los aceites de cultivos convencionales, como soya (rendimiento promedio en aceite de 420 L/ha), girasol (890 L/ha) y colza (1 100 L/ha), en países templados, y la palma aceitera africana (5 500 L/ha), en los trópicos húmedos, además de la grasa animal, mediante el proceso de transesterificación; sin embargo, en los últimos años se ha ampliado el uso de plantas arbóreas tropicales, como *Jatropha curcas* y *Ricinus communis* (ambas Euforbiáceas) como fuentes de aceite no comestible para producir biodiésel (1 600 y 1 320 L/ha, superiores a los rendimientos anteriores, excepto la palma africana), con experiencias importantes en Brasil, India, China, Colombia, Guatemala, República Dominicana y México.

Las consecuencias sociales del desarrollo de los biocombustibles dependerán de la materia básica y el sistema de producción que se seleccionen. De ser económicamente viable, el cultivo a pequeña escala de plantas como *jatropha* y el uso del biocombustible en la agricultura o en la comunidad pueden revitalizar las economías rurales; además, la producción de biodiésel genera subproductos, como glicerina, alimento animal, abonos y bioproductos para la sanidad vegetal y animal. La dimensión socioeconómica de los biocombustibles es posible mediante el fomento de la innovación y mejora de la productividad, el intercalamiento con cultivos, la diversificación productiva, la utilización de coproductos y la agregación de valor (Romijn *et al.*, 2014; Van Eijck, 2014;; Fuchsz y Kohlheb, 2015; Hahn *et al.*; Meneses Jácome *et al.*, 2015).

Un ejemplo de la utilidad de la agroenergía en el Tercer Mundo se expuso en el proyecto “*Policy Innovation Systems for Clean Energy Security*”, que señala a la agroenergía como un componente de la amplia cadena de valor rural y considera que la eficiencia de los recursos naturales se puede lograr a pequeña escala (Practical Action Consulting, 2009). Dicho proyecto aborda estudios de caso en países de Asia, América Latina y África. A continuación, se relacionan algunos resultados:

- El aceite crudo de *Jatropha* para producir electricidad en poblados rurales de Mali y la India.
- El biodiésel de *Jatropha* para alimentar bombas de agua y el uso de los coproductos (las tortas de prensado y el glicerol) como fertilizantes y alimento animal para los vacunos y las aves (India).
- La producción de biodiésel (170 ha de *Jatropha*) en una cooperativa de 150 familias en Guatemala, con rendimientos de 2 123 kg/ha/año (el Ministerio de Agricultura de Guatemala identificó 600 000 ha apropiadas para el cultivo de esta planta). Otra experiencia de producción cooperativa con esta planta se realiza en aldeas de Tailandia, con cero residuos.
- La producción de briquetas a partir del polvo del carbón vegetal en comunidades de Senegal.
- Cocinas de etanol producido con la caña de azúcar, en Etiopía.
- La utilización del biogás producido a partir de residuos de sisal en aldeas de Tanzania, para la cocción y la producción de electricidad y fertilizantes.
- La producción sostenible de biodiésel a partir del aceite de palma, en 4 400 ha en Tanzania.
- La notable experiencia con el biogás en pequeños productores agrícolas en Viet Nam.
- La producción de briquetas en Kenia y Senegal, a partir de plantas herbáceas invasoras.
- Las microdestilerías de bioetanol a partir de la caña de azúcar en Minas Gerais, Brasil.
- El reciclaje de aceites vegetales utilizados por los restaurantes y los supermercados en Lima, Perú.

Otros ejemplos de aplicación de los biocombustibles líquidos y gaseosos en biogás son abordados por Suárez (2010); Borges Neto *et al.* (2010); Chen *et al.* (2010); Wilkinson (2011); Frederiks (2011) y Suárez (2011); así como en biocombustibles líquidos de primera generación por Piloto *et al.* (2011) y FACT (2010) en gasificación de biomasa, resultados que abarcan diversos países, incluida Cuba.

En los últimos años se han desarrollado tecnologías que originan una “segunda generación” de biocombustibles líquidos, a partir de los residuos lignocelulósicos (RLC), aceites de algas y la pirolisis de la biomasa. Referente a los RLC para la producción de etanol se realizan investigaciones, sobre todo en los Estados Unidos, Brasil, Dinamarca, Suecia, España, México y Cuba; entre los RLC se encuentran la paja y el bagazo de caña de azúcar, y los residuos de cosechas vegetales y de aserraderos de madera. En esta estrategia desempeña un papel clave el concepto de biorefinería, para maximizar el valor de la agroenergía, que está basado en la transformación de todos los componentes en productos útiles, como lo hace una refinería de petróleo, y mediante el cual se busca maximizar las ventajas y el aprovechamiento de los productos intermedios, con lo que se añade valor; por ejemplo, en la producción de bioetanol a partir de RLC se pueden obtener otros productos de alto valor agregado, como antioxidantes, antimicrobianos, lignina (combustible sólido, valor calórico 10 500 kJ/kg), prebióticos, levadura residual y biogás, entre otros.

Con este concepto, Suárez y Martín (2010) formularon las preguntas siguientes: 1) ¿puede la producción de energía, combustibles y químicos, basadas en el cultivo y procesamiento de plantas, competir con la producción basada en combustibles fósiles?, 2) ¿lo adecuado es producir solo energía o, también, productos químicos de alto valor?, 3) ¿qué es lo más factible para ello: operar a pequeña o a gran escala? y 4) ¿cuáles serían los criterios de sostenibilidad más adecuados?

El concepto de biorefinería posibilita convertir la biomasa en múltiples productos: bioenergía, bioquímicos, bioalimentos y biomateriales, cuyo valor agregado total puede ser mayor que el generado por los combustibles fósiles. En cuanto a la escala de producción, la pequeña posee ventajas, tales como la disminución del transporte de productos (una considerable parte de los insumos se genera en las explotaciones agrícolas, y los productos intermedios y finales se insumen en las mismas); ciclos reducidos de reciclaje, al aprovechar los “residuos” en estas explotaciones; así como la integración del flujo energético, la fuerza laboral y la estructura organizativa en el marco de la cadena productiva, entre otras. Al respecto, puede surgir una interrogante: ¿Y las ventajas de las economías de escala? Ello se aplica a los procesos de manufactura, pero no ocurre así en los procesos biológicos.

Asimismo, para desarrollar todo el potencial de la agroenergía, el crecimiento debe gestionarse de manera sostenible para cumplir los requisitos de las dimensiones económica, social y medioambiental de la sostenibilidad. Referente a los criterios de sostenibilidad más adecuados, este es un tema muy estudiado y debatido, tanto en el sector científico y académico, en las ONG vinculadas con el ambiente, como en los organismos de las Naciones Unidas (se destaca la labor del PNUMA), y aún no se considera que se hayan arribado a sólidas conclusiones; por tanto, este es un aspecto que necesita ser atendido.

Opciones políticas mundiales en materia de agroenergía

En el 2008, la FAO (2008c) consideró que existían tres opciones políticas muy debatidas asociadas a la agroenergía:

La primera opción es “seguir como hasta ahora”, donde todos los países establecerían los marcos políticos, considerando las implicaciones internacionales de las decisiones políticas solo cuando estas fueran compatibles con las prioridades nacionales; este enfoque podría poner en marcha algunas garantías para mitigar los efectos negativos del crecimiento de los biocombustibles, mediante la concertación de los esfuerzos nacionales, si bien no podría abordar plenamente las cuestiones con repercusiones mundiales, como los impactos negativos en la seguridad alimentaria y el medioambiente. Si tales impactos negativos siguiesen en aumento, es posible que se cree una corriente duradera de

opinión pública hostil contra los biocombustibles, lo que eliminaría un mercado con un potencial real para alcanzar los objetivos económicos, ambientales y sociales.

La segunda opción política era la “moratoria”, que implicaba una prohibición temporal de la producción mundial de biocombustibles (específica a las materias básicas), que permitiera el tiempo necesario para que se concibieran las tecnologías y se introdujeran estructuras de reglamentación, la cual se solicitó por el Relator Especial sobre el Derecho a la Alimentación de la ONU, por cinco años, para evitar los efectos negativos de índole ambiental, social y humana; además recomendó que se adoptaran medidas durante la moratoria para garantizar que la producción de biocombustibles tuviera consecuencias positivas y respetara el derecho a una alimentación adecuada, así como incluyera la reducción del consumo de energía, la eficiencia energética, el cambio inmediato a las tecnologías de segunda generación y la protección de los agricultores que padecen la inseguridad alimentaria.

La FAO (2008c) consideró que tal moratoria mundial podría no ser lo suficientemente diferenciada y, de hecho, permitiría tan solo posponer la necesaria búsqueda de mejores tecnologías y apropiadas soluciones de reglamentación; que el cambio inmediato y brusco a los biocombustibles de segunda generación podría ser poco realista, debido a la falta de potencial de inversión en casi todos los países en desarrollo y la falta de experiencia con esta generación.

En cambio, dicha moratoria podría, impedir o disuadir a algunos países de participar en el proceso de aprendizaje global asociado a los biocombustibles, provocar que las inversiones cesaran abruptamente y desapareciera el interés por la investigación y desarrollo, ya que no representaría una solución justa para las complejidades nacionales y locales de la relación entre bioenergía y seguridad alimentaria. Para dicha organización, esta opción parece demasiado rígida para aprovechar los avances dinámicos y los efectos potencialmente positivos para el desarrollo rural, el cambio climático y la seguridad alimentaria; además, retrasaría o evitaría la necesaria búsqueda de innovación tecnológica y el desarrollo de conocimientos.

La tercera opción era desarrollar un consenso intergubernamental internacional sobre los biocombustibles sostenibles, que asumiera que eran necesarios las medidas políticas nacionales y el consenso en el sector industrial, así como dar respuesta a los retos de la mitigación del cambio climático, la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria, relacionada con la provisión de bienes y servicios medioambientales mundiales que no se pueden garantizar únicamente en el ámbito nacional; asimismo, era recomendable un enfoque acordado internacionalmente, ya que la demanda de biocombustibles se concentraba en los países desarrollados y el potencial de suministro estaba principalmente, en los países en desarrollo.

Con el propósito de crear un consenso internacional sobre biocombustibles sostenibles y respetuosos de la seguridad alimentaria, los gobiernos podrían aplicar instrumentos internacionales que son de relevancia para la agroenergía, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad, tales como:

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, de 1992, apoya la agroenergía, ya que la considera una de las “medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos”.
- El Protocolo de Kyoto, de 1997, reconoce la importancia de la contribución de la energía renovable a la mitigación del cambio climático. El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), que se estableció en virtud del Protocolo, busca atraer financiación internacional relativa al carbono y destinarla a los proyectos de bioenergía, para ayudar a los países en desarrollo a lograr el desarrollo sostenible y permitir que los países industrializados cumplan con sus objetivos de reducción de las emisiones, a los que se comprometieron mediante dicho Protocolo.
- El Convenio sobre la Diversidad Biológica, de 1992, es relevante para el desarrollo sostenible de la agroenergía, pues sus partes se comprometen a conservar la biodiversidad.
- El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura tiene el objetivo de promover la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéti-

cos para la alimentación y la agricultura, así como la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización.

- La Convención de Lucha contra la Desertificación, de 1992, obliga a las partes al aumento de la productividad de las tierras, la rehabilitación, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos tierra e hídricos, para mejorar las condiciones de vida rural, a perseguir la reducción de la pobreza y a garantizar la participación de las comunidades locales.
- El Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT), de 1994, rige para todo el comercio, con inclusión del comercio de “bienes” relacionado con los biocombustibles, y obliga a los países a fomentar un régimen comercial libre mediante el descenso de los aranceles en cada ronda de negociaciones comerciales internacionales.

¿Cuál debe ser el enfoque a seguir con la utilización de los sistemas agroforestales integrados?

Teniendo en cuenta una visión holística y sistémica, lo primero es asumir la necesidad de adaptar estos sistemas a los recursos disponibles y utilizar las ventajas comparativas de los cultivos tropicales, incluidos los árboles y arbustos, criterios que coinciden con los expresados por Preston (2007), para promover un cambio hacia sistemas más pequeños y autosustentables, en los que se integre la producción de alimentos, la energía y los materiales de construcción, y lograr un aumento de la resiliencia de los agroecosistemas.

Considerando este enfoque, las consecuencias de la producción de alimentos y de materias primas para la agroenergía en la erosión de los suelos, dependen en gran medida de las técnicas agrícolas empleadas, especialmente, las prácticas de labranza, el nivel de la cobertura del suelo y la rotación de los cultivos. En los lugares en que se emplean materias básicas perennes para la producción de agroenergía en vez de cultivos anuales, la cobertura permanente y la formación de las raíces, así como la plantación directa, la rotación, el intercalamiento y la diversificación de cultivos alimenticios ayudarán a mejorar la gestión del suelo y a reducir su erosión. Tal es el caso de las experiencias y resultados alcanzados en la provincia de Guantánamo con *J. curcas* y la producción de cultivos agrícolas asociados con esta.

Esta adopción de buenas prácticas agrícolas, a criterios de la FAO (2008c), también puede reducir la amenaza a la biodiversidad, especialmente en el suelo; además, los hábitats silvestres pueden mejorarse mediante la introducción de enfoques paisajísticos en las zonas agrícolas y el mantenimiento de los pasillos ecológicos, así como mediante la utilización cauta y sostenible de fuentes de biomasa de mucha biodiversidad como materias básicas en áreas de pastizales.

La promoción de sistemas locales de producción de alimentos y energía, mediante la combinación de materias primas y cultivos, y la alimentación del ganado no solo con sistemas árboles-pastos (SSP con árboles de ramoneo), sino utilizando las podas y la biomasa que no se utiliza, tanto para la generación de energía como para la cobertura del suelo, puede evitar las pérdidas y aumentar la productividad general del sistema de alimentos y energía.

La producción de biocombustibles debe estar orientada hacia un desarrollo local sostenible, que favorezca, tanto la inclusión de pequeños agricultores, a la vez que se organicen en cooperativas para procesar y comercializar la materia prima bioenergética, como la agregación de valor a los productos, además de maximizar las oportunidades derivadas de la producción de agroenergía y minimizar los riesgos de afectar negativamente la seguridad alimentaria y el medioambiente.

Todo ello exige invertir en investigación e innovación tecnológica, aspecto fundamental para lograr la seguridad alimentaria y de combustibles a largo plazo, lo que requiere que se realicen nuevas e importantes inversiones en programas de investigación y desarrollo, las cuales pueden contribuir a mejorar la eficiencia técnica y determinar las estrategias y oportunidades para hacer frente a situaciones de escasez y adaptarse al cambio climático. Para este propósito FAO (2008c; 2008d) consideró que los objetivos deberían ser:

- Desarrollar tecnologías de producción y procesamiento que utilicen recursos locales y con un alto aprovechamiento de la materia prima.
- Mejorar la eficiencia física y económica de la producción de materias primas y los procesos de conversión de los biocombustibles, incluso a pequeña escala, para poder beneficiar a los pequeños agricultores a través del autoconsumo de energías limpias.
- Obtener una nueva generación de cultivos de alta productividad y mayor rendimiento de energía aprovechable por volumen de biomasa, incluidos los que proporcionan materia prima para biocombustibles, para reducir la presión sobre los suelos.
- Identificar nuevas tecnologías y prácticas para la adaptación al cambio climático en los sectores de la agricultura, la energía y el transporte.
- Utilizar eficientemente los residuos para la producción de energía.
- Realizar análisis económicos de los biocombustibles de segunda generación en diferentes contextos socioculturales.
- Evaluar el potencial de producción de biocombustibles de segunda generación en “tierras marginales”.
- Transferir tecnologías desde y hacia otras regiones.

Este es el enfoque que conduce el Proyecto Internacional “La biomasa como fuente renovable de energía para el medio rural cubano” (Biomasa-Cuba), financiado por la Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo (Cosude) y liderado por la EEPFIH. El objetivo general de dicho proyecto está dirigido a demostrar y comunicar, a través de experiencias piloto, alternativas tecnológicas locales para la generación de energía a partir de la biomasa que son efectivas, económica, social y ambientalmente, para mejorar las condiciones de vida de las mujeres y los hombres en las zonas rurales del país, así como a formular e implementar estrategias locales para la producción integrada de alimentos y energía a partir de la biomasa y otras fuentes renovables (Suárez *et al.*, 2014; Suárez, 2015; Suárez y Martín, 2017).

En el marco del Proyecto, centrado en buscar sinergias entre ciencia, tecnología, innovación y desarrollo social, se realizan procesos de investigación e innovación tecnológica asociados a:

- Evaluación morfoagronómica y físico-química de plantas con potencial para producir biodiésel, en accesiones de *J. curcas* (23), *R. communis* (5) y *Aleurites trisperma* y *Aleurites moluccanus* (10) (Machado y Suárez, 2009; Martín *et al.*, 2010a; Machado *et al.*, 2011).
- Siembra y manejo agrícola de plantaciones de *J. curcas* asociada a 21 cultivos alimenticios (Sotolongo *et al.*, 2009; 2010; Suárez *et al.*, 2010; Suárez *et al.* 2014).
- Cosecha, beneficio y extracción de aceite de semillas de *J. curcas*. Producción de biodiésel y sus coproductos (cáscaras, tortas de prensado) a partir de dicho aceite, para ser utilizados en las propias explotaciones productivas como combustible y bioabonos (Sotolongo *et al.*, 2009; 2010).
- Producción de biogás, a partir de las excretas de los animales en biodigestores, su aplicación directa como combustible o transformado en energía eléctrica y bioabonos con los efluentes de dichos biodigestores (Blanco, 2010; Cepero *et al.*, 2011; Suárez *et al.*, 2014).
- Producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos (López *et al.*, 2010; Martín, 2010; Martín *et al.*, 2010b; Martín *et al.*, 2010c).
- Gasificación con flujo descendente de residuos agroforestales para la producción de electricidad (Cepero y Recio, 2011).
- Estudios socio-económicos y ambientales (Suárez, 2011).

En este proceso se utiliza el concepto de la “Finca Agroenergética”, la cual se concibe como: “la explotación productiva donde se desarrollan, mejoran y evalúan tecnologías e innovaciones para producir, de forma integrada, alimentos y energía, esta última se utiliza para producir más alimentos en la propia finca, con el propósito de mejorar la calidad de vida rural y proteger el medioambiente”, concepto que se implanta en los escenarios donde se ejecuta el proyecto para transitar desde fincas agropecuarias a agroenergéticas.

Consideraciones finales

Existen resultados y experiencias en la producción de alimentos y energía para determinadas condiciones ambientales, no obstante, deben resolverse los vacíos en las investigaciones en el tema. La agroenergía, la mitigación y la adaptación, tienen principios que se pueden aplicar con innovación, ya que cada lugar posee características edafoclimáticas propias, de ahí la necesidad de un diseño para la reconversión agroecológica de cada sistema.

Los principios claves que deben considerarse en el medio rural son:

la utilización de recursos locales en sistemas agroforestales integrados que reciclen residuos;

el destino de los biocombustibles obtenidos en las propias explotaciones agropecuarias, a partir de materias primas no comprometidas con la alimentación, es para producir alimentos, generar energía y mejorar las condiciones de vida en las fincas y comunidades;

las plantaciones de arbóreas para la producción de biocombustible se intercalan con cultivos o pastizales para producir alimentos y brindar diversos servicios ambientales;

los actores locales tienen que ser los protagonistas de las soluciones, todo ello con el propósito principal de lograr sostenibilidad energética con compatibilidad ambiental y seguridad alimentaria a escala local en el medio rural.

Referencias bibliográficas

- AFONSO, ANA. La crisis alimentaria mundial. *Análisis Madrid*, 2009.
- Anon. Contribución al conocimiento del etanol combustible en Brasil. *Boletín NotiEtanol*. 5 (6):3-4, 2009.
- BLANCO, D. *Manual de operación de una planta de producción de bioproductos enriquecidos con microorganismos nativos*. Proyecto Biomás. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2010.
- BOGDANSKI, ANNE; DUBOIS, O.; JAMIESON, C. & KRELL, R. *Making integrated food-energy systems work for people and climate. An Overview*. Roma: FAO, 2011.
- BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M.; CARIOCA, J. O. B. & CANAFISTULA, F. J. F. Biogas/photovoltaic hybrid power system for decentralized energy supply of rural areas. *Energ. Pol.* 38:4497-4506, 2010.
- BOS, S.; LEONARDO, W.; LERNER, A. & SCHUT, M. L. W. *Assessing the potential of bio-energy production in smallholder farming systems: the case of Nhambita community*. Maputo: GTZ-Probec and Wageningen University and Research Centre, 2010.
- CARLSON, K. M.; CURRAN, L. M.; ASNER, G. P.; McDONALD PITTMAN, A.; TRIGG, S. N. & ADENEY, J. M. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nat. Clim. Chang.* 3:283-287, 2013.
- CASTRO, F. *La internacionalización del genocidio*. La Habana. <http://www.cubadebate.cu>. [18/02/2009], 2007.
- CEPERO, L. & RECIO, A. *Instalación de gasificadores por el Proyecto Biomás-Cuba*. La Habana: Cubaenergía y Minbas, 2011.
- CEPERO, L.; SAVRAN, VALIA; BLANCO, D.; PIÑÓN, M.; SUÁREZ, J. & PALACIOS, A. *Experiencias y resultados de Biomás-Cuba en la producción de biogás y de bioabonos a partir de efluentes de biodigestores*. Matanzas, Cuba: Proyecto Biomás, EEPF Indio Hatuey, 2011.
- CHEN, Y.; YANG, G.; SWEENEY, S. & YONGZONG, F. Household biogas use in rural China: A study of opportunities and constraints. *Renew. Sust. Energ.* 14:545 -549, 2010.
- DE MENNA, F.; VITTUARI, M. & MOLARI, G. Impact evaluation of integrated food-bioenergy systems: A comparative LCA of peach nectar. *Biomass Bioenerg.* 73(1):48-61, 2015.
- DWIVEDI, P.; WANG, W.; HUDIBURG, T.; JAISWAL, D.; PARTON, W.; LONG, S. *et al.* Cost of abating greenhouse gas emissions with cellulosic ethanol. *Environ. Sci. Technol.* 49:2512-2522, 2015.
- European Commission. *An EU strategy for biofuels*. CUM 34. Bruselas, 2006.
- European Commission. *The Impact of land use change on greenhouse gas emissions from biofuels and bioliquids. Literature Review*. Belgium. http://ec.europa.eu/energy/renewables/consultations/doc/public_consultation_iluc/study_3.pdf. [11/02/2009], 2010.
- FACT. *Biomás gasificación. Process and applications*. Eindhoven, Holanda: FACT Foundation. <http://www.fact-foundation.com>. [27/10/2011], 2010.
- FAO. *Agroenergía da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais*. Roma: Itaipu Binacional/FAO, 2009c.
- FAO. *Algae-based biofuels: Applications and co-products. A review paper*. http://www.fao.org/fileadmin/templates/aquaticbiofuels/docs/1007_FAO_ABB_REPORT:2010.pdf. [26/09/2011], 2010.

- FAO. Bioenergía, seguridad y sostenibilidad alimentarias: hacia el establecimiento de un marco internacional. *Documento para la conferencia de alto nivel sobre la seguridad alimentaria mundial: Los desafíos del cambio climático y la bioenergía*. Roma: FAO. p. 21, 2008c.
- FAO. Cambio climático, bioenergía y seguridad alimentaria: opciones para las instancias decisorias de políticas identificadas por las reuniones de expertos. *Documento para la conferencia de alto nivel sobre la seguridad alimentaria mundial: Los desafíos del cambio climático y la bioenergía*. Roma: FAO. p. 42, 2008b.
- FAO. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2009*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/docrep/012/0876/>. [13/04/2009], 2009a.
- FAO. *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2009. Los precios altos de los alimentos y la crisis alimentaria*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/docrep/012/0854/>. [13/04/2009], 2009b.
- FAO. Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medio ambiente en América Latina y el Caribe. *30ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Brasilia: FAO. p. 8, 2008d.
- FAO. *Política bioenergética, mercados y comercio, y seguridad alimentaria y perspectivas mundiales de la seguridad alimentaria y de los combustibles*. Roma: FAO. http://www.fao.org/fileadmin/templates/aquaticbiofuels/docs/1007_FAO_ABB_REPORT:2010.pdf. [26/09/2011], 2008a.
- FISCHER, G.; PRIELER, SYLVIA; VAN VELTHUIZEN, H.; BERNDSE, G.; FAALJ, A.; LONDO, M. *et al.* Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures. Part II: Land use scenarios. *Biomass Bioenerg.* 34 (2):173-187, 2010.
- FREDERIKS, B. *Biogas bag installation. Manual for small bag-type plug flow digesters*. Eindhoven. Holanda: FACT Foundation. <http://www.fact-foundation.com>. [02/10/2011], 2011.
- HABERL, H.; ERB, K. H.; KRAUSMANN, F.; BONDEAU, A.; LAUK, C. & MÜLLER, C. *et al.* Global bioenergy potentials from agricultural land in 2050: Sensitivity to climate change, diets and yields. *Biomass Bioenerg.* 35 (12):4753-4769, 2011
- IEA. *Bioenergy. A sustainable and reliable energy source: A review of status and prospects*. París: IEA Bioenergy. <http://www.ieabioenergy.com>. [13/04/2010], 2009.
- JAMIESON, C.; POOLE, B.; HOWES, P.; BATES, J.; MISTRY, P. & MARTINEAU, H. *Closing the loop: optimising food, feed, fuel and energy production opportunities in the UK*. Heslington, United Kingdom: National Centre for Biorenewable Energy, Fuels and Materials, 2010.
- LISKA, A. J.; YANG, H.; MILNER, M.; GODDARD, S.; BLANCO-CANQUI, H.; PELTON, M. P. *et al.* Biofuels from crop residue can reduce soil carbon and increase CO₂ emissions. *Nat. Clim. Chang.* 4:398-401, 2014.
- LÓPEZ, Y.; GARCÍA, A.; TAHERZADEH, M. & MARTÍN, C. Dilute-acid hydrolysis of rice hulls for ethanol production. *XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras*. Acapulco, México, 2010.
- MACHADO, R.; SOTOLONGO, J. A. & RODRÍGUEZ, E. *Caracterización de colecciones de oleaginosas en bancos de germoplasma. Informe final*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, Proyecto Biomasa-Cuba, 2011.
- MACHADO, R. & SUÁREZ, J. Comportamiento de tres procedencias de *Jatropha curcas* en el banco de germoplasma de la EEPF "Indio Hatuey". *Pastos y Forrajes*. 32 (1):29-37, 2009.
- MARTÍN, C. Fuel ethanol production from lignocellulose: Advances and perspectives. *XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras*. Acapulco, México, 2010.
- MARTÍN, C.; GARCÍA, A.; LÓPEZ, Y.; KARIMI, K.; LUNDIN, M.; BENÍTEZ, A. *et al.* Dilute-acid hydrolysis of *Jatropha curcas* Husk and Shell for ethanol production. *XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras*. Acapulco, México, 2010b.
- MARTÍN, C.; MOSS, CESNA; FERNÁNDEZ, TERESA & MARTÍNEZ, A. Sacarificación y fermentación simultáneas de bagazo de caña de azúcar para la producción de etanol. *XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras*. Acapulco, México, 2010c.
- MARTÍN, C.; MOURE, A.; MARTÍN, G. J.; CARRILLO, E.; DOMÍNGUEZ, H. & PARAJÓ, J. C. Fractional characterisation of *Jatropha*, *Neem*, *Moringa*, *Trisperma*, *Castor* and *Candlenut* seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass Bioenerg.* 34 (4):533-538, 2010a.
- METZ, B.; DAVIDSON, O.; DE CONINCK, HELEEN; LOOS, MANUELA & MEYER, L., EDS. *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial del IPCC*. Ginebra: WMO-UNEP, 2005.
- MINTZ-HABIB, N. Malaysian biofuels industry experience: A socio-political analysis of the commercial environment. *Energ. Policy*. 56:88-100, 2013.
- MUELLER, SHERRY A.; ANDERSON, J. E. & WALLINGTON, T. J. Impact of biofuel production and other supply and demand factors on food price increases in 2008. *Biomass Bioenerg.* 35 (5):1623-1632, 2011.

- NELSON, G. C. *Agriculture and climate change*. Washington: IFPRI, 2009.
- NESTLE, INGRID. Climate change and the role of renewable energy in the future. *5th European Biorefinery Symposium*. Flensburg, Alemania. 2008.
- OSPINA, B. *Social bio-refinery for poor communities inaugurated*. Colombia. http://webapp.ciat.cgiar.org/newsroom/release_40.htm. [13/04/2010], 2009.
- PILOTO, R.; GOYOS, L.; ALFONSO, MARLEN; DUARTE, MILAGROS; CARO, R. & GALLE, J. *et al.* Characterization of *Jatropha curcas* oils and their derived fatty acid ethyl esters obtained from two different plantations in Cuba. *Biomass Bioenerg.* 35 (9):4092-4098, 2011.
- Practical Action Consulting. *Small-scale Bioenergy initiatives*. Nairobi: PISCES/FAO, 2009.
- PRESTON, T. R. *Cambio climático y producción de alimentos y energía en sistemas agrícolas*. In Conferencia impartida en la EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba, 2007.
- REN21. *Renewables 2018 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) Secretariat, UN Environment*. Paris, 2018.
- RÖDER, MIRJAM; WHITTAKER, CARLY & THORNLEY, PATRICIA. How certain are greenhouse gas reductions from bioenergy? Life cycle assessment and uncertainty analysis of wood pellet-to-electricity supply chains from forest residues. *Biomass Bioenerg.* 59 (1):50-63, 2015.
- ROMIJN, H.; HELJNEN, S.; COLTHOFF, J. R.; JONK, B. DE & VAN ELJCK, J. Economic and social sustainability performance of Jatropha projects: Results from field surveys in Mozambique, Tanzania and Mali. *Sustainability*. 6:6203-6235, 2014.
- SMEETS, E. M. W. & FAALJ, A. P. C. The impact of sustainability criteria on the costs and potentials of bioenergy production. Applied for case studies in Brazil and Ukraine. *Biomass Bioenerg.* 34 (3):319-333, 2010.
- SUÁREZ, J. *Análisis de factibilidad económica-financiera y de impacto social y ambiental, Proyecto Biomasa-Cuba 2009-2014*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2011.
- SUÁREZ, J. En busca de un modelo para la producción integrada de alimento y energía. *Conferencia impartida en el VIII Seminario de Cubaenergía*. La Habana, 2010.
- SUÁREZ, J. Producción integrada de alimentos y energía a escala local en Cuba: bases para un desarrollo sostenible. *Pastos y Forrajes*. 38 (1):3-10, 2015.
- SUÁREZ, J. & MARTÍN, G. J. Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):1-19, 2010.
- SUÁREZ, J. & MARTÍN, G. J. *Proyecto internacional BIOMAS-CUBA. Documento de formulación de la Fase III 2017-2020*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2017.
- SUÁREZ, J.; MARTÍN, G. J.; CEPERO, L.; BLANCO, D.; SOTOLONGO, J. A.; SAVRAN, VALENTINA *et al.* Local innovation processes in agroenergy directed at the mitigation and adaptation to climate change in Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:17-20, 2014.
- TAHERIPOUR, F. & TYNER, W. E. Induced land use emissions due to first and second generation biofuels and uncertainty in land use emissions factors. *Econ. Res. Int.* <https://doi.org/10.1155/2013/315787>. [03/10/2015], 2013.
- THELEN, K. D.; FRONNING, B. E.; KRAVCHENKO, A.; MIN, D. H. & ROBERTSON, G. P. Integrated livestock manure with a corn-soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. *Biomass Bioenerg.* 34 (7):960-966, 2010.
- TREESILVATTANAKUL, KRISANA. *Economic and land use consequences of biofuel production and policy with application of US and EU sustainability criteria*. Ph.D. Thesis. West Lafayette, USA, Purdue University, 2013.
- TREESILVATTANAKUL, KRISANA; TAHERIPOUR, F. & TYNER, W. E. Application of US and EU sustainability criteria to analysis of biofuels-induced land use change. *Energies*. 7:5119-5128, 2014.
- UNEP. *Annual Report*. Nairobi: UNEP, 2007.
- WANG, J. J.; YANG, K.; XU, Z. L.; FU, C.; LI, L. & ZHOU, Z. K. Combined methodology of optimization and life cycle inventory for a biomass gasification based BCHP system. *Biomass Bioenerg.* 67 (1):32-45, 2014.
- WBGU. *World in transition: Future bioenergy and sustainable land use*. Berlin: German Advisory Council on Global Change. http://www.wbgu.de/wbgu_ig2008_en.pdf. [03/10/2011], 2010.
- WILKINSON, K. G. A comparison of the drivers influencing adoption of on-farm anaerobic digestion in Germany and Australia. *Biomass Bioenerg.* 35 (5):1613-1622, 2011.
- World Bank. *Forest sourcebook*. Washington: World Bank, 2008.
- Worldwatch Institute. *Renewable revolution: Low carbon energy by 2030*. Worldwatch Report. Washington. <http://www.worldwatch.org/node/6340>. [08/08/2011], 2010.
- WWF. *Sustainability standards for bioenergy*. Berlin: WWF, 2006.

CAPÍTULO 23. La visión institucional de sostenibilidad del desarrollo para el sector agrario y el medio rural cubano

Taymer Miranda-Tortoló, Hilda Caridad Machado-Martínez, Tania Sánchez-Santana, Luis Lamela-López, Antonio Suset-Pérez, Jesús Suárez-Hernández, Aristides Pérez-Vargas, Jesús Manuel Iglesias-Gómez y Giraldo Jesús Martín-Martín
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), Matanzas, Cuba

Introducción

Con la implementación de transformaciones tecnológicas y la aplicación de medidas neoliberales en el medio rural latinoamericano, desde los años 80 del siglo xx, surgieron consecuencias negativas para la agricultura y los campesinos, específicamente si se reconoce que estas han favorecido el proceso de acumulación capitalista, en detrimento del medioambiente y de los productores, como sostiene Rubio (2015).

En este período la agricultura cubana sufrió grandes transformaciones que llevaron a un rápido desarrollo en el campo mediante la extensión de la propiedad estatal a más de 70 % de las tierras del país (Valdés-Paz, 2003). Esto determinó la eliminación del sector capitalista de la economía, posibilitó la producción estatal en empresas socialistas y, con posterioridad, la creación de las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y las Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) a partir de 1977. Mediante un sistema de gestión centralizado desde el Ministerio de la Agricultura (MINAG), se generaron cambios sustanciales que mejoraron aceleradamente las condiciones de vida y trabajo.

Este proceso viabilizó un desarrollo en el contexto rural; sin embargo, presentó algunas limitaciones: I) no confirió suficiente peso a las variables de tipo sociocultural que intervenían en los procesos de desarrollo; II) supuso que se trataba de impulsar el crecimiento y que la distribución de los recursos obtenidos sería casi natural; III) no consideró lo importante de la participación de los propios productores y campesinos, y, por último, IV) ocasionó consecuencias desfavorables en los ecosistemas por la aplicación de las tecnologías intensivas. Dichas desventajas no permitieron definir a este colosal esfuerzo como desarrollo real, a pesar de los grandes recursos empleados para ello.

En este sentido, el creciente deterioro de los suelos, la cada vez menor respuesta productiva a los fertilizantes y el aumento de la influencia de las plagas y las enfermedades, constituyeron importantes razones que determinaron la necesidad de un cambio tecnológico en la agricultura cubana de los años noventa (Martín, 2000).

Este cambio no fue una necesidad hasta que ocurrieron los drásticos acontecimientos en Europa del Este, relativos a la desintegración de la URSS¹⁰ y la desaparición del campo socialista, con el cual Cuba mantenía más del 85 % de su comercio. Ello demostró la inviabilidad de la implementación de este modelo de desarrollo económico, que se evidenció con el comienzo de la crisis económica.

La crisis económica de la década de los 90 se agudizó en los años 1993 y 1994 debido a los defectos inherentes al modelo agrícola vigente, pues la economía cubana se enfrentó a una reducción severa de los insumos, que en su mayoría eran importados.

La ganadería no quedó exenta de esta situación tan devastadora; se produjo una alta mortalidad de la masa ganadera, principalmente de los rebaños lecheros mejorados genéticamente, que trajo aparejada una reducción en la producción de leche y carne, con consecuencias desfavorables para el consumo de la población.

En tal sentido, fue preciso tomar una serie de medidas para la recuperación de la base alimentaria del ganado basada en el fomento de sistemas sostenibles de producción.

¹⁰ Identifica a la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas que agrupaba quince repúblicas federadas de Europa del este y nordeste; y Asia septentrional, del este y central, desapareció en 1991 (<https://deconceptos.com/ciencias-sociales/urss>).

De esta forma se produjo la ruptura del paradigma basado en la dependencia de importaciones del campo socialista y se hizo necesario comenzar a construir un nuevo modelo técnico-económico sobre la base del desarrollo endógeno. Ello exigía el fomento de la capacidad de innovación y el conocimiento de las bases de la gestión de tecnologías ecológicamente sanas, pero también económica y financieramente atractivas, socialmente pertinentes y técnicamente viables (Simón *et al.*, 2005). Esta problemática obligó a los centros de desarrollo de conocimiento a buscar nuevas vías para innovar en los procesos de extensión rural.

Considerando lo expuesto, en el presente capítulo se pretende dar a conocer la evolución de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes (EPPFIH) como institución que, desde la ciencia, la formación académica y la extensión, se vincula al sector productivo y al medio rural desde su creación.

Primeras experiencias en la extensión en la EPPFIH

La idea de la necesidad de estrechar vínculos entre el centro de investigación y el sector productivo, estuvo presente desde la concepción para la fundación de la EPPFIH. En sus inicios, la asesoría estuvo dirigida a acompañar las proyecciones del país en el desarrollo ganadero, donde el mayor impacto generado, en términos de generalización de resultados, estuvo asociado a las oportunidades que se originaron por el Ministerio de la Agricultura con la creación de un Sistema de Extensión Agrícola en el quinquenio 1976-1980 que reproducía el modelo de empuje.

Blanco *et al.* (2007) plantearon que, como resultados positivos de las asesorías brindadas por la EPPFIH a las empresas en sus inicios, se encontraban:

- Obtención de semilla para más de 2 000 ha (16 % del área ganadera de la provincia de Matanzas), con una proyección que permitiría sembrar más de 6 500 ha.
- Las variedades que más se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas de las empresas ganaderas Gusev, Martí y Genética de Matanzas, en las que se asesoró la siembra, el manejo de los pastizales y la producción de alimentos.
- Utilización de conservantes químicos en la fabricación de ensilajes.
- Sistemas de producción de leche basados en pastos, con segregación de los excedentes del período lluvioso para la alimentación en el período poco lluvioso.
- Metodología para la fabricación del ensilaje sin melaza de caña de azúcar, extendida a todo el país.
- Metodología de fabricación de heno.
- Métodos de utilización del ensilaje en la producción de leche (formulación de raciones a partir de productos conservados).
- Utilización de la levadura torula en la alimentación del ternero lactante.
- Manejo y atención de terneros en pastoreo.
- Sustitución de heno por forraje verde en la dieta del ternero lactante.
- Introducción de nuevas variedades de pastos para la producción animal, como guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni), buffel (*Cenchrus ciliaris* cvs. Formidable y Biloela), rhodes gigante (*Chloris gayana* cv. Callide), andropogon (*Andropogon gayanus* cv. CIAT 621), *Urochloa brizantha*, pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* cvs. Jamaicano y Tocumen), así como *Leucaena leucocephala* (cvs. Cunningham y Perú).

Los resultados científicos aprobados para su generalización representaban las preocupaciones e intereses del sector ganadero de entonces, centrándose la atención en la conservación de forraje como estrategia para aliviar el grave déficit alimentario que se producía cada año durante el período poco lluvioso.

En la década de los 80 del pasado siglo, la transferencia de tecnologías estuvo asociada a la formación del cliente, a su interacción con el oferente y a la capacidad, la experiencia y los conocimientos de los especialistas vinculados a la transferencia; también influyó el precio y las propias características de la tecnología; el grado de autonomía de los clientes en la toma de decisiones y los recursos de que se disponía, entre otros aspectos (Suárez y Pérez, 2003).

Al final de la década de los 80 e inicio de los 90, se hizo evidente la necesidad de tecnologías que generaran poca dependencia de insumos externos y que fueran capaces de mantener niveles medios de producción.

Un ejemplo de ello lo constituyó la introducción de sistemas de explotación basados en el uso de pastos y forrajes en diferentes empresas del país.

Guevara (1999) reportó una producción de leche a escala comercial de 3-4 kg/vaca/día, cuando se utilizaban gramíneas en los pastizales con o sin el empleo de un bajo nivel de suplementación (1 kg diario de concentrado criollo por vaca). Estudios posteriores demostraron que, con la inclusión de leguminosas herbáceas en el pastizal, era posible obtener resultados en la producción de leche y carne, superiores a los encontrados con gramíneas, pero la carga en el sistema no debía ser superior a 2 animales/ha; no obstante, en la mayoría de las investigaciones se observó que la población de leguminosas disminuía con la explotación del pastizal (Iglesias, 2003).

En los bancos de proteína las gramíneas representaban 70-80 % del área de pastoreo y el resto estaba dedicado a las leguminosas (20-30 %); inicialmente se empleó fertilizantes en el área de las gramíneas y los resultados en producción de leche fueron de alrededor de 9 a 10 kg/vaca/día (Iglesias, 1996). Posterior a 1990, las limitaciones para adquirir los fertilizantes químicos impidieron su uso en los pastizales, lo que causó una disminución en el rendimiento de materia seca (MS) y en la calidad del alimento, así como una menor producción láctea (5-8 kg/vaca/día), con un efecto negativo en la reproducción y un incremento de vacas vacías (Soler *et al.*, 1996).

Las investigaciones demostraron que la presencia de los árboles y arbustos en el área de pastoreo contribuyeron a elevar los indicadores productivos en relación con el empleo del banco de proteína; sus valores potenciales se encontraban entre 0,450 y 0,600 kg/animal/día y de 8 a 10 kg/vaca/día (Hernández *et al.*, 1996). De esta forma, al final de los años 90 surge la tecnología del silvopastoreo como opción tecnológica con la presencia de los árboles y arbustos en interacción con el pasto y el animal.

En ese contexto los sistemas silvopastoriles alcanzan una importancia creciente como alternativa viable para la producción, sostenimiento e incremento de la biodiversidad dentro de la ganadería comercial (Ibrahim y Mora, 2003), ya que ofrecen una opción para producir leche y carne bovina, con un uso mínimo de fertilizantes y constituyen una vía de conservación del entorno, al promover el mantenimiento de la cubierta arbórea en las explotaciones ganaderas. Es por ello, que se consideran como sumideros de carbono y hábitat amigable para diversos organismos, lo cual permite desarrollar la interrelación entre ecosistemas más estables (Harvey, 2006).

Diseminación y adopción de la tecnología del silvopastoreo

Con el inicio de la tecnología del silvopastoreo, en 1995, se concibió una estrategia de motivación de los productores, mediante la demostración práctica de los resultados de las investigaciones y su validación en la producción, seguido de un proceso de capacitación y divulgación de los diferentes pasos del proceso tecnológico. Con este propósito, se realizaron visitas a las áreas experimentales y de aplicación, y se organizaron cursos cortos de capacitación, en los que se demostraron, de forma teórica y práctica, las posibilidades que brindaba la tecnología, las formas y estrategias a seguir, y el papel que desempeñaban los productores directos en su implementación y consolidación.

Posteriormente, se elaboró un plan de acción por las provincias y empresas pecuarias (tabla 1); en conjunto con los investigadores de mayor experiencia en la tecnología, se seleccionaron las unidades de producción y se procedió a su preparación para iniciar el trabajo de extensión.

Con el objetivo de garantizar la correcta extensión de la tecnología, se creó un grupo multidisciplinario para la asesoría y la supervisión del trabajo, encargado del monitoreo de la actividad, con la finalidad de lograr, además, una retroalimentación entre la Estación y el sector productivo.

Tabla 1. Generalización de los sistemas silvopastoriles por provincias (ha).

Provincia	Total	Silvopastoreo	Banco de proteína
Pinar del Río	1 457,4	542,2	915,2
La Habana	4 281,0	4 026,0	255,0
Ciudad de La Habana	480,4	448,2	32,2
Matanzas	1 748,6	978,3	770,3
Villa Clara	322,1	228,1	53,7
Cienfuegos	1 019,9	268,4	752,8
Sancti Spíritus	308,6	241,5	67,1
Ciego de Ávila	344,9	-	345,0
Camagüey	2 046,5	4 503,2	543,5
Las Tunas	1 277,6	458,9	119,6
Holguín	3 238,2	3 222,1	16,1
Granma	538,1	241,5	296,6
Santiago de Cuba	1 342,0	1 342,0	-
Guantánamo	743,5	-	743,5
Isla de la Juventud	80,5	-	80,5
Total	19 230,8	13 500,5	5 730,3

Fuente: Grupo Nacional de Ganadería, Ministerio de la Agricultura.

En la medida en que se introducían las tecnologías, se organizaron visitas a las unidades en fomento para lograr el intercambio y la vinculación de productor a productor; los principales resultados contribuyeron al logro de una mayor motivación de otros productores y al intercambio de iniciativas y experiencias. Las instancias provincial, empresarial y cooperativa desempeñaron un papel activo y decisivo en este proceso.

Las limitaciones de recursos materiales y humanos eran un obstáculo para ampliar la generalización de la tecnología en los lugares más distantes del país por la vía prevista, por lo que se recurrió a la capacitación del personal técnico-profesional, mediante la impartición del Diplomado en Silvopastoreo. Esta modalidad de posgrado posibilitó una formación básica en términos teóricos-prácticos y fue replicada en las provincias de Matanzas, Camagüey, Villa Clara, Granma y Holguín.

La tecnología se introdujo en numerosas empresas entre las que se pueden mencionar: Empresa Genética Este Sureste, El Cangre, Empresa Genética Nazareno, Valle del Perú, Guaicanamar, Santa Cruz, Babiney, Ariguanabo, Bacuranao, Niña Bonita, Los Naranjos y la Empresa Pecuaria del Oeste, todas de la provincia de La Habana¹¹. En la provincia de Matanzas: Empresa Genética de Matanzas, en la vaquería El Rancho de la Empresa de Cítricos Victoria de Girón del municipio de Jagüey Grande, Empresa Pecuaria Martí y en varias granjas de la Empresa Agropecuaria del MININT¹². En el Oriente cubano: Empresa Genética Comandante Manuel Fajardo de la provincia de Granma y Empresa Hermanos Sartorios en Holguín. También se introdujo en la Empresa Genética Camilo Cienfuegos de Pinar del Río.

Varios estudios en estas áreas demostraron el efecto de una asociación de leucaena con gramíneas mejoradas en la producción de leche con vacas Mambí de Cuba (producción por lactancia de 2 030-2 159 kg y por hectárea de 2 744-3 025 kg), a la vez que el peso de los terneros fue superior a 37,5 kg en ambos períodos (Sanchez *et al.*, 2008). Lamela *et al.* (2009) evaluaron el comportamiento productivo de vacas Holstein en sistemas asociados de *L. leucocephala* y *C. nlemfuensis*, sin la aplicación de fertilizantes químicos y encontraron que 86 y 65 % de las vacas tuvieron una condición corporal (CC) entre

¹¹ Actual provincia de Mayabeque y Artemisa en la nueva distribución política administrativa, publicada en la Gaceta Oficial No. 023 Extraordinaria de 2 de septiembre de 2010. Asamblea Nacional del Poder Popular. Acuerdo número VII-49. Ley No. 110/10

¹² Ministerio del Interior de la República de Cuba.

3,0 y 3,5 para el período lluvioso y el poco lluvioso, respectivamente. La producción de leche promedio de las vacas, para la CC de 2,5; 3,0; 3,5 y 4,0 fue de 6,5; 8,0; 7,7 y 6,0 kg/vaca/día, respectivamente.

A su vez en una asociación de la gramínea *Cenchrus purpureus* CT-115 con los árboles forrajeros *L. leucocephala* y *Morus alba*, en condiciones de riego, con vacas de mediano potencial (Holstein x Cebú), con acceso al sistema hasta los 150 días de lactancia la producción se incrementó a 10,0 y 9,9 kg/vaca/día para la tercera y la cuarta lactancia, respectivamente (Lamela *et al.*, 2010).

Tecnología de producción de semilla. Algunos resultados relevantes

Para garantizar la sostenibilidad de la diseminación de los sistemas mencionados en el acápite anterior, la disponibilidad de semilla de pastos era decisiva; sin embargo, continuaba siendo un factor limitante.

En este sentido, durante más de 25 años de investigación, la EEPFIH desarrolló un conjunto de tecnologías para la producción, beneficio y conservación de la semilla. Se desarrollaron investigaciones en cada especie (Blanco *et al.*, 2007), que generaron diversas tecnologías, las que se validaron en veinte fincas semilleras, de acuerdo con una metodología que logra una participación más amplia de todos los actores, desde los dirigentes científicos y administrativos, hasta los técnicos y obreros.

Su adecuada aplicación permitió obtener un producto rentable (su costo de producción es inferior al existente en el mercado internacional), exportable y competitivo. Asimismo, el establecimiento de pastizales a partir de semilla botánica resulta significativamente más económico que mediante semilla agámica, a la vez que se pueden lograr altos rendimientos de semilla de calidad. En este sentido una hectárea de semilla botánica permite sembrar entre 15 y 80 ha de pastizales, según la especie, y con un aporte adicional de forraje (70-100 t/ha/año), mientras que con semilla agámica solo es posible establecer entre 7 y 10 ha (Suárez y Perez, 2003).

En la constitución de las fincas de semillas desempeñó un papel importante el desarrollo de cursos de capacitación y entrenamientos organizados por la EEPFIH y por la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), con el apoyo de organizaciones foráneas, en los que participaron técnicos e ingenieros de las 14 provincias del país y de 20 fincas productoras de semilla; además fue importante el conocimiento que existía acerca del aseguramiento y el control de la calidad de las simientes (Suárez y Perez, 2003).

A mediados de los noventa, como producto de la crisis, se deprimió considerablemente la producción, funcionando establemente solo dos fincas, en las provincias de Matanzas y Cienfuegos, todo lo cual exigía una nueva estrategia para la recuperación de la producción de semilla de pastos y el cambio de la estructura de los pastizales del país (Pérez, 2009).

A partir del 2001, en la EEPFIH se diseñó un nuevo enfoque estratégico dirigido a recuperar la producción de semilla (Suárez y Perez, 2003), el cual consideró como principios: I) Poner como centro a la finca de semilla, II) Utilizar métodos y herramientas de la Gestión de la Tecnología y la Innovación, III) Incentivar la participación de los productores, IV) Enfatizar en la capacitación y en la interacción productor-oferente tecnológico, V) Apoyarse en la cooperación entre diferentes instituciones científicas y empresariales, VI) Promover la producción sostenible y su diversificación, y VII) Lograr la inserción en el Programa Nacional de Producción de Semillas de Pastos.

Este nuevo enfoque estratégico tuvo como soporte organizativo y económico a dos proyectos de transferencia financiados por la Dirección de Ciencia y Técnica del Ministerio de la Agricultura (MI-NAG). En estos participaron fincas en explotación de numerosas provincias del país, entre las que se potenciaron: 1) La Rioja, perteneciente a la Empresa Pecuaria Martí, en Matanzas, y 2) La Maravilla, de la Empresa Pecuaria Aguada en la provincia de Cienfuegos.

Como parte de la extensión de este trabajo se recuperaron o crearon 37 fincas (tabla 2).

Tabla 2. Cantidad por provincia de fincas recuperadas o creadas para la producción de semillas

Provincia	No. de fincas
Isla de la Juventud	1
Pinar del Río	1
Matanzas	2
Villa Clara	13
Cienfuegos	9
Camagüey	2
Las Tunas	1
Granma	2
Holguín	2
Guantánamo	4

Fuente: (Pérez, 2009)

Al mismo tiempo fue propuesta una alternativa rápida, económica y al alcance del productor que consistía en cosechar semilla a bajo costo y de buena calidad en las plantaciones de árboles u otras de interés. Esto permitiría utilizar las áreas empleadas en la producción de alimentos para el ganado, cuando las plantas superaran la altura de consumo por los animales y emplear la modalidad conocida como segregación para las especies de características herbáceas, para lo cual la suspensión del pastoreo por un período determinado es una premisa indispensable (Gómez, 2002). Esta modalidad se estimuló, al igual que la diversificación de la producción, por los excelentes resultados económicos que mostraba en un breve período.

En la finca de semilla La Rioja, de la Empresa Pecuaria Martí, se alcanzaron las siguientes producciones: 3,6 t de semilla, 8 t de carne bovina (con pastoreo en las áreas de semillas cosechadas), 350 kg de carne de conejo, 24 t de viandas y hortalizas, 150 t de heno y alrededor de 2 000 t de forraje, lo que determinó que la finca tuviera una favorable relación costo/peso de 60 centavos por cada peso invertido (Pérez, 2009).

A pesar de lo anterior y según lo expresado por García-Capote (1996), las empresas no estaban preparadas para la rápida reconversión tecnológica que requería el nuevo escenario económico nacional y mundial desde principios de los noventa. Por ello, se inició la búsqueda de la efectividad y competitividad, y en esta medida se consideraba la existencia de elementos de mercado en el sistema económico cubano, así como las tendencias mundiales en la esfera de la organización del desarrollo científico y tecnológico que reconocían que la innovación tecnológica era un proceso con múltiples fuentes y agentes.

Para introducir estos cambios se hacía necesario reducir el predominio casi absoluto que entonces tenía el modelo descrito anteriormente, a partir del fomento de un ambiente que promoviera la innovación tecnológica en las organizaciones productivas. Este proceso requería de capacidad de adaptación, flexibilidad y de aprendizaje permanente de las organizaciones.

En el caso de la ganadería cubana, y en coincidencia con lo planteado por García y Martín (1996), los cambios en las formas organizativas de la producción y las transformaciones tecnológicas que ocurrieron por la carencia de insumos en la década de los 90, exigían acciones inmediatas que propiciaran un giro en el sistema de gestión tecnológica y de innovación en las empresas, de manera que los conocimientos y las tecnologías disponibles para producir en estas nuevas condiciones, llegaran al productor primario, condiciones que desafortunadamente no existían.

Por todo ello, y a pesar de los resultados novedosos de la tecnología del silvopastoreo, el grado de adopción no se correspondió con las necesidades reales y el esfuerzo que hacía Cuba para revertir la situación de la ganadería. Los sistemas de extensionismo priorizaban al sector estatal y la tecnología, sin tomar en consideración que el sector privado tenía un papel preponderante en la producción de

leche y carne del país. A pesar de que existía un movimiento que promovía la agricultura de bajos insumos, congruente con la situación socioeconómica existente, aún prevalecía la cultura de altos insumos en productores agrícolas.

El movimiento de agricultura ecológica prendió en una parte de los pequeños agricultores, y en la agricultura urbana, pero no aún en aquellos que poseían el mayor porcentaje de la tierra cultivable, como las granjas estatales, las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). Igualmente, se observaba el predominio de la cultura de utilización de considerables insumos en la tecnoburocracia, lo cual se manifestaba en la falta de contextualización de la asistencia técnica que ofrecía (Machado, 2009).

Por todo ello, la Estación adoptó como premisa para el extensionismo y el desarrollo rural-local el cambio de valores, conceptos, enfoques, modelos y paradigmas como principios orientadores para moldear la forma de pensar y actuar de los actores sociales clave, asociados al proceso de desarrollo y a la conservación del patrimonio natural, es decir, priorizar el cambio relativo en las personas para promover cambios en los procesos y la estructura organizativa en correspondencia con las nuevas teorías del pensamiento latinoamericano (De Souza, 2007).

Desde el punto de vista institucional se enfocó la transferencia de tecnología visualizándola como un componente del desarrollo territorial rural que determinó la apropiación de nuevos conceptos y construcciones sociales.

Entre estos aspectos se consideró el concepto de desarrollo sostenible según el cual se concibe al desarrollo como un proceso armónico, en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico y las transformaciones institucionales debían estar a tono con las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Así, se presentaba al desarrollo como un proceso que requería un progreso global tanto en materia económica y social, como en los órdenes ambiental y humano (Pichs, 2002), de forma tal que se buscaban tres objetivos: el crecimiento económico, la equidad (social, económica y ambiental) y la sustentabilidad ambiental (Dourojeanni, 2000).

Desde el punto de vista de las ciencias agropecuarias que apostaban al desarrollo rural, este paradigma requería la modificación del enfoque reduccionista, que afectaba desde siglos anteriores al adoptar los métodos usados por las ciencias físicas y biológicas de entonces.

Para ello, los centros de ciencias agropecuarias debían aplicar un enfoque de sistema en las investigaciones, para lo cual fue necesario tener en cuenta que una empresa agropecuaria es un sistema no solo con dimensiones tecnológicas, sino también socioeconómicas y ambientales (Machado et al., 2007).

Lo anterior justificó que la EEPFIH desarrollara transformaciones en la pretensión de lograr el desarrollo agrario sostenible. Para ello, se privilegió en los análisis la evaluación de la sostenibilidad en áreas rurales a través de indicadores, lo cual permitió hacer recomendaciones para la toma de decisiones desde una posición más contextualizada. Se estudió el papel de los directivos en el proceso productivo y la relación comunidad-entidad, productiva-gobierno local, a partir del comportamiento social de los sujetos involucrados en el proceso de desarrollo.

En las investigaciones realizadas en el municipio de Martí se evidenció que una de las causas de la ralentización en la recuperación de los indicadores del nivel de vida era el comportamiento social, dependiente del contexto externo, tanto en las localidades como en las entidades productivas analizadas. Estas últimas no consideraban, dentro de su entorno relevante, a los centros de capacitación e investigación agropecuaria como oportunidades para acompañarlos en la gestión de su desarrollo, lo cual explicaba su poca capacidad innovadora, de aprendizaje y sus bajos resultados productivos. Además, se pudo constatar que la falta de percepción de la responsabilidad de la entidad productiva respecto a la localidad que la sustenta, alejaba las posibilidades de desarrollo de esta, por cuanto la entidad es la que toma decisiones respecto al uso de la tierra y de los recursos naturales que conforman el patrimonio de la comunidad, decisiones que responden a un enfoque de desarrollo sectorial y no territorial (Machado, 2009).

Al estudiar otros seis municipios de la provincia de Matanzas se obtuvieron resultados similares (Machado *et al.*, 2007). Respecto a los aspectos sociales se constató que, en relación con la economía familiar,

variables tales como ingresos, consumo y liquidez y ahorro de la población, se encontraban en niveles insostenibles o casi insostenibles, con excepción de uno de los municipios analizados, en el que la economía estaba representada por una gran empresa estatal, con una alta eficiencia empresarial y salarios elevados, en el que, además, se desarrollaban diversos programas de la Revolución que han reactivado la economía. Los indicadores relacionados con la educación, la salud y la asistencia social presentaron altos valores de sostenibilidad; sin embargo, otros mostraron la depauperación de la economía territorial, lo cual repercute de forma negativa en las condiciones de vida y en los bajos niveles de sostenibilidad.

Los aspectos económicos medidos por indicadores, como la productividad, la rentabilidad y la producción mercantil por habitante, resultaban insostenibles, excepto en el municipio antes señalado. La falta de recursos financieros, de equipamiento y de estímulo al trabajo, unidos a la falta de capacidad para administrar recursos escasos, se consideraban las causas fundamentales de la falta de eficiencia en las empresas, lo cual indicaba la urgente necesidad de realizar un proceso de aprendizaje que permitiera a los factores locales un cambio en la cultura de la administración de recursos no siempre disponibles, como ocurría en los años antes de la crisis económica de los 90. También se requería la ampliación del marco legal económico en que operaban los municipios.

Esta investigación permitió afirmar que la productividad del trabajo es uno de los factores que deben ser recuperados con urgencia, ya que se manifiesta directamente en la economía, tanto familiar como estatal, a través de los salarios y de la producción mercantil, lo cual hace insostenible la economía de los municipios. Las inversiones eran limitadas y se dedicaban a obras sociales esencialmente, por lo cual no se preveía un cambio en la situación, sin que mediara una intervención externa en el corto y el mediano plazo, en los municipios evaluados. Se evidenció que cualquier programa de desarrollo a nivel municipal debe comenzar, necesariamente, por una mejora sustancial de la actividad económica y la productividad, con impactos favorables en los ingresos familiares y en el territorio.

En algunos municipios existe potencial para el desarrollo turístico, esencialmente turismo de salud, agroturismo y ecoturismo. En relación con el desarrollo de la economía local, se observó como principal fortaleza la disponibilidad de tierra y de personas con deseos de trabajarla.

Al respecto, los aspectos ambientales estudiados evidenciaron, de manera generalizada, una disminución de la productividad de los suelos, que se manifiesta en el bajo rendimiento de los cultivos por hectárea, a causa de la falta de recursos y la erosión debido al monocultivo y a las tecnologías inadecuadas utilizadas. Es válido resaltar que los municipios tenían programas de educación ambiental, pero no todos alcanzaban resultados favorables.

Como intento para solucionar esta situación se realizaron importantes experiencias con la participación de los actores municipales, en particular en el municipio de Martí, mediante programas de capacitación y planificación estratégica participativa, involucrando a todos los sectores del territorio. Diversos proyectos avanzan en este municipio de forma experimental.

El Programa de Desarrollo Agropecuario en el municipio de Martí

En el municipio de Martí la ganadería desempeña un papel preponderante, por lo cual miles de hectáreas se destinan a los pastizales. Cuando se creó el plan ganadero en los años setenta, la mayoría de estas áreas fueron establecidas con monocultivo de gramíneas, lo que acelera la degradación de las tierras de pasto.

El proyecto de desarrollo propuesto se centraba en el uso de las tecnologías para la recuperación de pastos degradados y en otras para diversificar las fincas ganaderas que aumentaran y sostuvieran la productividad de la tierra, redujeran los riesgos económicos del productor, elevaran el nivel de vida de los trabajadores y disminuyeran la degradación ambiental. Asimismo, se promovieron sistemas alternativos de utilización del suelo, que resultaban en mayores ventajas sociales, económicas y ambientales, los que incluían la combinación de cultivos y ganado, pasto mejorado y tecnologías silvopastoriles, la regeneración de bosques secundarios, la siembra de árboles maderables y frutales, y las plantaciones de otros cultivos permanentes.

Esta amplia visión de la utilización del potencial del suelo requirió del fomento de capacidades de los productores y los campesinos locales, así como de los técnicos agropecuarios, en agricultura y agroforestería tropical en aspectos técnicos, sociales y económicos relacionados con la conversión de las tierras ociosas o deficientemente utilizadas. También significó que las instituciones decisoras en política agrícola propiciaran incentivos a los productores de modo que adoptasen prácticas sostenibles de utilización del suelo y mejoras del proceso de comercialización.

La finalidad del mencionado Programa fue: contribuir a la innovación tecnológica y social del sector agropecuario del municipio de Martí y la elevación de la seguridad y soberanía alimentaria de la población a través de procesos sostenibles, en lo económico, lo social y lo ambiental desarrollados en este territorio.

Como resultados a alcanzar se previó:

1. La transformación del uso de la tierra agrícola del municipio hacia sistemas sostenibles de producción ganadera, de cultivos varios y frutales, con el rescate de las tierras ociosas o deficientemente utilizadas.
2. La disponibilidad en las entidades del territorio de los recursos, servicios y condiciones para una eficiente aplicación de la ciencia y la tecnología en todos los procesos productivos, para que generen la diversificación agrícola, ganadera y forestal, y el incremento de la productividad en forma sostenible.
3. La formación técnico-profesional integral acerca de los diversos procesos agropecuarios, biológicos y gerenciales, que aseguran la oportunidad de éxito en el desarrollo productivo a partir del fomento de habilidades y destrezas para el perfeccionamiento del proceso productivo con la aplicación de la ciencia y la tecnología, con equidad de género.
4. Los decisores políticos y líderes municipales y provinciales serán provistos de información, métodos y herramientas para monitorear y evaluar las actividades de transformación agraria, así como para brindar apoyo político en la identificación de alternativas de un uso más sostenible de la tierra en el municipio de Martí.
5. Las condiciones de trabajo técnico-profesionales (medios e insumos de trabajo, transporte, reconocimiento social, entre otras) garantizarán el compromiso de los técnicos, profesionales y trabajadores del sector agropecuario y su reproducción como fuerza laboral.
6. Se desarrollarán cadenas productivas dentro del municipio en productos tales como los cárnicos, la leche y los derivados, los vegetales y los frutales en conservas.

Para dar cumplimiento a este programa fue preciso elaborar una carpeta de proyectos que permitieran gestionar el financiamiento necesario para la transformación. Hasta el 2011, en el territorio se elaboraron 13 proyectos, ocho dirigidos a la producción de alimentos, tres al mejoramiento de infraestructura, uno encaminado a la formación de capacidades en el personal técnico y profesional, y uno orientado a potenciar la producción artesanal en el municipio.

En la actualidad, la colaboración en el desarrollo del municipio ha incrementado su presencia y dispone de varios proyectos financiados por la Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación en Cuba (COSUDE), como Biomasa y PIAL, Agroenergía financiado por la Unión Europea y OIKOS, así como dos proyectos financiados por el Programa Conjunto del PNUD dedicados a la producción de energía a partir de la biomasa, la producción y conservación de alimentos y la producción de flores para su venta en frontera. Además, se logró financiamiento para una iniciativa dedicada al manejo sostenible de la tierra por el Fondo de Pequeñas Donaciones de la propia oficina de Naciones Unidas en Cuba.

El trabajo desarrollado defendió los principios de la participación, el desarrollo de capacidades, la innovación y el empoderamiento para la toma de decisiones; se usaron los métodos de la educación popular a través de talleres y actividades colectivas, mientras que la gestión del conocimiento se propuso, fundamentalmente, en los lugares donde este se aplicaría. Además, se promovieron los enfoques del pensamiento ecológico e interactivo, así como la participación de la mujer en la toma de decisiones.

La innovación como paradigma emergente en el sector cooperativo y campesino cubano

Es válido destacar que, aunque como promedio nacional los indicadores productivos y reproductivos de la ganadería vacuna son deficientes, el sector cooperativo y campesino ha mostrado índices muy favorables, sobre todo en las últimas décadas. En el 2008, por ejemplo, con solo 27 % de la superficie agrícola nacional y 55 % del rebaño vacuno, entregaron 62 % de la leche y 45 % de la carne de res producida nacionalmente (Mirabal-Plasencia, 2010). En el 2014 el sector cooperativo y campesino con 33 % de la tierra produjo el 91,5 % de las viandas, el 78,8 % de las hortalizas, el 86 % del arroz cáscara húmedo, el 93,7 % del frijol, el 94 % del maíz y el 72 % de la leche vacuna (Díaz-Rodríguez, 2015), 2015). En el primer trimestre del 2016 con 73 % de ganado vacuno, 80 % del ovino y 57 % del porcino produjeron 30, 84 y 38 % de las carnes bovina, caprina y de cerdo, y el 71 % de la leche vacuna producida a nivel nacional.

Estas evidencias hicieron valiosa la propuesta de abordar las prácticas productivas con un enfoque más integrador que facilitara, con el escalado de metodologías participativas, la participación multisectorial (estatal y privado) en el diseño, la construcción, la implementación y la evaluación de soluciones adecuadas a las necesidades de cada espacio (ONEI, 2016).

El Programa de Innovación Agrícola Local

En este contexto, varias instituciones a nivel nacional se esforzaron por contribuir a esta iniciativa. En el marco del Grupo de Desarrollo Local Sostenible de la Estación, se constituyó el Centro Local de Innovación Agropecuaria (CLIA) que respondía a la iniciativa que, desde el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se promovía con el apoyo de la cooperación internacional, lo cual sentó las bases para fortalecer la Innovación Agropecuaria Local (PIAL) en la provincia de Matanzas.

La coordinación de este proyecto comenzó a desarrollar una relación de acompañamiento que permitió incursionar en los nuevos conceptos que describen el modo '*contexto-céntrico*' de generación de conocimiento, en el que la fusión de saberes confiere una mayor contextualidad, transdisciplinariedad, ética y participación en las transformaciones que se implementan.

En una primera etapa, el trabajo estuvo encaminado a diagnosticar los sistemas productivos, facilitar el acceso a la diversidad biológica y a realizar acciones de divulgación que permitieran la formación de redes en torno a la seguridad alimentaria, la agroecología y el cambio climático; se consideró como premisa que la introducción de una innovación en el proceso productivo, tendría eficiencia siempre y cuando los productores estuvieran asociados desde el inicio a su elaboración.

Al inicio del trabajo, los sistemas productivos carecían de diversidad y en ningún caso superaban las 23 especies; sus suelos eran de media y baja fertilidad, y no tenían incorporada la filosofía de integración del componente silvícola a los sistemas de producción animal. La ganadería predominante era vacuna y la producción de leche se encontraba en el rango de 3 a 5 kg/vaca/día. La actividad ganadera y la aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos constituían las fuentes más importantes de emisiones de gases de efecto invernadero.

Ante esta problemática, se facilitó la transformación hacia sistemas productivos que significaran el sustento de las futuras generaciones desde una posición de cooperación y de cuidado de la naturaleza, mediante el diseño de ambientes productivos que tuvieran la diversidad, la estabilidad y la resiliencia de los ecosistemas naturales.

La primera tarea fue satisfacer la demanda de capacitación, a la vez que se elaboraron las estrategias de transformación que dieran respuesta a las problemáticas particulares identificadas (Miranda *et al.*, 2010).

Se realizaron eventos de capacitación a nivel local con la peculiaridad de que fueron protagonizados por los productores, revalorizando con ello los principios de la metodología "Campesino a Campesino". Esta metodología participativa sencilla permite que la mayor parte de las actividades sean socializadas, dominadas y manejadas por campesinas y campesinos. Es una forma de promover y

mejorar los sistemas productivos campesinos, partiendo del principio de la participación y el empoderamiento (Rosset, 2011) (Rosset *et al.*, 2011). En este sentido, se promovieron los intercambios, la experimentación campesina y las visitas a diferentes experiencias exitosas que permitieron la construcción concertada de respuestas objetivas y adaptadas a los problemas de las localidades, las fincas y los sistemas productivos, a la vez que facilitaron la identificación de nuevos interesados en las novedosas prácticas. La capacitación se presentó como un proceso modificador de los conocimientos, habilidades y saber hacer de los productores.

La situación ambiental existente evidenciaba una fuerte tendencia al monocultivo, lo que propiciaba el deterioro de los suelos; además, los factores de índole económica (carencia de insumos) y de manejo favorecieron la diseminación de plantas arvenses, en detrimento de la supervivencia de especies productivas, con lo que, en última instancia, se afectaban los ingresos de los productores y las familias que dependían de las actividades productivas en las fincas.

De ahí que, para transformar esta situación, se propusiera diversificar las áreas productivas de las fincas, de forma escalonada. Se incrementó la diversidad del estrato herbáceo a partir de la introducción de variedades de gramíneas y leguminosas volubles que confieren una mayor productividad a los sistemas, debido al aumento del rendimiento y la calidad de la biomasa disponible por unidad de superficie (tabla 3). Esto permitió aumentar la producción de leche entre 6-8 kg/vaca en ordeño/día (Sánchez-Santana *et al.*, 2011)2011.

Por otra parte, se utilizaron como herramienta las ferias de diversidad y se diseminaron especies forestales, granos, pastos y frutales; a su vez, se estimuló el reciclaje de nutrientes, a partir de la integración de animales y cultivos, lo que generó sinergias que potencian las capacidades productivas de los sistemas. Las ferias de diversidad son una alternativa para inyectar diversidad de variedades a las fincas y las comunidades rurales, y constituyen una actividad sociocultural que refuerzan las costumbres y tradiciones locales (Ortíz *et al.*, 2006).

Tabla 3. Transformación de la composición florística de un agroecosistema (finca La Quinta).

Especie	Monocultivo	Sistema silvopastoril
<i>Acacia farnesiana</i> L. Willd (aroma)	0,49	7,40
<i>Alysicarpus vaginalis</i> L. (maní cimarrón)	-	0,45
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchcock (brachiaria)	-	2,02
<i>Urochloa subquadriflora</i> (Trinius) Hitchcock	-	5,38
<i>Urochloa purpurascens</i> (Raddi) (hierba bruja)	-	0,67
<i>Cassia occidentalis</i> L. (yerba hedionda)	5,94	0,22
<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst (pasto estrella)	-	0,22
<i>Cynodon dactylon</i> L. Pers. (bermuda común)	-	3,36
<i>Desmodium triflorum</i> L. Decandolle (pegapega)	-	0,67
<i>Dichanthium caricosum</i> (jiribilla)	27,75	-
<i>Digitaria decumbens</i> Stent. (pangola)	-	1,57
<i>Eleusine indica</i> L. Gaertn (pata de gallina)	-	0,45
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> Nees (paja de agua)	-	0,67
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf (faragua)	2,97	0,67
<i>Mimosa pigra</i> L. (sensitiva mimosa)	0,49	-
<i>Mimosa pudica</i> L. (dormidera)	9,40	13,90
<i>Paspalum virgatum</i> L. (caguazo)	7,92	6,50
<i>Megathyrsus maximus</i> cv. Likoni Jacq. (guinea)	0,94	3,59
<i>Paspalum notatum</i> Fluegge (sacasebo)	38,61	2,91
<i>Paspalum</i> sp. (sacasebo)	-	1,12

Especie	Monocultivo	Sistema silvopastoril
<i>Setaria geniculata</i> (Willd.) Beauv. (rabo de gato)	-	10,09
<i>Sida rhombifolia</i> Lin. (malva de cochino)	0,99	2,47
<i>Sesbania</i> sp. (sesbania)	-	2,91
<i>Sporobolus</i> sp.	3,46	1,79
<i>Sporobolus indicus</i> L. R. Br. (espartillo)	-	10,99
<i>Teramnus labialis</i> L. f. Sprengel (teramnus)	0,99	-
<i>Walteria americana</i> Lin. (malva blanca)	-	16,14

Fuente: Sánchez-Santana *et al.* (2011)

Esta diversidad de especies y variedades favoreció el volumen de la cobertura vegetal y las áreas forestadas en las fincas, lo que propició los servicios ambientales generados por estos ecosistemas, como el secuestro de carbono. La diversidad, el manejo integrado de todos los componentes del sistema y la reforestación determinaron un salto en cuanto a la reducción de las emisiones y el carbono secuestrado en las fincas, este último se incrementó de 10 a 42 t/ha con respecto al año base (tabla 4).

Tabla 4. Valores de almacenamiento de carbono forestal en el agroecosistema¹³.

Período	Número de árboles	Densidad, plantas/ha	Carbono forestal almacenado, t de C/ha
Antes del CLIA	46	1,4	10
Después del CLIA	3 546	107,5	42

Fuente: Miranda *et al.* (2011).

De forma gradual se transformaron 80 ha dedicadas a la producción animal, de las cuales 43 ha están en explotación y han permitido el incremento de la productividad de las fincas. En estos espacios se logró la introducción de 12 especies forrajeras herbáceas (pastos mejorados) y de 115 000 árboles de siete especies forrajeras arbóreas de gran valor nutricional. Al mismo tiempo se logró la diseminación y establecimiento de 4 780 árboles maderables y frutales de 25 especies, con el objetivo de diversificar las actividades productivas de las fincas.

Se hizo énfasis en la conexión de las variables medioambientales y las socioeconómicas que expresaban un mayor bienestar de las familias. A la vez, que se fomentaron sistemas de innovación que facilitaron la articulación de actores, los que consideraban el saber local y las necesidades de los productores como elementos sustanciales en la generación colectiva de alternativas para la producción de alimentos.

En este marco se trabajó, además, en la planificación estratégica de dos municipios de la provincia y de cada uno de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) subordinados o no al Consejo de Administración Municipal de estos, integrados en un Programa de Desarrollo Integral, que constituía el proyecto de referencia para las acciones de transformación.

Al considerar la congruencia de esta propuesta con la del Programa de innovación, en su tercera fase se inició un trabajo que tuvo como objetivo acompañar a los territorios en la implementación de sus Programas mediante la creación y consolidación de un Sistema de Innovación Agropecuaria local (SIAL) para articular componentes tangibles, intangibles y procesos participativos que respondieran a las demandas locales de desarrollo en el ámbito agropecuario, basado en el aprovechamiento de las capacidades locales.

En este sentido se logró la integración de actores para identificar e implementar estrategias, proyectos y programas de desarrollo a esta escala y una inserción de las acciones del proyecto en el tejido

¹³Calculado según Mercadet y Álvarez (2005).

institucional de los municipios, con la creación de la Plataforma Multiactoral de Gestión (PMG) y los Grupos de Innovación Agropecuaria (GIAL), los que, como componentes tangibles, integran sus esfuerzos en un espacio físico donde se gerencia y conduce efectiva y participativamente el desarrollo agropecuario de un territorio.

La Plataforma, constituye un espacio estratégico para la concertación del Programa de Desarrollo Integral Municipal, organizado en programas y subprogramas. En esta se logra la articulación de los proyectos socioculturales e institucionales existentes en el territorio y se identifican y debaten líneas estratégicas que permiten el desarrollo de actividades de alto impacto, relacionadas con la producción de alimentos, de energía y de protección medioambiental, de las cuales se derivan propuestas de proyectos para el desarrollo local que son presentadas y aprobadas por el Consejo de la Administración Municipal (CAM).

Estos Consejos dirigen las entidades económicas, de producción y de servicios de subordinación local, con el propósito de satisfacer las necesidades económicas, de salud y otras de carácter asistencial, educacional, cultural, deportivo y recreativo de la colectividad del territorio donde se extiende la jurisdicción de cada una. No obstante, aunque el énfasis principal estuvo orientado al sector agropecuario, en la provincia de Matanzas se han dirigido los esfuerzos hacia una propuesta más integradora que resalta el enfoque sistémico para no prescindir de ninguno de los actores que hacen posible el desarrollo local. En este sentido, se logró promover procesos de aprendizaje en la acción que movilizaron a los actores de sectores productivos y de servicios.

A la misma vez se gestionaron e impulsaron programas de formación de competencias que permiten garantizar las capacidades necesarias para la implementación. Para dar respuesta a esta demanda se creó un Grupo de Gestión del Conocimiento y la Innovación que tiene como misión contribuir con los procesos de producción/asimilación de conocimientos, orientados básicamente a atender necesidades de la población mediante procesos de participación y a instrumentar un sistema de evaluación del impacto de los resultados de desarrollo económico, social, cultural y medioambiental del territorio.

La innovación local se desarrolla, igualmente, a partir de la atención a determinados desafíos agropecuarios o no agropecuarios, los cuales se resuelven mediante el aprendizaje interactivo que combina efectivamente el conocimiento científico y el local, de gran consistencia para el caso cubano por el alto nivel de instrucción que posee la población, aspecto que incluye a los campesinos. En este sentido, el trabajo ha permitido el apoyo del gobierno a actividades económicas en el sector no estatal productivo y de servicios, con el objetivo de incitar encadenamiento.

Además, estimuló la gestión de opciones de transformación, a través de aprendizajes en los que la concertación de nuevas prácticas con los saberes locales logró la formación de competencias (técnicas, gerenciales y humanas) que incidieron positivamente en los múltiples espacios sociales de innovación que surgieron del esfuerzo colectivo.

En este contexto se reconocieron los sistemas diversificados de producción agrícola y ganadera como sistemas proveedores de soluciones para lograr producciones, en el mismo espacio en el que se obtiene la energía que necesitan estos para su funcionamiento.

El trabajo hasta este momento realizado con el sector campesino, se complementó con el inicio de otro proyecto internacional (Biomasa-Cuba¹⁴), enfocado a producir de forma integrada, alimentos y energía, con bases agroecológicas (Suárez *et al.*, 2011).

La producción integrada de alimentos y energía a partir de la biomasa

Biomasa-Cuba ha generado resultados clave en el desarrollo de tecnologías y el fomento de la innovación en el país; en este sentido se destacan la evaluación de plantas oleaginosas no comestibles con potencial para producir biodiésel; la concepción de una tecnología apropiada, que permita la produc-

¹⁴Proyecto internacional, que promueve la producción integrada de alimentos y energía basada en la agroecología, comenzó al final del 2008, con financiamiento de la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo.

ción integrada de alimentos y biodiésel a partir de *Jatropha curcas* específicamente; la producción y utilización de biogás y bioabonos a partir de los efluentes de biodigestores; la gasificación de biomasa residual para generar electricidad; la evaluación de los sistemas integrados en Cuba; y el impacto económico, social y ambiental generado, con un fuerte vínculo con comunidades rurales y decisores, así como una notable vinculación ciencia-sector productivo (Suárez y Martín, 2015).

La importancia de esta experiencia radica en el fomento de sistemas locales de innovación en agroenergía, basados en procesos de innovación abierta entre múltiples actores (investigadores, productores, decisores, instituciones estatales y comunidades), donde se crea un nuevo concepto (la finca agroenergética), se difunden nuevas tecnologías apropiadas y aplicables en Cuba, se fomentan redes nacionales e internacionales y se incide en políticas públicas, todo ello apoyado en la formulación e implementación de estrategias locales de producción integrada de alimentos y energía. Asimismo, se priorizan estos temas para contribuir a sustituir importaciones de alimento y de combustible, a la vez que se reducen las emisiones de GEI, se eliminan residuales contaminantes y se recuperan suelos degradados, además de contribuir a la adaptación de la agricultura al cambio climático y a la mejora de la calidad de vida en el contexto rural.

Estas experiencias se han implementado en fincas campesinas, cooperativas y granjas estatales, en 22 municipios en las provincias de Guantánamo, Holguín, Granma, Las Tunas, Sancti Spíritus y Matanzas (40 % de las provincias cubanas), en lo fundamental, en dos tipos de modelos productivos: I) la integración de biodigestores en fincas de producción animal y vegetal, y II) la siembra y manejo agronómico de cultivos alimenticios en asociación con *J. curcas*, un arbusto apropiado para la producción de biodiésel a partir de las semillas de sus frutos. En el caso de la gasificación de biomasa no se implementa en fincas de producción agropecuaria, sino en aserraderos de madera y secaderos de arroz.

El primer modelo productivo promueve la construcción de biodigestores para el tratamiento anaeróbico de excretas porcinas y/o vacunas, lo que genera biogás como portador energético y bioabonos de alta calidad, con una alta incidencia en los productores que operan convenios porcinos. Ello ha permitido el diseño y construcción de 170 biodigestores, principalmente de cúpula fija o modelo chino (hasta 90 m³ de capacidad), pero también tubulares de polietileno y la primera laguna anaeróbica cubierta con geomembrana sintética de alta densidad (400 m³), que generan notables producciones, tanto de biogás que se utiliza en la cocción de alimento humano y animal, refrigeración, alumbrado, generación de electricidad y riego, como de bioabonos a partir de los efluentes de los biodigestores, destinados a la mejora de suelos degradados.

Los 170 biodigestores generan 1 145 317 m³ de biogás anual, equivalente a 3 460 barriles de petróleo; mientras que son beneficiadas directamente 13 432 personas que habitan en zonas rurales de Cuba; y por otra parte, actualmente se producen en estos biodigestores 12 000 t de bioabonos por año, que se han utilizado para mejorar unas 3 828 ha de suelos degradados (Suárez, 2015). En este proceso de innovación ha sido clave el vínculo entre varios centros de investigación, universidades, empresas porcinas y campesinos.

Esta iniciativa permitió la creación de cuatro redes de suministro de biogás, alimentadas por biodigestores, que benefician a 53 viviendas y 272 personas en el municipio de Cabaigüán, las que se constituyen en las primeras comunidades rurales en Cuba con una red de abasto de gas para la cocción de alimentos y otros usos. Asimismo, el apoyo a la implementación de estas prácticas en 10 municipios del país, permite mejorar la calidad de vida y reducir el consumo doméstico de electricidad entre 40 y 70 % en cada casa.

El segundo modelo surgió de la evaluación de un germoplasma de plantas oleaginosas no comestibles, como *J. curcas*, *Ricinus communis* y *Aleuritis trisperma*, introducidas al país o colectadas en áreas rurales, que fueron aviveradas y establecidas en campo para su evaluación (Machado *et al.*, 2012); esta evaluación se complementó con la realizada en conjunto con varios campesinos en sus propias fincas, lo que permitió identificar materiales vegetales promisorios, principalmente de *J. curcas*, por sus rendimientos de semilla y aceite.

Tomando en consideración los aspectos anteriormente señalados acerca de *J. curcas*, así como las características físico-químicas de su aceite, se identificó como la planta más apropiada para producir biodiésel en Cuba, de ahí que en el 2009 se inició su fomento en Guantánamo y Matanzas en plantaciones donde se intercalaron 21 cultivos agrícolas, entre los que sobresalieron con los mejores rendimientos el frijol, la soya, el maní, el maíz, la yuca, el sorgo y el arroz, bajo condiciones de riego de supervivencia y fertilización con bioabonos (Sotolongo *et al.*, 2012).

La experiencia se replicó en otras fincas de los municipios de Perico, Martí, Cabaigüán, Guantánamo, Media Luna, Calixto García, Jobabo y Ciego de Ávila (446 ha), en una alianza estratégica con el Grupo Empresarial LABIOFAM (Suárez, 2015). En el programa estratégico de producción de biodiésel 2016-2024 que se formuló y aprobó en el 2015 en este grupo empresarial, se prevé llegar a 1 656 ha.

De manera paralela, se trabajó en la reforestación de tierras improductivas con *J. curcas*, principalmente en suelos no utilizados para la agricultura (74 %), con diversas condiciones de degradación —salinidad, erosión, baja fertilidad—, de alta fragilidad con afectaciones medioambientales y, en varios casos, en cuencas hidrográficas, lo que ha generado un positivo impacto ambiental. Se ha valorado que dichas plantaciones secuestran anualmente 1 956 000 t de dióxido de carbono (CO₂), un importante GEI (la *Jatropha* captura 6 kg de CO₂/año-árbol) (Suárez y Martín, 2015).

Además, se generó un incremento de la producción local de alimentos (vegetales, frutas, leche, carne y huevos), debido a la incidencia directa del proyecto, que, a precios del mercado local, se incrementó de 1,6 a 27,3 millones de pesos cubanos (CUP), y se diversificaron notablemente los renglones productivos.

Se mejoró la calidad de vida de las familias campesinas, como efecto de las acciones del proyecto, se destaca la creación de 316 nuevos empleos directos con un salario medio mensual superior al de las provincias involucradas, de los cuales 34 % son ocupados por mujeres en igualdad de condiciones; por otra parte, se beneficiaron 13 782 personas de forma directa, debido al incremento de los empleos e ingresos, el acceso a equipos e insumos productivos, la mejora de las condiciones de trabajo; además, disponen de un servicio de biogás para la cocción de alimentos, lo cual favorece su desempeño en el hogar y en la economía familiar.

También se generó un impacto ambiental positivo asociado a la reforestación con la siembra de 335 000 árboles, lo que favorece el secuestro de carbono, la sustitución de combustibles fósiles y la disminución de emisiones de CO₂ y SO₂, la eliminación de la contaminación generada por excretas vacunas y porcinas, la producción de bioabonos para mejorar los suelos, y la gasificación de biomasa leñosa que, además de permitir la producción de electricidad, posibilita utilizar los residuales contaminantes de los aserraderos y las podas de los sistemas agroforestales, para eliminar los focos potenciales de incendios.

La formulación e implementación de Estrategias Locales de Producción Integrada de Alimentos y Energía en seis municipios ha constituido un catalizador clave de todo este proceso a escala local, las cuales se integran a su Estrategia de Desarrollo Local, para dotar a los gobiernos de un instrumento de gestión que promueve de forma coherente la seguridad alimentaria, la utilización de fuentes renovables de energía, el tratamiento y aprovechamiento de residuales, la recuperación de tierras, la reducción de gases de efecto invernadero y la mitigación y adaptación al cambio climático.

Estos resultados se han obtenido mediante el fomento de intensos procesos de innovación abierta entre investigadores y productores, y entre estos últimos, a los que se han incorporado decisores locales del gobierno y de las entidades estatales así como de los centros y filiales universitarias municipales, lo que ha permitido crear una “especie” de sistemas locales de innovación, en los cuales son elementos permanentes la participación e inclusión de todas y todos, el aprendizaje individual y organizacional, y la creación de capacidades absorptivas y de innovación local.

El contexto organizativo para la implementación de estos procesos es una permanente vinculación entre los centros de investigación, las filiales universitarias municipales, los productores —con énfasis en los campesinos y las campesinas—, los gobiernos y las entidades estatales locales y organizaciones profesionales y campesinas, que más que una triple hélice (Etzkowitx y Leydesdorff, 1997;

Etzkowitz *et al.*, 2005) es una cuatri hélice (Marcovich y Shinn, 2011; Afonso *et al.*, 2012) —ampliada con la sociedad civil—, lo cual ha permitido incidir en políticas públicas locales, así como en las promovidas por decisores nacionales y sectoriales, vinculados a los ministerios de Energía y Minas, de la Agricultura, de Educación Superior y de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

En este proceso se destacan diversas lecciones aprendidas, entre las que se encuentran:

- El enfoque temático centrado en la producción integrada de alimentos y energía, sobre bases agroecológicas, y la aplicación del concepto de finca agroenergética.
- La integración con los Consejos de Administración Municipal y otros actores locales, así como con los ministerios de Energía y Minas, de la Agricultura y de Industrias.
- Un amplio trabajo en red entre todos los actores, así como sinergias a escala local, territorial y nacional, apoyado en la creación de plataformas multi-institucional y multi-actoral.
- Vinculación entre el sector académico, los productores y los decisores.
- Intensos procesos de innovación agrícola local, en el marco de un modelo de innovación abierta orientado hacia el logro de resultados prácticos, donde se desarrollan y mejoran tecnologías e innovaciones con amplia participación del beneficiario, para la sostenibilidad de las acciones.
- Vínculos directos con los productores y sus familias, lo que ha permitido acompañarlos en el desarrollo de procesos de producción sostenible, con el consecuente incremento de la participación comunitaria, a partir del papel protagónico de los productores y sus familias.
- La formulación participativa de una estrategia local para la producción integrada de alimentos y energía en seis municipios, que contribuye a la implementación de las estrategias de desarrollo local en Cuba.
- La incidencia en políticas públicas nacionales, sectoriales y locales.
- La “incubación” de nuevos proyectos nacionales e internacionales para lograr sinergias y sostenibilidad de las acciones.
- La creación de alianzas con grupos empresariales cubanos del Ministerio de Industrias para el desarrollo y la producción de equipamiento e insumos para el fomento de la agroenergía.
- El fomento de sinergias con otros proyectos internacionales e instituciones (ministerios, gobiernos locales, empresas, organizaciones técnicas y de productores y campesinos).
- La concepción y aplicación de un sistema de monitoreo y evaluación del proyecto orientado a sus efectos e impacto, así como a brindar información clave a gestores y decisores locales, ministeriales y nacionales.
- El permanente proceso de sistematización y socialización de resultados, experiencias, buenas prácticas, tecnologías y diseños, *etc.*, dirigido a beneficiarios directos y gestores del proyecto, decisores de políticas y al sector científico y académico, a escala local, provincial y nacional.
- La implementación de acciones de reducción de vulnerabilidades al cambio climático, mediante la adaptación y mitigación.

Consideraciones finales

Los cambios acontecidos durante las últimas décadas del siglo xx en la agricultura cubana ocasionaron un desarrollo en el contexto rural, pero se presentaron diversas limitaciones que no permitieron definirlo como desarrollo real, a pesar de los grandes recursos empleados en el fomento del modelo de crecimiento extensivo, dependiente de importaciones. Ello exigió un cambio tecnológico en la agricultura cubana, que no se percibió necesario hasta la desaparición del campo socialista, con la crisis económica resultante de la década de los 90.

En respuesta a ello, se produjo la ruptura del paradigma basado en la dependencia de importaciones y se requirió comenzar a construir un nuevo modelo técnico-económico sobre la base del de-

sarrollo endógeno, asociado al fomento de capacidades innovadoras y de tecnologías sostenibles en lo productivo, lo económico, lo social y lo ambiental. Por estas razones, los actores sociales relacionados con el desarrollo rural, en especial los centros de desarrollo de conocimiento, se centraron en la aplicación de innovaciones mediante adecuados procesos de extensión rural.

En este sentido, la EEPFIH, aunque desde su fundación desarrolló vínculos con el sector productivo, concentró esfuerzos en el fomento de los procesos de innovación en la ganadería cubana, donde se destaca la difusión de los sistemas silvopastoriles y de tecnologías de producción de semilla de pastos y forrajes en todo el país, insertados en proyectos financiados por el Ministerio de la Agricultura; sin embargo, todavía esta modalidad extensionista siguió siendo “empujada por la ciencia” a pesar del interés mostrado por los productores en el proceso, además de que los sistemas de extensionismo priorizaban al sector estatal, sin considerar que el sector campesino, con sistemas de bajos insumos y basados en la agroecología, desempeñaba un papel preponderante en la producción de leche y carne en Cuba.

A inicios de la primera década del actual milenio, la EEPFIH decidió realizar un giro en el sistema convencional de transferencia tecnológica para fomentar la innovación y el desarrollo local rural, lo que exigió cambiar valores, principios, conceptos, modelos y paradigmas. Este enfoque visualizó la transferencia de tecnología como un componente de desarrollo multidimensional.

En la implementación de este enfoque se destaca el Programa de Desarrollo Agropecuario en el municipio de Martí y su carpeta de proyectos, con una visión integral y participativa de numerosos actores empoderados.

A partir del 2008, y para acompañar al sector cooperativo y campesino, se comienzan a fortalecer los procesos de innovación agropecuaria local en la provincia de Matanzas, con el apoyo de la cooperación internacional, para facilitar el acceso a la diversidad biológica, la innovación y experimentación campesina, la integración agricultura-ganadería-forestaría-energía como forma de diversificación productiva, de lograr mejoras en los suelos y estimular el reciclaje de nutrientes, todo lo que determinaría el aumento de la resiliencia de los sistemas productivos y del secuestro de carbono. Resultó importante el fomento de sistemas locales de innovación que facilitan la articulación de actores y la formación de redes en torno a la seguridad alimentaria, la agroecología y el cambio climático, con un protagonismo de los productores, revalorizando los principios de la metodología “Campesino a Campesino”.

Este trabajo con el sector campesino se complementó con el inicio de otro proyecto internacional (Biomás-Cuba), al final del 2008, enfocado a producir, de forma integrada, alimento y energía a partir de fuentes renovables, con bases agroecológicas, en varias provincias cubanas, a partir de la biodigestión anaeróbica, la gasificación de biomasa y la producción de biodiésel a partir de *J. curcas* (oleaginoso no comestible).

Referencias bibliográficas

- AFONSO, O.; MONTEIRO, SARA & THOMPSON, MARÍA A. Growth model for the quadruple helix. *J. Buss. Econ. Manag.* 13 (5):849-865, 2012.
- BLANCO, F.; MILERA, MILAGROS; MACHADO, R.; MARTÍN, G. J.; SIMÓN, L. & MACHADO, HILDA *et al.* *Génesis y evolución del quehacer científico.* Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2007.
- DE SOUZA, J. El Arte de cambiar las personas que cambian las Cosas. *Conferencia presentada en el “II Congreso Internacional de Formación Emprendedora”.* Quito: Universidad Tecnológica América (UNITA), EMBRAPA/CNPA. p. 31, 2007.
- DÍAZ-RODRÍGUEZ, MARICELA. *Presentación en Taller de Perfeccionamiento de la Formación de Grados Científicos en el Área Agropecuaria.* La Habana, 2015.
- DOUROJEANNI, A. *Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable.* Serie Manuales No. 10. Santiago de Chile: CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura, 2000.
- ETZKOWITZ, H. & LEYDESORFF, L. *University and the global knowledge economy. A triple helix of University-Industry-Government Relations.* Londres: Pinter Publishers, 1997.
- ETZKOWITZ, H.; MELLO, J. M. C. DE & ALMEIDA, M. Towards “Meta-Innovation” in Brazil: The evolution of the incubator and the emergence of a triple helix. *Res. Pol.* 34:411-424, 2005.

- GARCÍA-CAPOTE, E. Surgimiento y evolución de la política de ciencia y técnica en Cuba (1959-1995). *Gerencia de la ciencia y la tecnología. Memorias del Seminario Iberoamericano sobre Tendencias Modernas*. La Habana: GECYT, CITMA. p. 158, 1996.
- GARCÍA, LIBERTAD & MARTÍN, P. C. Sistema de transferencia de tecnología para la ganadería vacuna. *1er Encuentro Nacional de Transferencia de Tecnologías en la Ganadería. Manual de trabajo*. La Habana: ICA. p. 24, 1996.
- GÓMEZ, I. La producción de semilla *in situ*: estrategia agroecológica para pequeñas fincas ganaderas en Cuba. *LEISA. Revista de Agroecología*. 18 (1):31-32, 2002.
- GUEVARA, V. R. *Contribución al estudio del pastoreo racional con bajos insumos en vaquerías comerciales*. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias: Universidad Agraria de La Habana, 1999.
- HARVEY, CELIA. La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles. *Memorias de una conferencia electrónica "Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales"*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2006.
- HERNÁNDEZ, I.; BENAVIDES, J. E. & SIMÓN, L. Evaluación del comportamiento de tres leguminosas asociadas con *Panicum maximum* cv. Likoni en la ceba de toros durante la primavera. *Resúmenes. II Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera"*. Matanzas. Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 92, 1996.
- IBRAHIM, M. & MORA, J. Criterios y herramientas para la promoción de una ganadería ecoamigable en el trópico americano. *Memorias del Taller Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*. p. 23-28, 2003.
- IGLESIAS, J. M. *La utilización de Leucaena leucocephala en un contexto silvopastoril para la producción bovina*. Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1996.
- IGLESIAS, J. M. *Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2003.
- LAMELA, L.; LÓPEZ, O.; SANCHEZ, TANIA; DÍAZ, MAGALYS & VALDÉS, R. Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. *Pastos y Forrajes*. 32 (2):175-187, 2009.
- LAMELA, L.; SOTO, R. B.; SÁNCHEZ, TANIA; OJEDA, F. & MONTEJO, I. L. Producción de leche de una asociación de *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* y *Pennisetum purpureum* CT-115 bajo condiciones de riego. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):311-321, 2010.
- MACHADO, HILDA. Desarrollo local rural: Retos para un cambio de paradigma. *II Simposio Internacional "Exten-sionismo, transferencias de tecnologías, aspectos socioeconómicos y desarrollo agrario sostenible" Agrodesarrollo 09*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 48-51, 2009.
- Machado, Hilda; Suset, A.; Miranda, Taymer; Cruz, Aida I.; Olivera, Yuseika; Milera, Milagros *et al.* Gestion del desarrollo local en los municipios: la iniciativa municipal como experiencia de cambio en la provincia de Matanzas. *Pastos y Forrajes*. 30 (ne):45-60, 2007.
- MACHADO, R.; SOTOLONGO, J. A. & RODRÍGUEZ, E. Caracterización de colecciones de oleaginosas útiles para la producción de biocombustible. En: J. Suárez and G. J. Martín, eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de Biomasa-Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 41-69, 2012.
- MARCOVICH, ANNE & SHINN, T. From the triple helix to a quadruple helix? The case of Dip-Pen Nanolithography. *Minerva*. 49:175-190, 2011.
- MARTÍN, LUCY. Cambio tecnológico en la agricultura cubana. En: Niurka Pérez, E. González y M. García, eds. *Cambios tecnológicos, sustentabilidad y participación*. La Habana: Universidad de La Habana. p. 2-13, 2000.
- MERCADET, ALICIA & ÁLVAREZ, J. L. *Informe final de proyecto "Cambio climático y el sector forestal cubano: segunda aproximación"*. La Habana: Instituto Forestal Nacional, 2005.
- MIRABAL-PLASENCIA, MADELÍN. *Fomento de la base nacional forrajera: premisa fundamental para la recuperación de la ganadería vacuna*. Tesis en opción al título de Licenciada en Economía. La Habana: Facultad de Economía, Universidad de La Habana, 2010.

- MIRANDA, TAYMER; SÁNCHEZ, SARAY; SÁNCHEZ, TANIA; LAMELA, L. & ÁLVAREZ, D. Innovación local participativa ante el cambio climático. En: *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. p. 213-220, 2011.
- MIRANDA, TAYMER; SÁNCHEZ, TANIA; SÁNCHEZ, SARAY; LAMELA, L. & SUSET, A. En: La innovación agrícola local como alternativa de desarrollo. Algunos resultados en la provincia Matanzas, Cuba. *Memorias del 3er. Congreso Internacional y 12do. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria*. "Producción ganadera, justicia alimentaria y cambio climático". Morelia, México, 2010.
- ONEI. *Anuario Estadístico de Cuba 2015*. La Habana. Organización Nacional de Estadística e Información. https://www.onei.cu/publicaciones/05agropecuario/ppalesindsectoragrop/mensual_principalesindicadoresagropecuario/Ganader%C3%ADa.pdf. [13/07/2016], 2016.
- ORTÍZ, R.; RÍOS, H.; PONCE, M.; ACOSTA, ROSA; MIRANDA, SANDRA & CRUZ, M. *et al.* Agricultores creando variedades. En: *Fitomejoramiento participativo*. San José de las Lajas, Cuba: Ediciones INCA. p. 30, 2006.
- PÉREZ, A. *Informe final del proyecto "Difusión y adopción de tecnologías para la producción de semillas de pastos con un enfoque empresarial y su impacto en la ganadería de las provincias de Villa Clara, Cienfuegos y Matanzas. Programa Ramal Extensionismo Agropecuario*. La Habana: Viceministerio de Desarrollo, 2009.
- PICHS, R. *Los retos del desarrollo sostenible en América Latina*. <https://www.redem.buap.mx/ramon.htm>. [23/04/2006], 2002.
- ROSSET, P. M.; SOSA, B. M.; JAIME, A. M. & LOZANO, D. R. *The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty*. *J. Peasant Stud.* 38 (1):161-91, 2011.
- RUBIO, BLANCA. *El dominio del hambre. Crisis de hegemonía y alimentos*. México: Juan Pablos Editor, 2015.
- SÁNCHEZ-SANTANA, TANIA; LAMELA-LÓPEZ, L.; LÓPEZ-VIGO, O. & BENÍTEZ, M. Comportamiento productivo de vacas lecheras Mambi de Cuba en una asociación de gramíneas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 31 (4):371-388, 2008.
- SÁNCHEZ-SANTANA, TANIA; LAMELA-LÓPEZ, L.; MIRANDA-TORTOLÓ, TAYMER; LÓPEZ-VIGO, O. & BOVER-FELICES, KATIA. Tecnologías alternativas: silvopastoreo. En: H. Ríos, Dania Vargas y F. R. Funes-Monzote, eds. *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. p. 157-164, 2011.
- SIMÓN, L.; LAMELA, L.; ESPERANCE, M. & REYES, F. Metodología para el establecimiento y manejo del silvopastoreo racional. En: *El Silvopastoreo: Un nuevo concepto de pastizal*. Guatemala: EEPF Indio Hatuey, Universidad de San Carlos. p. 223-232, 2005.
- SOLER, P.; CHACÓN, E.; ARRIJOJA, L.; VALLE, A. & RODRÍGUEZ, O. Uso de bancos de leguminosas arbustivas en la producción de leche. *Resúmenes del II Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio. p. 78, 1996.
- SOTOLONGO, J. A.; SUÁREZ, J.; MARTÍN, G. J.; CALA, MARLENIS & VIGIL, MARÍA. Producción integrada de biodiésel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. En: J. Suárez y G. J. Martín, eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de Biomasa-Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 100-112, 2012.
- SUÁREZ, J. *Informe de progreso del proyecto Biomasa-Cuba. Fase II, enero-junio*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2015.
- SUÁREZ, J. & MARTÍN, G. J. Local innovation processes in agroenergía focused on the mitigation and adaptation to the climate change in Cuba. A successful example of the science-productive sector links. *13th Global Beliefs International Conference*. La Habana, 2015.
- SUÁREZ, J.; MARTÍN, G. J.; SOTOLONGO, J. A.; RODRÍGUEZ, E.; SAVRAN, VALENTINA; CEPERO, L. *et al.* Experiencias del proyecto BIOMASA-CUBA. Alternativas energéticas a partir de la biomasa en el medio rural cubano. *Pastos y Forrajes*. 34 (4):473-496, 2011.
- SUÁREZ, J. & PÉREZ, A. Consideraciones sobre la transferencia de tecnologías en la producción, beneficio y conservación de semillas de plantas forrajeras. Una visión enfocada a la innovación. *Pastos y Forrajes*. 26 (1):87-94, 2003.
- VALDÉS-PAZ, J. *Procesos agrarios en Cuba 1959-1995*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2003.

CAPÍTULO 24. Enfoque agroecológico para el diseño y manejo de sistemas agropecuarios energéticamente sustentables en Cuba

Fernando Rafael Funes-Monzote
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), Matanzas, Cuba

Introducción

El sector agropecuario cubano enfrenta el reto de incrementar el volumen de producción y distribución de alimentos, y a la vez, que sea más diversa y de mayor calidad; además se propone disminuir su dependencia en importaciones de alimentos e insumos externos, cada vez más costosos. Estos objetivos pueden conducir a una agricultura sustentable, pero para lograr su sostenibilidad debe, además, hacerlo de una manera ambientalmente apropiada, económicamente sustentable y socialmente justa.

Si se analiza el contexto actual de la agricultura cubana, la adopción de un enfoque agroecológico parece ser la alternativa más factible para alcanzar tales objetivos, como ha sido ampliamente documentado (Funes-Monzote, 2009; Machin-Sosa *et al.*, 2010), a pesar de las barreras estructurales, materiales, conceptuales y tecnológicas que aún persisten para avanzar más rápidamente en su implementación a mayor escala. Este desafío se torna aún más complejo ante una convulsa situación mundial, que no debe ser subestimada en cualquier análisis presente y futuro del sector.

En los debates sobre la agricultura en el mundo, han emergido con mayor fuerza las concepciones agroecológicas, hasta el punto de reconocer en las más altas instancias políticas internacionales que “en materia de seguridad alimentaria el rendimiento de la agroecología supera al de la agricultura industrial de gran escala” y que la agroecología es la única vía posible para solucionar los problemas del hambre (De Shutter, 2010). Una revolución agroecológica de grandes proporciones ocurre en América Latina (Altieri y Toledo, 2011) y cada vez más aparece en las agendas políticas como una solución viable a la crisis del campo, generada por las políticas neoliberales que predominaron en el continente en los últimos cuarenta años.

Tendencias opuestas a las pronosticadas por los organismos internacionales a inicios de la década de los años 90 del siglo xx indican que, en vez de reducirse a la mitad, el número de hambrientos en el mundo se ha duplicado hasta rebasar los mil millones (FAO, 2009). Las consecuencias de la crisis sistémica del sistema alimentario mundial se traducen paradójicamente en mayores oportunidades para las grandes transnacionales que incrementan su control sobre las cadenas alimentarias y especulan a través de las inversiones en el sector, que no están precisamente dirigidas a solucionar el hambre en el mundo sino a ganar más dinero, sin importar las consecuencias de sus intervenciones. Muchos países han estado a espaldas del fenómeno de exclusión y despojo que ha tenido lugar en América Latina. Como consecuencia, el precio de los alimentos en el mercado internacional ha experimentado un alza inusitada en los últimos años y su inestabilidad es tal, que ya no se habla de la seguridad alimentaria en el mundo, sino de la inseguridad alimentaria (Godfray *et al.*, 2010; FAO, 2011).

Como característica distintiva de las cadenas alimentarias se encuentra el contexto especulativo en el que se desarrolla la producción, el procesamiento y la distribución agropecuaria mundial, lo cual es alarmante y peligroso. Sin embargo, nada indica que esta realidad cambiará en el corto plazo. La concentración de la producción, el mercado de insumos y alimentos procesados, así como de

las tecnologías, ha desplazado a millones de agricultores, profundizando la inequidad en el campo, donde se encuentra la mayoría de los hambrientos y excluidos del mundo (IAASTD, 2009).

Muchos de estos problemas escapan a la efectividad de cualquier tecnología, y es por eso que hace tiempo muchos autores resaltan el hecho de que en el mundo se producen suficientes alimentos, que el mayor problema es el acceso a estos (Lappe *et al.*, 1998; Kerans y Kearney, 2006) y que, por tanto, para la solución de este dilema se requiere de un enfoque social, económico y político renovado. Por eso la agroecología, además de la dimensión ecológica y tecnológica, tiene una fuerte influencia en el rescate de los saberes tradicionales y ancestrales de las comunidades originarias de los pueblos como única posibilidad de reconectar los sistemas alimentarios de los países y regiones a través de estrategias locales y autogestionarias.

Las grandes transnacionales de los alimentos, junto a las instituciones financieras internacionales, responsables en gran parte de la crisis prometieron una “Economía Verde” que supuestamente vigorizaría a los mercados, disminuiría la pobreza y la exclusión, y produciría alimentos suficientes (UNEP, 2011). Además, esta estrategia se propuso reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuir a la utilización racional de los recursos naturales y, además, crear nuevos empleos. La estrategia aparentemente vigorizaría el mercado mundial y daría lugar a nuevas inversiones, al valorizar el capital natural, a través del uso de tecnologías verdes de punta que permitirán seguir la senda indefinida de crecimiento y la acumulación capitalista. Tal visión de economía verde difiere de la economía ecológica, que considera fuertemente la necesidad de “decrecer” frente a los patrones de economía desarrollista que han embarcado al mundo en una crisis económica y ecológica de dimensiones incalculables. Las teorías del decrecimiento no excluyen, por supuesto, el incremento del nivel de vida de las personas, pero su mejoramiento debe estar basado, ante todo, en una concepción respetuosa del medioambiente y de consumo responsable, y no de explotación desmedida a favor de los mercados (Martínez-Alier *et al.*, 2010). Este capítulo presenta algunas ideas y concepciones agroecológicas para el diseño y manejo de los sistemas agropecuarios con enfoque agroecológico en Cuba.

Modelos para la producción de alimentos

Es innegable que la agricultura moderna incrementó los rendimientos absolutos por unidad de superficie, lo cual condujo a una mayor producción global de alimentos (Matson *et al.*, 1997). Sin embargo, también es cierto que tales incrementos se basaron en el uso intensivo de la energía proveniente de los combustibles fósiles, lo que causó impactos ambientales negativos (Tilman *et al.*, 2002). Un estudio realizado por Rosset (1999) confirma la responsabilidad que tiene en estos impactos la agricultura a gran escala, por ser menos eficiente y menos productiva, tanto desde el punto de vista ecológico como económico. El estudio mostró cómo descendió la producción bruta y neta a medida que se incrementó el área de la finca, tanto en una selección de países del mundo como en los Estados Unidos. Esto implica que los sistemas agrícolas altamente especializados se caractericen por una dependencia cada vez mayor de la energía externa y, por ende, una baja eficiencia energética y económica frente a aquellos a menor escala y más diversificados (Pimentel, 2004).

Se ha demostrado que la combustión de los hidrocarburos, principal fuente energética utilizada mundialmente, es la causa fundamental de las emisiones de gases de efecto invernadero —en particular de CO₂—, responsable del calentamiento global y de otros fenómenos asociados que amenazan la supervivencia de todos los seres vivos (Ríos *et al.*, 2011). Este proceso, de alcance insospechado, no solo pone en peligro la vida sobre la Tierra, sino que también ha provocado cambios en el clima nunca antes registrados. Tal es el caso del incremento del nivel de los mares y océanos, el aumento de la temperatura media y el impacto más frecuente y severo de fenómenos atmosféricos que ocasionan cuantiosos daños económicos. Estas problemáticas globales no deberían ser soslayadas por quienes están relacionados con la producción de alimentos en Cuba o cualquier otra parte del mundo (tabla 1).

Tabla 1. Algunas características de los modelos convencionales y agroecológicos

Enfoque convencional	Enfoque agroecológico
<ul style="list-style-type: none"> • Monocultivo (baja diversidad) y economía de escala • Intensificación productiva basada en la importación de altos insumos externos • Incorporación de nutrientes a través de fertilizantes sintéticos • Control de plagas mediante pesticidas químicos • Alta artificialización de los agroecosistemas (mecanización, riego, variedades de alto potencial) • Genera dependencia de los productores en paquetes tecnológicos • Energéticamente dependiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema biodiverso (plantas, animales, fauna del suelo y vida silvestre) • Escala apropiada a las características de un sistema de manejo ecológico (pequeña y mediana) • Conservación y manejo de la fertilidad del suelo mediante el incremento de la vida edáfica • Optimización de los ciclos y procesos • Intensificación del uso de los recursos naturales disponibles / locales • Mantenimiento de los niveles de resiliencia • Utilización de fuentes renovables de energía

Puede decirse que los sistemas subsidiados y con alto nivel de artificialización son, por principio: 1) *ineficientes*, ya que están diseñados para utilizar una gran cantidad de insumos materiales y energéticos costosos; 2) *dependientes*, debido a que estos recursos en su mayoría provienen de una fuente que los suministra en dependencia de las fluctuaciones en los mercados; 3) *frágiles*, porque al escasear o faltar tales recursos el sistema colapsa, y 4) *poco resilientes y altamente riesgosos*, pues no tienen la capacidad de resistir al impacto de agentes externos ni de recuperarse en un breve lapso de tiempo de sus consecuencias. En los sistemas agropecuarios de monocultivo y dependientes de recursos externos, los subsidios absorben los costos asociados a la simplificación de la agrobiodiversidad y raramente consideran aquellos relativos a las externalidades que producen (deforestación, contaminación, degradación, daños a la salud). Entonces, cabe preguntarse, ¿cuál o cuáles serán los modelos más apropiados en función de una combinación armónica y razonada entre eficiencia energética, productividad y agrodiversidad? Antes de analizar ese asunto, se profundizará en las fuentes de energía en los agroecosistemas.

Energía en los agroecosistemas

Típicamente, los sistemas de producción agrícola desaprovechan alrededor del 99 % de la energía solar disponible (Pimentel y Pimentel, 2008). Dicho de otra manera, como promedio, las plantas —que son las únicas capaces, junto a las algas y muchas especies de bacterias (organismos fotoautótrofos)—, pueden hacer uso solo del 1 % de la energía solar que incide sobre la superficie terrestre. Un caso particular lo constituye el grupo de plantas pertenecientes al sendero fotosintético C_4 , que poseen mayor eficiencia fotosintética como el maíz, la caña y el sorgo. De estas existen unas 7 600 especies (3 % del total de especies de plantas conocidas), entre las que se destaca la familia de las poaceas (gramíneas), que agrupa 61 % del total de las especies C_4 (Zhu *et al.*, 2008). Estas logran capturar hasta 5 % de la energía solar, con lo cual son capaces de fijar una mayor cantidad de CO_2 y convertirlo en compuesto orgánico de cadenas carbonadas más largas. Por tanto, las plantas C_4 tienen el potencial de capturar la mayor cantidad de energía por unidad de superficie cultivada y tiempo dado. De igual forma, otras plantas C_3 , como la jatropha (*Jatropha curcas*), la moringa (*Moringa oleifera*), la soya (*Glycine max*) y el girasol (*Helianthus annuus*), entre otras plantas y árboles oleaginosos, producen frutos con alto poder calórico que tienen un apreciable valor energético para la alimentación humana o animal y para su empleo como combustible. Con su cultivo intensivo se pueden obtener grandes volúmenes de los denominados biocombustibles.

Los biocombustibles, como fuente de energía renovable, surgieron en respuesta a la creciente dependencia de combustibles fósiles y al daño que su empleo ocasiona al medioambiente debido al incremento de las emisiones de CO_2 a la atmósfera. Sin embargo, el empleo de la tierra para la producción de biocombustibles se considera una de las causas fundamentales del aumento e inestabilidad de los precios de los alimentos, la pobreza rural, el hambre y la inequidad social (IAASTD, 2009). Mientras tanto, la crisis energética se agudiza y amenaza a las economías más débiles, y sobre todo afecta

directamente a los modelos agrícolas que siguen dependiendo en alto grado de fuentes energéticas externas, lo cual los hace menos resilientes a los cambios en los patrones del clima y de los mercados internacionales. La garantía de que los sistemas agrícolas sean más resilientes a estos y otros fenómenos está en que logren ser energéticamente soberanos y que sean tecnológicamente soberanos, lo cual les permitirá alcanzar la soberanía alimentaria. A esto es lo que Altieri (2009) denominó las tres soberanías de la agroecología.

La energía está disponible para los agroecosistemas a partir de dos fuentes fundamentales: la energía ecológica y la energía cultural (Gliessman, 2001). La ecológica es aquella que proviene directamente del sol e interviene en la producción de biomasa a través de los organismos fotosintéticos. La cultural es la que suministran los seres humanos con el fin de optimizar la producción de biomasa en los agroecosistemas. A su vez, se identifican dos fuentes de energía cultural: la biológica y la industrial. La primera es de origen animal o humano —trabajo animal o humano, estiércol o la energía de la biomasa—, mientras que la segunda proviene de fuentes no biológicas, como la electricidad, la gasolina, el petróleo, el gas natural, los fertilizantes y la maquinaria. La clave de los agroecosistemas radica en cómo utilizar mejor la energía cultural para transformar con más eficiencia la energía ecológica en alimentos u otras producciones agropecuarias.

Otras fuentes renovables de energía con un gran potencial para ser utilizadas en el marco de los sistemas agropecuarios son la energía producida por los molinos de viento (eólica), la potencialmente utilizable de la caída del agua (hídrica), así como la captura y conversión de los rayos solares a través de celdas fotovoltaicas (solar). Las fuentes de energía que provienen de la biomasa (biológica) son variadas y los tipos de procesos para su obtención, diversos.

El enfoque agro-energético ha estado dominado por la mejor manera en que pueden ser utilizados los llamados “portadores energéticos”, entre los cuales está el petróleo, la gasolina y la electricidad, o en cómo producir fuentes renovables de energía a partir de la biomasa. Estas fuentes de energía, mayoritariamente empleadas en la agricultura industrial, entran a los sistemas agrícolas a través del transporte, la construcción de infraestructuras y maquinarias, y diversos insumos externos (fertilizantes, pesticidas, piensos, entre otros).

Sin embargo, entre las alternativas que existen para desarrollar una producción agropecuaria eficiente desde el punto de vista energético, una que se menciona poco es la que proviene de las reservas intrínsecas del propio sistema agroproductivo. Probablemente la energía capturada y transformada de manera eficiente a través de los diferentes componentes de un sistema agrícola sea la más importante de todas (fig. 1).

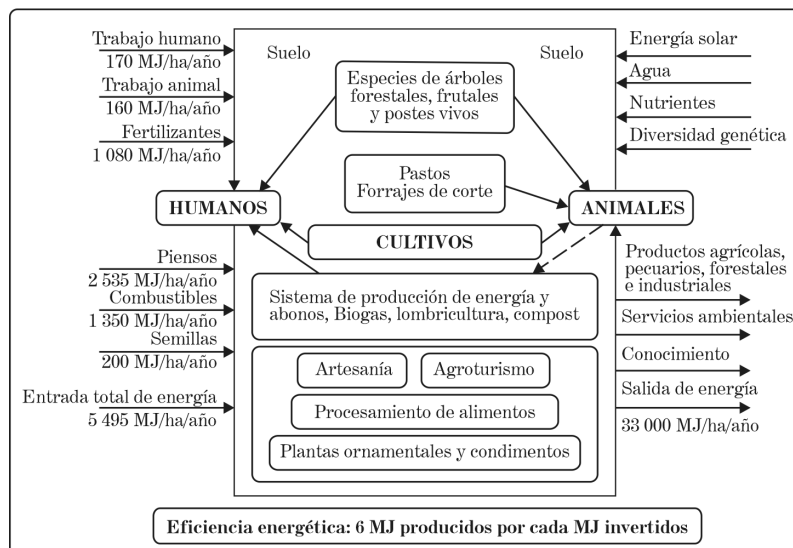


Fig. 1. Modelo energético sustentable para la producción de alimento y energía.

Bajo una concepción agroecológica de producción de alimentos sería tan o más importante contar con fuentes renovables de energía como con diseños integrados, diversificados y autosuficientes, que optimicen el uso de la energía disponible y, una vez capturada, hacer que esta circule a través del sistema. Podría decirse que el aspecto clave de los flujos energéticos en los agroecosistemas radica en la manera en que es utilizada la energía cultural para la conversión de la energía ecológica en biomasa.

Comprender el flujo y el balance de energía es un elemento básico para lograr la sostenibilidad energética y es importante tanto por razones económicas como ecológicas y sociales. El conocimiento y la cuantificación de la eficiencia energética de los sistemas de producción de alimento deberían constituirse en una herramienta fundamental para el diseño de mejores estrategias de manejo agrícola y toma de decisiones políticas. Por ello resulta prioritario incorporar los elementos metodológicos necesarios con el objetivo de diseñar sistemas sustentables para producir alimento y energía de manera combinada (Funes-Monzote *et al.*, 2011). Este paso será decisivo para el uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, tanto biológicas como industriales.

Por otra parte, algunos factores que contribuyen a disminuir la eficiencia energética de los sistemas agropecuarios y que deben evitarse al diseñar estrategias energéticamente sostenibles para la producción de alimentos, son:

- Sistemas de monocultivo en grandes extensiones.
- Excesivo uso de maquinaria.
- Utilización masiva de fertilizantes químicos y plaguicidas.
- Empleo desmedido de alimentos concentrados para incrementar la productividad por animal.
- Desaprovechamiento o quema de residuos de cosecha.
- Poca utilización del área de cultivo en tiempo y espacio.
- Ineficiente empleo de la mano de obra.

La eficiencia energética de un sistema agropecuario puede ser relativa a la intensidad con que se utilicen los recursos energéticos internos o externos (modelos productivos abiertos o cerrados, industriales o de bajos insumos), pero también es relativa al tipo de producción que se realice (frutas, carne, hortalizas, leche, madera, posturas, entre otros). Como se señaló anteriormente, la producción vegetal es intrínsecamente más eficiente en el uso y la conversión de la energía que la producción animal. Las plantas, por ser organismos autótrofos, se encuentran en el primer eslabón de la cadena alimentaria y son consideradas productores primarios. Mientras que un sistema ganadero de productividad media llega a proveer suficiente energía y proteína para cubrir los requerimientos de entre dos y tres personas por hectárea, los sistemas agrícolas como promedio son capaces de producir para 11-15 personas.

Por otra parte, un sistema biodiverso no es necesariamente más productivo o más eficiente que uno de monocultivo; ni tampoco uno de menor escala, por ser pequeño, es intrínsecamente más eficiente. La eficiencia de un sistema depende más del diseño y el manejo de los componentes que lo conforman. La ventaja de un sistema basado en la diversidad y a menor escala reside, fundamentalmente, en que su diseño permite una integración armónica y funcional entre sus componentes y un mayor “control” de las interacciones en juego. En ocasiones existen recursos que son deficientemente o poco utilizados, por ejemplo, la energía solar, el agua o los nutrientes, porque el sistema no está concebido para tal fin. Por lo general, esto ocurre debido al desconocimiento de las combinaciones apropiadas ganadería-agricultura y de los sistemas de rotación más adecuados que permitan capturar estos recursos. Una vez que están disponibles y son capturados

de forma eficiente, el sistema debe ser capaz de convertir la energía en biomasa (alimento humano), desempeñar otras funciones (mejorar el suelo, alimentar a los animales o generar empleo) e incluso cumplir objetivos espirituales, ambientales o simplemente paisajísticos, a lo que se le llama multifuncionalidad. De esta forma se logrará una integración entre los factores biofísicos y de manejo que permitirá una producción sustentable, no solo desde el punto de vista productivo, sino también desde el ambiental y el socioeconómico.

Modelos energéticos sustentables en Cuba

El diseño de sistemas sustentables para la producción de alimento y energía constituye una necesidad para realizar una agricultura que sea medioambientalmente sensible, económicamente factible, socialmente aceptable y, de esta manera, los ciclos y procesos naturales que en última instancia rigen la agricultura se respetan, se protegen y se ayudan a restaurar. Preservar los recursos financieros disponibles y evitar el despilfarro que presupone realizar una agricultura dependiente basada en altos insumos externos, es la vía más segura de hacerla factible en un ambiente socioeconómico inestable. Diseñar sistemas agrícolas compatibles con los gustos, necesidades y aspiraciones de los agricultores es a su vez la garantía de que estos tendrán la capacidad de perdurar. Sin embargo, estos gustos, necesidades y aspiraciones cambian y deben ser adaptados a la realidad reinante. No queda duda de que es necesario que cualquier modelo agrícola que pretenda permanecer debe ser energéticamente sustentable. Una alta dependencia externa confiere alta inestabilidad a los sistemas agrícolas y, por ende, financieramente se tornan muy frágiles y vulnerables. Producir alimentos de manera sustentable, por tanto, debe ser una combinación armónica entre un ambiente natural sano, una economía fuerte basada en la producción de bienes materiales con la menor dependencia posible y un uso eficiente de la energía disponible. Preston y Murgueitio (1992) propusieron un sistema integrado para producir alimentos que a su vez fuera energéticamente eficiente, diverso y basado en los recursos naturales disponible. En este sentido durante la década de 1990-2000 se realizaron diferentes esfuerzos en aras de modelar las bases de desarrollo de la agricultura cubana desde una concepción integrada. Tales fueron los casos de los modelos propuestos (figuras 2 y 3) por García-Trujillo (1996) y Monzote *et al.* (1999).

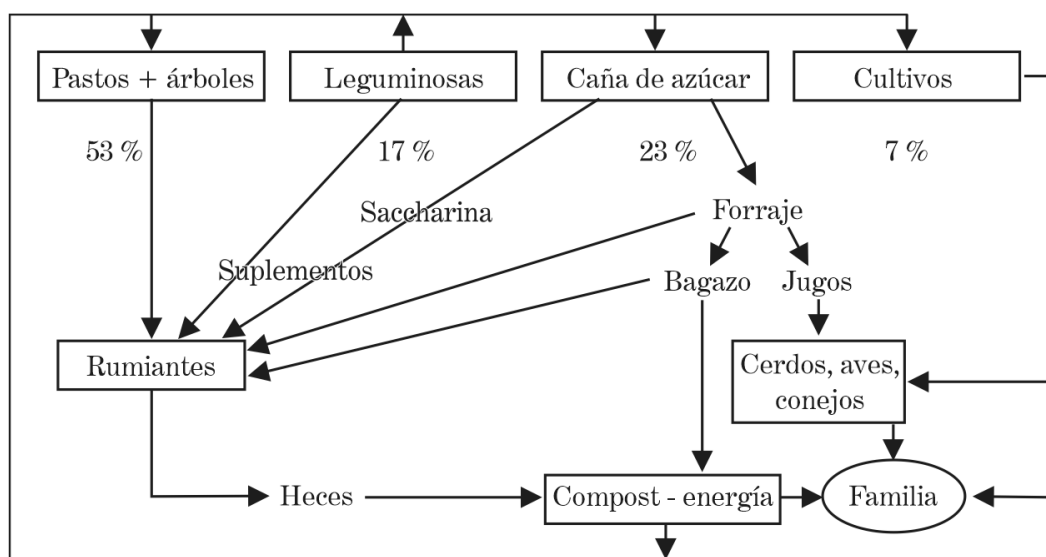


Fig. 2. Sistema de producción diversificado propuesto para la ganadería cubana.

Fuente: García-Trujillo (1996)

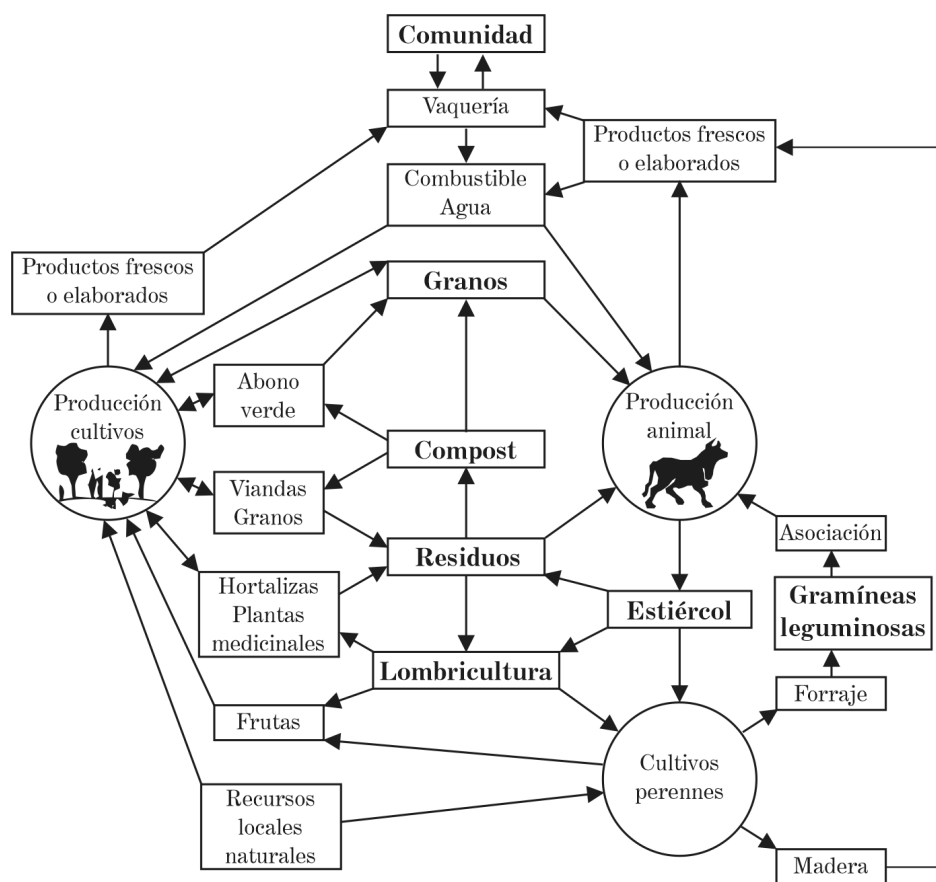


Fig. 3. Modelo de integración de la agricultura a la ganadería.

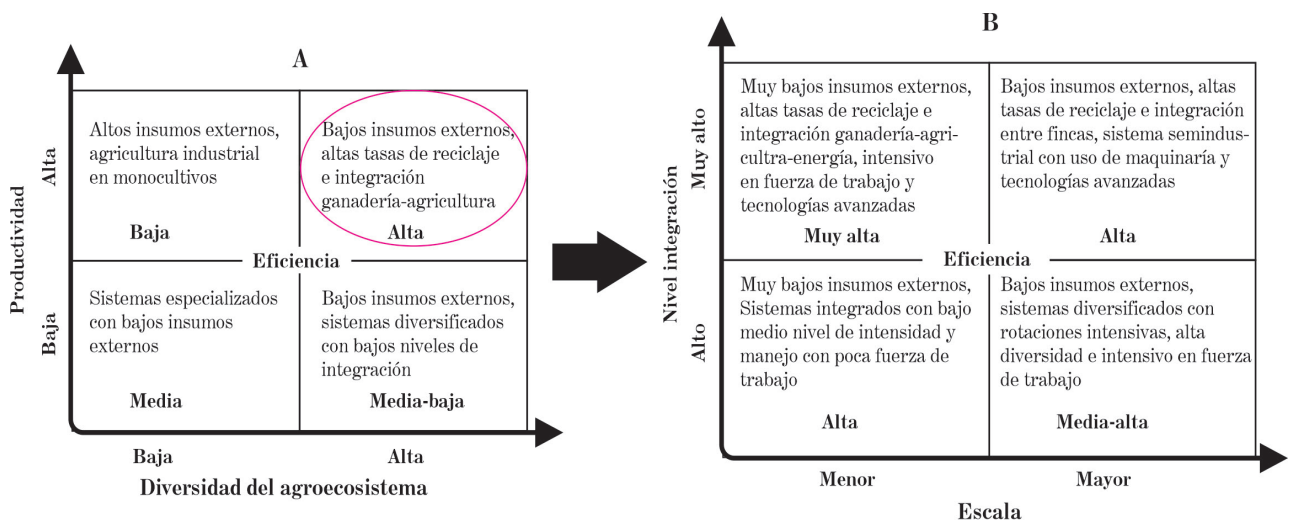
Fuente: Monzote *et al.* (1999).

No hay nada más racional que realizar un diseño consciente de los sistemas agrícolas basado en la internalización de estas perspectivas de desarrollo. Cada vez hay menor duda de que la agroecología es un modelo factible para el desarrollo agrario cubano y, al igual que en Cuba, existe una creciente evidencia en muchos países de sus ventajas ecológicas, económicas y sociales. Sin embargo, los sistemas agroecológicos siguen siendo vistos como “alternativos” a un modelo convencional que confronta una serie de contradicciones entre productividad y eficiencia de la producción, y que solo es posible mantener a través de subsidios permanentes, pero que aún predomina a pesar de sus fracasos cíclicos e injustificados que cuestan a la sociedad más de lo que puede regenerar en forma de recursos naturales o dinero.

A pesar de que en las últimas décadas se produjeron muchas innovaciones y avances tecnológicos, existe una combinación de factores globales de naturaleza política, económica y social que impone nuevos y complejos retos a la agricultura mundial, que tiene el imperativo de garantizar la seguridad alimentaria y energética de manera ambiental y socialmente sostenible (NRC, 2010). Un estudio internacional se dirigió a definir preguntas que, de responderse, serían una contribución para fijar políticas agrícolas globales en la investigación y la práctica agrícola a escala mundial (Pretty *et al.*, 2011). Varias de esas preguntas constituyen hipótesis en el estudio de los sistemas integrados para la producción de alimento y energía (2008-2010), realizado por investigadores pertenecientes a diferentes instituciones y agrupados en el proyecto Biomás-Cuba, financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (Cosude).

Relación diversidad-productividad-eficiencia energética

Un elemento clave de los sistemas agropecuarios sustentables para la producción de alimento y energía es la combinación entre la diversidad, la productividad y la eficiencia energética. Con el cultivo biointensivo de alimentos (más alimentos en menos espacio), se logró aumentar entre cuatro y ocho veces los rendimientos obtenidos por los agricultores que usan las técnicas agrícolas mecanizadas y químicas. Además, se redujo al menos a la mitad el consumo de agua y unas diez veces el de energía, al prescindir de abonos químicos, pesticidas y herbicidas. Estudios realizados en Cuba (Monzote *et al.*, 1999; Funes-Monzote, 2009)1999; Funes-Monzote, 2009 mostraron que a mayor agrodiversidad —en cuanto a cultivos, ganadería y especies de árboles, como parte de los sistemas agrícolas integrados y multifuncionales—, los sistemas agroecológicos que lograron altos niveles de integración y reciclaje ganadería-agricultura, alcanzaron una mayor productividad y eficiencia (figura 4).



A. Disímiles tipos de sistemas sustentables pueden ser diseñados en la práctica con diferentes niveles de integración
B. Diferentes escalas para alcanzar una gama amplia de eficiencia en el uso de recursos

Fig. 4. Análisis combinado de tres atributos de los sistemas sustentables: diversidad, productividad y eficiencia, y su caracterización en función de cuatro modelos contrastantes de agricultura

En Cuba, la escasez de insumos químicos, maquinaria y energía fósil ha sido el motor impulsor de un movimiento agroecológico a escala nacional en el que la innovación ha estado presente en todo momento. El resultado más relevante de este proceso fue la creación de una conciencia sobre los beneficios de la diversidad, así como la generación de una vasta experiencia en el diseño y manejo de sistemas diversos, heterogéneos y complejos. A continuación, se presenta un breve análisis de dos modelos agroecológicos que así lo confirman.

Modelo “A”: Finca familiar a pequeña escala (10 ha), con utilización de bajos insumos externos y alta integración ganadería-agricultura. La diversidad de plantas y animales supera las 100 especies y la alta tasa de reciclaje permite que “nada se pierda”. Utiliza diferentes fuentes renovables de energía, como la eólica (molino de viento) y la energía potencial del agua (ariete hidráulico). La alta productividad y eficiencia energética, así como un elevado índice de utilización de la tierra, inciden en la capacidad de producir alimentos para gran cantidad de personas a un bajo costo energético (tabla 5).

Tabla 5. Modelo de finca agroecológica “A” a pequeña escala, Taguasco, Sancti Spiritus, Cuba

Indicador	Agroecológica pequeña escala
Área de la finca, ha	10
Producción energética, GJ/ha/año	50,6
Producción proteica, kg/ha/año	434
Personas que alimenta el sistema desde el punto de vista energético, persona/ha/año	11
Personas que alimenta el sistema desde el punto de vista proteico, persona/ha/año	17
Eficiencia energética, salidas/entradas	30

Modelo “B”: Finca familiar a mediana escala (40 ha), con utilización de bajos-medios insumos externos y un enfoque industrial que emplea tractores, riego y fuerza de trabajo contratada. No posee producción animal a escala comercial, pero utiliza de manera altamente eficiente el estiércol importado de una vaquería vecina a través de un biodigestor. Combina el uso de los lodos derivados de la digestión anaeróbica del estiércol con microorganismos presentes en condiciones naturales en el suelo y los aplica sistemáticamente a los cultivos. Alta tasa de rotación de cultivos que confieren al sistema un elevado índice de utilización de la tierra (tabla 6).

Tabla 6. Modelo de finca agroecológica “B” de base semi-industrial a mediana escala, Perico, Matanzas, Cuba

Indicador	Agroecológica mediana escala
Área de la finca, ha	40
Producción energética, GJ/ha/año	90
Producción proteica, kg/ha/año	318
Personas que alimenta el sistema desde el punto de vista energético, persona/ha/año	21
Personas que alimenta el sistema desde el punto de vista proteico, persona/ha/año	12,5
Eficiencia energética, salidas/entradas	11,2

Estudios a escala nacional

Un estudio llevado a cabo a escala nacional en 93 fincas, comprobó el potencial de los sistemas como los mencionados anteriormente, al comparar sistemas productivos con mayor o menor diversificación, a diferentes escalas y años después de realizada la conversión agroecológica. La definición de tipologías en tal sentido ha sido un punto de referencia para el análisis de la eficiencia energética y productiva de los sistemas agrícolas en Cuba. Por ejemplo, las fincas convertidas (agroecológicas) transcurridos tres años o más, tuvieron menor costo energético de la producción de proteína y una eficiencia energética mayor (figura 5) que las no convertidas (especializadas).

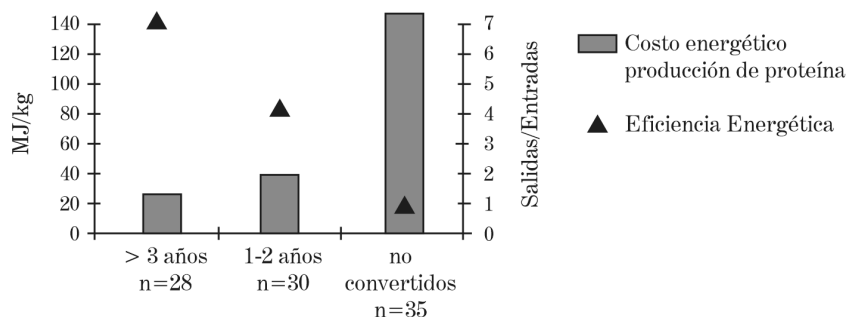


Fig. 5. Costo energético de la producción de proteína y eficiencia energética en función del tiempo transcurrido de la conversión hacia sistemas integrados.

Las fincas que dedicaron entre 45 y 75 % de sus tierras a cultivos integrados a la ganadería, lograron una mayor productividad en cuanto a producción de leche por unidad de área de forraje (3,6 t/ha/año) con una elevada eficiencia energética (figura 6). También fueron superiores los rendimientos de energía (21,3 GJ/ha/año) y de proteína (141,5 kg/ha/año).

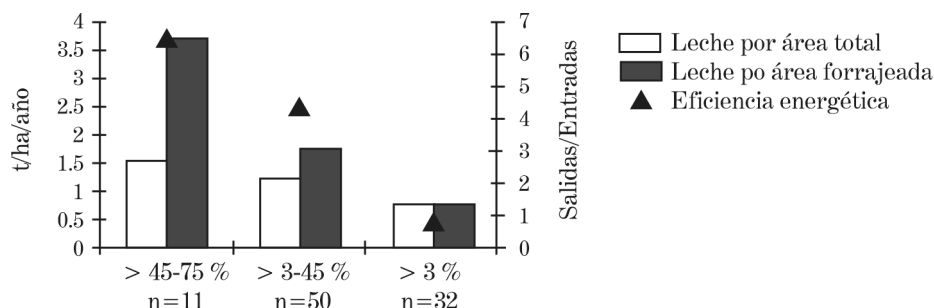


Fig. 6. Producción lechera y eficiencia energética para tres proporciones de integración de cultivos en áreas ganaderas, (alta, >45-75; media, >3-45 y baja, ≤ 3).

En otro estudio se identificaron y evaluaron de forma preliminar tipologías de sistemas para la producción de alimento y energía. Se monitoreó un grupo de 25 sistemas productivos (fincas) de las 53 que participan en el proyecto Biomasa-Cuba y de las que se contaba con suficiente información para su caracterización y análisis. Las fincas se distribuyeron en las provincias de Matanzas (7), Sancti Spíritus (7), Las Tunas (6) y Guantánamo (5), y variaron en cuanto a su afiliación, diferentes formas de organización cooperativa, tamaño y estructura. Como resultado del análisis estadístico se identificaron tres tipos fundamentales, que se muestran en el análisis discriminante (figura 7) y en la descripción que se ofrece a continuación (Funes-Monzote *et al.*, 2011).

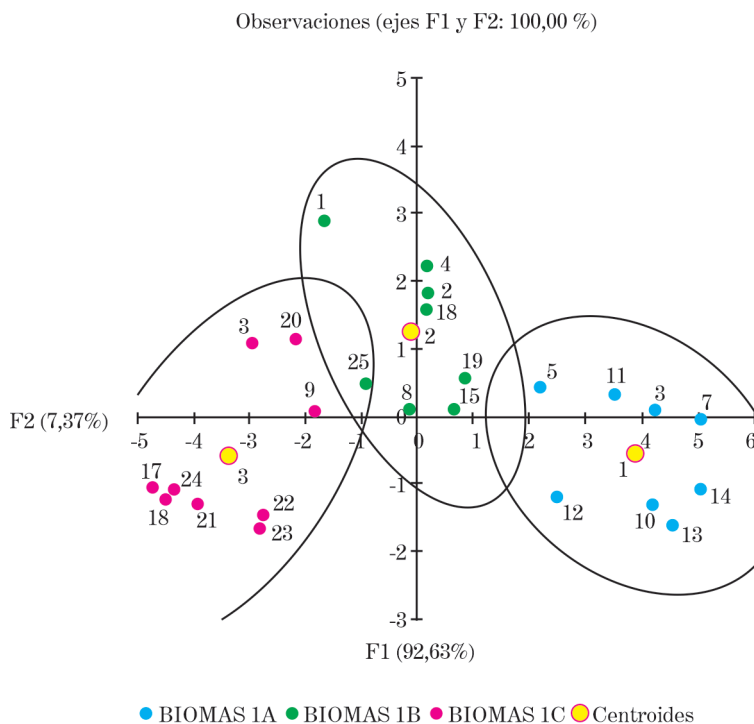


Fig. 7. Análisis discriminante. Las fincas agrupadas a la derecha corresponden al tipo Biomasa 1A; las situadas al centro Biomasa 1B y aquellas situadas a la izquierda Biomasa 1C.

Caracterización de los tipos de fincas identificados

Biomasa 1A: *fuerte integración de alimentos y energía.* Las fincas comprendidas en este tipo presentan una fuerte correlación entre la diversidad de especies de plantas cultivadas y/o animales, alta eficiencia energética y alta productividad en términos de cantidad de alimentos producidos por unidad de área dedicada a los cultivos o la producción animal. Son sistemas productivos generalmente de pequeña escala (≤ 15 ha) y sus trabajadores disponen de un amplio conocimiento tradicional sobre crianza animal y cultivos locales. Tienen alta estabilidad de la producción, autonomía en el uso de los recursos y son resilientes al efecto de factores externos. Con poca inversión se podría incrementar su potencial energético y de producción de alimento, al incorporarse nuevas tecnologías para el uso más eficiente de la biomasa disponible.

Biomasa 1B: *en vías de incrementar la integración de alimento y energía.* Este tipo se caracteriza por presentar un considerable avance en la diversificación del sistema productivo. En muchos casos logran una alta eficiencia energética, pero con baja productividad y viceversa. Aunque cuenta con conocimiento en el manejo de recursos naturales, aún requiere mayores esfuerzos en el diseño integrado del sistema productivo. Por este motivo es que no se logra conjugar la disponibilidad de insumos con la diversidad funcional establecida y el incremento de los indicadores de eficiencia y productividad. Con apoyo financiero en tecnología y algunos cambios de diseño puede mejorar considerablemente su comportamiento y pasar a ser considerado como sistema Biomasa 1A.

Biomasa 1C: *estadios iniciales de la integración alimento-energía.* Las fincas que componen este tipo se encuentran en el inicio del proceso de integración del sistema alimentario y presentan un fuerte desbalance energético. Puede darse el caso de que una finca perteneciente a este grupo disponga de considerables fuentes energéticas de origen industrial (diésel, maquinaria, irrigación, productos químicos) o abundante energía de origen biológico (estiércol, biomasa, fuerza de trabajo); sin embargo, se hace un uso ineficiente de esos recursos. Se incluye en este tipo de fincas también aquellas que se inician en un proceso de integración o que se encuentra en la etapa de establecimiento de cultivos oleaginosos o instalación de biodigestores, pero que a la vez tienen baja diversidad y productividad. Por lo general para lograr la integración en estos sistemas se requerirá un fuerte componente de capacitación y mayor apoyo financiero, aunque también su pobre comportamiento puede estar dado por el derroche de recursos naturales y financieros para pasar al tipo Biomasa 1B requerirán de un trabajo consciente durante 2-3 años.

Consideraciones finales

Los estudios en Cuba mostraron que la alta eficiencia energética que pueden lograr los sistemas agropecuarios sería el resultado de una combinación de factores relacionados con la utilización de los recursos y la implementación de procesos, en los que la biodiversidad desempeña un papel fundamental. En el diseño e implementación de los sistemas agropecuarios energéticamente sustentables se deben considerar los aspectos básicos siguientes:

- Conocer la procedencia y el valor energético de los insumos externos para utilizarlos estratégicamente en función de las necesidades reales.
- Contar con información, lo más fidedigna posible, sobre la equivalencia energética y calidad de los recursos disponibles a escala local.
- Utilizar estratégicamente las diferentes alternativas tecnológicas que permitan una mayor captura y circulación de la energía en el sistema.
- Tener en cuenta el valor biológico de los productos obtenidos en aras de realizar los cálculos pertinentes en función de su eficiencia energética y seguridad alimentaria.
- Definir, a través de actividades de diseño, los tipos de producción (granos, vegetales, carne, leche,

mixta, entre otros) e intensidad de la producción en términos de fuerza de trabajo, capital o insumos requeridos.

- La agroecología, como la ciencia que emplea los principios de la ecología para el diseño y manejo de sistemas agrícolas sustentables, ofrece las bases y concepciones metodológicas y prácticas para rediseñar la agricultura cubana hacia sistemas más resilientes al cambio climático, más productivos, económicamente más rentables y socialmente más aceptables.

Referencias bibliográficas

- ALTIERI, M. A. *La paradoja de la agricultura cubana. Reflexiones agroecológicas basadas en una visita reciente a Cuba*. http://www.acaoterra.org/IMG/pdf/cuba2009_1.pdf, 2009.
- ALTIERI, M. A. & TOLEDO, V. M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing, nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *J. Peas. Stud.* 38 (3):587-612, 2011.
- DE SHUTTER, O. *Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food*. In general assembly. human rights council. Sixteenth session. Agenda item 3 A/HRC/16/49. New York: United Nations, 2010.
- FAO. *1020 millones de personas pasan hambre. Una sexta parte de la humanidad sufre desnutrición, la mayor cifra hasta hoy*. Roma: FAO, 2009.
- FAO. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Roma: FAO, 2011.
- FUNES-MONZOTE, F. R. *Agricultura con futuro: la alternativa agroecológica para Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2009.
- FUNES-MONZOTE, F. R.; MARTÍN, G. J.; SUÁREZ, J.; BLANCO, D.; REYES, F.; CEPERO, L. *et al.* Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34 (4):445-462, 2011.
- GARCÍA-TRUJILLO, R. *Los animales en los sistemas agroecológicos*. La Habana: Asociación Cubana de Agricultura Ecológica, Pan para el Mundo, 1996.
- GLIESSMAN, S. R. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Boca Raton, USA: CRC Lewis Publishers, 2001.
- GODFRAY, C.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D. & MUIR, J. F. *et al.* Food security: the challenge of feeding 9 billion. *People. Sci.* 327:812-818, 2010.
- IAASTD. *Agriculture at a crossroads*. In: *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development Global Report*. Washington: Island Press, 2009.
- KERANS, P. & KEARNEY, J. *Turning the world right-side up: science, community and democracy*. Manitoba, Canadá: Fernwood Publishing, 2006.
- LAPPE, F. M.; COLLINS, J.; ROSSET, P. & ESPARZA, L. *World hunger. Twelve myths*. New York: Food First/Grove Press, 1998.
- MACHIN-SOSA, B.; ROQUE-JAIME, A. M.; ÁVILA-LOZANO, D. R. & ROSSET, P. *Revolución agroecológica: el movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba*. La Habana: ANAP, 2010.
- MARTÍNEZ-ALIER, J.; PASCUAL, U.; FRANCK-DOMINIQUE, VIVIEN & ZACCAI, E. Sustainable de-growth: mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. *Ecol. Econ.* 69:1741-1747, 2010.
- MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G. & SWIFT, M. J. Agricultural Intensification and ecosystem properties. *Science*. 277:504-509, 1997.
- MONZOTE, MARTA; FUNES-MONZOTE, F. R.; SERRANO, D.; SUÁREZ, J. J.; MARTÍNEZ, H. L. & PEREDA, J. *et al.* *Diseños para la integración ganadería-agricultura a pequeña y mediana escala. Reporte final Proyecto CITMA 0800058*. La Habana, 1999.

- NRC. *Toward sustainable agricultural systems in the 21st century*. Washington: The National Academies Press, 2010.
- PIMENTEL, D. *Livestock production and energy use. Encyclopedia of Energy*. Amsterdam: Elsevier. p. 671-676, 2004.
- PIMENTEL, D. & PIMENTEL, M. H. *Food, energy and society*. Boca Raton, USA: CRC Press, 2008.
- PRESTON, T. R. & MURGUEITIO, E. *Strategy for sustainable livestock production in the tropics*. Cali, Colombia: CIPAV, 1992.
- PRETTY, J.; SUTHERLAND, M. J.; ASHBY, J.; AUBURN, J.; BAULCOMBE, D. & BELL, M. *et al.* Las cien preguntas más importantes para el futuro de la agricultura global. *Int. J. Agric. Sustain.* 9 (1):1-20, 2011.
- RÍOS, H.; VARGAS, DANIA & FUNES-MONZOTE, F. R., eds. *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. La Habana: INCA, 2011.
- ROSSET, P. T. *The multiple functions and benefits of small farm agriculture: In the context of global trade negotiations*. Policy Brief No. 4. Oakland, USA: Food First, Institute for Food and Development Policy, 1999.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P.; NAYLOR, R. & POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 418:671-677, 2002.
- UNEP. *Toward green economy*. <https://www.unep.org/greeneconomy/GreenEconomyReport/tabid/29846/Default.aspx>. [20/01/2012], 2011.
- ZHU, X. G.; LONG, S. P. & ORT, D. R. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? *Curr. Opinion Biotech.* 19 (2):153-159, 2008.

ANEXO I. Nombres comunes y científicos de las especies

Nombre Común	Nombre Científico
Baría	<i>Cordia gerascanthus</i> L.
Oreja judío	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.
Palma	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook
Paraná	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q. Nguyen
Árbol del cuerno, cuerno de toro	<i>Acacia cornígera</i> (L.) Willd (= <i>Vachellia cornígera</i> (L.) Seigler & Ebringer
Aroma	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.
Planta puercoespín	<i>Aeschynomene histrix</i> Poir
Moruro blanco	<i>Albizia berteriana</i> (Balb. ex DC.) M. Gómez
Anchico blanco	<i>Albizia caribaea</i> (Urb.) Britton & Rose
Albizia	<i>Albizia cubana</i> Britton & P.Wilson
Pluma de pavoreal	<i>Albizia falcata</i> , ahora <i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes
Falcata, albizia blanca	<i>Albizia falcataria</i> (= <i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes
Albizia	<i>Albizia kalkora</i> (Roxb.) Prain
Algarrobo de olor	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.
Albizia de la India	<i>Albizia lebbekoides</i> (DC.) Benth.
-	<i>Albizia lucida</i> Benth
Albizia	<i>Albizia odoratissima</i> (L.F.) Benth.
Siris blanco	<i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth.
Árbol de la lluvia	<i>Albizia saman</i> , ahora <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.
-	<i>Albizia semani</i>
Nogal de la India	<i>Aleurites moluccanus</i> (L.) Willd.
Tung filipino	<i>Aleurites trisperma</i> Blanco, aceptado <i>Reutealis trisperma</i> (Blanco) Airy Shaw
Maní cimarrón	<i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC
Amaranto rojo	<i>Amaranthus cruentus</i> L.
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i> L.
Yaba	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC
Andropogon	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i> MILL.
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.
Anón	<i>Annona squamosa</i> L.
Maní forrajero	<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C. Greg
Maní forrajero	<i>Arachis prostrata</i> Benth.
Árbol del pan	<i>Artocarpus altitis</i> (Parkinson) Fosberg
Nim	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.
Orquídea blanca enana, Bauhinia blanca	<i>Bauhinia acuminata</i> L.
Pata de vaca	<i>Bauhinia candicans</i> , aceptado <i>Bauhinia forficata</i> Link
Árbol orquídea, bauhinia roja	<i>Bauhinia galpinii</i> N.E. Br.
-	<i>Bauhinia malabarica</i> Roxb.
-	<i>Bauhinia pauletia</i> Pers.
Árbol orquídea, pata de vaca	<i>Bauhinia purpurea</i> L.

Nombre Común	Nombre Científico
-	<i>Bauhinia reticulata</i> DC.
-	<i>Bauhinia retusa</i> Roxb.
Pata de vaca	<i>Bauhinia</i> sp. L.
Árbol orquídea, pata de vaca	<i>Bauhinia variegata</i> L.
Ramié	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich
Guáimaro	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.
Sasafrás, palo santo	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.
Almácigo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.
Sapán	<i>Caesalpinia sappan</i> L.
Gandul	<i>Cajanus cajan</i> (= <i>Cajanus indicus</i>) (L.) Huth
Calliandra, barba de gato	<i>Calliandra calothyrsus</i> Meisn.
Ocuje	<i>Calophyllum antillanum</i> Britton
Calopo, frijol velludo	<i>Calopogonium muconoides</i> Desv.
Canavalia, frijol mantequilla, nescafé	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.
-	<i>Cassia arcoiris</i>
-	<i>Cassia festuca</i>
-	<i>Cassia festuca</i> x <i>Cassia nodosa</i>
Cañandonga	<i>Cassia grandis</i> L. F
Cañafistola llanera	<i>Cassia moschata</i> Kunth
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.
Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.
Centrosema, vichada	<i>Centrosema acutifolium</i> Benth.
Centrosema	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.
Centrosema	<i>Centrosema macrocarpum</i> Benth.
Centro	<i>Centrosema pubescens</i> Benth
Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i> L.
Quinoa, quinua	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
Rhodes	<i>Chloris gayana</i> Kunth
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.
Limón	<i>Citrus X limon</i> (L.) Burm. f. (pro. sp.)
Toronja	<i>Citrus X paradisi</i> Macfad. (pro. sp.)
Naranja	<i>Citrus X sinensis</i> (L.) Osbeck (pro. sp.)
Conchita azul, zapatillo de la reina	<i>Clitoria ternatea</i> L.
Chaya	<i>Cnidoscolus chayamansa</i> McVaugh
Coco	<i>Cocos nucifera</i> L.
Guao	<i>Comocladia dentata</i> Jacq.
Ateje	<i>Cordia collococca</i> L.
Ateje costa	<i>Cordia nitida</i> Vahl. ahora <i>Cordia laevigata</i> Lam.
Güira y G. cimarrona	<i>Crescentia cujete</i> L.
Crotalaria	<i>Crotalaria brownii</i> DC.
Crotalaria	<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth
Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
Pasto estrella	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst
-	<i>Cynodon plectostachyus</i> (K.Schum.) Pilg.
Framboyán rojo	<i>Delonix regia</i> (Bojer.)
Flor de paloma	<i>Desmanthus pernambucanus</i> (L.) Thell (= <i>Desmanthus virgatus</i>)

Nombre Común	Nombre Científico
Desmodio, cadillo	<i>Desmodium distortum</i> (Aubl.) J.F.Macbr.
Amor seco	<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb
Desmodio, pega pega	<i>Desmodium ovalifolium</i> (Schum.) Walp.
Pitilla	<i>Dichanthium annulatum</i> (Forssk.) Stapf
Jiribilla	<i>Dichanthium caricosum</i> (L.) A. Camus
Marabú	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i> Stent.
Pangola	<i>Digitaria eriantha</i> Steud.
Oreja de negro	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong
Árbol de Guanacaste o Piñón de oreja	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.
Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.
Piñón pito	<i>Erythrina berteriana</i> Urb.
Colorín amarillo, Pompón haitiano o Poró rayo de luna	<i>Erythrina indica</i> , ahora <i>Erythrina variegata</i> L.
Piñón	<i>Erythrina mysorensis</i> Gamble
Bucare, Piñón de sombra	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook
Piñón	<i>Erythrina</i> sp.
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp. L'Hér
Bien vestido, árbol florido, mata ratón	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth
Soya	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.
Melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.
Guásima	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i> L.
Guasimilla	<i>Helicteres guazumifolia</i> L.
Kenaf	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.
Majagua	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.
Quimbombó	<i>Hibiscus esculentus</i> L. (= <i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Monch
Marpacífico	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.
Jaragua, puntero	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf
Añil cimarrón	<i>Indigofera mucronata</i> DC.
Guamá	<i>Inga edulis</i> (Mart.)
Boniato, papa dulce	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam
Piñón	<i>Jatropha curcas</i> L
Dolichos	<i>Lablab purpureus</i> (L.) Sweet
Guaje	<i>Leucaena collinsii</i> Britton & Rose
-	<i>Leucaena cumbrata</i> enana
Guaje blanco	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltdl.) Benth.
Guaje colorado o guaje rojo	<i>Leucaena esculenta</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Benth.
Guajillo	<i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson
Guaje blanco, aroma blanca	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Witt
Guaje	<i>Leucaena macrophylla</i>
Guaje delgado, guaje	<i>Leucaena pallida</i> Britton & Rose
Guaje	<i>Leucaena pulverulenta</i> (Schltdl.) Benth.
Guaje	<i>Leucaena retusa</i> Benth.
Guaje	<i>Leucaena shannonii</i> Donn. Sm.

Nombre Común	Nombre Científico
Guaje	<i>Leucaena trichodes</i> (Jacq.) Benth
Balché, Árbol mágico	<i>Lonchocarpus longistylus</i> Kunth.
Lanza frutos	<i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth
Cambrón	<i>Lycium intricatum</i> Boiss
Falso tamarindo, abey	<i>Lysiloma bahamensis</i> Benth. (= <i>Lysiloma latisiliquum</i>) L. Benth.
Siratro	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.
Malva rizada de Cuba	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke
Pasiflora	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.
Yuca, tapioca, casava	<i>Manihot esculenta</i> Crantz
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.
Guinea	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacqs.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs
Paraíso, cinamomo	<i>Melia azedarach</i> L.
Mamoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.
-	<i>Millettia ovalifolia</i> Kurz
Dormidera	<i>Mimosa invisa</i> Mart. ex Colla
Moringa	<i>Moringa oleifera</i> Lam
Morera	<i>Morus alba</i> L.
Morera	<i>Morus</i> sp. L.
Glicine	<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) J.A. Lackey
Albahaca morada	<i>Ocimum sanctum</i> L.
Guinea	<i>Panicum coloratum</i> L.
Gama de castilla	<i>Panicum reptans</i> L.
Pasto bahía	<i>Paspalum notatum</i> Alain ex Flügé
Gramma	<i>Paspalum vaginatum</i> L.
Pasto africano, grama gruesa, kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i> , aceptado <i>Cenchrus clandestinum</i> (Hochst. ex Chiov.) Morrone
Kind grass	<i>Pennisetum purpureum</i> , aceptado <i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone
Aguacate:	<i>Persea americana</i> Mill
Oro azul	<i>Phylla nodiflora</i> (L.) Greene
-	<i>Pithecellobium discolor</i> Britton
Tamarindo dulce	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.
Mamey	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn
Ciruela	<i>Prunus salicina</i> Lindl.
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.
Frijol alado	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) D.C.
Drago	<i>Pterocarpus</i> sp. Jacq.
Kudzu	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.
Roble	<i>Quercus robur</i> L.
Higuereta	<i>Ricinus communis</i> L.
Palma real	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook
zarza	<i>Rubus ulmifolius</i> Schottt
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.
Árbol de la lluvia, samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.
Guapuruvú o pata de elefante	<i>Schizolobium</i> sp. Vogel
Merquerón	<i>Setaria sphacelata</i> (Schumach.) Stapf & C.E. Hubb. ex M.B. Moss

Nombre Común	Nombre Científico
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench
Sorgo	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers
Sorgo	<i>Sorghum</i> spp Moench
Sorgo	<i>Sorghum X almum</i> Parodi (pro sp.)
Jobo	<i>Spondias mombin</i> L.
Espartillo	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.
Verbena azul	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl
San Agustín	<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walter) Kuntze
Paraíso	<i>Strelitzia reginae</i> Aiton
Stylo	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.
Stylosanthes	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.
Teca	<i>Tectona grandis</i> L.
Teca	<i>Tectona grandis</i> L.f.
Teramnus	<i>Teramnus labialis</i> (L.F.) Spreng
Almendra	<i>Terminalia catappa</i> L
Titonia	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees.
Pasto guatemala	<i>Tripsacum laxum</i> Nash
Ramón caballo	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.
Pasto taner	<i>Urochloa arrecta</i> (Hack. ex T. Durand & Schinz) Morrone & Zuloaga
Brizanton	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster
Pasto alambre, pasto peludo	<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D. Webster
Dictioneura	<i>Urochloa dictyoneura</i> (Fig. & De Not.) Veldkamp
Pasto aguja	<i>Urochloa humidicola</i> (Rendle) Morrone & Zuloaga
Yerba bruja	<i>Urochloa purpurascens</i> (Raddi) Henrard
Congo señal, gambutera, kenia, pasto Congo, pasto ruzi	<i>Urochloa ruziziensis</i> (R. Germ. & Evrard) Crins
Vigna, caupí	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.
Maíz	<i>Zea mays</i> L.
Ciruela india	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.
zoysia, zoisia	<i>Zoysia matrella</i> (L.) Merr.

ANEXO II. Listado de autores

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba

Antonio Delgado-Perdomo
Antonio Suset-Pérez
Aristides Pérez-Vargas
Carlos A. Hernández
Celido Matías-Ruiz
Dairom Blanco-Betancourt
David Hernández-Torrecilla
Eliel González-García
Esperanza Seguí-Cartaya
Félix Blanco-Godínez
Félix Ojeda-García
Fernando Rafael Funes-Monzote
Francisco Reyes-Ocampo
Giraldo Jesús Martín-Martín
Hilda B. Wencomo-Cárdenas
Hilda Caridad Machado-Martínez
Ismael Hernández-Venereo
Iván Lenin Montejo-Sierra
Javier Arece-García
Jesús Manuel Iglesias-Gómez
Jesús Suárez-Hernández
Jorge Reino-Molina
Juan Carlos Lezcano-Fleires
Leonel R. Simón-Guelmes
Luis Alberto Corbea-Martínez
Luis Cepero-Casas
Luis Lamela-López
Marcos Esperance-Matamoros
Marlen Navarro-Boulancier
Marta Beatriz Hernández-Chavez
Midrey Soca-Pérez
Milagros de la Caridad.
Milera-Rodríguez
Odalys C. Toral-Pérez
Onel López-Vigoa
Orestes Cáceres-García
Osmel Alonso-Amaro
Rey Leovigildo Machado-Castro
Roberto Miret-Alfonso
Saray Sánchez-Cárdenas
Tania Sánchez-Santana
Taymer Miranda-Tortoló
Yoel López-Leyva
Yolanda González-Rosado
Yuseika Olivera-Castro

Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Aldo Barrientos-Mojena
César Padilla-Corrales
Ciro Andrés-Zamora-Mojena
Emilio Castillo-Corría
Esmeralda Lon-Wo-Chansay
Guillermo Valdés-Hernández
Gustavo Jacinto Crespo-López
Gustavo Julio Febles-Pérez
Idalmis D. Rodríguez-García
Julio Jesús Reyes-González
Katia Hidalgo-Salomón
Lourdes Lucila Savón-Valdés
Madelén Herrera-Perdomo
Manuel Castro-Perdomo
María Felicia Díaz-Sánchez
Nurys Valenciaga-Valdés
Rafael Segundo Herrera-García
Ramón Omar Martínez-Zubiaur
Raúl A. Mejías-Rodríguez
Sandra Lok-Mejías
Tomás Elías Ruiz-Vázquez

Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes

Luis Rodolfo Valdés-Fernández

Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez, Cuba

Pedro Pablo del Pozo-Rodríguez

SOCUP-ACPA

Mirtha López-Gutiérrez

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, Cuba

Yohanka Lezcano-Más

Estación de Pastos de Sancti Spiritus, Instituto de Investigaciones de Pastos, Cuba

Emigdio Rodríguez-del Río

Dirección de Planificación Física de Cabaiguán, Sancti Spiritus, Cuba

Valia Savran

Universidad de Ciego de Ávila, Cuba

Carlos Mazorra-Calero
Ángela Borroto-Pérez

Estación de Pastos Las Tunas, Instituto de Investigaciones de Pastos, Cuba

Jorge Luis Rivero-Moreno

Universidad de Granma, Cuba

Exequiel León-Álvarez

Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Cuba

Norge Fonseca-Fuentes

Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible, Guantánamo, Cuba

José Armando Sotolongo-Pérez

Instituto Universitario de la Paz. Santander, Colombia

Emiro R. Canchila-Asencio

Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

Andrés Alpízar-Naranjo





ISBN 978-959-7138-45-7



9 789597 138457