

a
ad Autónoma de
o de los objetivos y políticas
14-2018, presenta la **Colección de**
su versión digital, resultado de la
Universitario emitida a través de la Dirección

sitarios, editada por la Dirección General de
CH, difunde el patrimonio científico, cultural y
mico 2014-2018 de la Universidad. Es una colección
urre a los avances tecnológicos, modernizando su
de su valor académico. Los títulos publicados conforman
ntífico de nuestra Universidad. Así, la **Colección** puede
de nuestro tiempo.

Universitario revelan aspectos decisivos en la
nuestra Universidad en el momento de su
testimonio de la recepción en el ámbito de
con singular claridad las convicciones de que
fronteras, al estar disponibles virtualmente

Universitarios se propone ser parte del
Editorial Universitario. Su producción
investigación referidos en el mejoramiento de

sonas y grupos colegiados de científicos y académicos con
tigaciones, formulen sus propias preguntas y encuentren
conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos
o y ambiental del estado de Chiapas, la región y el país.
ramientas necesarias para que, a través del estudio
os y enriquecer humanamente su entorno.

de la necesidad de servir”

enio Ruiz Hernández
rsidad Autónoma de Chiapas

ayo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
COLECCIÓN DE TEXTOS UNIVERSITARIOS

Frutas del Trópico

Martha Elena de Coss Flores
Carmen Ruiz Bello
José Luis Moreno Martínez





AUTÓNOMA

RECTORÍA

2014-2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FRUTAS DEL TRÓPICO

Martha Elena de Coss Flores

Carmen Ruiz Bello

José Luis Moreno Martínez



DIRECTORIO

Mtro. Carlos Eugenio Ruiz Hernández
RECTOR

Mtro. Hugo Armando Aguilar Aguilar
SECRETARIO GENERAL

Mtro. Roberto Sosa Rincón
SECRETARIO ACADÉMICO

Lic. Erick Emmanuel Luis Gijón
ENCARGADO DE LA SECRETARÍA ADMINISTRATIVA

Mtro. Luis Iván Camacho Morales
SECRETARIO AUXILIAR DE RELACIONES INTERINSTITUCIONALES

Dr. Lisandro Montesinos Salazar
DIRECTOR GENERAL DE PLANEACIÓN

Dra. María Eugenia Culebro Mandujano
DIRECTORA GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Lic. Víctor Fabián Rumaya Farrera
DIRECTOR GENERAL DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Mtra. Rocío Aguilar Sánchez
**JEFA DE LA UNIDAD DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**



RECTORÍA

2014-2018

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
MTRO. MIGUEL ANTONIO RAMON CASTRO
ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN

DR. GENARO MALDONADO MEJÍA
SECRETARIO ACADÉMICO

DR. ALEJANDRO LEY DE COSS
INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

a
ad Autónoma de
co de los objetivos y políticas
014-2018, presenta la **Colección de**
su versión digital, resultado de la
Universitario emitida a través de la Dirección

Universitarios, editada por la Dirección General de
CH, difunde el patrimonio científico, cultural y
émico 2014-2018 de la Universidad. Es una colección
curre a los avances tecnológicos, modernizando su
s de su valor académico. Los títulos publicados conforman
ntífico de nuestra Universidad. Así, la **Colección** puede
de nuestro tiempo.

Universitario revelan aspectos decisivos en la
nuestra Universidad en el momento de su
testimonio de la recepción en el ámbito de
con singular claridad las convicciones de que
fronteras, al estar disponibles virtualmente

Universitarios se propone ser parte del
Editorial Universitario. Su producción
investigación referidos en el mejoramiento de

Personas y grupos colegiados de científicos y académicos con
stigaciones, formulen sus propias preguntas y encuentren
n conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos
co y ambiental del estado de Chiapas, la región y el país.
rramientas necesarias para que, a través del estudio
nos y enriquecer humanamente su entorno.

a de la necesidad de servir”

enio Ruiz Hernández
ersidad Autónoma de Chiapas

ayo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
COLECCIÓN DE TEXTOS UNIVERSITARIOS

Frutas del Trópico

Martha Elena de Coss Flores
Carmen Ruiz Bello
José Luis Moreno Martínez



FRUTAS DEL TRÓPICO

D.R. © 2017. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
Boulevard Belisario Domínguez Km. 1081 sin número, Colina Universitaria,
Terán, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

D.R. © 2017. Martha Elena de Coss Flores, Carmen Ruiz Bello y José Luis Moreno Martínez

ISBN: 978-607-8363-60-5

Edición:

Dirección General de Investigación y Posgrado - Unidad de Divulgación Científica

Diseño y composición:

Bernardo Olivio Reyes de León y Ernesto de Jesús Pérez Álvarez

Diseño de forros:

Bernardo O. Reyes de León

Formación editorial:

María Beatriz Arévalo Dorry

Imagen de portada:

Hans Kabsch

Coordinación de la Colección:

Rocío Aguilar Sánchez

Edición digital:

María Beatriz Arévalo Dorry

Dirección General de Investigación y Posgrado

Unidad de Divulgación Científica

Hecho en México (Made in Mexico)

CONTENIDO

PRESENTACIÓN **13**

CAPÍTULO 1

Reproductive Physiology of Mango **17**
Thomas L. Davenport

Fisiología reproductiva del mango **33**
Thomas L. Davenport

CAPÍTULO 2

Pruning Strategies to Maximize Tropical Mango Yields
from the Time of Planting to Restoration of Old Orchards **49**
Thomas L. Davenport

Estrategias de poda para maximizar el rendimiento de mango tropical
desde el tiempo de siembra hasta la restauración de huertos viejos **75**
Thomas L. Davenport

CAPÍTULO 3

Manejo integrado de plagas y técnicas de monitoreo para las plagas de mango **91**
Jorge E. Peña

CAPÍTULO 4

Modelo de pronóstico de la infección por antracnosis (*colletotrichum gloeosporioides penz*) en mango cv ataulfo con base a la lluvia y humedad relativa

129

José Nelson Pérez Quintanilla, Erika Patricia Pinson Rincón,

Carlos Garibay Gálvez, Javier Valle Mora y Martha Elena de Coss Flores

CAPÍTULO 5

Introduction to Terminology and Techniques for Studying

Environmental Physiology of Subtropical and Tropical Fruit Crops

143

Bruce Schaffer

Introducción a la terminología y técnicas para estudiar

la fisiología ambiental de frutales Tropicales y Subtropicales

159

Bruce Schaffer

Artículo traducido por: Martha Elena de Coss Flores, Carmen Ruiz Bello

y José Luis Moreno Martínez

CAPÍTULO 6

Diseases of important crops in Chiapas

175

Randy C. Ploetz

Enfermedades de los cultivos importantes de Chiapas

209

Randy C. Ploetz

Artículo traducido por: José Nelson Pérez Quintanilla

y Erika Patricia Pinson Rincón

CAPÍTULO 7

Polinizadores de frutales tropicales

Jorge E. Peña

245

CAPÍTULO 8

Fruit with Current and Potential Importance in Chiapas

Robert J. Knight, Jr

281

Frutales con importancia actual y potencial en Chiapas

Robert J. Knight, Jr

291

CAPÍTULO 9

Carambola (*Averrhoa carambola* L.) Production

Jonathan H. Crane

301

Producción de Carambola (*Averrhoa carambola* L.)

Jonathan H. Crane

Artículo traducido por: Juan Manuel Villarreal Fuentes, Saúl Espinosa Zaragoza y José Luis Moreno Martínez

319

CAPÍTULO 10

Potencial del cultivo de carambola (*Averrhoa carambola* L.) en México 339

Juan Manuel Villarreal Fuentes, Saúl Espinosa Zaragoza,

José Luis Moreno Martínez, Iran Alia Tejacal y Omar Franco Mora

CAPÍTULO 11

Irrigating Efficiently: Watershed Management Strategies

355

Kati Migliaccio

Irrigación eficiente: Estrategias para el manejo de cuencas

369

Kati Migliaccio

Artículo traducido por: Juan Manuel Villarreal Fuentes, Saúl Espinosa Zaragoza y José Luis Moreno Martínez

CAPÍTULO 12

Biología de Frutas Tropicales

385

Richard Litz

CAPÍTULO 13

The market for imported fresh fruits and vegetables in the United States

413

E. Evans

El mercado de frutas y verduras frescas en Estados Unidos

437

E. Evans

Artículo traducido por: José Noé Lerma Molina

CAPÍTULO 14

Short course on Tropical fruits

451

Jonathan H. Crane

Curso Corto sobre frutas tropicales

469

Jonathan H. Crane

*Artículo traducido por: Rodolfo Flores García, Martha Elena de Coss Flores
y Joel Corrales García*

CAPÍTULO 15

Soils and nutrient management for tropical fruit trees

489

Yucong Li

Manejo de suelos y nutrimentos para árboles frutales en el trópico

503

Yucong Li

Artículo traducido por: Vicente Lee Rodríguez

CAPÍTULO 16

El zapote mamey

519

*Saúl Espinosa Zaragoza, Juan M. Villarreal Fuentes, Ángel Villegas Monter,
Antonio Mora Aguilera y Carmen Ruiz Bello*

CAPÍTULO 17

Ácaros en cítricos

551

Josep Anton Jacas Miret

CAPÍTULO 18

Manejo ecológico en ácaros de *carica papaya* L.

575

*Martha Elena de Coss Flores, Mario Cabrera Alvarado
y Rodolfo Flores García*

PRESENTACIÓN

La Universidad Autónoma de Chiapas, en el marco de los objetivos y políticas del *Proyecto Académico 2014-2018*, presenta la **Colección de Textos Universitarios** en su versión digital, resultado de la convocatoria **Libro Digital Universitario** emitida a través de la Dirección General de Investigación y Posgrado.

La Colección de Textos Universitarios, editada por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la UNACH, difunde el patrimonio científico, cultural y tecnológico enunciado en el *Proyecto Académico 2014-2018* de la Universidad. Es una colección con doble propósito editorial porque recurre a los avances tecnológicos, modernizando su producción, publicación y distribución; además de su valor académico. Los títulos publicados conforman escenarios para el desarrollo académico y científico de nuestra Universidad. Así, la **Colección** puede considerarse como una estrategia representativa de nuestro tiempo.

Los contenidos presentes en el **Libro Digital Universitario** revelan aspectos decisivos en la investigación de los estudiosos activos en nuestra Universidad en el momento de su publicación, al mismo tiempo que dan testimonio de la recepción en el ámbito de las Instituciones Educativas, que perciben con singular claridad las convicciones de que los libros digitales nos permiten cruzar las fronteras, al estar disponibles virtualmente en cualquier parte del mundo.

La Colección de Textos Universitarios se propone ser parte del quehacer universitario dentro del Programa Editorial Universitario. Su producción contribuirá a lograr los objetivos de docencia e investigación referidos en el mejoramiento de los programas educativos.

Hoy más que nunca, la sociedad necesita personas y grupos colegiados de científicos y académicos con mentes de capacidad crítica, que realicen investigaciones, formulen sus propias preguntas y encuentren sus propias respuestas; asimismo, que generen conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos para contribuir al desarrollo social, económico y ambiental del estado de Chiapas, la región y el país. Es tiempo de brindar a los lectores las herramientas necesarias para que, a través del estudio reflexivo, puedan transformarse a sí mismos y enriquecer humanamente su entorno.

“Por la conciencia de la necesidad de servir”

Mtro. Carlos Eugenio Ruiz Hernández

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

MAYO DE 2017



UNACH

I.
REPRODUCTIVE PHYSIOLOGY
OF MANGO

UNACH

I. REPRODUCTIVE PHYSIOLOGY OF MANGO

Conceptual flowering models have been described to explain the interaction of internal and external factors regulating vegetative and reproductive shoot initiation and induction for mango (Davenport and Nuñez-Elisea, 1997; Davenport, 2000), Citrus sp. (Davenport, 1990; 2000) and lychee (Davenport and Stern, 2005) growing in tropical and subtropical environments. Although mango, citrus, and lychee display different morphologies, they seem to respond to the same environmental cues to direct phenological changes involved in growth and development, however, only citrus is induced to flower in specific response to water stress (Southwick and Davenport, 1986). This presentation will focus on the physiological mechanisms of reproductive and vegetative growth in mango, and although the events or regulation of events described for mango also apply, in general, to citrus and lychee, the means by which to achieve reliable flowering in these other species on an annual basis differ from that of mango.

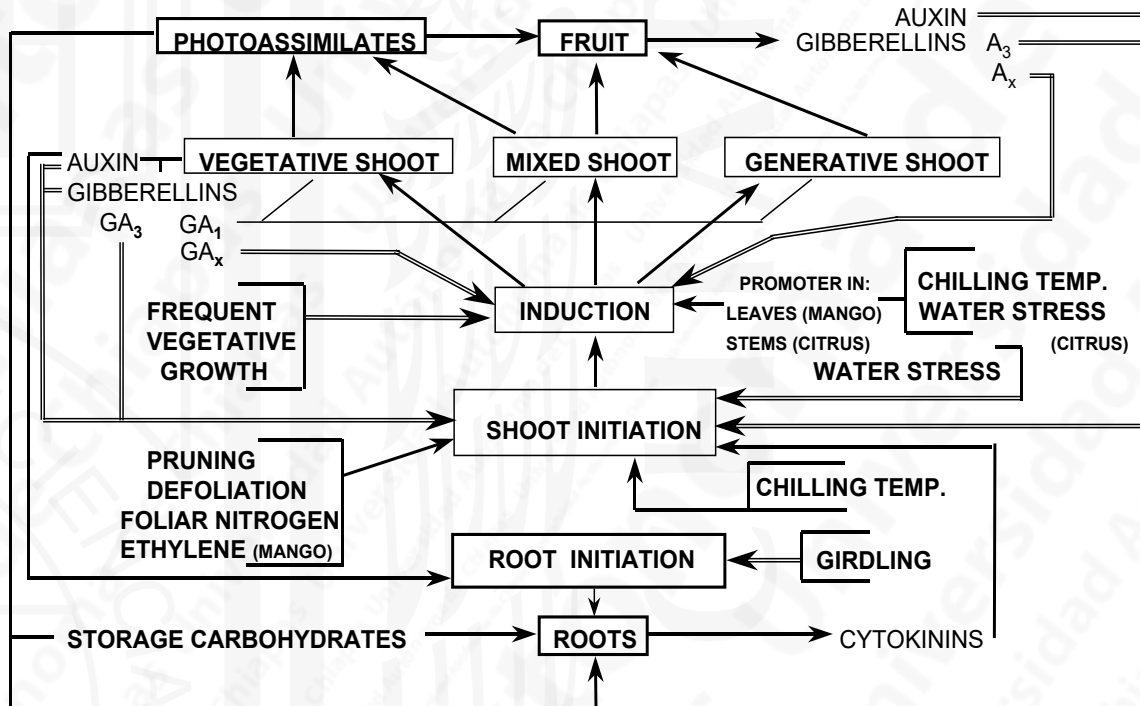
Individual stems borne on branches of these trees spend most of the time in rest. Stems here refer to resting vegetative structures composed of the terminal intercalary unit resulting from the previous flush of vegetative growth (Davenport, 1990; Davenport and Nuñez-Elisea, 1997). Ephemeral flushes of shoot growth from the apical or lateral buds of these stems occur periodically and last about two weeks before returning to the resting state. Most often, these

flushes are vegetative. Individual stems typically produce only one reproductive flush per year. If synchronized, the flush will occur at once in all stems throughout the canopy. More often than not, however, flushes occur in sections of canopy instead of the whole in trees grown the tropics, and hence may produce flowers in one section on one occasion and in other sections on other occasions until the entire canopy has flowered.

Although the subject of this article is management of flowering, one must first recognize that initiation of shoot growth on resting stems is the first event that must occur in order to produce flowering (Davenport, 1990, 2000, 2003; Davenport and Nuñez-Elisea, 1997). Management of flowering, thus, also entails management of shoot initiation. The reader is encouraged to refer to the above-cited review articles in order to fully appreciate the reasons for implementing the management practices described here. They describe the interactions of phytohormones and environmental cues that regulate flowering or vegetative growth. The following Figure 1 diagrammatically summarizes those interactions.

Shoot initiation, or bud break, is driven by different factors than those regulating induction events that determine whether developing shoots will be vegetative or reproductive. It is thought to involve the interactive ratio in buds of accumulated cytokinins from roots with declining auxin production and transport from leaves of increasing age (Davenport, 2000). Frequent flush events occur in young trees and in mature trees in conditions of high nitrogen levels and an abundance of water. Other factors that stimulate initiation of shoot development include stem pruning, defoliation, foliar nitrogen sprays, and ethylene.

Figure 1. Conceptual flowering model of mango and citrus. The model summarizes the proposed roles for various phytohormones in initiation of shoot growth and in defining the vegetative or reproductive outcome of that growth (induction). Single lines in the scheme are promotive and double lines are inhibitory.



One of three types of shoots is typically induced to develop from initiated buds: vegetative (leaves only), generative (determinate panicle or indeterminate inflorescences), or mixed (composed of a leaf and lateral inflorescence inserted at each node or, in general, a mixture of flowers and leaves). The type of shoots that are evoked upon initiation appear to be governed by the interaction of a putative temperature-regulated florigenic promoter (FP) known to be made in leaves of mango and stem tips of citrus and an age-dependent vegetative promoter (VP), which is likely to be a gibberellin made in the same tissues as the that of the florigenic promoter of each species (Davenport, 1990, 2000, 2002; Davenport and Nuñez-Elisea, 1997;

Davenport *et al.*, 2006). The ratio of these two components in buds is thought to induce formation of the distinct shoot types; i.e., high FP to VP ratio induce generative shoots, high VP to FP ratios induce formation of vegetative shoots, and intermediate FP to VP ratios may be responsible for formation of mixed shoots.

Vegetative flushes typically occur one to three times per year on individual stems, depending upon species, cultivar, size of the tree, and growing conditions. Reproductive flushes generally occur after extended periods of stem rest in the low-latitude tropics often after relief of extended periods of non-lethal water stress or during cool winter months in the higher latitude tropics and the subtropics. Control of flowering of mango outside of these natural flowering times focuses on management of shoot initiation at a time when the ratio of these two putative promoters are favorable for flowering.

There are reasons unique to each country as to why producers of mango and the other tropical fruits desire to manage flowering. Mango is perhaps the most amenable to floral manipulation. Producers are, thus, most interested in reliable out-of-season flowering in order to provide fruit for markets at times of maximum value. Flowering is not an important issue in the subtropics unless there is concern for reduced productivity through reduced flowering as a result of annual pruning. Flowering in tropical latitudes is, however, an important issue, both for dependable flowering and for manipulation of the timing of flowering to take advantage of market opportunities.

Most mango producers are interested in managing the flowering time of orchards in order to obtain early harvest. Mango prices are highest during March and April in today's markets in the northern hemisphere, and it takes about four months from flowering to fruit maturity; hence, the normal February flowering period must be shifted forward in time to October in order to accomplish harvest during this most profitable time period. Because cool arctic or

antarctic winter air rarely pushes deep into low altitude, tropical latitudes, flowering in these regions is not governed by winter-summer cycles of low temperature, as are the subtropical zones, which include south Florida and northern Mexico. The critical component regulating floral induction of mangoes in the tropics is the age of the last flush (Davenport, 2000; Nuñez-Elisea and Davenport, 1995; Davenport and Nuñez-Elisea, 1997). The older the age of the last vegetative flush (terminal intercalary unit), i.e. greater stem maturity, the more likely it is to flower when the next flush occurs. Some cultivars, such as 'Haden', 'Keitt', 'Kent', and 'Irwin' require less time in rest than do others, such as 'Tommy Atkins'. Young trees and trees receiving high rates of nitrogen fertilizer in moist conditions initiate shoots frequently resulting in vegetative shoot induction due to the short periods of stem rest between flushes. Successful floral management in the tropics, thus, requires discouraging initiation of shoots before the resting stems have reached sufficient maturity to induce flowering shoots. The basis for this point was summarized by Davenport (2000).

Several operations must be performed at specific times in order for a flowering program to be successfully accomplished on an annual basis. The flowering program can be started at any time of the year regardless of the presence or absence of fruit. Other factors, however, such as harvest of the previous season's crop, timing of the dry and wet seasons, and high susceptibility of flowers and fruit to disease during rainy seasons, are important considerations when deciding on the starting date of the flowering program. The programs are summarized in Tables 1 and 2.

Table 1. Mango flowering program using paclobutrazol or uniconazole (P) for early flowering of an easily induced cultivar (Haden) and a more difficult-to-induce cultivar (Tommy Atkins). Schedule assumes rapid flush response one month after the synchronizing tip prune (SP).

Months From Synchronizing Pruning for 'Haden'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP	↑P			↑NO ₃	↑Flowering					↑Harvest		

Months From Synchronizing Pruning for 'Tommy Atkins'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP	↑P				↑NO ₃	↑Flowering				↑Harvest		

Table 2. Mango flowering program without use of paclobutrazol or uniconazole for early floral stimulation of an easily induced cultivar (Haden) and a more difficult cultivar (Tommy Atkins). Schedule assumes rapid flush response one month after the synchronizing tip prune (SP).

Months From Synchronizing Prune for 'Haden'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP							↑NO ₃	↑Flowering			↑Harvest	

Months From Synchronizing Prune for 'Tommy Atkins'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP				↑NO ₃	↑Flowering					↑Harvest		

Synchronization of the vegetative growth of tree canopies in an orchard is a necessary first step in the flowering management program. Synchronous growth throughout each tree allows all of the stems in the canopy to be in the same physiological stage of maturity so that management can be most efficiently achieved uniformly throughout a section of orchard. Synchronized growth is best accomplished by tip pruning all of the stems on the trees (Tables 1 and 2). Tip pruning not only causes a uniform flush of growth throughout the canopy, it removes growth—and flower—inhibiting factors in stems derived from the previous season's flowering and fruiting panicles (Davenport, 1990, 2000; Davenport and Nuñez-Elisea, 1997). Tip pruning also stimulates lateral shoot development forming five to 10 times the original number of productive stems. It is essential that trees have adequate water at the time of pruning to facilitate a rapid flushing response because even mild water stress during the tropical dry season discourages shoot initiation.

Deeper level pruning to shape trees, cutting branches as small as 2 cm, usually results in a second vegetative flush occurring about three months after the first. It is essential that there be only one flush of vegetative growth that occurs about one month following the synchronizing prune. The depth of the pruning cut, management of fertilizer (through monitoring of leaf nitrogen levels) during the wet season, and management of water during the dry season are important factors governing the probability of a second, undesirable flush occurring before the desired time of floral stimulation. All three factors interact to promote or discourage an early second flush. Reducing the negative impact of one factor is usually sufficient to prevent occurrence of the second flush when given ample presence of the other two. For example, reducing water availability such that the plants are under mild water deficit cause trees to flush only once following pruning regard less of depth of pruning or nitrogen levels. Similarly, reduction of leaf nitrogen levels discourages a second flush during rainy seasons.

The next step in a mango flowering management program is to decide whether to use paclobutrazol or not. The triazole plant growth retardants, paclobutrazol (Cultar, Zeneca Corp.) and uniconazole (Sumitomo or Valent Corp.), are inhibitors of gibberellin biosynthesis (Rademacher, 1991); therefore, they reduce the levels of the putative vegetative promoter, thought to be a gibberellin. Both products are effective for assisting in floral induction with uniconazole being about 10 times more effective than paclobutrazol. Both products are expensive, and they can cause permanent stunting of flushes if trees are severely pruned at any time after soil application (Davenport, 1994). These chemicals provide a strong measure of certainty that flowering will occur, when used properly, by shortening the time required between the synchronizing pruning and application of floral-stimulating nitrate sprays (Table 1) (Nartvaranant *et al.*, 2000; Tongumpai *et al.*, 1991; Voon *et al.*, 1991). The triazole products provide the flexibility needed to shift the flowering time of the more-difficult-to-manage cultivars like 'Tommy Atkins' to any week of the year with less concern for early vegetative flushes. For this reason, paclobutrazol has been widely marketed throughout the tropics to stimulate mango flowering.

Either product should be applied after the onset of re-growth following pruning (1 to 1.5 months after prune date) depending upon cultivar. Paclobutrazol should be applied in a soil drench containing 1 to 1.5 grams of active ingredient per meter of canopy diameter (Nartvaranant *et al.*, 2000) if applied during the rainy season, but personal experience has shown that about half that amount is needed if applied during the dry season. It takes at least 90 days for either product to exert an effect in trees (Nartvaranant *et al.*, 2000). Earlier initiation of flushes results in formation of vegetative shoots so it is still important to avoid growing conditions that promote initiation of frequent flushes when utilizing paclobutrazol.

More time must pass after pruning before stimulating flowering if paclobutrazol is not used (Table 2). It is easier to stimulate flowering of 'Haden', 'Keitt', 'Irwin', or 'Kent' due to the fact that the stems become sufficiently mature to elicit a floral response about 5 months after pruning in these cultivars. In contrast, 'Tommy Atkins' is more difficult to stimulate to flower in the American tropics. This is due to the added month of rest necessary prior to eliciting a flowering response (Tables 1 and 2).

Nitrate salts applied to foliage stimulate shoot initiation (see reviews in Davenport and Nuñez-Elisea, 1997; Davenport, 2000). Floral stimulation with nitrate application must be accomplished at the time periods indicated in Tables 1 and 2, depending upon cultivar, night temperatures at the time, and upon whether paclobutrazol is being utilized or not. Application of nitrate earlier than recommended usually results in vegetative instead of flowering flushes. Any nitrate salt or thiourea works to stimulate initiation of flowering shoots when administered at the proper time (Nuñez-Elisea, 1988; Tongumpai *et al.*, 1997). Calcium or potassium nitrate should be spray applied to the undersides of leaves throughout the tree canopy without adjuvant as a 4% (W/V) solution whereas ammonium nitrate should be applied at 2% (W/V). If ready to respond, the entire tree will initiate growth immediately with new shoots visible by 10 days. Repeat biweekly sprays and observations may be needed until the desired flowering response is observed. Low night temperatures occurring during the scheduled spray time may result in earlier stimulation of flowering. It is advisable to spray and observe only a few sample trees from the earliest pruned group in the orchard before spraying the entire orchard to reduce the cost of repeat sprays. If a vegetative response is observed, it means the stems are too young, likely due to a later flush of growth than anticipated following the pruning event. One is advised to wait three to four weeks before applying nitrate to a new set of such test

trees. Once a flowering response is observed, then each section of the orchard, according to the order and timing of pruning, can be sprayed.

Results correlating high leaf nitrogen levels with frequent vegetative flushes lychee (Menzel *et al.*, 1988, 1992) are directly applicable to management of mango. It is advisable that leaf analyses should be conducted on the last flush of leaves at least one or, preferably, two times per year. If one analysis is conducted per year, it should be done just prior to the synchronizing prune. The leaf nitrogen levels for mango should be 1.1 to 1.4% at the time of the synchronizing prune event in order to avoid possible second flushes (T.L. Davenport, unpublished observation). The second analysis should be conducted just prior to floral stimulation. Sufficient nitrogen should be applied in the bulk fertilizer at the time of flowering to provide the levels needed to maintain good fruit set and development without retaining any residual nitrogen after harvest that may raise the leaf nitrogen levels for the next synchronizing prune. It is essential that the trees receive all of the necessary macro and micronutrients for healthy growth. Appropriate levels of P, K, Mg, S, and minor elements are necessary, as determined by leaf analyses, while managing nitrogen in the low range in order to control the frequency of vegetative flushes.

The type of irrigation used for mangoes is an important consideration if flowering management is desired. Most growers in the tropics who have irrigation to furnish water to trees through the typical six-month annual dry season use furrow irrigation along the tree rows (personal observation). In-row furrow irrigation has the disadvantage of providing water periodically around the base of trees. The major problem is that many roots outside the limits of the irrigation ditches never get watered during the dry season; hence, water moves from roots located in or near the irrigation ditches to not only the canopy but also out to the dry roots in response to water potential gradients in the root system (Boyer, 1985; Canny, 1995;

Passioura, 1988). This backwards xylem flow towards root tips prevents upward xylem movement of shoot initiating hormones (cytokinins) that are synthesized in root tips (Davenport, 1990; Mok, 1994; Skene, 1975). Cytokinins instead accumulate in the tips of the roots. Active water uptake by these roots when the first rains arrive move the accumulated cytokinins to stem buds in the canopy, thus providing the stimulus to initiate an undesired flush of vegetative growth in insufficiently mature stems when the first rains of the rainy season arrive (Oslund and Davenport, 1987). In some areas, the first rains of the rainy season stimulate flowering in those stems that have reached sufficient time in rest due to lack of flushes during the dry season.

Drip irrigation provides a constant source of water to the canopy, but it has the same disadvantage of watering only those roots that are located near emitters as does in-row furrow irrigation. Experience has shown that if a grower needs to synchronize prune the orchard during the dry season and water availability becomes limited, then the post-prune flush will not occur until arrival of the first rains (personal observations). If in-row furrow or drip irrigation is available and a post-pruning flush occurs immediately after the prune, then a second flush may occur upon arrival of the first rains, especially if leaf nitrogen levels are greater than 1.4%. Microjet irrigation has the advantage of providing continuous water availability, but since water is distributed in an area up to 6 meters in diameter to most of the roots, the entire root system remains well hydrated throughout the dry period. This discourages the flush that normally occurs after the first rain ending the dry season. Leaf nitrogen levels must be in the range specified above in order to discourage vegetative flushes that tend to occur during the rainy season, especially if that period is between the synchronizing prune event and the nitrate spray dates.

Conclusion

Induction of flowering in the subtropics is primarily governed by chilling temperatures from passing cold fronts during winter-spring months. The age of the previous flush modifies the cool-temperature-induced floral response, with older stems exhibiting a higher probability of a floral response and younger stems displaying a higher probability of a vegetative response.

In the tropics, however, the age of the last flush is the dominant factor regulating flowering. Stems must be in rest for sufficient time, generally about 5 to 6 months to be induced to flower in the absence of chilling temperatures or water stress. This extended rest period occurs naturally as trees increase in stature, but it can also be achieved by mild plant water stress or low nitrogen fertility. Moderately cool temperatures that often reach deep into tropical dry and high elevation locations provide additional stimulus to flower in stems of a given age.

Armed with the basic information provided here, growers can manage mango flowering to occur at any desired week of the year. Local environmental conditions may alter the expected responses, but scrutiny of all of the factors should bring consistent success.

Literature Cited

- Boyer, J.S. 1985. Water transport. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 36:473-516.
- Canny, M.J. 1995. Apoplastic water and solute movement: new rules for an old space. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46:215-236.
- Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. *Hort. Rev.* 12:349-408.
- Davenport, T.L. 1994. Potential problems with use of uniconazole on mango (*Mangifera indica*). *PGRSA Quarterly* 22:143-153.
- Davenport, T.L. 2000. Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual flowering model. *Hort Technology* 10:733-739.
- Davenport, T.L., 2002. Leaves Not Necessary for Citrus Floral Induction. *Proc. Intern. Soc. Citriculture Congress 2000*.
- Davenport, T.L. 2003. Management of Flowering in Three Tropical and Subtropical Fruit Tree Species. *HortScience* 38:1331-1335.

- Davenport, T.L. and R. Nuñez-Elisea. 1997. Reproductive physiology. In: R.E. Litz, (ed.). *The Mango, Botany, Production and Uses*. CAB International. Wallingford Oxon, UK. pp. 69-146.
- Davenport, T.L. and R.A. Stern. 2005. Flowering. In: C.M. Menzel and G.K. Waite, eds. *The Lychee and Longan: Botany, Production and Uses*, Chapter 6. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 87-113.
- Davenport, T.L., Z. Ying, V. Kulkarni, and T.L. White. 2006. Evidence for a translocatable florigenic promoter in mango. *Scientia Horticulturae* 110:150-159.
- Menzel, C.M., M.L. Carseldine, and D.R. Simpson, 1988. Crop development and leaf nitrogen in lychee in subtropical Queensland. *Aust. J. Exp. Agri.* 28:793-800.
- Menzel, C.M., M.L. Carseldine, G.F. Haydon, D.R. Simpson, 1992. A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee. *Scientia Hort.* 49:33-53.
- Mok, M.C. 1994. Cytokinins and plant development: an overview. In: D.W.S. Mok, M.C. Mok, (eds.). *Cytokinins: Chemistry, activity and Function*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 155-166.
- Nartvaranant, P., S. Subhadrabandhu, and P. Tongumpai. 2000. Practical aspects in producing off-season mango in Thailand. *Acta Hort.* 509:661-668.
- Nuñez-Elisea, R. 1988. Nitrato de amonio: nueva alternativa para adelantar la floración y cosecha del mango. SARH-INIFAP-CIFAP Colima, Campo Experimental Tecomán, Desplegable para productores No. 4.
- Nuñez-Elisea, R. and T. L. Davenport. 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. *Scientia Hort.* 58:57-66.
- Nuñez-Elisea, R. and T. L. Davenport. 1995. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Scientia Horticulturae* 62:63-73.
- Passioura, J.B. 1988. Water transport in and to roots. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 39:245-265.
- Rademacher, W. 1991. Inhibitors of gibberellin biosynthesis: applications in agriculture and horticulture. In: N. Takahashi, B.O. Phinney, and J. MacMillan, (eds.). *Gibberellins*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 296-310.
- Skene, K. G. M. 1975. Cytokinin production by roots as a factor in the control of plant growth. In: J. G. Torrey and D. T. Callarckson, (eds.). *The Development and Function of Roots*. Academic Press, New York. pp. 365-396.
- Tongumpai, P., K. Jutamane, and S. Subhadrabandu. 1991. Effect of paclobutrazol on flowering of mango cv. Khiew Sawoey. *Acta Hort.* 291:67-70.
- Tongumpai, P., S. Charnwichit, S. Srisuchon, S. Subhadrabandu. 1997. Effect of thiourea on terminal bud break of mango. *Acta Hort.* 455:71-75.
- Voon, C.H., C. Pitakpaivan, and S.J. Tan. 1991. Mango cropping manipulation with Cultar. *Acta Hort.* 291:219-228.

UNACH

I.
FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA
DEL MANGO

Thomas L. Davenport

UNACH

FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL MANGO

Se han descrito modelos conceptuales de la floración para explicar la interacción de los factores internos y externos que regulan la iniciación e inducción de brotes vegetativos y reproductivos en mango (Davenport y Nuñez-Elisea, 1997; Davenport, 2000), *Citrus* sp. (Davenport, 1990; Davenport, 2000) y litchi (Davenport y Stern, 2005) cultivados en entornos tropicales y subtropicales. Aunque el mango, los cítricos y el litchi tienen diferentes morfologías, parecen responder a las mismas señales ambientales para dirigir cambios fenológicos que tienen que ver con el crecimiento y el desarrollo, sin embargo, sólo los cítricos son inducidos a florecer como respuesta específica a estrés hídrico (Southwick y Davenport, 1986). Este trabajo se enfoca en los mecanismos fisiológicos del crecimiento reproductivo y vegetativo en el mango, y aunque los eventos o la regulación de eventos aquí descritos también son válidos, en general, para los cítricos y el litchi, los medios para lograr una floración confiable en estas otras especies anualmente son diferentes a los del mango.

Los tallos individuales en las ramas de estos árboles pasan la mayoría del tiempo en descanso. Por tallos entendamos a las estructuras vegetativas en descanso compuestas por la unidad de intercalado resultante de un previo flujo de crecimiento vegetativo (Davenport, 1990; Davenport y Nuñez-Elisea, 1997). Periódicamente ocurren flujos efímeros de crecimiento de retoños de las yemas apicales o laterales de estos tallos, y duran alrededor de dos semanas

antes de volver a su estado de descanso. La mayoría de estos flujos son vegetativos. Los tallos individuales normalmente producen un solo flujo reproductivo al año. Si se sincroniza, el flujo ocurrirá al mismo tiempo en todos los tallos del dosel. Sin embargo, la mayoría de las veces los flujos ocurren por secciones del dosel y no en su totalidad en los árboles cultivados en el trópico, y por lo tanto pueden producir flores en una sección en una ocasión y en otras secciones en otras ocasiones hasta que todo el dosel haya florecido.

Aunque el tema de este artículo es el manejo de la floración, uno primero debe reconocer que la iniciación del crecimiento de brotes en los tallos en descanso es el primer evento que debe ocurrir para que se produzca la floración (Davenport, 1990, 2000, 2003; Davenport y Nuñez-Elisea, 1997). El manejo de la floración, por lo tanto, también implica el manejo de la iniciación de brotes. Se anima al lector a ver los artículos antes mencionados para apreciar en su totalidad las razones para implementar las prácticas de manejo aquí descritas. En ellos se describen las interacciones de fitohormonas y señales ambientales que regulan el crecimiento vegetativo o reproductivo. En la Figura 1 se muestra un resumen de dichas interacciones.

La iniciación de los brotes es dada por factores diferentes a los que regulan los eventos de inducción que determinan si los brotes en desarrollo serán vegetativos o reproductivos. Se piensa que involucra la tasa interactiva en las yemas de citoquinina de la raíz con una producción en declive de auxinas y transporte de las hojas de edad avanzada (Davenport, 2000). Ocurren frecuentes eventos de flujo en árboles jóvenes y en árboles maduros bajo condiciones de altos niveles de nitrógeno y agua en abundancia. Otros factores que estimulan la iniciación de brotes incluyen la poda de tallos, defoliación, aspersión foliar de nitrógeno y etileno.

Uno de tres tipos de brotes es típicamente inducida para desarrollar a partir de yemas iniciadas: vegetativo (sólo hojas), generativo (panoja determinada o inflorescencias indeterminadas), o mixto (compuesta por una hoja e inflorescencias laterales insertadas en cada nodo, o

Los flujos vegetativos típicamente ocurren de una a tres veces al año en tallos individuales, dependiendo de la especie, cultivar, tamaño del árbol y condiciones de crecimiento. Los flujos reproductivos generalmente ocurren después de periodos prolongados de descanso de los tallos en los trópicos de baja latitud, a menudo después de periodos prolongados de estrés hídrico no letales, o durante los meses fríos de invierno en los trópicos de mayor latitud y en los subtrópicos. El control de la floración en mango fuera de estos tiempos naturales de floración se enfoca en el manejo de la iniciación de brotes en un momento cuando la tasa de los dos supuestos promotores es favorable para la floración.

Existen razones únicas para cada país en cuanto al porqué los productores de mango y otros frutos tropicales deseen manejar la floración. El mango probablemente sea el más dócil para la manipulación floral. Entonces, los productores están más interesados en una floración confiable fuera de temporada para poder proveer la fruta al mercado en tiempos de máximo valor. La floración no es un tema importante en el subtrópico a menos que haya preocupación por una productividad reducida por baja floración debido a la poda anual. Sin embargo, la floración sí es un tema importante en latitudes tropicales tanto por la floración confiable como por la manipulación de los tiempos de la floración para aprovechar las oportunidades del mercado.

La mayoría de los productores de mango están interesados en el manejo de los tiempos de floración de sus huertos para poder obtener una cosecha temprana. Hoy en día, en el hemisferio norte los precios del mango están en su apogeo durante marzo y abril, y se toma alrededor de cuatro meses desde la floración hasta la fruta madura. Por lo tanto, el periodo normal de floración debe ser adelantado de febrero hasta octubre para poder lograr una cosecha durante este periodo de altas ganancias. Dado que el aire frío del ártico o antártico rara vez llega a latitudes bajas tropicales, la floración en estas regiones no está regida por ciclos

estacionales de bajas temperaturas como en los subtrópicos, que incluyen a Florida y el norte de México. El componente crítico que regula la inducción floral del mango en los trópicos es la edad al momento del último flujo (Davenport, 2000; Nuñez-Elisea y Davenport, 1995; Davenport y Nuñez-Elisea, 1997). A mayor edad al momento del último flujo vegetativo (unidad de intercalado terminal, mayor madurez del tallo), mayor será la posibilidad de que florezcan en el siguiente flujo. Algunos cultivares como 'Haden', 'Keitt', 'Kent' e 'Irwin' requieren de menos tiempo de descanso que otros, como el 'Tommy Atkins'. Los árboles jóvenes y los que reciban grandes cantidades de fertilizante nitrogenado en condiciones húmedas, inician sus brotes frecuentemente, resultando en la inducción de brotes vegetativos debido a los cortos periodos de descanso del tallo entre flujos. Por lo tanto, un manejo floral exitoso en los trópicos requiere de la disuasión de la iniciación de brotes antes de que los tallos en descanso alcancen la madurez suficiente para inducir brotes florales. Las bases de esto fueron resumidas por Davenport (2000).

Se deben llevar a cabo varias operaciones en momentos específicos para que un programa de floración sea eficaz anualmente. El programa de floración se puede iniciar en cualquier momento del año sin importar la presencia o ausencia de frutos. Pero otros factores, como la cosecha de la temporada anterior, tiempos de las temporadas seca y húmeda y alta susceptibilidad de las flores y frutos a las enfermedades durante la temporada de lluvias, sí son de importancia al momento de decidir las fechas de inicio del programa de floración. Los programas se resumen en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Programa de floración del mango usando paclobutrazol o uniconazol (P) para la floración temprana de un cultivar fácilmente inducido (Haden) y un cultivar de difícil inducción (Tommy Atkins). El programa asume una respuesta rápida de flujo un mes después de la poda de puntas para sincronizar (PS).

Meses desde la poda de sincronización para 'Haden'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP	↑P			↑NO ₃	↑Flowering				↑Harvest			

Meses desde la poda de sincronización para 'Tommy Atkins'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP	↑P			NO ₃	↑Flowering				↑Harvest			

Cuadro 2. Programa de floración sin el uso de paclobutrazol o uniconazol para la estimulación temprana en un cultivar fácilmente inducido (Haden) y un cultivar de difícil inducción (Tommy Atkins). El programa asume una respuesta rápida de flujo un mes después de la poda de puntas para sincronizar (PS).

Meses desde la poda de sincronización para 'Tommy Atkins'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP				↑NO ₃	↑Floración			↑Cosecha				

Meses desde la poda de sincronización para 'Tommy Atkins'

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
↑SP				↑NO ₃	↑Floración			↑Cosecha				

La sincronización del crecimiento vegetativo del dosel en un huerto es un primer paso necesario en el programa de manejo de floración. El crecimiento sincronizado en todos los árboles permite a todos los tallos en el dosel estar en la misma etapa fisiológica de madurez para que se pueda lograr efectivamente el manejo uniformemente en una sección del huerto. El crecimiento sincronizado se puede lograr mejor por medio de la poda de las puntas de todos los tallos en los árboles (Tablas 1 y 2). La poda de las puntas no sólo induce un flujo de crecimiento uniforme en el dosel, sino que también retira los factores inhibidores de crecimiento y floración en los tallos derivados de la floración y panojas con frutos de la temporada anterior (Davenport, 1990, 2000; Davenport y Nuñez-Elisea, 1997). La poda de las puntas, además, estimula el desarrollo de brotes laterales, formando de 5 a 10 veces el número original de tallos productivos. Es esencial que los árboles tengan suficiente agua al momento de la poda para facilitar una rápida respuesta de flujo, dado que aun un estrés hídrico medio durante la temporada seca tropical desalienta la iniciación de brotes.

La poda más profunda para darle forma a los árboles, cortar las ramas hasta los 2 cm, usualmente da como resultado un segundo flujo vegetativo alrededor de tres meses después del primero. Es esencial que sólo haya un flujo de crecimiento vegetativo, que suceda alrededor de un mes después de la poda de sincronización. La profundidad de la poda, el manejo de la fertilización (por medio del monitoreo de niveles de nitrógeno en las hojas) durante la temporada húmeda y el manejo del agua durante la temporada seca son factores importantes que rigen la probabilidad de un segundo flujo, no deseado, previo al tiempo deseado de estimulación floral. Los tres factores interactúan para promover o desalentar un segundo flujo temprano. Reducir el impacto negativo de uno de los factores es usualmente suficiente para prevenir la ocurrencia del segundo flujo cuando existe amplia presencia de los otros dos. Por ejemplo, reducir la disponibilidad de agua hasta causar un estrés hídrico medio provoca que

los árboles tengan un solo flujo después de la poda, sin importar la profundidad de la misma o los niveles de nitrógeno. De manera similar, la reducción de los niveles de nitrógeno foliar desalienta un segundo flujo durante la temporada de lluvias.

El siguiente paso en el programa de manejo de floración en mango es decidir si se debe usar paclobutrazol o no. Los retardadores de crecimiento vegetal de triazol, paclobutrazol (Cultar, Zeneca Corp.) y el uniconazol (Sumitomo o Valent Corp.) son inhibidores de la biosíntesis de giberlina (Rademacher, 1991) por lo tanto, reducen los niveles del supuesto promotor vegetativo, el cual se cree es una giberlina. Ambos productos son efectivos para la asistencia en la inducción floral, siendo el uniconazol aproximadamente 10 veces más efectivo que el paclobutrazol. Ambos productos son caros y pueden impedir los flujos de crecimiento permanentemente si los árboles son podados severamente después de su aplicación en el suelo (Davenport, 1994). Estos químicos dan una fuerte medida de certeza que habrá floración, si se usan correctamente, al acortar el tiempo requerido entre la poda de sincronización y la aplicación de aerosoles de nitrógeno para la estimulación floral (Cuadro 1) (Nartvaranant *et al.*, 2000; Tongumpai *et al.*, 1991; Voon *et al.*, 1991). Los productos de triazol proveen la flexibilidad necesaria para cambiar los tiempos de floración de los cultivares más difíciles de manejar como el 'Tommy Atkins' a cualquier semana del año, teniendo menor preocupación por los flujos vegetativos tempranos. Es por esto que el paclobutrazol ha sido ampliamente comercializado en los trópicos para estimular la floración de mango.

Cualquiera de estos productos debe ser aplicado después de la fijación del re-crecimiento una vez practicada la poda (1 a 1.5 meses después de la fecha de poda dependiendo del cultivar. El paclobutrazol debe ser aplicado en empapamiento del suelo conteniendo 1 a 1.5 gramos del ingrediente activo por cada metro de diámetro del dosel (Nartvaranant *et al.*, 2000) si se aplica durante la temporada de lluvias, pero la experiencia personal ha demostrado que

sólo se requiere la mitad de esa cantidad si se aplica en la temporada seca. Toma al menos 90 días para que cualquiera de los productos tenga algún efecto en los árboles (Nartvaranant *et al.*, 2000). La iniciación más temprana de flujo da como resultado la formación de brotes vegetativos, entonces sigue siendo importante evitar las condiciones de crecimiento que promuevan la iniciación de flujos frecuentes al usar paclobutrazol.

Debe pasar más tiempo después de la poda antes de la estimulación floral si no se usa paclobutrazol (Cuadro 2). Es más fácil estimular la floración en 'Haden', 'Keitt', Irwin' o 'Kent' dado que los tallos se vuelven lo suficientemente maduros para solicitar una respuesta floral unos 5 meses después de la poda en estos cultivares. En contraste, 'Tommy Atkins' es más difícil de estimular para la floración en los trópicos americanos. Esto se debe al mes adicional de descanso previo necesario antes de solicitar una respuesta floral (Cuadros 1 y 2).

Las sales de nitrógeno aplicadas a las hojas estimulan la iniciación de brotes (ver revisiones en Davenport y Nuñez-Elisea, 1997; Davenport, 2000). La estimulación floral con la aplicación de nitrógeno debe llevarse a cabo en los tiempos indicados en las Cuadros 1 y 2, dependiendo del cultivar, temperaturas nocturnas en el tiempo y si se usa paclobutrazol o no. La aplicación de nitrógeno antes de lo recomendado normalmente da como resultado flujos vegetativos en vez de reproductivos. Cualquier sal de nitrato o thiourea funciona para estimular la iniciación de brotes de floración cuando se administra en el momento adecuado (Nuñez-Elisea, 1988; Tongumpai *et al.*, 1997). Se deben aplicar aspersiones de nitrato de calcio o potasio a la parte inferior de las hojas en todo el dosel sin adyutor como una solución de 4% (W/V), mientras que el nitrato de amonio debe aplicarse al 2% (W/V). Si está listo para responder, el árbol entero iniciará su crecimiento inmediatamente con nuevos brotes visibles en 10 días. Repetir cada dos semanas, y se puede requerir de observaciones hasta lograr la respuesta floral deseada. Las temperaturas bajas en la noche durante el periodo de aspersión

pueden dar como resultado una estimulación más temprana de la floración. Se recomienda esperar de tres a cuatro semanas antes de aplicar nitrógeno a un nuevo grupo de árboles de prueba. Una vez que se observa una respuesta de floración, entonces cada sección del huerto puede ser asperjado de acuerdo con el orden y tiempo de poda.

Los resultados que correlacionan los altos niveles de nitrógeno en flujos vegetativos frecuentes en litchi (Menzel *et al.*, 1988, 1992) se pueden aplicar directamente al manejo del mango. Se recomienda que los análisis foliares se hagan con el último flujo de hojas al menos una, de preferencia dos veces al año. Si se hace un análisis al año, debe hacerse previo a la poda de sincronización. Los niveles de nitrógeno en el mango deben ser de 1.1 a 1.4% al momento de la poda de sincronización para evitar posibles flujos secundarios (T.L. Davenport, observación no publicada). El segundo análisis se debe llevar a cabo justo antes de la estimulación floral. Se debe aplicar suficiente nitrógeno en el fertilizante al momento de la floración para proveer los niveles necesarios a fin de mantener una buena fijación y desarrollo de frutos, sin retener nitrógeno residual después de la cosecha que pueda elevar los niveles de nitrógeno en las hojas para la siguiente poda de sincronización. Es esencial que los árboles reciban todos los macro y micro nutrientes para un crecimiento sano. Son necesarios los niveles adecuados de P, K, Mg, S, y elementos menores, de acuerdo con los análisis foliares, mientras que el nitrógeno se debe mantener en los rangos inferiores para controlar la frecuencia de los flujos vegetativos.

El tipo de irrigación usada para el mango es una consideración importante si se desea un manejo de la floración. La mayoría de los productores en el trópico, quienes tienen irrigación para sus árboles en el típico ciclo anual de seis meses de sequía, usan riego por canales entre los árboles (observación personal). El riego por canales tiene la desventaja de proveer agua periódicamente alrededor de la base de los árboles. El mayor problema es que muchas raíces

fuera del alcance de los canales nunca son irrigadas durante la temporada seca; por ende, el agua pasa de las raíces cercanas al canal no sólo al dosel, sino también a las raíces secas como respuesta a los gradientes de potencial hídrico en el sistema de raíces (Boyer, 1985; Canny, 1995; Passioura, 1988). Este flujo opuesto en el xilema hacia las puntas de las raíces limita el flujo hacia arriba en el xilema de las hormonas de iniciación de brotes (citoquininas) que se sintetizan en las raíces (Davenport, 1990; Mok, 1994; Skene, 1975). Las citoquininas entonces se almacenan en las puntas de las raíces. Al llegar las primeras lluvias estimulan la subida de las citoquininas acumuladas hacia las yemas en el dosel y así estimulan el inicio de un flujo no deseado de crecimiento vegetativo en tallos inmaduros (Oslund y Davenport, 1987). En algunas áreas, las primeras lluvias de la temporada de lluvia estimulan la floración en los tallos que han tenido suficiente tiempo de descanso debido a la falta de flujos durante la temporada seca.

La irrigación por goteo provee una constante fuente de agua para el dosel, pero tiene la misma desventaja de regar sólo las raíces que están cerca de los emisores, como en la irrigación por canal. La experiencia muestra que si un productor necesita podar para sincronizar su huerto durante la temporada seca y el abastecimiento de agua se ve limitado, entonces no se dará el flujo post-poda hasta que lleguen las primeras lluvias (observación personal). Si se cuenta con irrigación por canal o por goteo y se da un flujo de crecimiento post-poda justo después de la poda, entonces puede ocurrir un segundo flujo al llegar las primeras lluvias, especialmente si los niveles de nitrógeno en las hojas están por encima de 1.4%. La irrigación por microjet tiene la ventaja de proveer agua continuamente, y dado que el agua se distribuye en un área de 6 m de diámetro en las raíces, el sistema completo de raíces está hidratado durante el periodo de sequía. Esto desalienta el flujo que normalmente ocurre después de la primera lluvia de la temporada húmeda. Los niveles de nitrógeno en las hojas deben estar en el rango antes especificado para desalentar los flujos vegetativos que tienden a ocurrir durante

la temporada húmeda, especialmente si el periodo es entre la poda de sincronización y las fechas de aspersión de nitrógeno.

Conclusión

La inducción de floración en los subtropicos está principalmente regida por las temperaturas de helada de los frentes fríos durante los meses de invierno y primavera. La edad al momento del flujo anterior modifica la respuesta floral inducida por las temperaturas frías, siendo los tallos más viejos los que muestran una mayor probabilidad de respuesta floral y los más jóvenes una mayor probabilidad de respuesta vegetativa.

En los trópicos, sin embargo, la edad al momento del último flujo es el factor que regula la floración. Los tallos deben tener suficiente tiempo de descanso, generalmente de 5 a 6 meses para poder inducir la floración en ausencia de temperaturas bajas o estrés hídrico. Este extendido periodo de descanso ocurre naturalmente a medida que los árboles incrementan su altura, pero también se puede lograr por medio del estrés hídrico medio o baja fertilidad de nitrógeno. Las temperaturas moderadamente frías que a menudo llegan a los trópicos secos y altos proveen un estímulo adicional para los tallos de cierta edad.

Usando la información aquí dada, los productores pueden manejar la floración en mango para que se dé en cualquier semana del año. Las condiciones ambientales locales pueden alterar las respuestas esperadas, pero el escrutinio de todos los factores debería brindar un éxito consistente.



DE CHIAPAS

UNACH



PRUNING STRATEGIES TO MAXIMIZE TROPICAL
MANGO YIELDS FROM THE TIME OF PLANTING
TO RESTORATION OF OLD ORCHARDS

Thomas L. Davenport

UNACH

Pruning is an operation familiar to all horticulturists managing growth and reproductive habits of fruit trees. Pruning trees grown on a large scale in the tropics require strategies to keep them highly productive for many years. The *mango* has been the subject of numerous pruning strategies in various parts of the world (Gross, 1996; Medina-Urrutia and Nuñez-Elisea, 1996; Oosthuysen, 1992; Oosthuysen, 1994; Oosthuysen, 1997; Oosthuysen and Jacobs, 1996; Poffley, 1994; Rao, 1971; Stassen *et al.*, 1999).

Mango trees are grown in warm conditions of the tropics and subtropics that promote frequent flushes of vegetative growth. In the tropics, the age of the last flush is the dominant factor regulating flowering of mango (Davenport, 2003). Stems must be in rest for sufficient time, generally about 4 to 5 months, to be induced to flower in the absence of chilling temperatures. Moderately cool temperatures that can reach deep into tropical dry and high elevation locations during winter months provide additional stimulus to flower on stems of a given age.

Mango trees generally begin commercial production in three to four years after planting and continue to produce increasing yields as canopies enlarge until shading by adjacent trees forces the growth upwards and out of reach of harvesters. Lower branches supporting previous year's productive stems die back due to shading by higher branches. Flowering and fruit production in mango occurs on stem terminals; therefore, as canopy size increases, production moves to the top as competition for available light continues. Eventually, fruit production occurs so high in the canopy that it becomes unreachable. This generally occurs within 20

years after planting. At that point, orchards may be abandoned or pushed out and replanted with young trees that are more manageable.

Three pruning strategies have been developed to either: 1) prevent trees from getting large through annual pruning as part of a flowering management program; 2) to reshape intermediate sized trees to smaller, more manageable sizes; or 3) to completely rejuvenate large trees that are no longer productive due to their size and height. This article describes techniques recommended to address each of these issues and why each technique will maximize yields far beyond the normal life span of a mango orchard by keeping vegetative growth in check.

To understand how each of the pruning techniques works, one must first understand the growth habit of mango trees and the interaction of water and nitrogen on growth from first planting to the point when they become too large for commercial use. All growth occurs in periodic ephemeral flushes of vegetative or reproductive shoots initiating in apical or lateral buds on terminal resting stems. The term “stems”, here refers to vegetative shoots that have become quiescent to become the first intercalary unit at the terminal (Fig. 1) (Davenport and Núñez-Elisea, 1997). A shoot usually produces about 12 nodes that bear leaves if it is vegetative, lateral inflorescences if it is reproductive, or both leaves and inflorescences within the same nodes if it is mixed. A flush can be described as initiation of shoot growth from a group of stems borne on linked branches.

Although mango is considered drought tolerant (Schaffer et al., 1994), adequate water is essential for growth. Water deficits discourage initiation of flushes, which may provide the required period of rest to encourage flowering after alleviation of water stress (Núñez-Elisea and Davenport, 1994). When soil water content is adequate, leaf nitrogen affects the frequency of flushes. Experience has shown that leaf nitrogen levels higher than 1.4% encourage frequent

vegetative flushes that prevent flowering during warm temperature conditions due to insufficient accumulation of time in rest between flushes (Davenport, 2003). Nitrogen levels below 1.0% tend to discourage initiation of growth flushes. Soil water content and leaf nitrogen levels, therefore, must be considered in order to understand the response of tropical mango trees to pruning.

Tip prune

Tip pruning is defined as pruning terminal stems anywhere from the apex to a point down the stem that is no larger than 1 cm in diameter. This span includes green barked wood on two or three intercalary units (Fig. 1). Extension growth flushes of mango trees are evident in branches from the terminal stems down through scaffold limbs to the graft union. Each flush of vegetative growth is characterized by long internodes that gradually become close together forming a cluster of buds at the termination of each flush. The growth record of these flushes in branches has been described as intercalary units and the cluster of leaves and buds at the terminus of each intercalary unit as intercalations numbered from the stem terminus (Davenport and Nuñez-Elisea, 1997).

Given adequate water and nutrition, tip pruning forces rapid initiation of dormant lateral stem buds to form lateral shoots in a pattern determined by the location of the pruning cut (Fig. 1). Prune cuts made immediately distal to any intercalation usually result in initiation of six to ten lateral vegetative shoots clustered in the intercalation (Fig. 1 and 2A). In contrast, prune cuts made near the stem tip or below intercalations usually result in two to four lateral stems originating from the axillary buds at the bases of leaves nearest the cut (Fig. 1 and 2B).

Pruning the tips of mango stems is done for several purposes: 1) to stimulate branching flushes of lateral shoots through repeated prunings in young trees to form a dense spreading

canopy that flowers a year or two earlier than normal for early commercial production of fruit; 2) to stimulate branching in a synchronous vegetative flush of growth throughout the tree canopy and to remove growth inhibiting panicle structures left from the previous season's flowering and crop in preparation for an annual flowering program, and 3) to quickly restore productivity of shape-pruned or severely pruned trees by stimulating flushes of multiple branching stems through repeated prunings, which result in increased production.

Shortening the juvenility Period of small trees

Most mango trees arrive from the nursery with only one central stem. After planting, normal development is characterized by frequent flushes of vegetative growth with little branching, especially in the popular cultivar, Keitt (Fig. 3A and B). Juvenile trees do not flower due to the short intervals of two to three months between vegetative flushes (Davenport and Nuñez-Elisea, 1997; Nuñez-Elisea and Davenport, 1995). It normally takes three to four years to achieve sufficient numbers of stems and height to reduce this frequency of growth flushes. It is only then that sufficient stem maturity can be achieved to allow flowering to occur and produce a commercially viable crop.

Frequent tip pruning of young trees forces frequent initiation of lateral shoots, forming four to seven shoots per stem with each cut. If this pruning is repeated every three months using pruning shears or a *machete* on the subsequent lateral branches, trees begin to form a full canopy as a result of the exponential increase in branching (Fig. 3C, 3D). For example, the 'Keitt' trees in Figures 3B and 3D are both one year old. The tree in Figure 3B was not pruned whereas the tree in Figure 3D was pruned three times during the first year of growth. The flush frequency was already reduced as evidenced by the reduced height of the tip-pruned tree. The fourth prune, done after the photo was taken, was accomplished in August to

stimulate a synchronized September vegetative flush in preparation for synchronized flowering at the anticipated normal flowering time in January-February. Experience has shown that if a second vegetative flush does not occur in November or December after the September flush in response to the tip prune, this tree will flower and produce a crop.

The height of the first pruning point, which ultimately determines the height of the lowest branches, is determined by grower preference; however, it should not be lower than the second intercalation above the graft union. Trees will usually be ready to begin commercial production after the fourth pruning due to the reduction in flushing frequency that would otherwise continue unchecked in non-pruned trees. The final prune in the northern hemisphere tropics should be done in August or early September for the resulting stems to achieve sufficient maturity by the time of natural flowering in January-February. A similar strategy has been suggested for dooryard mango trees grown in the subtropics (Campbell and Campbell, 2005).

Tip pruning to stimulate a synchronizing flush of vegetative growth

Tip pruning mature trees quickly results in one flush of lateral shoot growth if water is adequate and leaf nitrogen levels are in a range of 1.1 to 1.4% (Davenport, 2003). This response is critical to the success of a flowering management program. If the lateral stems produced by this prune event remain in rest for four to five months, then flowering will usually occur when initiated to grow either by cool temperatures or by foliar application of ethephon or a nitrate salt, such as potassium, calcium, or ammonium nitrate in warm temperatures ($>20^{\circ}\text{C}$, night) (Davenport, 2000; Davenport, 2003; Davenport and Nuñez-Elisea, 1990; Davenport and Nuñez-Elisea, 1997; Núñez-Elisea and Caldeira, 1988). Leaf nitrogen levels greater than 1.4% encourage a second flush of vegetative growth soon after that following the prune if adequate water is available. This second vegetative growth flush eliminates the possibility of

timely flowering in cool temperatures or when sprayed with nitrate as described above. Figure 4A demonstrates floral initiation that was stimulated by a foliar spray of 4% potassium nitrate five months after tip pruning in warm, tropical conditions. Only one vegetative growth flush occurred after tip pruning. In contrast, Figure 4B displays a tree with a leaf nitrogen content of 1.6% that produced a second vegetative flush soon after the first, resulting in vegetative instead of reproductive shoot initiation when stimulated to grow five months after pruning using the same nitrate spray treatment. Pruning stems greater than one cm diameter encourages second flushes, and pruning larger branches and scaffold limbs assure frequent subsequent flushes of vegetative growth.

Stems of bearing-size trees can vary in age due to asynchronous vegetative growth of the canopy (Fig. 5A). This lack of uniform stem age causes asynchronous flowering in various sections of the canopy that requires multiple passes through the orchard when harvesting fruit. Tip pruning trees (Fig. 5B) forces a synchronized flush of vegetative shoots from pruned stems (Fig. 5C) throughout the tree canopy. If this is the only flush to occur for five to six months following pruning, the subsequent synchronous growth will be reproductive, even in warm temperatures $>20^{\circ}\text{C}$ (Fig. 5D). Tip pruning is, thus, done to assist in uniform flowering response in a flowering management program, to impart a desired shape to the canopy, and to improve the productivity of bearing trees by significantly increasing the number of bearing stems.

Tip pruning is best done with sharp machetes and ladders or other means where labor is available to reach the tops of trees in the tropics (Fig. 6A). A variety of pruning machines (Fig. 6B) are also available for rapid pruning of large orchards, but they are expensive unless several growers share the cost. One should prune most of the terminal stems in the canopy for best results (Fig. 5B). The cuts should be no deeper than the third intercalary unit in order to discourage unwanted second flushes. In the Caribbean islands and Central America, tip

pruning in early September allows sufficient age for optimum flowering of the resulting flush in January-February.

Shape or formation prune

The purpose of shape pruning is to reduce the dimensions of the canopy in trees that are becoming overcrowded or to make it more convenient for tip pruning as part of the flowering management program. This type of prune requires cutting branches ranging in size from 2 to 10 cm in diameter depending upon the original size of the trees. The depth of prune into the canopy must be at least one meter inside the final desired dimensions in order to allow for re-growth of the canopy (Fig. 7A). Figure 7B displays shape pruned trees in the same row as those shown in Figure 7A. Background trees provide comparison of original size. The resulting re-growth was tip pruned two times during the year following the shape prune event and to be pruned a third time soon after the photo was taken (Fig. 7C). Tree response was a quick restoration of the original number of stems at a lower canopy level than before and suppression of frequent flushing, thus making the tree more likely to flower in the next flowering season. Without tip pruning following a shape prune event, the resulting growth flushes from such cuts are always frequent and vigorous with little branching. They commonly reach more than 2 meters in as many as 11 flushes in one year as indicated in Figure 8 displaying a branch resulting from shape pruning that occurred 12 months previous. This vigorous growth prevents trees from flowering in the tropics until they reach their original pre-pruned dimensions and return to stable, infrequent flushes. Such vigorous growth is similar to that of young trees and, thus, must be treated in the same manner as young trees with frequent tip pruning after the original shape prune to maximize branching. If tip pruned three or four subsequent times during the year, trees usually return to normal flush frequencies by suppressing subsequent flushes more

with each tip prune such that they will be capable of flowering five months following the last tip prune.

Severe prune

Once mango trees become so large, and the canopy migrates upwards far beyond the reach of harvesters, it is no longer productive to maintain them (Fig 9A). Severe pruning is done to rejuvenate these large trees so they will re-grow to a size amenable to a flower management program. Re-growth of pruned trees is always located at the level where the prune cut was made; hence, if the cuts are made at 7 M high, that is where the new canopy begins. In this situation, growers soon find that the trees regain their height before going back into production. In contrast, severely pruning a tree at 1.5 M (Fig. 9B, 10A) causes reestablishment of the canopy low and within easy reach of pruners and fruit pickers (Fig. 10B). Frequent tip pruning of the resulting shoots reduces the flush frequency back to normal usually by one year resulting in resumption of flowering with production at no higher than three meters. These trees can then be maintained at a desired canopy height and dimension for many years using annual tip pruning as part of the annual flowering management program.

General considerations

Desired canopy height and width of mango trees depends upon tree spacing. Spacing between trees within rows should not influence the desired canopy height unless one desires individual trees within rows as opposed to hedgerows. Continuous shading of leaves always results in loss of productive branches in the lower portions of the canopy. Trees must be adjusted in height so that shading does not occur in skirts (lowest portion) of the tree canopy. Row spacing

of 8 M requires trees no higher than 4 M and sides no more than 3 M from the trunk to allow passage of equipment and penetration of light to the lower canopy.

The advantages of annual tip pruning is that it provides reliable synchronized flowering in selected rows year after year in trees that remain the same size for many years. Although tip pruning is labor intensive, mechanical pruners are available that make the job easier and rapid so that many orchards can be pruned in a short period of time. Shape pruning and the subsequent tip prunings are more labor intensive than annual tip pruning but only need to be done once to bring the trees into production while controlling the size of the new canopy. The economics of pruning need to be evaluated in detail, but growers who are utilizing these strategies are realizing good economic returns due to increased and dependable yields (Maximo Jerez, Mango Cluster, Dominican Republic, personal communication). Small acreage growers can afford hand pruning using machetes and small power tools along with ladders or mobile equipment to reach the tops of the canopy. For larger operations, mechanical pruners attached to a tractor are more cost effective than hand tools (Jose Vera, Venezuelan grower, personal communication). Regardless of the cost, annual tip pruning is more cost effective than letting an orchard outgrow its productivity.

Literature Cited

- Campbell, R.J. and C.W. Campbell. 2005. Size does matter: pruning for perfection. Fairchild Tropical Garden, Miami, Fla. 10 October, 2005. < <http://www.ftg.org/horticulture/mangopruning.html> >.
- Davenport, T.L. 2000. Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual flowering model. HortTechnology 10:733-739.
- Davenport, T.L. 2003. Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species. HortScience 38:1331-1335.

- Davenport, T.L. and R. Nuñez-Elisea. 1990. Ethylene and other endogenous factors possibly involved in mango flowering. *Acta Hort.* 275:441-448.
- Davenport, T.L. and R. Nuñez-Elisea. 1997. Reproductive physiology, p. 69-146. In: R. E. Litz (ed.). *The Mango: Botany, Production and Uses*. CAB International, Wallingford, UK.
- Gross, E.R. 1996. Pruning mango to increase yield. *Acta Hort.* 455:538-542.
- Medina-Urrutia, V.M. and R. Nuñez-Elisea. 1996. Mechanical pruning to control tree size, flowering and yield of mature 'Tommy Atkins' mango trees. *Acta Hort.* 455:305-314.
- Nuñez-Elisea, R. and M.L. Caldeira. 1988. Adelanto de la floración y cosecha en mango 'Haden' con aspersiones de nitrato de amonio. *Anais IX Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Campinas, Sao Paulo, Brasil. p. 561-566.
- Nuñez-Elisea, R. and T.L. Davenport. 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. *Scientia Hort.* 58:57-66.
- Nuñez-Elisea, R. and T.L. Davenport. 1995. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Scientia Hort.* 62:63-73.
- Oosthuysen, S.A. 1992. Ideas on pruning of mango trees. *S. Afr. Mango Growers Assoc. Yrbk.* 12:1-7.
- Oosthuysen, S.A. 1994. Pruning of Sensation mango trees to maintain their size and effect uniform and later flowering. *S. Afr. Grower's Assoc. Yrbk.* 14:1-6.
- Oosthuysen, S.A. 1997. Some principles pertaining to mango pruning, and the adopted practices of pruning mango trees in South Africa. *Acta Hort.* 455:413-421.
- Oosthuysen, S.A. and G. Jacobs. 1996. Flowering synchronization of 'Sensation' mango by winter pruning. *Acta Hort.* 455:422-430.
- Poffley, M. 1994. Mango pruning in the top end. *Primary Industry and Fisheries Northern Territory of Australia Agnote No.* 598. 4 p.
- Rao, V.N.M. 1971. A note on pruning as a remedy for irregular bearing in mango. *Andhra Agric. J.* 18:242-245.
- Schaffer, B., A.W. Whaley, and J.H. Crane. 1994. Mango, p. 165-197. In: B. Schaffer, P.C. Anderson (eds.). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*. Vol. II: Chapt. 8. Sub-tropical and Tropical Crops. CRC Press, Boca Raton.
- Stassen, P.J.C., H.G. Grove, and S.J. Davie. 1999. Tree shaping strategies for higher density mango orchards. *J. Appl. Hort.* 1:1-4.

Figures

Figure 1. Diagram of a typical mango terminal stem showing three intercalary units, each separated by a tight cluster of closely spaced nodes, or intercalations, representing the termination of each previous flush of vegetative growth as described by (Davenport and Nuñez-Elisea, 1997). Tip pruning stimulates initiation of lateral shoots represented by the diagonal lines radiating from the stems. If the cut is made immediately distal to an intercalation (grey circles), then six to ten lateral shoots initiate from the cluster of quiescent buds in the intercalation, forming branching stems (gray diagonal lines) in a radiating pattern. If a prune cut is made at or near the distal terminus of an intercalary unit (black circles), shoots are initiated from quiescent lateral buds in the most proximal nodes to the cut (black diagonal lines), usually resulting in two to four lateral stems.

Figure 2. (A) Ten lateral stems resulting from a tip prune immediately distal to an intercalation. (B) Four lateral stems resulting from a tip prune near the distal terminus of an intercalary unit. Photos depict stems from trees in the Dominican Republic.

Figure 3. (A) Diagram of branch architecture of a typical mango tree that has never been tip pruned. (B) Matching photo of a typical one-year-old 'Keitt' tree in the Dominican Republic that has never been pruned. (C) Diagram demonstrating increased branching response (four branches per prune event) after one year following three tip-pruning events (circles) at three-month intervals. (D) Photo of a typical one-year-old 'Keitt' tree in the Dominican Republic after three previous tip prune events at levels 1, 2, and 3 in three-month intervals. Photo was

taken immediately prior to the fourth tip prune at level 4 to further increase stem number in September for anticipated flowering response in January-February.

Figure 4. Flush events following a typical tip prune (indicated by arrows) of a mature mango tree during the rainy season in Honduras. (A) Trees with leaf nitrogen levels between 1.1 and 1.4% at the time of pruning typically flush once following the prune event and remain in rest 4 months until stimulated to grow, in this case using foliar applied potassium nitrate. Growth in response to this stimulus is usually reproductive despite the presence of warm temperatures. (B) Trees with leaf nitrogen levels greater than 1.4% at the time of pruning, or if cut too deep into the branch, typically flush two times in rapid succession. The stems in the second vegetative flush are, thus, insufficiently mature to allow flowering when stimulated to grow using nitrate spray five months after the prune event. The resulting third flush following pruning is, thus, vegetative.

Figure 5. (A) Asynchronous vegetative growth within a 'Haden' tree canopy prior to the normal flowering season promotes asynchronous and irregular flowering. Recent shoots in the limp, red-leaf stage of development are in section (a), stems of about 2 months of age are in section (b), and stems older than 3 months are in section (c). (B) Tip pruning the orchard promotes a synchronized flush of vegetative growth throughout canopies of individual trees and the entire orchard. (C) Tip pruning stimulates synchronous initiation of numerous lateral shoots per cut stem resulting in potentially more panicle bearing stems than available prior to pruning. (D) Synchronous flowering occurs even in warm temperatures if the resulting stems are stimulated to grow after reaching sufficient stem maturity (about 4 months). Photos depict 'Haden' trees in Venezuela, (A&B), Dominican Republic, (C), and Honduras (D).

Figure 6. 'Haden' orchard being tip pruned by machete in Honduras (A) and by a mechanical pruning machine attached to a tractor (B).

Figure 7. (A) Shape pruning trees should be performed about one meter below and inside (solid lines) the final desired dimension after re-growth (dashed lines). Typical dimensions after re-growth are 4 meters high and sufficiently wide to provide light to the base or skirts of the canopy within rows. (B) Recently shape pruned 'Haden' tree in the same Dominican Republic orchard as depicted in (A). Remaining non-pruned trees in row are in the background. (C) Re-growth of the same tree one year later after two tip prunings to increase stem branching, check extension growth, and retard subsequent flushing to allow flowering in sufficiently mature stems during the flowering season. Note that trees in the background were pruned soon after the photo in 7B was taken in the previous year. Orchard trees are now amenable to tip pruning as part of the annual flowering management program (Davenport, 2003).

Figure 8. One year of accumulated non-pruned growth from a shape pruned 'Haden' mango branch in the Dominican Republic. Eleven intercalary units were present on this branch indicating 11 flushes of vegetative growth (a bit less than one flush per month) occurred subsequent to shape pruning in the previous year.

Figure 9. (A) Overgrown 'Haden' mango trees in Venezuela. All fruit production occurs in the top of the canopy beyond reach of individuals harvesting the fruit. (B) If such trees are severely pruned at the level indicated by the hand of the plantation manager and the re-growth is tip pruned each three months through the following year with the last tip prune event occurring in September, the resulting canopy will fill the translucent area and usually go back into production the following January-February after losing only one season of flowering.

Figure 10. Severe pruning of large trees (A) should be made with near vertical cuts to insure good rainwater drainage to discourage decay of exposed wood on the cut surface. Previously shaded tree trunks now exposed to direct sun should be white washed to prevent sunburn of the bark. (B) Severe pruning rejuvenates large trees such as these in the Dominican Republic and Venezuela by bringing the canopy down to a functional shape and size that is amenable to production management.

Figure 1

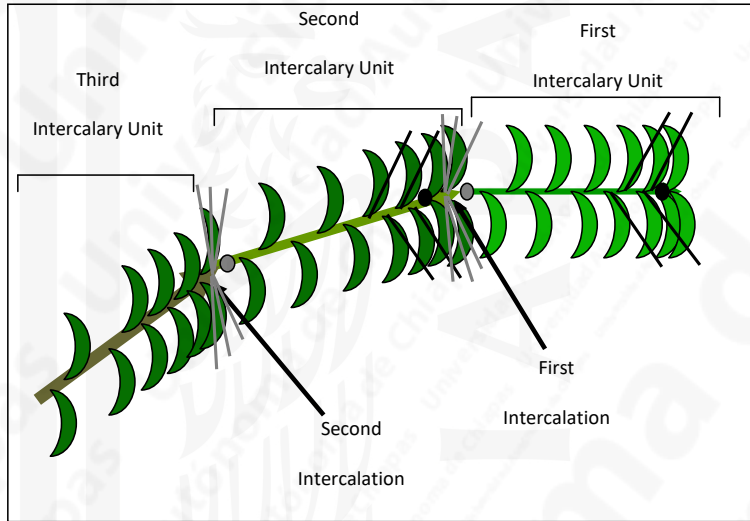


Figure 2

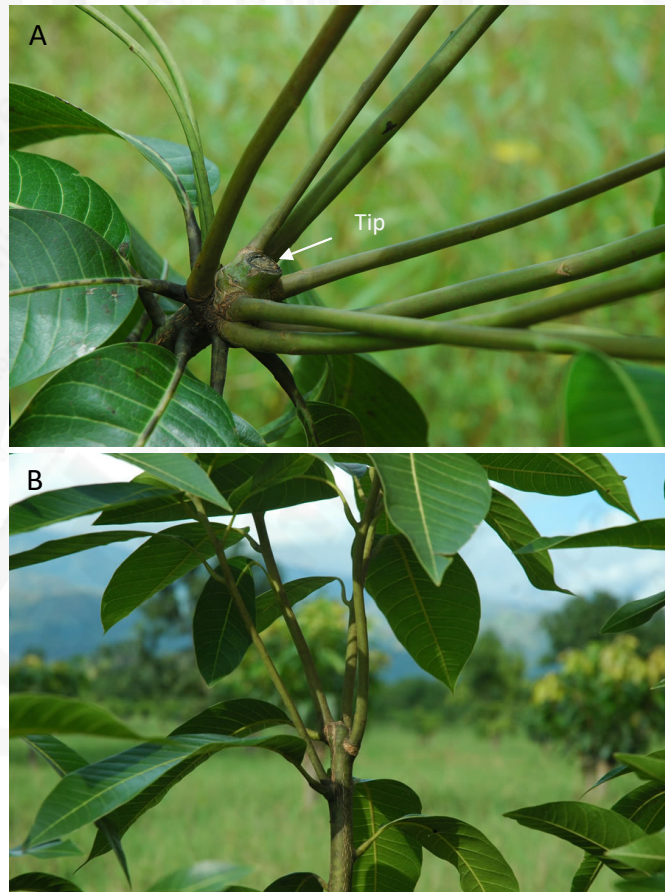


Figure 3

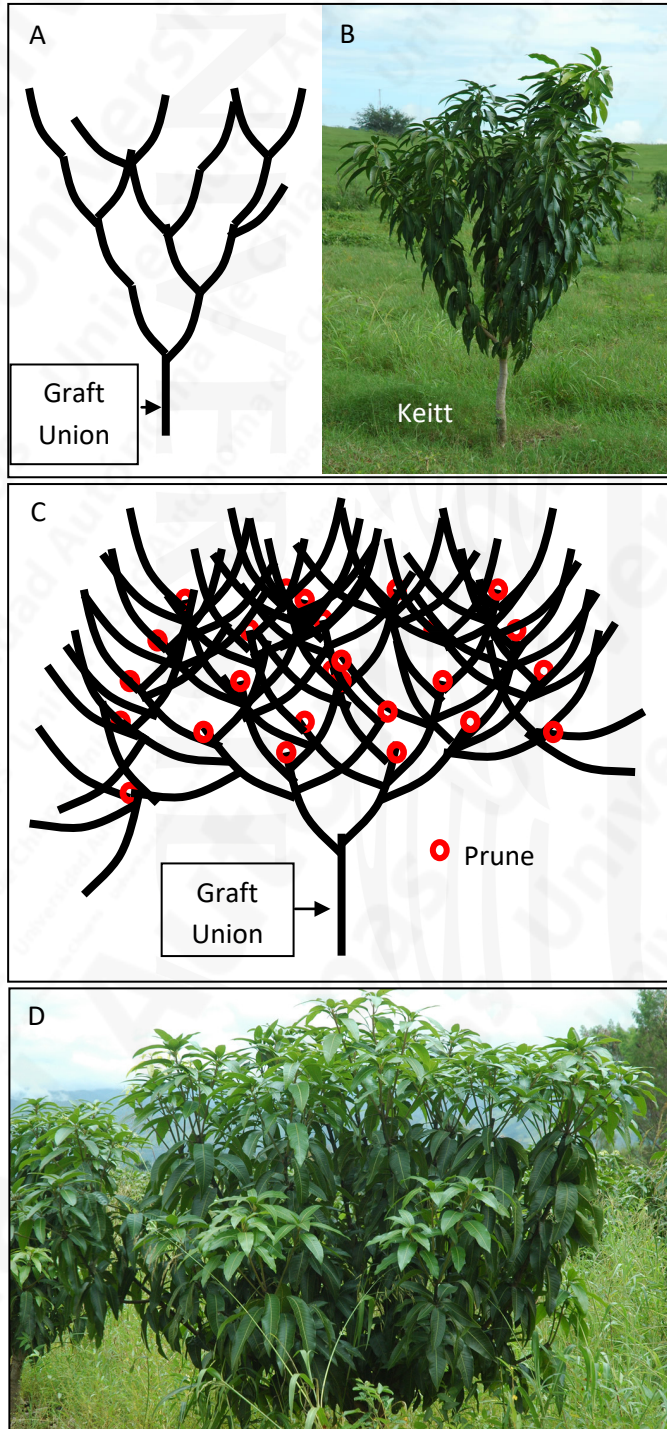


Figure 4

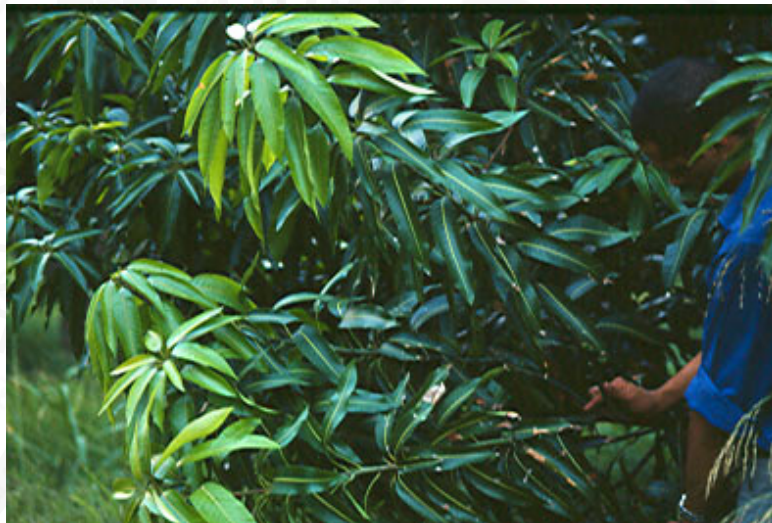


Figure 5



Figure 6



Figure 7



Figure 8



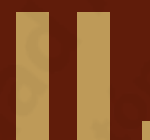
Figure 9



Figure 10



UNACH



ESTRATEGIAS DE PODA PARA MAXIMIZAR
EL RENDIMIENTO DE MANGO TROPICAL
DESDE EL TIEMPO DE SIEMBRA HASTA
LA RESTAURACIÓN DE HUERTOS VIEJOS

Thomas L. Davenport

UNACH

Los árboles de mango son cultivados en condiciones cálidas del trópico y subtrópico que promueven flujos frecuentes de crecimiento vegetativo. En los trópicos, la edad al momento del último flujo es el factor dominante que regula la floración del mango (Davenport, 2003). Los tallos deben estar en descanso el tiempo suficiente, generalmente de 4 a 5 meses, para poder ser inducidos a florecer en ausencia de temperaturas heladas. Las temperaturas de frío moderado que pueden llegar a los trópicos secos y elevados durante los meses de invierno proveen un estímulo adicional para la floración en tallos de cierta edad.

Los árboles de mango generalmente comienzan su producción comercial tres o cuatro años después de ser sembrados y continúan produciendo rendimientos en aumento a medida que su dosel crece, hasta que la sombra de árboles adyacentes fuerzan el crecimiento hacia arriba y fuera del alcance de los cosechadores. Las ramas más bajas que tienen los tallos productivos del año anterior se mueren debido a la sombra de las ramas superiores. La floración y producción de fruta en el mango ocurre en las terminales de los tallos; por lo tanto, a medida que el dosel crece, la producción se mueve hacia arriba mientras la competencia por la luz continúa. Eventualmente, la producción de fruta se da tan alto en el dosel que se vuelve inalcanzable. Esto normalmente ocurre 20 años después de ser plantados. En ese punto, los huertos pueden ser abandonados o reemplazados por árboles más jóvenes, que son más manejables.

Las estrategias de poda de árboles se han desarrollado para: 1) prevenir que los árboles crezcan demasiado, por medio de la poda anual como parte de un programa de manejo de floración; 2) cambiar la forma de árboles de tamaño medio a tamaños más pequeños y manejables, o 3) para rejuvenecer totalmente a árboles grandes que dejan de ser productivos debido a su tamaño y altura. Este artículo describe técnicas recomendadas para cada uno de estos temas y el por que cada técnica maximizará los rendimientos más allá de la vida esperada de un huerto de mango al mantener el crecimiento vegetativo controlado.

Para entender cómo funciona cada una de las técnicas de poda, uno debe primero entender los hábitos de crecimiento del mango y la interacción del agua y el nitrógeno en su crecimiento desde la primera siembra hasta el punto en que se vuelven demasiado grandes para uso comercial. Todo el crecimiento se da en flujos efímeros periódicos de brotes vegetativos o reproductivos, iniciando en yemas apicales o laterales en tallos terminales en descanso. El término "tallos" se refiere a los brotes vegetativos que se han vuelto inmóviles para convertirse en la primer unidad de intercalado en la terminal (Fig. 1) (Davenport and Núñez-Elisea, 1997). Un brote normalmente produce alrededor de 12 nodos que dan hojas si es vegetativo, inflorescencias laterales si es reproductivo, o ambas hojas e inflorescencias en los mismos nodos si es mixto. Un flujo puede ser descrito como la iniciación del crecimiento de brotes de un grupo de tallos crecidos en ramas unidas.

Aunque el mango es considerado como tolerante a la sequía (Schaffer et al., 1994), se requiere de agua suficiente para su crecimiento. El déficit hídrico desalienta la iniciación de flujos, lo cual puede proveer el periodo de descanso necesario para favorecer la floración después del periodo de estrés hídrico (Núñez-Elisea y Davenport, 1994). Cuando el contenido de humedad en el suelo es adecuado, el nitrógeno en las hojas afecta la frecuencia de los flujos. La experiencia nos muestra que los niveles de nitrógeno en las hojas, superiores a

1.4%, promueven flujos vegetativos frecuentes que previenen la floración durante condiciones de temperatura cálida debido a tiempo insuficiente de descanso entre flujos (Davenport, 2003). Los niveles de nitrógeno por debajo de 1.0% tienden a desalentar la iniciación de flujos de crecimiento. Entonces, el contenido de agua en el suelo y los niveles de nitrógeno en las hojas deben ser considerados para entender la respuesta de los árboles de mango tropicales a la poda.

Poda de puntas

La poda de puntas se define como la poda de tallos terminales en cualquier lugar, desde el ápice hasta un punto a lo largo del tallo que no sea mayor a 1 cm de diámetro. Esto incluye madera con corteza verde en dos o tres unidades de intercalado (Fig. 1). Los flujos de crecimiento de extensión en árboles de mango son evidentes en las ramas desde los tallos terminales, a lo largo de las ramas de soporte, hasta la unión central. Cada flujo de crecimiento vegetativo se caracteriza por internodios largos que gradualmente se van acercando, formando un grupo de yemas al final de cada flujo. El registro de crecimiento de estos flujos en las ramas se describe como unidades de intercalado, y el grupo de hojas y yemas al final de cada unidad de intercalado como intercalaciones numeradas desde el final de cada tallo (Davenport y Núñez-Elisea, 1997).

Dadas suficiente agua y nutrición, la poda de puntas obliga una rápida iniciación de las yemas de tallos laterales para que formen brotes laterales en un patrón determinado por la ubicación del corte de poda (Fig. 1). Los cortes de poda hechos cerca de cualquier intercalación usualmente dan como resultado la iniciación de seis a diez brotes vegetativos laterales agrupados en la intercalación (Fig. 1 y 2A). En contraste, los cortes hechos cerca de la punta del tallo o por debajo de las intercalaciones normalmente dan como resultado de dos a cuatro

tallos laterales que se originan en las yemas axilares en la base de las hojas más cercanas al corte (Fig. 1 y 2B).

La poda de puntas de los tallos de mango se hace por diversos motivos: 1) para estimular flujos de crecimiento de brotes laterales para ramas por medio de podas repetidas en árboles jóvenes, para formar un dosel denso y esparcido que florezca uno o dos años antes de lo normal para la producción comercial temprana de fruta; 2) para estimular las ramas en un flujo vegetativo sincronizado en todo el dosel y retirar estructuras de panojas de la temporada anterior que inhiben el crecimiento, como preparación de un programa anual de floración; y 3) para restaurar rápidamente la productividad de árboles podados para darles forma o sobrepodados, al estimular los flujos de múltiples tallos de rama por medio de podas repetidas, lo cual resulta en una producción aumentada.

Acortar el periodo de juventud de árboles pequeños

La mayoría de los árboles de mango llegan de los viveros con un solo tallo central. Después de plantarlos, el desarrollo normal se caracteriza por frecuentes flujos de crecimiento vegetativo con pocas ramas, especialmente en el cultivar popular Keitt (Fig. 3A y B). Los árboles jóvenes no florecen debido a los cortos intervalos de dos a tres meses entre los flujos de crecimiento (Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Núñez-Elisea y Davenport, 1995). Normalmente toma de tres a cuatro años lograr los suficientes tallos y altura para reducir la frecuencia de los flujos de crecimiento. No es sino hasta entonces cuando se puede lograr la madurez suficiente de los tallos para permitir la floración y producir una cosecha comercialmente viable.

La poda frecuente de puntas en árboles jóvenes obliga a la iniciación frecuente de brotes laterales, formando de cuatro a siete brotes por tallo en cada corte. Si esta poda se repite cada tres meses usando tijeras para podar o un machete en las subsecuentes ramas laterales, los

árboles comienzan a formar un dosel lleno como resultado del crecimiento exponencial en el número de ramas (Fig. 3C, 3D). Por ejemplo, los árboles 'Keitt' en las figuras 3B y 3D son ambos de un año de edad. El árbol en la figura 3B no fue podado, mientras que el de la figura 3D se podó tres veces en el primer año de crecimiento. La frecuencia de flujo ya estaba reducida, como se puede ver por la poca altura del árbol podado. La cuarta poda, hecha después de tomarse la foto, se llevó a cabo en agosto para estimular un flujo vegetativo sincronizado en septiembre como preparación para una floración sincronizada en el tiempo normal anticipado de floración en enero-febrero. La experiencia muestra que si no ocurre un segundo flujo vegetativo en noviembre o diciembre después del flujo de septiembre como respuesta a la poda de puntas, este árbol florecerá y producirá frutos.

La altura del primer punto de poda, que finalmente determina la altura de las ramas más bajas, la determina la preferencia del productor; sin embargo, no debe ser por debajo de la segunda intercalación sobre la unión central. Los árboles normalmente están listos para comenzar la producción comercial después de la cuarta poda debido a la reducción en la frecuencia de flujo que de otra manera estaría sin control en árboles sin podar. La poda final en los trópicos del hemisferio norte debe hacerse en agosto o a principios de septiembre para que los tallos alcancen suficiente madurez para el tiempo de floración natural en enero-febrero. Una estrategia similar se ha sugerido para árboles de mango de jardín cultivados en los subtrópicos (Campbell and Campbell, 2005).

Poda de puntas para estimular un flujo sincronizado de crecimiento vegetativo

Podar las puntas de árboles maduras pronto da como resultado un flujo de crecimiento de brotes laterales si hay suficiente agua y los niveles de nitrógeno en las hojas están en un rango de 1.1 a 1.4% (Davenport, 2003). Esta respuesta es crítica para el éxito de un programa de

manejo de floración. Si los tallos laterales producidos por esta poda descansan de cuatro a cinco meses, entonces la floración ocurrirá cuando sea iniciado el crecimiento ya sea por bajas temperaturas o por aplicación foliar de ethephon o algún nitrato, ya sea de potasio, calcio o amonio, en temperaturas cálidas (>20 °C, noche) (Davenport, 2000; Davenport, 2003; Davenport y Núñez-Elisea, 1990; Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Núñez-Elisea y Caldeira, 1988). Los niveles de nitrógeno en la hoja, superiores a 1.4%, promueven un segundo flujo de crecimiento vegetativo después de la poda si hay suficiente agua. Este segundo flujo de crecimiento vegetativo elimina la posibilidad de una floración a tiempo en bajas temperaturas o cuando se asperjan con nitrógeno, como se describió anteriormente. La Figura 4A muestra iniciación floral estimulada por aspersión foliar de 4% de nitrato de potasio, cinco meses después de la poda de puntas en condiciones cálidas tropicales. Sólo se dio un flujo de crecimiento vegetativo después de la poda. En contraste, la Figura 4B muestra un árbol con contenido de nitrógeno en las hojas de 1.6%, el cual produjo un segundo flujo vegetativo poco después del primero, dando como resultado la iniciación de brotes vegetativos en vez de reproductivos al ser estimulados para crecer cinco meses después de la poda, usando el mismo tratamiento de aspersión de nitrógeno. Podar los tallos con más de un cm de diámetro promueve segundos flujos, y podar ramas más grandes y ramas de soporte asegura flujos subsecuentes de crecimiento vegetativo frecuentes.

Los tallos de árboles de tamaño para producción pueden variar en edad debido al crecimiento vegetativo asincrónico del dosel (Fig. 5A). Esta falta de edad de tallos uniforme causa floraciones asincrónicas en varias partes del dosel, requiriendo de varias pasadas por el huerto para la cosecha. Podar las puntas de los tallos (Fig. 5B) obliga un flujo sincronizado de brotes vegetativos a partir de los tallos podados (Fig. 5C) en todo el dosel. Si este es el único flujo que se da en un periodo de cinco a seis meses después de la poda, el siguiente crecimiento

sincronizado será reproductivo, aun en temperaturas cálidas $>20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 5D). Por lo tanto, la poda de puntas se hace para favorecer una respuesta de floración uniforme en un programa de manejo de floración, para darle una forma deseada al dosel y para mejorar la productividad de árboles en producción al incrementar significativamente el número de tallos con fruto.

La mejor forma de llevar a cabo la poda de puntas es con machetes afilados y escaleras, u otros medios con los que el trabajador pueda alcanzar la parte superior de los árboles en los trópicos (Fig. 6A). Existe también una variedad de máquinas para la poda (Fig. 6B) para trabajar rápidamente en huertos extensos, pero son muy caras, a menos que varios productores compartan el costo. Se debe podar la mayoría de los tallos terminales en el dosel para obtener los mejores resultados (Fig. 5B). Los cortes no deben ser más profundos que la tercera unidad de intercalado para desalentar segundos flujos no deseados. En las islas del Caribe y en Centroamérica, la poda de puntas a principios de septiembre permite una edad suficiente para la floración óptima del flujo resultante en enero-febrero.

Poda de formación

El objetivo de la poda de formación es reducir las dimensiones del dosel en árboles que están demasiado atestados, o para facilitar el trabajo de la poda de puntas como parte de un programa de manejo de floración. Este tipo de poda requiere de cortar ramas que varíen en tamaño desde 2 hasta 10 cm de diámetro, dependiendo del tamaño original de los árboles. La profundidad de la poda en el dosel debe ser al menos un metro por dentro de las dimensiones finales deseadas para dar espacio al re-crecimiento del dosel (Fig. 7A). En la Figura 7B se muestran árboles podados en la misma fila que los árboles de la Figura 7A. Los árboles de fondo nos dan un punto de comparación del tamaño original. El re-crecimiento resultante fue podado de las puntas dos veces durante el año después del evento de la poda de formación y serían

podados una vez más después de que se tomara la foto (Fig. 7C). La respuesta de los árboles fue una rápida restauración del número original de tallos a una menor altura del dosel y la supresión de flujos frecuentes, haciendo más probable que florecieran en la siguiente temporada de floración. Si no se hace la poda de puntas después de la poda de formación, los flujos de crecimiento resultantes de estos cortes siempre son frecuentes y vigorosos con pocas ramas. A menudo alcanzan más de dos metros en hasta 11 flujos en un año, como se puede ver en la Figura 8 donde se muestra una rama resultante de una poda de formación 12 meses antes. Este crecimiento vigoroso evita que los árboles florezcan en los trópicos hasta no recuperar sus dimensiones originales antes de la poda y regresen a flujos estables poco frecuentes. Este tipo de crecimiento vigoroso es similar al de árboles jóvenes y, por lo tanto, debe ser tratado de la misma manera que los árboles jóvenes, con podas de puntas frecuentes después de la poda de formación para maximizar el número de ramas. Si se podan las puntas tres o cuatro veces durante el año, los árboles normalmente regresan a frecuencias de flujo normales al suprimir flujos subsiguientes después de cada poda, para que de esta manera puedan florecer cinco meses después de la última poda de puntas.

Poda severa

Cuando los árboles de mango ya son grandes y el dosel se eleva más allá del alcance de los cosechadores, ya no es productivo mantenerlos (Fig. 9A). La poda severa se hace para rejuvenecer a estos árboles grandes para que vuelvan a crecer a un tamaño viable para un programa de manejo de floración. El re-crecimiento de árboles podados siempre se da al nivel donde el corte de poda fue hecho; por lo tanto, si los cortes se hacen a 7 m de altura, ahí es donde comenzará el nuevo dosel. En esta situación, los productores pronto se dan cuenta que los árboles vuelven a alcanzar su altura antes de volver a ser productivos. En contraste, podar severamente

un árbol a una altura de 1.5 m (Fig. 9B, 10^a) causa una restauración del dosel baja y al alcance de los podadores y cosechadores (Fig. 10B). La poda de puntas frecuente de los brotes resultantes reduce la frecuencia de flujo a su normalidad, usualmente resultando en regreso a floración dentro de un año, con la producción a no más de tres metros de altura. Entonces se pueden mantener estos árboles a una altura de dosel y dimensiones deseadas por mucho años usando la poda de puntas manual como parte del programa anual de manejo de floración.

Consideraciones generales

La altura y diámetro deseados en el dosel de árboles de mango dependen del espaciado entre árboles. El espaciado entre árboles en la misma hilera no debería tener influencia sobre la altura deseada del dosel a menos que unos quieran árboles individuales en vez de juntos. El sombreado continuo de las hojas siempre da como resultado la pérdida de ramas productivas en las partes bajas del dosel. Se debe ajustar la altura de los árboles para que no haya sombreado en las faldas (parte más baja) del dosel. Un espaciado de 8 m entre filas requiere que los árboles no pasen de los 4 m de altura y 3 m de cada lado del tronco para permitir el paso de maquinaria y la penetración de luz al dosel bajo.

Las ventajas de la poda de puntas anual es que provee una floración sincronizada confiable en hileras seleccionadas año tras año en árboles que permanecen del mismo tamaño durante muchos años. Aunque la poda de puntas requiera de mucho trabajo, existen podadoras mecánicas que lo hacen más fácil y rápido, de tal manera que se pueden podar varios huertos en poco tiempo. La poda de formación y sus subsiguientes podas de puntas son más laboriosas que la poda de puntas anual, pero sólo se requiere hacerlo una vez para hacer a los árboles productivos mientras se controla el tamaño del nuevo dosel. La economía de podar debe ser evaluada a detalle, pero los productores que están usando estas estrategias tienen buenos

beneficios económicos debido a rendimientos incrementados y confiables (Máximo Jerez, Mango Cluster, República Dominicana, comunicación personal). Los productores con huertos pequeños pueden hacer la poda a mano usando machetes y herramientas pequeñas junto con escaleras o equipo móvil para alcanzar la parte alta del dosel. Para productores a mayor escala, las podadoras mecánicas montadas en un tractor son más efectivas en términos de costo que las herramientas manuales (José Vera, productor venezolano, comunicación personal). Sin importar el costo, la poda de puntas anual es más efectiva en términos de costos que permitir que el huerto crezca sin control y pierda su productividad.

Figuras

Figura 1. Diagrama típico de un tallo terminal de mango mostrando tres unidades de intercalado, cada una separada por un apretado grupo de nodos, o intercalaciones, representando la terminación de cada flujo de crecimiento previo, como describen Davenport y Núñez-Elisea (1997). La poda de puntas estimula la iniciación de brotes laterales representados por las líneas diagonales saliendo de los tallos. Si el corte se hace justo después de la intercalación (círculos grises), se inician de seis a diez brotes laterales del grupo de yemas en la intercalación, formando tallos ramificados (líneas grises diagonales) en un patrón radial. Si el corte de poda se hace en o cerca del término distal de la unidad de intercalado (círculos negros), los brotes se inician desde las yemas laterales en los nodos más próximos al corte (líneas negras diagonales), usualmente resultando de dos a cuatro tallos laterales.

Figura 2. (A) Diez tallos laterales resultantes de una poda de punta justo después de una intercalación. (B) Cuatro tallos laterales resultantes de una poda de punta cerca del término distal de una unidad de intercalada. Las fotos muestran tallos de árboles en la República Dominicana.

Figura 3. (A) Diagrama de la arquitectura típica de un árbol de mango que nunca ha sido podado en las puntas. (B) Foto correspondiente de un típico árbol 'Keitt' de un año de edad en la República Dominicana que nunca ha sido podado. (C) Diagrama que muestra repuesta de ramificación incrementada (cuatro ramas por evento de poda) después de un año llevando a cabo tres eventos de poda de puntas (círculos) en intervalos de tres meses. (D) Foto de un típico árbol 'Keitt' de un año de edad en la República Dominicana, después de tres eventos de poda de puntas en los niveles 1, 2 y 3 en intervalos de tres meses. La foto fue tomada justo antes de la cuarta poda de puntas al nivel 4 para aumentar aún más el número de tallos en septiembre para la respuesta anticipada de floración en enero-febrero.

Figura 4. Eventos de flujo después de una poda de puntas típica (indicada por flechas) de un árbol maduro de mango durante la temporada de lluvias en Honduras. (A) Los árboles con niveles de nitrógeno en las hojas entre 1.1 y 1.4% al momento de la poda, normalmente tienen un solo flujo después del evento de poda y permanecen en descanso durante 4 meses hasta que no se estimula su crecimiento, en este caso usando nitrato de potasio en aplicación foliar. El crecimiento en respuesta a este estímulo es usualmente reproductivo a pesar de la presencia de temperaturas cálidas. (B) Los árboles con niveles de nitrógeno mayores a 1.4% al momento de poda, o podados demasiado profundo en la rama, normalmente tienen dos flujos en sucesión rápida. Los tallos en el segundo flujo de crecimiento vegetativo están, por lo tanto, demasiado inmaduros para permitir la floración cuando se les estimula a crecer usando aspersiones de nitrógeno cinco meses después del evento de poda. Entonces, el tercer flujo resultante después de la poda es vegetativo.

Figura 5. (A) El crecimiento vegetativo asincrónico en el dosel de un árbol 'Haden' previo a la temporada normal de floración promueve la floración asincrónica e irregular. Los brotes más recientes en la etapa suave de hojas rojas están en la sección (a), los tallos de unos dos meses de edad están en la sección (b), y los tallos de más de tres meses de edad están en la sección (c). (B) La poda de puntas del huerto promueve un flujo sincronizado de crecimiento vegetativo en todo el dosel de los árboles individuales y de todo el huerto. (C) La poda de puntas estimula la iniciación sincrónica de numerosos brotes laterales por cada tallo cortado, resultando en más tallos con panojas que antes de la poda. (D) la floración sincrónica ocurre aun en temperaturas cálidas si los tallos resultantes son estimulados para crecer después de haber alcanzado la madurez suficiente (alrededor de 4 meses). Las fotos muestran árboles 'Haden' en Venezuela (A&B), República Dominicana (C) y Honduras (D).

Figura 6. Huerto de 'Haden' siendo podado de puntas con machete en Honduras (A) y con una máquina podadora colocada en un tractor (B).

Figura 7. (A) La poda de formación debe hacerse alrededor de un metro debajo y por dentro (líneas sólidas) de las dimensiones deseadas después del re-crecimiento (líneas punteadas). Las dimensiones típicas después del re-crecimiento son de 4 m de altura y con la amplitud suficiente para dar luz a la base o falda del dosel en la misma fila. (B) Árbol 'Haden' recientemente podado para dar forma en el mismo huerto en República Dominicana que se muestra en (A). En el fondo se ve el resto de los árboles sin podar. (C) Re-crecimiento del mismo árbol un año más tarde y después de dos podas de puntas para incrementar la formación de ramas, limitar el crecimiento de extensión y retardar flujos subsiguientes para permitir la floración en tallos lo suficientemente maduros durante la temporada de floración. Hay que notar que los árboles

en el fondo fueron podados poco después de que se tomara la foto en 7B el año anterior. Los árboles del huerto ahora son más fáciles de podar en las puntas como parte del programa anual de manejo de floración (Davenport, 2003).

Figura 8. Un año de crecimiento acumulado sin podar de una rama de mango 'Haden' de un árbol podado para formación en República Dominicana. Había 11 unidades de intercalado en esta rama, lo cual indica que se dieron 11 flujos de crecimiento vegetativo (poco menos de uno al mes) después de la poda de formación el año anterior.

Figura 9. (A) Árboles de mango 'Haden' sobrecrecidos en Venezuela. Toda la producción de fruta se da en lo alto del dosel, más allá del alcance de los cosechadores. (B) Si dichos árboles son podados severamente al nivel indicado por la mano del encargado de la plantación y el re-crecimiento es podado en las puntas cada tres meses en el año siguiente, con el último evento de poda de puntas en septiembre, el dosel resultante llenará el área translúcida y usualmente volverá a producir el siguiente enero-febrero después de perder sólo una temporada de floración.

Figura 10. La poda severa de árboles grandes (A) debe hacerse con cortes casi verticales para asegurar buen drenaje de agua de lluvia y desalentar la descomposición de la madera expuesta en la superficie del corte. Los troncos antes sombreados deben ser encalados para prevenir insolación de la corteza. (B) La poda severa rejuvenece a los árboles grandes como estos en República Dominicana y Venezuela, al bajar el dosel a una forma y tamaño funcionales y adecuados para el manejo de producción.

UNACH



MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y TÉCNICAS DE MONITOREO PARA LAS PLAGAS DE MANGO

Jorge E. Peña

UNACH

INTRODUCCIÓN

Los métodos de muestreo son críticos para determinar la importancia de las poblaciones de plagas para desarrollar un buen avance en la tecnología de manejo de éstas (Pedigo y Buntin, 1993). El monitoreo y muestreo debe brindar información en lo relacionado con las densidades de plagas, su dispersión y dinámica poblacional. A través del muestreo se obtiene la información adecuada para tomar decisiones certeras las cuales deben estar basadas en el conocimiento del umbral económico de la plaga. Muchos artículos relacionados con los principios y con la practicalidad del muestreo (Elliott, 1979; Pedigo, 1993, Landis, 1993). El interés en muestreo y monitoreo ha incrementado en las últimas tres décadas; sin embargo, la gran diversidad de Plagas, su ubicuidad, la estructura del árbol y la diversidad de los métodos hortícolas utilizados en diferentes partes del mundo han representado un reto para los investigadores. Entre las frutas tropicales, el mango recibe la cantidad más grande de insecticidas por acre. De acuerdo con Mossler y Nesheim (2002) 64% de los cultivadores de mango en Florida, USA, utilizan insecticidas frecuentemente en este cultivo. Hussain *et al.* (2002) reportan que los productores de mango tienen que aplicar muchos insecticidas con la finalidad proteger cantidad y la calidad cosmética de los frutos.

El mango es el hospedero de plagas directas (aquella que se alimentan del fruto) e indirectas (raíz, yemas, follaje, y los que se alimentan de las ramas y tronco del árbol). La

mayor parte de los estudios de monitoreo se han enfocado a las plagas directas, pero pocos programas de muestreo se han dirigido a los otros tipos de plagas. Hay apenas unos pocos umbrales económicos en mango y el mayor esfuerzo se ha encaminado a optimizar la eficiencia de los insecticidas, con algún énfasis en la acción de control en el momento oportuno (Singh 1988, Lakra et al., 1980). Para la mayoría de los países productores, muchas de las plagas de mango, son de importancia cuarentenaria, y los métodos de monitoreo están enfocados a determinar la presencia o la ausencia de la plaga y al detectar su sola presencia, se aplican los insecticidas inmediatamente. El objetivo de este escrito es analizar si algunas de estas técnicas están disponibles para ser utilizadas en mango.

Moscas de las frutas

La mayoría de los países productores de mango están localizados en áreas con infestación de moscas de las frutas y los productores sufren grandes pérdidas por la presencia de estos insectos (Aluja, 1994; Anonymous, 1987; Hill, 1975; Singh, 1991, Umayá and Hirao, 1975; Yee, 1987). Pocos insectos tienen un impacto más grande que las moscas de las frutas en el mercado internacional de productos agrícolas (Hendrichs, 1996). White and Elson-Harris (1992) han revisado la taxonomía de las moscas de las frutas y han reportado 48 especies diferentes atacando a este fruto en el mundo (géneros *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Anastrepha*, *Dirioxa* y *Toxotrypana*) y algunas atacando *M. foetida*.

La mosca del Mediterráneo *C. capitata* (Wiedeman) es una plaga polífaga y está presente en la mayoría de las regiones donde esta planta es cultivada, Egipto, Hawaii, Israel, Australia, España, México, Réunion y Sur América (Etienne, 1966; Morín, 1967; Galán, 1990). *Bactrocera* sp. se encuentra predominantemente en Asia, Australia y en regiones del Pacífico.

I. Características de cada especie

Las moscas de la fruta pertenecen a la familia Tephritidae. *Anastrepha* es el género de moscas de la fruta del continente americano, el cual incluye 150-200 especies y son nativas de América Central, el Caribe y América del Sur y en Estados Unidos.

Las moscas de la fruta conforman un grupo importante de insectos que se comportan como plagas agrícolas de una variedad de especies frutícolas.

Ciclo de vida

Las moscas de las frutas, *Anastrephas* presentan una metamorfosis completa que se divide en etapas de huevo, larva, pupa y adulto. El ciclo de desarrollo es el siguiente: una mosca hembra fecundada inserta su ovipositor en un fruto y deposita un huevo o grupo de huevos en ésta; las larvas que emergen se alimentan de la pulpa dentro del fruto hasta completar el ciclo larval que consta de 3 estadios al completar este último, la larva del último estadio abandona el fruto y empupa en el suelo de donde eclosionan finalmente los adultos y un nuevo ciclo se inicia. Los adultos de estas moscas son de tamaño mediano (1.5 a 6 mm) que comúnmente presentan manchas o bandas en las alas, cuando están en reposo levantan lentamente sus alas de arriba hacia abajo. En su cuerpo presentan una combinación de colores amarillo-naranja, negro y café; los ojos son grandes, iridiscentes (verde es el color común de los ojos).

Las moscas del género *Anastrepha* spp. son endémicas del hemisferio occidental y su rango se extiende desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de la Argentina, incluyendo las islas del Caribe (Aluja, 1994). Hay 8 especies de *Anastrepha* asociadas con mango (White and Elson-Harris, 1992). *Anastrepha obliqua* es la mosca que comúnmente ataca al mango en las Américas (Jiron y Hedstrom, 1991; Nascimento et al., 1992).

Anastrepha obliqua

A esta mosca se le conoce como mosca de las Antillas, mosca de la fruta de las Indias Occidentales o Mosca del jobo o ciruela. Esta distribuida en México, América Central, el Caribe y en Sudamérica. Ocasionalmente se la ha encontrado en Estados Unidos, pero ha sido erradicada (White and Elson-Harris, 1992). Esta es la mosca más limitante de la producción de mango en la República Dominicana.

Los adultos son moscas de tamaño medio (aproximadamente el tamaño de una mosca casera), de color café amarillento, presenta en el tórax una franja central ensanchándose posteriormente y dos franjas laterales antes de la sutura del escutelo.

Liedo et al (1993) determinaron la longevidad promedio de los adultos en 79 días (máximo 175 días), depositando un número promedio de huevos de 1 376 huevos; su mayor actividad reproductiva se realiza cuando la mosca tiene una edad de 4-6 semanas.

Es una mosca oligófaga, la cual se encuentra atacando principalmente aquellas plantas dentro de la familia Anacardiaceae (mango, *Mangifera indica*, jobo, ciruelas *Spondias* spp., marañón, *Anacardium occidentale*), pero también se la ha encontrado en otros hospederos alternos, como cítricos, *Citrus* spp., café, *Coffea arabica*, guama, *Inga* spp., zapote, *Pouteria viridis*, guayaba *Psidium guajaba*.

Cuadro I. Lista de algunos hospederos de *A. obliqua* de acuerdo a Eskaffi & Cunningham (1987), Norrbom & Kim (1988). Principales hospederos estan en negrilla.

Hospedero	Familia	Nombre Comun
Anacardium occidentale	Anacardiaceae	marañón
<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	Chirimoya
<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	guanabana
<i>Averrhoa carambola</i>	Oxalidaceae	carambola
<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	Naranja agria
<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	Naranja dulce
<i>Citrus maxima</i>	Rutaceae	toronja
<i>Coffea Arabica</i>	Rubiaceae	Café
<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Cereza de Surinam
<i>Inga spp.</i>	Leguminosae	Guamo
<i>Malpighia glabra</i>	Malphigiaceae	acerola
<i>Mammea Americana</i>	Guttifereae	mamey
Mangifera indica	Anacardiaceae	mango
<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	zapotillo
<i>Passiflora quadrangularis</i>	Passifloraceae	Granadilla real
<i>Pouteria sapota</i>	Sapotaceae	sapote
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Guayaba
Spondias mombin	Anacardiacea	ciruela
Spondias spp.	Anacardiacea	Jobo
<i>Syzygium jambos</i>	Myrtaceae	Manzana Rosa

Anastrepha suspensa

La mosca de la fruta del Caribe, *Anastrepha suspensa*, tiene una distribución desde Florida hasta islas del Caribe, las cuales incluyen Bahamas, Cuba, la República Dominicana, Haití y Jamaica (White & Elson Harris, 1994; Malavasi, 2000). Se la ha recolectado ocasionalmente en Puerto Rico.

Sus hospederos principales son guayaba (*Psidium guajava*), *Eugenia* spp., *Syzygium* y la almendra tropical (*Terminalia catapa*) (Norrbon & Foote, 1989), mientras que Whervin (1974) demostró una preferencia a especies dentro de la familia Myrtaceae.

Se la ha colectado también en mango, cítricos, nispero japonés, aguacate, y aproximadamente 36 hospederos más.

Los adultos son pequeños, café amarillentos 0.5 a 2 veces mas grandes que una mosca casera. Se diferencia de *A. obliqua* por una mancha que se encuentra en el área scutostellar.

II. Recomendaciones generales para un control integrado de moscas de las frutas en mango

El control integrado de las moscas de las frutas consiste en el uso de varios métodos, que son complementarios y que permiten, o bien controlar la plaga, o mantenerla en niveles que no causen daño para finalmente despues de un periodo de manejo a largo plazo, lograr su exclusión de las áreas afectadas.

En el MIP además de conocimientos sobre la biología de la plaga, se utilizan el control mecánico cultural, trampas para su monitoreo, el control químico, control biológico, control autocida y el control legal.

Control mecánico cultural: La base de cualquier programa de manejo integrado de plagas la debe constituir una adecuada atención técnica al cultivo. El control mecánico cultural es un mecanismo sencillo, con costos económicos y efectos ecológicos mínimos. Está al alcance de cualquier productor y es muy útil para pequeñas propiedades o huertos familiares. Su implantación, en el caso de moscas de las frutas puede, en ocasiones, controlar hasta 60-80% de la población de la plaga.

Hospederos: Un aspecto que afecta directamente a un programa de MIP de mosca de las frutas es la cantidad de frutales presentes en el área. Recordemos que estos insectos afectan una gran gama de frutos. Por ello, si se desea tener un huerto de mangos, con diferentes variedades de cada cultivo, se debe tener presente que también facilitará el crecimiento masivo de las poblaciones de moscas que los atacan. La razón es sencilla: si se tiene mango temprano, intermedio y tardío, la época de fructificación va a extenderse de seis a siete meses. Si a esto se suma que en el huerto se siembra jobo, guayaba o carambola, habrá fruto disponible durante todo el año y, consecuentemente, la plaga durará el mismo tiempo.

Normas a seguir en lo referente a variedades de mango:

- Sembrar una variedad sin intercalar otras en el lote comercial.
- Si se desea tener otras variedades, éstas deben sembrarse cada una por separado.
- Si el productor, por diversas razones, desea tener en su huerto otras variedades y frutales, se recomienda que lo haga en un extremo alejado de su predio comercial y/o mantenga un constante monitoreo para conocer las poblaciones de moscas de las frutas y otras plagas.

Recolección de Fruta: Un aspecto primordial dentro del control mecánico cultural, lo constituye la recolección y enterrado de toda fruta caída y madura en el árbol que no se vaya a comercializar. Al enterrar el fruto caído (muchas veces larvado) estaremos matando las larvas y evitando que las hembras grávidas ovipositen. Esta sencilla medida puede reducir drásticamente la infestación endémica en un huerto. El propósito es el eliminar los estados imaduros de las moscas de la fruta (huevos, larvas, pupas), así como crear un ambiente menos favorable para su desarrollo, de esta manera se consigue disminuir la población de la plaga.

Frutas que están madurando cuando están muy pequeñas, frutas que presentan pudrición cuando están en el árbol, así como frutas que han caído recientemente tienen una gran probabilidad de estar infestadas de moscas de la fruta; estas frutas se colectan y se entierran en fosas de por lo menos 1-2 m de profundidad, cubiertas con una capa de tierra y cal (por lo menos una capa de 30 cm); otras labores pueden ser el aplastar la fruta en un lugar alejado del huerto, rastrillar el suelo debajo de la copa de los árboles, para exponer las pupas, eliminación de la fruta de los hospederos alternos, raleo de malezas debajo o cerca de los árboles.

Labores específicas recomendadas para recolección de mango:

- Nunca permitir que la cosecha permanezca en el árbol, madure y se descomponga en el huerto.
- Cuando se coseche, insistir en que se corte toda la cosecha del árbol
- Todo fruto caído, desechado o maduro debe enterrarse a una mínima de profundidad de 1 m de la superficie. De ser posible, se le aplicará alguna cal o insecticida en polvo (recomendado en algunos países) y deberá ser tapado con tierra
- También se deben controlar las malezas que crecen junto al árbol y a la copa del árbol; preferiblemente malezas de hoja ancha, ya que de otra manera no podremos ver dónde cae la fruta, lo que permite a las moscas recién emergidas hallar un refugio para protegerse de los depredadores y de las inclemencias del tiempo
- Otra medida importante es el rastreo del suelo para exponer a la superficie las pupas enterradas en el mismo; éstas morirán por desecación o depredadas

Podas: Las podas adecuadas son importantes. Primero, porque permiten el sano desarrollo del árbol y sus frutos; segundo, porque facilitan el manejo agronómico del huerto en general. Las

aplicaciones de insecticidas-cebo son más fáciles de hacer y además un excesivo follaje es favorable para las moscas que buscan refugio. El follaje excesivo reduce la visibilidad de las trampas.

Monitoreo: Éste se realiza colocando trampas tipo McPhail o trampas a las cuales se les ha agregado un cebo alimenticio, como la levadura torula, o proteína hidrolizada o melaza en una proporción de 40 gr o 40 ml por litro de agua, regularmente unos 250 ml de solución por trampa.

En algunos países se adaptan botellas plásticas de bebidas dulces (sodas, colas); a éstas se les abren unos orificios de 1 cm de diámetro en el costado, a la altura del tercio superior, se les suministra el atrayente, se les tapa y se les coloca un alambre que servirá de gancho para instalarla en la planta (Figura 1).

La metodología empleada y el número de trampas por ha depende de los objetivos del muestreo. Sin embargo, es recomendado hacer el muestreo semana a semana, tener datos del clima, fenología de los cultivos (Tabla 2) para así determinar la fluctuación de las densidades de mosca (ejemplo, fluctuación de población de moscas, Perú; Figura 2), decisiones al tomar una acción determinada para poder reducir las poblaciones de la moca.

Se puede trabajar con dos términos: moscas por trampa o moscas por trampa por día.

El primero consiste en establecer un promedio del número de moscas capturado, este promedio es el resultado de : # Moscas atrapadas/Total de trampas revisadas.

Moscas por trampa por día: MTD: Este término nos indica la presencia o ausencia de la plaga en función del número de moscas capturadas por el número de trampas instaladas en una finca o en una zona, en un periodo de tiempo determinado. Esto se hace mediante la siguiente fórmula:

$$\text{MTD} = \frac{\# \text{ Moscas capturadas}}{\# \text{ Trampas instaladas} \times \text{Días de exposición}}$$

Clima: Es un factor muy importante para la interpretación de las semanas de monitoreo, particularmente si el monitoreo se está haciendo en dos microclimas diferentes, ya que el aumento de población de la mosca está influenciado por temperatura y humedad.

Fenología de los hospederos: La fenología de los hospederos nos dirá si la población de la mosca se está incrementando de acuerdo a los estados de madurez de un determinado hospedero, la cosecha de los frutos dentro de un huerto (Tabla 2).

Cuadro 2. Ejemplo Simulado (no corresponde a datos verdaderos) de Registros de Fenología de Hospederos

Especie	Var	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
Mango	Haden	V	V	F	Fr	fr	M	M	D	D	D	D	D
	Banilejo	Fr	Fr	M	M	D	D	V	V	D	D	F	F
	Keitt	V	V	D	F	F	Fr	Fr	M	M	D	D	D
Jobo		D	D	D	F	F	Fr	M	M	M	D	D	D
Carambola		M	D	D	D	D	D	D	F	F	Fr	Fr	M

D= Dormancia

F= Floracion

Fr= Fructificacion

V =Crecimiento vegetativo

M= Maduracion

Umbrales económicos: El umbral económico está basado en la densidad de población, en la fenología del cultivo, presencia de fruta, porcentaje de árboles con fruta en el campo. En Brasil un umbral es de 7 moscas por trampa; sin embargo este número debe estar basado en experimentación y en condiciones de campo y resultados propios de la zona; se recomienda hacer ensayos para verificar esto.

Control químico: Para el combate de las moscas de las frutas es posible hacer aplicaciones selectivas. Éstas se logran mediante la combinación de un cebo con un tóxico. El beneficio de este tipo de aplicación consiste en no afectar a otros insectos que pueden ser benéficos y de esta forma se minimiza el efecto sobre el equilibrio de los ecosistemas.

Consiste en la aplicación o de un cebo tóxico o de un insecticida. Un cebo tóxico es una combinación de un insecticida y de un atrayente alimenticio. En Perú, se utiliza proteína hidrolizada mas agua en proporciones de 1:3:97 (1 parte de insecticida: 3 partes de proteína: 97 partes de agua). El cebo tóxico se aplica no en todos los árboles sino en surcos alternos, en barreras rompevientos, en árboles no hospederos que estén al borde de la finca o surcos alternos de plantas dentro del huerto. Las aplicaciones de los cebos tóxicos se realizan en las primeras horas de la mañana (6 a 10 am) o en la tarde (4-7 pm). En México los insecticidas recomendados son del tipo malathión (Cuadro 3), éstos varían en Brasil (Cuadro 4) ya que, además de ser efectivos contra las moscas de las frutas, son de baja toxicidad para el hombre, sus animales domésticos, y son poco residuales. Ver Cuadro 5 para pesticidas registrados en mango en Florida.

Cuadro 3. Mezclas y dosis de pesticidas recomendadas en Mexico contra moscas de la fruta:

Tabla de mezclas y dosis recomendadas		
Tipo de Mezclas	Producto	Dosis
Mezcla A	Malathión 57%.	
	CE	0.5 litros
	Proteína hidrolizada	1.0 litros
	Agua	9.0 (según producto)
	Emulsificante	
Mezcla B	Malathión 95%	
	ULV	1.0 litros
	Proteína hidrolizada	4.0 litros
Mezcla A	Aspersión terrestre	-
Mezcla B	Aspersión aérea	-

Cuadro. 4 Insecticidas Recomendados en el Brazil para ser utilizados en mango contra moscas de las frutas

Plaga	Nombre Comercial	Principio Activo	Dosis comercial/100 L de agua	Volumen Litros/ha	Toxicidad
Moscas de fruta	Lebaycid 500	Fenthion	100 ml	300-400	Med-Toxico
Moscas de fruta	Lebaycid EC	Fenthion	100 ml	500-1000	Altam. Tóxico
Moscas de fruta	Dipterex	Trichorfon	300 ml	700-800	Alm. Tóxico
Moscas de fruta	Bravik 600 CE	Methyl Parathion	100 ml	400-600	Alm. Tóxico
Moscas de fruta	Folisuper	Methyl Parathion	100 ml	400-500	Alm. Tóxico

Los cebos tóxicos son selectivos, la aplicación se efectúa en forma de mancha o 'spot', en predios donde hayan hospederos y se realiza cuando el monitoreo determine que la población de moscas ha llegado a un umbral económico, determinado por el agricultor (ver recomendaciones fincas visitadas). Antes de utilizar este cebo deben seguirse todas las precauciones necesarias para evitar contaminación, envenenamiento de animales y personas, colocar anuncios informando a la población que éste se ha aplicado, muy lejos de fuentes de agua; después de su aplicación el aplicador debe cambiar de ropa y bañarse.

El cebo más confiable es la proteína hidrolizada (Anexo I), debido a su mayor atracción; pero, a falta de ésta, es posible utilizar productos de fermentación como las melazas.

Debido a su selectividad y poder de atracción, esta mezcla no se aplica con una cobertura total, sino que se puede aplicar en bandas alternas. Otra alternativa es la aplicación en mancha a los troncos de los árboles.

La época de la aplicación dependerá de la situación específica de cada lugar. En general, se recomienda efectuarla con un intervalo de 8 a 15 días durante la época de fructificación. No es conveniente hacerla al momento de la floración, aun cuando el trampeo indique la presencia de la plaga, ya que el contacto de la gota con la flor puede ocasionar la caída de éstas. Tampoco deberá hacerse después de la época de fructificación, ya que entonces la presencia de las moscas no provoca daño económico.

Equipo y forma de aplicación

- Al efectuar la aplicación de un cebo tóxico, el equipo utilizado en estas operaciones no es importante. Sin embargo, se debe poner énfasis en las coberturas y tamaño de la gota, la cual debe ser de mediana a grande
- El equipo a utilizarse por vía terrestre puede ser una bomba de mochila o de presión con motor. En aplicaciones aéreas se emplean aviones y helicópteros adaptados con soportes que tienen pocas boquillas
- En un sistema de manejo integrado de plagas, la decisión de aplicar o no, está en función de los umbrales económicos. En el caso de las moscas de las frutas, esos umbrales deben ser determinados para cada caso particular en función de las condiciones ambientales, de producción y de mercado
- En general, se recomienda intensificar las aspersiones en la orilla de los huertos y en zonas de hospederos alternos o silvestres, ya que se ha encontrado en varias ocasiones que la mayor parte de las moscas que atacan un huerto vienen de fuera, y son los árboles de las orillas los más atacados
- Deberán seguirse siempre las medidas de seguridad recomendadas para el uso de insecticidas

Control biológico

Es una alternativa más dentro de un programa de manejo integrado de moscas de las frutas. Desde un punto de vista económico es muy conveniente y puede resultar poco costoso. Consiste en utilizar enemigos naturales de las moscas de la fruta, como parasitoides, o también fomentando los depredadores, como las hormigas. Los parasitoides se liberan en hospederos alternos, en áreas donde no se aplican insecticidas.

Ventajas del control biológico

1. Es barato una vez establecido
2. No produce efectos ecológicos desfavorables
3. No se presentan problemas de resistencia

Desventajas

1. No es espectacular como el control químico
2. Para subsistir necesita que exista la plaga
3. Requiere de investigaciones básicas, en ocasiones, prolongadas

Aun con todas las dificultades que presenta el control biológico, es perfectamente factible su utilización en un programa de manejo integrado de moscas de las frutas, y su acción sería en hospederos silvestres y semicultivados que crecen cerca de los huertos, que no tienen ninguna medida de control y se encuentran altamente infestados por la plaga. Los parasitoides aquí ejercerán un control significativo al reducir las poblaciones que posteriormente migrarían a los huertos comerciales.

Cuando se pretende implantar el control biológico, es necesario estudiar a fondo los parasitoides que están actuando en forma natural y decidir si es necesario mantener las especies existentes, incrementarlas o bien crear algunas especies con características de parasitismo bastante aceptables o introducir otra especie de parasitoide.

Control autocida o técnica del insecto estéril

Consiste en el uso de la misma plaga, la cual ha sido previamente criada y esterilizada en condiciones de laboratorio, para luego ser liberadas en el campo con la finalidad de disminuir la reproducción de las moscas fértiles existentes hasta su erradicación. La técnica del insecto estéril fue ideada hace más de 25 años y desde entonces ha sido aplicada con éxito para el control y erradicación de algunos insectos-plagas, destacando entre ellos las moscas de las frutas y el gusano barrenador del ganado.

Consiste en la cría y esterilización a nivel de laboratorio, de grandes cantidades (millones) del insecto que se desea combatir, los cuales, al ser liberados en el campo se cruzan con individuos silvestres y gracias al proceso de esterilización al que fueron sometidos, impedirán la descendencia del insecto-plaga, reduciendo de esta manera las poblaciones en el campo. La técnica que se aplica en este tipo de control es muy sofisticada y costosa. Generalmente, los programas que se establecen funcionan y están apoyados por organismos internacionales como la FAO, OEA, IAEA y además son financiados por varios países. Cualquier proyecto de esta naturaleza debe contemplar una región entera y aplicar todas las medidas de manera generalizada y amplia.

En México existen dos programas que emplean la técnica del insecto estéril para el control de moscas de las frutas, *Anastrepha ludens*, producida en el Laboratorio de Cría y Esterilización, en Monterrey Nuevo León (recientemente desaparecido y actualmente en Mission,

Texas) y *Ceratitis capitata* (Wid) por el Programa Preventivo contra la Mosca del Mediterráneo, en Tapachula Chiapas. Aunque su aplicación está limitada a ciertas condiciones especiales, han sido muy efectivas en la erradicación de brotes aislados y en mantener al país libre de este insecto-plaga.

Cuándo emplear la técnica del insecto estéril

Las situaciones bajo las cuales esta técnica puede ser utilizada son diversas:

- Para la supresión o eliminación de poblaciones de (insectos, establecidas cuando están a niveles bajos de población y están restringidos en su distribución (islas, cañones, oasis, etcétera.)
- Para la eliminación de poblaciones incipientes en áreas recientemente invadida
- Para prevenir el establecimiento de las poblaciones en áreas libres de la plaga
- Para el manejo o eliminación de poblaciones bien establecidas, cuyo número ha sido reducido mediante otros medios de control

Estas situaciones se presentan constantemente en el caso de las moscas de las frutas, ya sea como plagas exóticas introducidas accidentalmente o como plaga que migra o se desplaza de zonas infestadas a las áreas libres.

Una grave limitante que tiene esta técnica, en la mayor parte de las áreas, son las dos especies de *Anastrepha* presentes en la República Dominicana. Habría que entonces liberar moscas estériles de todas las especies presentes y esto implicaría costos demasiado altos. En el caso de la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata*, sí ha sido efectiva la técnica TIE en Cen-

troamérica (México y Guatemala), donde los niveles de erradicación están cercanos al 100%. En estas áreas geográficas sólo *C. capitata* es la especie presente y/o dominante.

En México, la estrategia de erradicación mediante la técnica del insecto estéril, comprende las siguientes fases:

- Monitoreo preciso de la población y distribución del insecto-plaga (trampeo y muestreo). Mecanismos legales de regulación para evitar que la plaga incremente su área de distribución y reinvide las áreas erradicadas
- Aplicación de insecticidas-cebo en el área infestada para reducir la población de la plaga a niveles adecuados para la utilización técnica del insecto estéril
- Liberación masiva de insectos estériles que evitarán que la población remanente copule y cumpla su ciclo biológico normal.
- Mecanismos permanentes de evaluación que permitan determinar con certeza la efectividad de las medidas de erradicación.
- Mantenimiento de un cordón fitosanitario o “zona buffer” que evite que la plaga reinvide la zona erradicada

Desventajas de la técnica del insecto estéril (TIE)

- Su aplicación requiere de conocimientos intensivos sobre dinámica poblacional, comportamiento y ecología de la plaga a combatir y un programa continuo de monitoreo del insecto. La RD está en una fase incipiente en cuanto a lo mencionado anteriormente
- Su aplicación tiene altas exigencias técnicas y económicas, requiere personal técnico capacitado e instalaciones sofisticadas para la cría (producción de millones de insectos por semana),

irradiación y liberación del insecto y su evaluación en el campo. La RD puede solicitar ayuda a organismos internacionales como la IAIEA/FAO y México para discutir sus necesidades

- Sin embargo, es importante que antes de hacer esto, la RD tenga como mínimo 2 años de resultados de monitoreo, programas de IPM en la región
- Es aplicable en áreas aisladas geográficamente. La RD tendría que entrar en un convenio con Haití y con otras islas para evitar la introducción e inmigración de nuevas infestaciones o nuevas especies
- No es aplicable a nivel de productores individuales sino en áreas grandes y por sus exigencias técnicas, administrativas y financieras tiene que ser implementada y coordinada por organismos estatales e internacionales, entidades cuarentenarias
- Para que su eficiencia sea máxima debe estar acompañado de un programa complementario de control como el control biológico

Concepto de áreas libres de moscas de las frutas:

Este concepto se basa en practicar una serie de procedimientos (MIP, TIE) y técnicas que un país exportador de frutas y hortalizas hospederas de moscas de la fruta emplea para comercializar estos productos frescos en otro donde estén calificados como plagas cuarentenarias. Estos mecanismos son el establecimiento y la declaración oficial de una zona libre de moscas de la fruta en el país productor y empleo de técnicas de desinfestación de frutos en tratamientos postcosecha, con medidas térmicas y químicas. Es importante señalar que la ejecución de cualquiera de estas medidas no adjudica automáticamente el derecho a exportar hospederos de las moscas de las frutas a un país importador con restricciones fitosanitarias, sino la medida aprobada y supervisada por la autoridad oficial cuarentenaria del país de destino; ejemplo, APHIS: Animal Plant Health Inspection Service.

Control Legal

Las medidas de tipo legal, que permiten controlar la dispersión de una plaga, son esenciales en todo programa de atención fitosanitaria. Son normas de cumplimiento obligatorio contenidas en convenios internacionales, leyes y reglamentos relacionados con el control y la erradicación de las moscas. Éstos pueden incluir decretos gubernamentales para suprimir las moscas, aplicaciones de sanciones contenidas en reglamentos aprobados por el gobierno y sus entidades de sanidad fitosanitaria. Cualquier programa de manejo integrado de plagas debe estar apoyado en regulaciones que coadyuven a ampliar el área de influencia de las recomendaciones técnicas y que, además, eviten que regiones libres de ciertas plagas sean infestadas. El control legal se ejecuta a través de cuarentenas, permisos para movilización de frutas (guías fitosanitarias), certificados de origen, certificación de huertos, certificado de tratamiento a determinado producto agropecuario, fumigación, tratamiento con cloro, fungicidas, etcétera. Su rango de acción es muy amplio, ya que comprende acuerdos internacionales, nacionales, regionales y locales.

Como apoyo a programas de manejo integrado de moscas de las frutas se recomiendan las siguientes medidas legales:

- El apoyo incondicional por parte de los productores a la formación y consolidación de comités locales y regionales de sanidad vegetal. Estos organismos nacionales, además de coadyuvar en el proceso de organización de los productores, permitirían dar seguimiento a las medidas técnicas y legales de control. También, que se ejerza una presión constante a las uniones regionales y locales para que acaten y apliquen las medidas de control recomendadas
- El establecimiento de casetas de inspección para revisar y comprobar que todo embarque lleve certificado de origen y una guía fitosanitaria. Asimismo, que eviten que las frutas de una

región infestada o de un país vecino (Haití) sean transportadas clandestinamente, para allí ser mezcladas con frutas sanas. Estas casetas de control, no sólo estarán ubicadas en la frontera, sino en las centrales de abastecimiento para lograr de esta manera un verdadero control

- Se sugiere el apoyo por parte de los productores, a los mecanismos de regulación impuestos por las autoridades competentes en el campo

El muestreo de las moscas de la fruta del mango se hace mediante el uso de trampas, esto es porque tanto la presencia de los huevos como de las larvas jóvenes es difícil de ser detectada y porque el objetivo principal es prevenir el daño a la fruta. Las trampas que más se utilizan son las versiones de vidrio o en plástico de la trampa tipo McPhail, a la cual se le agrega como cebo proteína hidrolizada y agua (Balock y López 1969) y últimamente se está ensayando con trampas con cebos secos, los cuales se consideran más confiables que los anteriores. Por ejemplo, los investigadores Heath-Epsky utilizan un atrayente de tipo sintético el cual es más práctico y más exitoso que las trampas Jackson utilizando el trimedlure (Heath *et al.* 1996). La trampa McPhail ha dado diferentes resultados en las huertas de mango. Por ejemplo Balock y Lopez (1969) reportaron que altas concentraciones de la trampa McPhail reducían poblaciones de moscas de las frutas y protegían el mango de un daño severo. Aluja *et al.* (1989), cuando trabajaron en un huerto mezclado de mango con otros frutales, encontraron que únicamente el 31.1% de la población de *Anastrepha* era atrapada en la trampa McPhail. No se ha establecido el número ideal de trampas o el tiempo en el cual éstas deben colocarse en los huertos de mango. En Naru, para producir mango libre de *Bactrocera frauenfeldi* se recomienda colocar de 300 a 400 trampas con methyl eugenol mas un tóxico por kilómetro cuadrado e incrementar la densidad de las trampas alrededor de los huertos de mango (Anonymous, 2002). Aunque se puede utilizar un gran número de trampas con el

fin de incrementar las detecciones de adultos, esta labor sería muy costosa y poco práctica. Trampas con cebos específicos y efectivos con la capacidad de detectar la generación F1 a baja densidad de trampas (5-10 trampas/milla cuadrada) pueden ayudar a una buena detección de la población y a brindar un muestreo adecuado (Twen, 1990).

Se puede establecer un tipo de monitoreo para comprobar que varios estados de madurez de la fruta de mango no son susceptibles al ataque de moscas de las frutas. Por ejemplo, la mosca del Caribe de las frutas *Anastrepha suspensa*, puede no atacar la fruta verde de mango (Peña et al., 2006). Estos autores iniciaron una investigación para determinar si la mosca del Caribe de la fruta atacaba tanto en condiciones de laboratorio como de campo la variedad "Tommy Atkins" en estado verde. A través de una colección en secuencia de frutos de mango, los frutos fueron disectados para verificar si tenían infestación tanto de huevos como de larva. Al mismo tiempo fruta recolectada en el campo se guardó para determinar si salían larvas a empupar. Más fruta fue colectada y expuesta en jaulas para determinar si las moscas aceptaban el mango verde y además, se colocaron trampas para verificar la presencia de las moscas de la fruta en la zona. Estimar el tiempo que la fruta de 'Tommy Atkins' está en estado imaduro y no es hospedero de moscas de las frutas, puede ser una forma de evitar problemas con la exportación de las frutas en áreas infestadas de moscas. Estos estudios sin embargo, hay que realizarlos con cada especie de moscas de las frutas.

El manejo actual de las moscas de las frutas está más enfocado a una acción coordinada en las zonas productoras, para evitar que cada agricultor tenga su propio tipo de manejo que pueda afectar a los otros productores (Hendrichs, 1996). Aluja et al. (1996), en México apoyan la teoría de que las moscas de las frutas son polífagas, atacando varios tipos de frutas, en consecuencia su manejo debe ser enfocado a todos los hospederos de éstas, tanto silvestre como cultivado y no a uno solo. El monitoreo de moscas de las frutas atacando mango tiene

varios objetivos: 1) Aplicar un control o táctica de manejo una vez que la presencia de un tipo de mosca es verificado en un área y 2) verificar si las especies de moscas de las frutas atacan al mango en forma natural en el campo. En general, los umbrales económicos para las moscas de las frutas están basados en procesos cuarentenarios (Beers et al., 1993). Estos umbrales varían de lugar a lugar, pero dependen de la especie de moscas de las frutas, y se basan en la captura de una sola mosca. En otros frutales, el umbral es de 5 moscas por trampa seguido de 1-2 aplicaciones de un producto tóxico. (Beers et al., 1993).

Como es dudoso que el estado de cuarentena del mango sea levantado en las áreas productoras, una diagnosis exacta del problema es más que necesaria. Si el criterio de acción (detección, acción inmediata de control) y el programa que se haya diseñado son basados en las especies específicas, es más factible que haya éxito en el programa de manejo. La aplicabilidad de técnicas en áreas amplias es ahora bastante promocionada con el fin de mantener cultivos como el mango libre de plagas cuarentenarias.

Picudos de la semilla del mango

El picudo de la semilla del mango, *Sternochetus mangiferae* (F.) y el picudo de la pulpa del mango (Coleoptera: *Curculionidae*), son plagas importantes. Restricciones cuarentenarias prohíben que se exporte mango de lugares que estén infestados de estas plagas. La pulpa del mango maduro se daña cuando los picudos emergen de las semillas y así mismo las semillas dañadas disminuyen la propagación de patrones en viveros (Johnson, 1989). La fruta pequeña puede caerse si hay infestaciones graves de estos picudos (Subramanian, 1925). El picudo de la semilla de mango ocurre en la India, el sureste de Asia, Australia, y en varias islas del Pacífico, en partes de África y en algunas islas del sur del Caribe (Balock y Kozuma, 1964; Johnson, 1989; Shukla y Tandom, 1985). Shukla et al. (1988) reportan que la distribución en árboles de los huevos de *S. mangiferae* en la variedad 'Baganpalli' muestran que la mayor cantidad de

huevos por frutos son depositados en las frutas localizadas en la parte baja del árbol, antes de llegar a unos 2 metros de altura del árbol. La infestación se disminuye en las partes altas del árbol. Como estos picudos tienen una diapausa, esto lo realizan entre hojarazca o entre grietas en el tronco del árbol. El 80% de los picudos en diapausa se encuentran en la parte baja del árbol. Emery (2002) considera que tanto el picudo de la pulpa (*S. frigidus*) como el de la semilla (*S. mangiferae*) infectan frutas en cualquier estado de madurez, en consecuencia, se pueden tomar muestras de frutas en cualquier estado de madurez. Si el monitoreo se realiza cuando es tiempo de cosecha, se debe inspeccionar fruta que haya caído del árbol, disectar la fruta y buscar al picudo dentro de la semilla. El muestreo al azar de 600 frutos puede dar una oportunidad de 9% de detectar una infestación de 0.5% de la fruta. El tamaño de la muestra fue determinado al seguir la siguiente fórmula

Probabilidad de > 1 fruta infectada = 1 - probabilidad de que no haya fruta infestada en la muestra total.

$$= 1 - (1 - 0.5\%)^{600} = 1 - (1 - 0.005)^{600} = 1 - (0.995)^{600} = 95\%.$$

Plagas de inflorescencias

Las mosquitas del ovario, larvas de lepidópteros, saltahojas, thrips y acaros son las plagas más importantes que atacan la inflorescencia del mango. La mosquita de las agallas del mango *Erosomya mangiferae* Felt, es una plaga mayor que puede disminuir hasta 70% del fruto a cuajar. Barnes (1948) reconoce 9 especies de moscas de las agallas, dos de éstas *Asynapta mangiferae* y *E. mangiferae* en las Indias Occidentales. Butani (1979) reporta 5 especies de cecidomyiidos en las inflorescencias de mango, incluyendo a *E. indica*. USDA (1981) reporta *Dasyneura mangiferae* (Felt) en Hawaii. Los huevos de estos cecidomyiidos se colocan entre los sépalos

y los pétalos de las flores, aun cuando éstas no hayan abierto. Al consumir la larva la flor ésta no abre y en consecuencia no hay formación de frutos. Los estudios de la dinámica poblacional de *E. mangiferae* en la India realizados por Grover (1986) reportan que la emergencia de los adultos es más alta a los 75°F y cuando hay 60-82% de humedad relativa comparado con los adultos que emergen a bajas temperaturas y bajas humedades relativas. Abbas (1985) reporta que *E. indica infesta* panículas en formación durante la primera generación y durante la segunda generación infesta frutillos, los cuales son abortados cuando tienen un tamaño de una canica. Para muestrear estas mosquitas de las agallas hay que muestrear no solo el tejido afectado, pero también utilizar trampas. Por ejemplo, en otro cultivo, colocamos trampas de emergencia a diferentes alturas del tronco del árbol para detectar la presencia de la mosquita del ovario de los cítricos, *Prodiplosis longifila* Cagné (Peña y Duncan 1992).

Más de 18 especies de saltahojas (Cicadellidae) se han reportado atacando mango en el mundo. De estos *Idioscopus clypealis* Leth., *I. niveosparsus* Leth., *I. magpurensis* Pruthi, y *Amritodus atkinsoni* Leth. son los más importantes (Soomro et al. 1987). Las hembras depositan huevos o bien en la panícula o bien en la nervadura principal de las hojas tiernas. Los adultos se alimentan de hojas tiernas, flores o yemas. Al alimentarse, los saltahojas excretan mielecilla y se desarrolla sobre esta la fumagina. Las inflorescencias afectadas se tornan de color marrón, se secan y no hay cuajado de fruto. No hay un trabajo específico sobre el muestreo de estos saltahojas en mango. Hay un método de muestreo en secuencia recomendado por Verghese et al (1985) en la India. Mohyuddin y Mahmood (1983) sugieren detectar visualmente si los saltahojas están presentes y encontró que tanto *A. atkinsoni* y *I. niveosparsus* se encontraban en su mayoría en las partes altas del árbol de mango, pero en el verano se les observaba en las partes bajas del árbol.

En Florida, USA, el complejo de thrips *Frankliniella bispinosa* (Morgan) y *F. kellyae* (Sakimura) son los más frecuentes en las flores y causan daño al ovipositar en la panícula y al alimentarse de nectarios y anteras, lo cual resulta en la pérdida prematura del polen. La biología de *F. bispinosa* fué revisada por Watson (1917) y las características de *F. kellyae* estudiadas por Sakimura (1981). La dinámica de estas plagas esta relacionada con la fenología del mango y es más común durante la época seca. La inspección de flores es lo más común, pero también pueden utilizarse trampas pegantes de color blanco, las cuales brindan un buen sistema de detección. Peña (1993) sugiere que el método de la trampa pegante es superior a la inspección de flores, pues la primera requiere menos tiempo que la segunda y los números de thrips colectados en la trampa pegante se pueden correlacionar con la presencia de thrips en la panícula. En la India, Verghese et al (1988) determinaron que la parte baja del árbol de manho era donde se debería muestrear los thrips y recomendó muestrear 55 panículas por árbol dando un error del 20%; Peña et al. (2006) determinaron que una densidad acumulativa durante 4 semanas de muestreo de 600 thrips/panícula puede causar una reducción del 50% de la producción si los thrips no son controlados.

Plagas de follaje y yemas

Las plagas del follaje son uno de los grupos más grandes, pues representan artrópodos de los órdenes Ácari, Homóptera, Lepidóptera, Coleóptera y Lepidóptera. Las plagas que afectan las yemas del mango y el follaje pueden reducir la actividad fotosintética, el desarrollo de la planta e indirectamente, si el daño se sostiene por varios años, reducir la producción del árbol. Las plagas más destructivas son los thrips, ácaros, mosquitas negras, escamas, larvas de lepidópteros y cochinillas (Jadhav y Dalvi, 1987; Tigvatnanont, 1988; Jhala et al. 1987; Bhole et al. 1987).

Un jemplo son los thrips de banda roja, *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) los cuales atan-can el follaje de mango y aguacate y la plaga puede afectar el fruto. Los adultos se alimentan

en el envés de las hojas, causando necrosis, caída de hojas (Hill, 1975; Moznette, 1922). Hay pocos datos de muestreo de estos ácaros y se sabe poco sobre su control biológico.

El ácaro de las yemas, *Aceria mangiferae* (Sayed) es el responsable de infectar yemas vegetativas, causando necrosis a estas yemas (Peña et al., 2005), lo cual causa también una proliferación de yemas laterales, y cuando estas son invadidas les provoca la muerte, a esto se le llama síntoma de escoba de bruja. Este ácaro puede actuar como un vector de patógenos (*Fusarium mangiferae*) los cuales causan la malformación de inflorescencias. La biología del ácaro fue hecha por Abou-Awad (1981) quien reportó que el ciclo de vida del ácaro se completa en 15 días a una temperatura entre 25-27°C. Peña et al., (2005) reportó la distribución y técnicas de muestreo de *A. mangiferae*. La ley de Taylor y la regresión de parches de Iwao fueron utilizados para analizar la distribución de esta plaga en huertos de mango en Florida. Se determinó que *A. mangiferae* tenía una distribución agregada y que los ácaros se congregaban en las yemas apicales. Se encontró que para un nivel de error de 10% se necesitaba contar con 220 yemas, mientras que para obtener un error del 30% se requerían únicamente 25 yemas (Peña, et al., 2005). El muestreo de artrópodos tan pequeños es difícil y hay que realizarlo en una gran cantidad de tiempo. Se puede utilizar entonces un método de presencia-ausencia para estimar o clasificar las densidades de estos organismos entre varios grupos. Este muestreo binomial está basado en definir la proporción de 1 o más individuos y relacionarlo con la densidad de organismo por unidad de muestra. Por ejemplo, a densidades de 3 y 10 ácaros por yema, 71% y 42% de las yemas no estaban infestadas, pero cuando se encontraban más de 10 ácaros por yema, se detectaba un nivel de infestación de 38%, el cual se consideraba como un umbral nominal de acción.

Varios acarinos dañan las hojas al alimentarse de éstas, causando sequía y caída de las hojas. Los ácaros rojos *Olygonichus yothersi* McGregor y *O. punicae* (Hirst) se alimentan en el

haz de las hojas causando unos puntitos cloróticos, que más tarde tienen un aspecto bronceado. (Andrews y Poe, 1980). Si los ácaros son bastante abundantes, el árbol puede presentar defoliación. A pesar de los problemas con estos ácaros, no hay información sobre las técnicas de muestreo de éstos o sus umbrales económicos.

Varios diaspididos afectan las hojas de mango en las Américas y en otras partes del mundo, por ejemplo, *Aulacaspis mangiferae* (tubercularis) Newstead ataca los brotes y las hojas de la misma manera que lo hace la escama oleander en Florida, USA (Denmark, 1983) y la escama de mango en Ghana (van Halteren, 1970). Su daño se debe no solamente a la succión de savia, sino además a la toxicidad de la saliva. Las escamas regularmente se encuentran tanto en el haz como en el envés de las hojas y también en los frutos. Otras especies de Coccidae, *Coccus viridis* (Green), *Philephedra tuberculosa* Nakahara y Gill en Asia, África y en las Américas causan un daño similar. Estos coccidos son dañan el mango por su gran producción de mielecilla y por la acumulación de fumagina en las hojas y manchado del fruto (Escalante, 1974). La mayoría de estas escamas pueden mantenerse en niveles bajos, bien con la aplicación de pesticidas selectivos, aceites, jabones o mediante la liberación y el establecimiento de agentes de control biológico. En otros frutales se recomienda el uso de feromonas de machos utilizando trampas pegantes, así como el monitoreo de 'gateadoras' o estados móviles de las escamas (Beers et al., 1994).

Plagas del Tronco, Ramas

Barrenadores del tallo que pertenecen al orden Coleóptera y escamas son las plagas que se encuentran más a menudo atacando estas estructuras. El mayor problema es que estas plagas son polífagas y tienen un rango bastante amplio de hospederos, lo cual dificulta su estudio. El daño lento pero seguro de las escamas en ciertas regiones y en ciertas épocas del año, hacen que estas plagas se consideren importantes, pues contribuyen al declinamiento del

vigor del árbol y eventualmente a la muerte de este. El daño de los barrenadores se considera esporádico, sin embargo, los escolítidos de ambrosía que son vectores de enfermedades (*Hypocryphalus mangiferae*) pueden causar daños graves si su presencia se establece en un huerto. En Florida, USA, infestaciones de la escama del mango, *Radionaspis indica* y la escama plumosa *Morganella longispina* las cuales son comunes en la corteza del árbol, causan grietas en la corteza y la consecuente exudación de savia y el declinamiento o muerte de ramas. Peña (1993) demostró que ramas de mangos en las cuales se encontraba una alta infestación de ambas especies de escamas mostraban más declinamiento que aquellas que no presentaban estas infestaciones. No hay información sobre la distribución de estas plagas, monitoría o control.

Discusión

El control integrado de plagas en mango está afectado no solamente por el alto valor de la fruta de exportación, sino también por las actitudes de los consumidores en lo que se refiere a problemas con residuos de pesticidas, la característica cosmética del producto. En general el manejo de plagas en mango se basa en la aplicación de pesticidas. (Balock y Kozuma, 1964; Shaw, 1961; Golez, 1991; Nachiappan and Basakran, 1986b; Peña, 1993; Cunningham, 1989).

El mango como fruta de exportación tiene un valor relativamente elevado, y los consumidores pagan precios altos por una fruta de buena calidad. Opuesto a esto, es la producción de frutos para consumo interno. Por estas razones, los umbrales económicos de estas plagas serán muy bajos cuando la fruta se vaya a exportar y más altos cuando la fruta sea vendida en el mercado interno. La base del control integrado de plagas, de acuerdo con las definiciones de Flint and van den Bosch (1981), está en el muestreo, los umbrales económicos y la mortalidad natural de las plagas en los agroecosistemas. Se ha efectuado alguna investigación en lo relacionado con el muestreo de plagas de mango (Boavida *et al.*, 1992; Anonymous, 1987; Cunningham, 1989; Kumar *et al.*, 1993; Peña, 1993). Sin embargo, técnicas de muestreo

adecuadas no están disponibles, pues no se han definido. Por ejemplo, no hay técnicas de muestreo para plagas como escamas y barrenadores atacando el fruto, así como para larvas de lepidóptera consumiendo las inflorescencia. Uno de los mayores problemas, particularmente en las técnicas de muestreo de plagas que consumen el fruto, es que muchas veces no se establece una relación entre los resultados del muestreo (por ejemplo, moscas día por trampa) y la infestación de la fruta al momento de cosecha. Al mismo tiempo, la evaluación de daño de plagas que atacan la fruta al momento de cosecha es bastante simple. Es mucho mas difícil el establecer umbrales económicos para especies que atacan hojas o follaje. Para obtener un valor máximo de un muestreo de diagnostico, hay que tener unos patrones estandar y una tecnología apropiada para ser aplicados a toda una zona. La elección de unidades de muestreo, monitoreo, tamaño de la muestra y forma de seleccionar las muestras al azar para las diferentes especies de plagas (pueden variar de un lugar a otro, o dentro de la misma finca) necesitan ser discutidas y comprobar su eficacia. Los métodos de muestreo actuales, pueden ser inadecuados para cumplir con los objetivos del muestreo, por ejemplo, determinar si una plaga está causando un daño económico o si el enemigo natural presente es capaz de suprimir la densidad de la plaga en un tiempo determinado. Sin embargo, es importante que el programa de muestreo sea eficiente y que requiera la menor cantidad de trabajo por parte del evaluador. El problema es que para poder realizar esto, los investigadores deben invertir una buena cantidad de tiempo y dinero y los agricultores deben apoyar esta clase de esfuerzos.

Literatura Citada

- Abbas, S. 1985. Studies on the mango inflorescence midge, *Erosomyia indica* grover. *Acta Horticulturae*. 231, pp. 593-596.
- Abou-Awad, B. 1981. Ecological and biological studies on the mango bud mite, *Eriophyes mangiferae* (Sayed), with description of immature stages (Eriophyoidea: Eriophyidae). *Acarologia* 22: 145-150.
- Agouké, D., U. Agricola and H. Bokonon-Ganta. 1988. *Rastrococcus invadens* Williams (Hemiptera: Pseudococcidae), a serious exotic pest of fruit trees and other plants in West Africa. *Bull. Ent. Res.* 78: 695-702.
- Aluja, M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annu. Rev. Entomol.* 39:155-178.
- Aluja, M., M. Cabrera, J. Guillen, H. Celedonio and F. Agora. 1989. Behavior of *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina* (Diptera: Tephritidae) on wild mango tree (*Mangifera indica*) harbouring three McPhail traps. *Insect Sci. Appl.* 10: 309-318.
- Aluja, M., 1996. Future trends in fruit fly management. In: *Fruit fly pests: A world assessment of their biology and management*. B. McPherson and G. Steck, eds. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida, USA, pp. 309-320.
- Aluja, M., Celedonio-Hurtado, H., Liedo, P., Cabrera, M., Castillo, F., Guillen, J. and Rios, R 1996. Seasonal population fluctuations and ecological implications for management of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tachinidae) in commercial mango orchards in southern Mexico. *Environ. Entomol.* 89: 654-667.
- Andrews, K., and S. Poe. 1980. Spider mites of El Salvador, Central America (Acari: Tetranychidae). *Florida Entomologist* 63: 502-505.
- Anonymous. 1987. Red-banded mango caterpillar *Noorda albizonalis* Hampsoni (Lepidoptera: Pyralidae). *Plant Quarantine Leaflet-Australia* 51: 4 pp.
- Anonymous. 2002. http://www.undp.org.fj/Fruitfly/nauru_fruitfly.htm
- Balock, J.W., and T. Kozuma. 1964. Notes on the biology and economic importance of the mango weevil, *Sternochetus mangiferae* (Fabricius), in Hawaii (Coleoptera: Curculionidae). *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* 18: 353-364.
- Balock, J. and D. F. Lopez. 1969. Trapping for control of the mexican fruit fly in mango and citrus groves. *J. Econ. Entomol.* 62: 53-56.
- Barnes, H.F. 1948. Gall midges of economic importance. vol 3: Gall midges of fruit. Crosby Lockwood and Sons. London.
- Beers, E., Hull, L., and Jones, V. 1993. Sampling pest and beneficial arthropods of apple. In, Pedigo, L., and Buntin, D. (eds.). *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. Preface. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 383-416.
- Bhole, S., V. Jadhav, R. Dumbre and C. Dalvi. 1987. Seasonal incidence and chemical control of mango nursery pests in the Konkan region. *J. Maharashtra Agric. Univ* 12: 387-388.
- Butani, D.K. 1979. *Insects and fruits*. Periodical Expert Book Agency, Delhi.

- Boavida, C. P. Neuenschwander and F. Schulthess. 1992. Spatial distribution of *Rastrococcus invadens* Williams (Homoptera: Pseudococcidae) in mango trees. *J. Appl. Entomol.* 114: 381-391.
- Cunningham, I.C. 1984. Mango insect pests. Australian mango research workshop. CSIRO, Melbourne. pp. 211-224.
- Denmark, H. 1983. *Eriophyes mangiferae* (Say) a pest of mango (Acarina: Eriophyidae). *Entomol. Circ. Fla. Dept. Agric. and Consumer Serv. Sept.* 1983. 254: 2 p.
- Elliott, J. M. 1979. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater biological association, 2nd Ed., Ambleside, UK, 157pp.
- Emery, R. 2002. Mango seed weevil and mango pulp weevil.
<http://www.agric.wa.gov.au/ento/Su...%20seed%20and%20pulp%20weevil.html>
- Epsky, N., Hendrichs, J., Katsoyannos, B., Vasquez, A., Ros, J., Zumreolu, Pereira, R., Bakri, A., Seewooruthum, S., and Heath, R. 1999. Field evaluation of female-targeted trapping systems for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in seven countries. *J. Econ. Entomol.* 92: 156-164.
- Escalante, J. A. 1974. Insects of economic importance in Quillabamba, Cusco. *Rev. Peruana de Entomol.* 17: 51-53. Etienne, J. 1966. Lutte contre les mouches des fruits. *Inst. Rech. Agron. Trop. Réunion.* pp. 112-113.
- Flint, M.L. and van den Bosch, R., 1981. Introduction to pest management. Plenum Press, New York, 240 p.
- Galán, V., 1990. Los frutales tropicales en los subtrópicos. Ediciones MundiPrensa, Madrid, pp. 83-84.
- Ganz, S., Y. Hamieri and Y. Nakach. 1990. Control trials on the mango thrips. Annual Report of the Eden Experiment Station, Israel.
- Golez, H.G. 1991. Bionomics and control of the mango seed borer, *Noorda albizonalis* Hampson (Pyralidae: Lepidoptera). *Acta Horticulturae.* 291: 418-424.
- Gould, W. P., Hennessey, M., Hallman, G., and Peña, J. 2002. Laboratory and field infestation studies on green "Tommy Atkins" mangoes to determine host status in relation with Caribbean fruit fly (Submitted, Florida Entomol).
- Grover, P. 1986. Integrated control of midge pests. *Cecidologia Internationale.* 7: 1-28.
- Halteren, P. van. 1970. Notes on the biology of the scale insect *Aulacaspis mangiferae* Newst. (Diaspididae, Hemiptera) on mango. *Ghana J. Agric. Science.* 3: 83-85.
- Harris, K. M. and I. H. Schreiner. 1992. A new species of the gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) attacking mango foliage in Guam, with observations on its pest status and biology. *Bull. Entomol. Research.* 82: 41-48.
- Heath, R., N. Epsky, B. Dueben and W. Meyer. 1996. Systems to monitor and suppress Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations. *Florida Entomol.* 79: 144-153.

- Hendrichs, J., 1996. Action programs against fruit flies of economic importance: session overview. In: Fruit fly pests: A world assessment of their biology and management. B. Mc Pherson & G. Steck., eds. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida, USA, pp. 513-519.
- Hill, D. 1975. Agricultural insect pests of the tropics and their control. Cambridge Univ. Press, New York. 516 p.
- Hussain, S., Masud, T., and Ahad, K. 2002. Determination of pesticides residues in selected varieties of mango. Pakistan Journal of Nutrition 1: 41-42.
- Jadhav, V., and C. Dalvi. 1987. Bionomics of mango nursery leaf eating caterpillar. J. Maharashtra Agric. Univ. 12: 384-385.
- Jeppson, L., Keiffer, H., and Baker, E. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, 614 p.
- Jhala, R.C., Z. Patel, A. Shah. 1987. Studies on the relative occurrence of the leaf-gall midge (*Procontarinia matteiana* Keiffer and Cecconi) on different varieties of mango in south Gujarat, India. Tropical Pest Management 33:277-279.
- Jirón, L. F., and I. Hedstrom. 1988. Occurrence of fruit flies of the genera *Anastrepha* and *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae), and their host plant availability. 71:
- Johnson, P. J. 1989. Mango seed weevil (*Sternochetus mangiferae* F.): identification, biology and management. Univ. Idaho. Pip Tip 6: 3-7.
- Khazada, A. G. and Naqvi, K.M. 1985. The optimum time for the control of mango hopper *Idioscopus* spp. (Hemiptera: Cicadellidae). Proc. Ent. Soc. Karachi No. 14/15, 149-156.
- Kumar, S., A. Rai, C. Patel and R. Bhatl. 1993. Studies on spatial distribution of *Amritodes atkinsoni* (Leth.) infesting mango in south Gujarat, India. 4th International Mango Symposium (Abstract), July 5-10. p. 122.
- Mohyuddin, A. I. and R. Mahmood. 1993. Integrated control of mango pests in Pakistan. Acta Horticulturae. 341: 467-483.
- Moore, D. and A. E. Cross. 1992. Competition between two primary parasitoids, *Gyranusoidea tebygi* Noyes and *Anagyrus mangicola* Noyes, attacking the mealybug *Rastrococcus invadens* Williams and the influence of a hyperparasitoid *Charcoterus hyalipennis* Hayat. Biocontrol Science and Technology. 2: 225-234.
- Moore, D., and A. E. Cross. 1993. Biological control of the fruit tree mealybug, *Rastrococcus invadens* Williams; single or multiple introduction. Acta Horticulturae. 341: 433-440.
- Mossler, M., and Nesheim, N. 2002. Florida crop/Pest Management Profile: Mango.
http://edis.ifas.ufl/Body_PI052
- Moznette, G. 1922. Insects injurious to the mango in Florida and how to combat them. Farmers Bulletin 1257: 22 p.
- Nachiappan, R.M. and P. Baskaran. 1986. Field evaluation of certain insecticidal sprays against mango leaf-hoppers. Pesticides 20, 41-44.

- Narasimham, U., A., and Chacko, M. J. 1991. The distribution of some *Rastrococcus* spp., (Homoptera: Pseudococcidae) on mango in India. *Bull. Entomol. Res.* 81: 445-448.
- Orozco, M., y R. Nuñez. 1988a. Achaparramiento, un desorden del mango en el estado de Colima. *Rev. Mex. de Fitopatología* 6: 131-136.
- 1988b. Distribucion y control químico del ácaro de las yemas del mango *Eriophyes mangiferae* Sayed (Acarina: Eriophyidae) en Colima. *Resúmenes XXIII Congreso Nacional de Entomología, Morelia.* p. 72.
- Pedigo, L., and Buntin, D. 1993. *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture.* Preface. CRC Press, Boca Raton, Florida, 714 pp.
- Pedigo, L. 1993. Introduction to sampling arthropod populations. In, Pedigo, L., and Buntin, D. (eds.). *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture.* Preface. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.2-10.
- Peña, J. E., and Duncan, R. 1992. Sampling methods for *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) in limes. *Environ. Entomol.* 21: 996-1001.
- Peña, J. E. 1993. Pests of mango in Florida. 1993. *Acta Horticulturae.* 341:395-406.
- Peña, J. E. 2002. Distribution and sampling of mango bud mite. IX Congress of Acarology, Merida, Mexico (Abstracts).
- Prasad, S.N. 1971. The mango midge pests. *Cecidological Soc of India, Allahabad.*
- Prasad, V., and R. K. Singh. 1976. Prevalence and control of mango mealy bug *Drosicha stebbingi* (Green) in Bihar. *Indian J. Entomol.* 38: 214-224.
- Lakra, R., Kharub, W., and Singh, Z. (1980) Pest management systems for the mango mealybug, *Drosicha mangiferae* Green-a polyphagous pest of fruit trees in Haryana. *Indian J. Entomol.* 42: 153-165.
- Landis, D. 1993. Arthropod sampling in agricultural landscapes: ecological considerations. In: Pedigo, L., and Buntin, D. (eds) *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture.* Preface. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 16-28.
- Peña, J. E. 2003. Distribution and Sampling for *Eriophyes mangiferae* in mango. IX International Congress of Acarology, Merida, Mexico, Proceedings, pp.000-000.
- Sakimura, K. 1981. A review of *Frankliniella bruneri* Watson and description of *F. kelliae*, n. sp. (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomol.* 64: 483-490.
- Shaw, J. 1961. Airplane applications of malathion bait spray for mexican fruit fly control. *J. Econ. Entomol.* 54:600-601.
- Shukla, R.P, Tandon, P.L., and Suman, C. L. 1988. Intra-tree distribution of eggs and diapausing adults of the stone weevil. *Acta Horticulturae* 231, 566-570.
- Shukla, R., P, Tandon, P., and C. Suman. 1988. Intra-tree distribution of eggs and diapausing adults of the stone weevil. *Acta Horticulturae* 231: 566-570.

- Shukla, R.P., and P. L. Tandom. 1985. Bio-ecology and management of the mango weevil, *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae). *Inter. J. Trop. Agric.* 3: 293-303.
- Singh, G. 1988. Management of major mango insects affecting flowering and fruiting with some newer insecticides. *Acta Horticulturae* 231: 607-611.
- Singh, G. 1991. Loss assessment, ecology and management of mango fruitfly, *Dacus* sp. *Acta Horticulturae.* 291: 425-436.
- Soomro, A., R. Khuhro and H. Ansari. 1987. Status of insects associated with mango blossom. *Proc. 5th Pakistan Congress of Zoology.* 123-125.
- Srivastava, R. P. 1981. Comparative efficacy of various insecticidal dusts against mango mealybug eggs. *Indian J. Entomol.* 43: 225-229.
- Subramanian, C. K. 1925. A note on the life history of *Cryptorhynchus mangiferae* Fab. *Madras Agric. Dept. yearbook:* 29-36.
- Tween, G. 1993. Fruit fly control and eradication program management: factors influencing action criteria and program design. In *Fruit flies: Biology and Management*, M. Aluja and P. Liedo, eds. Springer-Verlag, New York. pp. 308-310.
- Tigvattnanont, S. 1988. Biological and autoecological studies of the mango leaf-cutting weevil, *Deporaus marginatus* Pascos (Coleoptera: Attelabidae). *Khon Kaen Agric. J.* 16: 51-62.
- Umeya, K., and J. Hirao. 1975. Attraction of the jackfruitfly, *Dacus umbrosus* F. (Diptera: Tephritidae) and lace wing, *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) to lure traps baited with Methyl eugenol and cue-lure in the Philippines. *Appl. Entomol. and Zoology.* 10: 60-62. United States Department of Agriculture. 1981. *Plant Pest News.* 1: 3 p.
- Verghese, A. G. Rao and G. Prasada-Rao. 1985. Sequential plan for mango leaf hopper, *Idioscopus clypealis* Lethierry. *Entomol.* 10: 285-290.
- Verghese, A. P. Tandon and G. Rao. 1988. Ecological studies relevant to the management of Thrips palmi Karny on mango in India. *Tropical Pest Management* 34: 55-58.
- Verghese, A., Tandon, P., and Prasada Rao, G. 1988. Ecological studies relevant to the management of Thrips palmi Karny on mango in India. *Tropical Pest Management* 34: 55-58.
- Watson, J. R. 1917. *Thysanoptera of Florida.* The Florida Buggist. 1: 53-77.
- White, I. M. and M. Elson-Harris. 1992. *Fruit flies of economic significance.* CAB International, Wallingford, 601 p.



UNACH

IV.

MODELO DE PRONÓSTICO DE LA INFECCIÓN POR ANTRACNOSIS (*COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES* PENZ) EN MANGO CV ATAULFO CON BASE A LA LLUVIA Y HUMEDAD RELATIVA

José Nelson Pérez Quintanilla

Erika Patricia Pinson Rincón

Carlos Garibay Gálvez

Javier Valle Mora

Martha Elena de Coss Flores

UNACH

RESUMEN

Un problema clave afecta la producción del mango en el Soconusco, Chiapas: la antracnosis, enfermedad fungosa causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. Influida por el clima, la severidad de la infección es fuerte y requiere aplicaciones intensivas de fungicidas. Se planteó establecer un modelo de pronóstico de esta infección con base en la lluvia y la humedad relativa (HR), para hacer uso racional de los fungicidas. El trabajo se realizó entre Junio 2002 y Junio 2004, en Finca "Pumpuapa", Tapachula, Chiapas, México, cultivada con mango Ataulfo. Se delimitó 1 ha de cultivo, se instalaron un pluviómetro, un sensor electrónico de temperatura y HR, y una trampa de esporas de hongos. Se efectuaron registros diarios de esporas del hongo y de la lluvia; cada 10 min se registraron la temperatura y HR, y se anotaron las horas $HR \geq 95\%$ por día. Cada tres días, en época vegetativa, se realizaron muestreos de la severidad de la enfermedad en 10 yemas vegetativas por árbol en 10 árboles; y bajo el mismo esquema, en floración y fructificación los muestreos se hicieron cada 5 y 10 días durante dichos flujos. Se calculó el Índice de Intensidad de la Enfermedad (IIE). En el 1er año se estableció el modelo: procede la aplicación de fungicida, 1 ó 2 días después de llover 34 mm, acumular 9:30 horas de $HR \geq 95\%$, y registrar un IIE de 3.0. Durante el 2º año se realizó la 1ª validación del modelo. Se concluyó que la lluvia y la HR fueron determinantes para la patogénesis de la

antracnosis durante la etapa vegetativa del mango; y el modelo se basó en dichos factores; el IIE se consideró como factor de confirmación del daño del hongo.

Palabras clave: Manejo racional de fungicidas, epidemiología, trampa de esporas de hongos.

Introducción

El mango cv Ataulfo reviste importancia económica, social y ecológica para la región del Soconusco, Chiapas. Sin embargo, un problema clave afecta la producción: la enfermedad de la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. En condiciones específicas de clima, la severidad de la infección por dicha enfermedad es fuerte e induce a la utilización intensiva de productos químicos. Actualmente, no se siguen programas de aplicación de fungicidas, con base a sistemas que defina el momento oportuno de éstas, en función de la severidad del daño real de la enfermedad. Con el esquema actual de aplicaciones de fungicidas, se está ejerciendo una fuerte presión de selección sobre el hongo de la antracnosis. Esta situación puede inducir la resistencia a los fungicidas por parte del hongo, con la consecuente elevación del costo del control, lo que constituye pérdida en la economía del productor, y lo más grave: la amenaza de la desaparición del cultivo con todo lo negativo que ello implicaría para la región. Por tal motivo, en este estudio se tuvo como objetivo establecer un modelo de pronóstico de la infección por el hongo causante de la antracnosis, en mango cv Ataulfo, con base a la lluvia y a la acumulación de horas humedad relativa igual o mayor a 95 %, y así, contribuir al uso racional y oportuno de fungicidas, para abatir el inoculo del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, durante las etapas vegetativa y productiva del cultivo.

Materiales y métodos

Esta investigación se inició en campo el 15 de Junio del 2002, al término de la cosecha de la temporada productiva 2001-2002, coincidiendo con el inicio de la etapa vegetativa de la siguiente temporada; y se concluyó el 16 de Junio de 2004. El estudio se estableció en Finca "Pumpuapa", municipio de Tapachula, Chis., sitio plantado con mango cultivar Ataulfo de 12 años de edad y en plena producción, el cual es representativo de las huertas del Soconusco, Chiapas. Se realizó en una superficie de 1.0 ha, donde, para fines de muestreo, se seleccionaron 10 árboles al azar.

Se estableció una estación de muestreo en el centro de la parcela destinada al estudio, misma que incluyó: un pluviómetro Rossbach para el registro de la lluvia, equipo computarizado marca Oakton® para el registro de temperatura ambiental y humedad relativa, y una trampa de captura de esporas de hongos tipo Burkard modificada, con sus respectivos aditamentos para el funcionamiento permanente (panel solar y acumulador de energía eléctrica).

Para establecer el modelo de pronóstico se efectuaron registros diarios de esporas del hongo *C. gloeosporioides* y de precipitación pluvial; la temperatura ambiental y la humedad relativa se registraron cada 10 min, durante el 1er año. Asimismo, se cuantificó la acumulación diaria continua de 4 ó mas horas $HR \geq 95\%$, durante el 1er año. La colecta de la cinta con esporas y cambio de la misma se hizo semanalmente.

Aunado a esto, durante la etapa vegetativa se realizaron muestreos de la severidad de la infección de la enfermedad a intervalos de tres días durante los flujos vegetativos, para lo cual se etiquetaron 10 yemas vegetativas por árbol en los 10 árboles seleccionados, en cuanto aparecieron las primeras yemas, es decir 100 yemas en total.

Durante la etapa vegetativa, para determinar la severidad del daño por la infección con antracnosis, se utilizó una escala propuesta por Pérez-Quintanilla y Ventura-Gómez (Ventura,

2004), con los siguientes grados: 1 = 0 puntos necróticos (pn), 2 = 1-10 pn, 3 = 11-25 pn, 4 = 26-50 pn y 5 > 50 pn. Para determinar la severidad del daño por la infección con antracnosis, durante la etapa productiva, se utilizó la escala modificada de Brodrick (Brodrick, 1978), que incluyó los grados: 1 = 0 % de daño de la inflorescencia o frutos (di), 2 > 0 – 5 % di, 3 > 5 – 15 % di, 4 > 15 – 35 % di y 5 > 35 % di. Esto, permitió estimar el Índice de Intensidad de la Enfermedad (IIE) (French y Hebert, 1982), la cual es la variable que pondera de manera robusta la magnitud del daño de la enfermedad en los brotes vegetativos o en las inflorescencias.

Durante la floración los muestreos de severidad se hicieron cada cinco días y se establecieron repeticiones, de acuerdo a los flujos de floración. Durante la fructificación, los muestreos de severidad de la enfermedad se hicieron cada 10 días, continuando las repeticiones establecidas durante la floración. Durante la etapa productiva se etiquetaron, para realizar el muestreo, 10 yemas florales por árbol, en los mismos 10 árboles seleccionados. Para determinar la severidad de daño por antracnosis en frutos se aplicó la misma escala modificada de Brodrick descrita.

Se ordenaron los datos de conteo de esporas, severidad de la enfermedad y los datos climáticos del primer año de estudio (15 de Junio de 2002 al 15 de Junio de 2003). Con los resultados obtenidos se realizaron los análisis estadísticos correspondientes (Modelo Arima) que permitió proponer el modelo de pronóstico de la enfermedad, con base a la cantidad de lluvia, la acumulación de horas de la humedad relativa ≥ 95 %, y el Índice de Intensidad de la Enfermedad (IIE).

Durante el segundo año de estudio, para la aplicación y primera validación del modelo de pronóstico se continuó con la captura y cuantificación de esporas, con el muestreo de la severidad de la enfermedad y el registro de los factores climáticos anteriormente descritos; pero,

con la variante que, fue necesario, programar una sola aplicación de fungicida en un momento determinado en función de lo establecido por el modelo propuesto.

Resultados y discusión

De acuerdo con las condiciones, bajo las cuales se realizó este estudio, se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 1. Registro mensual de esporas de *Colletotrichum* sp comparado con la lluvia . Finca Pumpuapa. Tapachula, Chis. Junio/02 a Junio/03

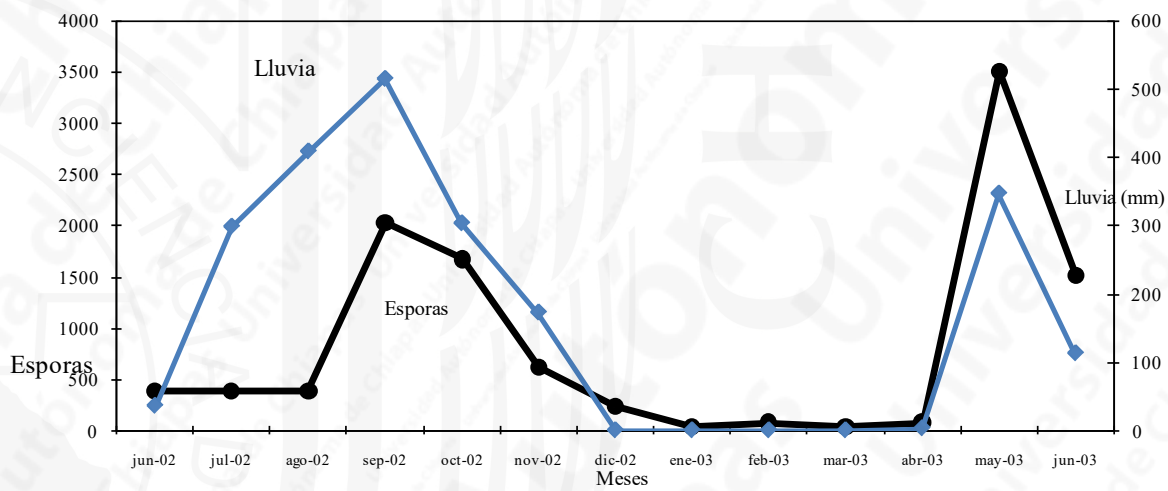


Figura 2. Registro mensual de esporas de *Colletotrichum* sp comparado con las horas HR \geq 95% acumuladas. Finca Pumpuapa. Tapachula, Chis. Junio/02 a Junio/03.

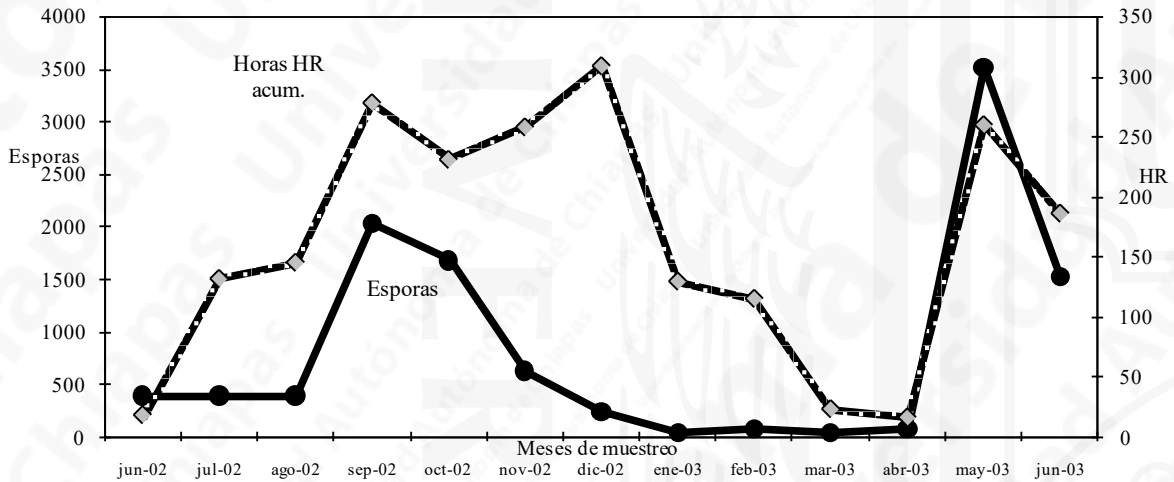


Figura 3. IIE de antracnosis en mango cv Ataulfo durante la fase vegetativa en relación con las horas HR y la lluvia. 1er año de estudio. Finca "Pumpuapa". Tapachula, Chis. Octubre-Noviembre de 2002.

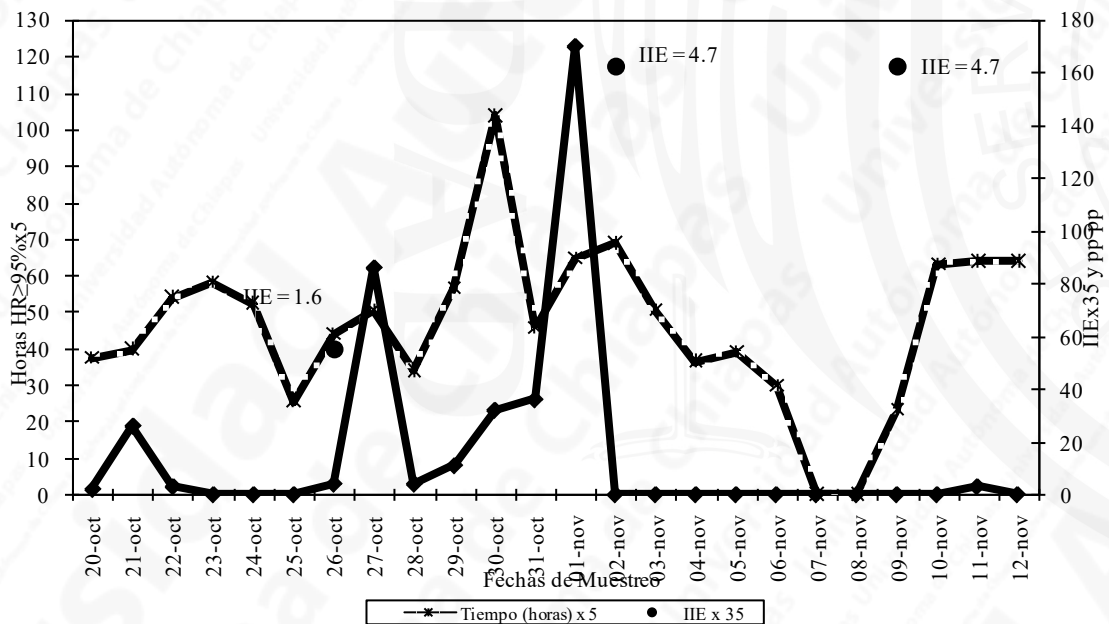
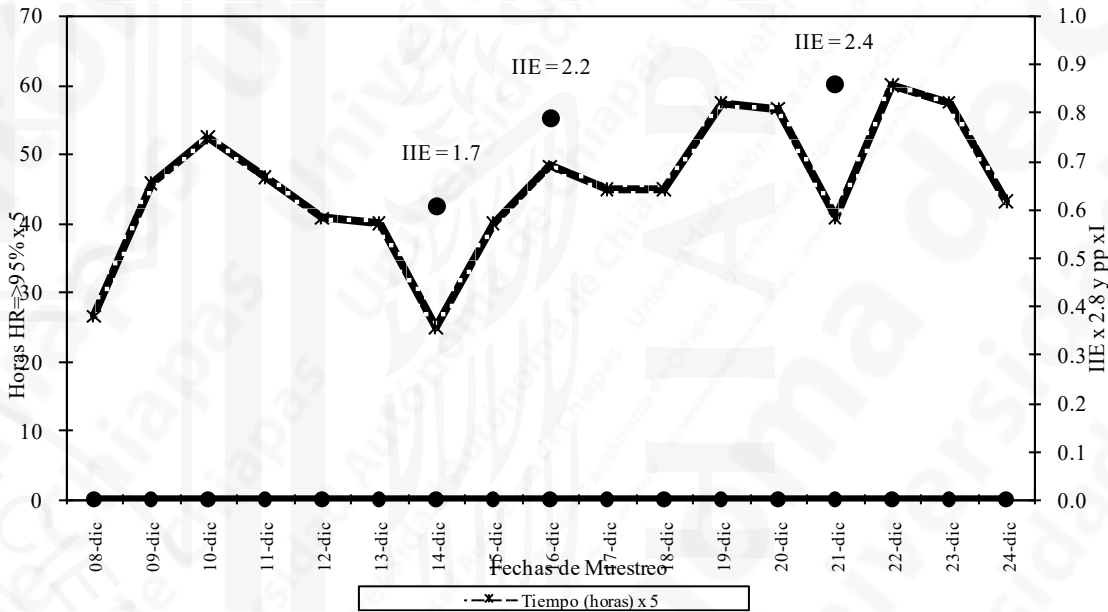


Figura 4. IIE de antracnosis en mango cv Aतालfo durante la fase vegetativa en relación con las horas HR y la lluvia. 1er año de estudio. Finca "Pumpuapa". Tapachula, Chis. Diciembre de 2002.



Los datos obtenidos permitieron establecer los fundamentos estadísticos para la propuesta del Modelo de Predicción, mismos que se presentan a continuación.

Cuadro 1. Valores obtenidos con el Modelo Arima de ajuste de regresión de los parámetros climáticos en relación con el número de esporas, durante el 1er año de estudio.

Modelo Arima				
	Estimado	Error Std.	t	Prob > t
Temperatura	0.2662	0.1565	1.7003NS	0.1014
Humedad relativa	23.5463	10.2173	2.3045*	0.0237
Precipitación pluvial	15.2583	5.4669	2.7910**	0.0065
R2 0.492				

Cuadro 2. Análisis de varianza de la regresión para el ajuste del modelo.

	SC	GL	CM	F	p
Regresión	14,8842	3	4,9614	9,4569**	0,00023
Residual	13,1157	25	0,5246		
Total	28				

En función del análisis de los datos de las variables estudiadas, se propuso, de manera preliminar, el modelo de predicción con base a lo siguiente.

Cuadro 3. Propuesta preliminar del Modelo de Predicción.

En un día dado, la aplicación de fungicida es procedente, 1 ó 2 días después de registrarse las siguientes condiciones:		
Precipitación pluvial o Lluvia (mm)	Horas Acumuladas de HR $\geq 95\%$	Índice de Intensidad de la Enfermedad
34.0	9 horas 30 min	3.0

Cuadro 4. Valores obtenidos con el análisis estadístico de ajuste de regresión de los parámetros climáticos en relación con el número de esporas, durante el 2° año de estudio.

Segundo Año de Estudio Programa Statistica Versión 6.0					
	Beta	Std. Error	B	Std. Error	p level
Temperatura	0.0009	0.0587	- 2027.04	1.029	0.9868NS
Humedad relativa	0.1131	0.0562	0.02	10.521	0.0449*
Precipitación pluvial	0.2786	0.0574	21.18	0.264	0.0000**
Std Error of Estimate 77.28 Multiple R-Square 0.1044					

Cuadro 5. Análisis de varianza de la regresión durante el 2° año de estudio.

	SC	GL	CM	F	p
Regresión	14,8842	3	4,9614	9,4569**	0,00023
Residual	13,1157	25	0,5246		
Total	28				

La dinámica epidemiológica de la antracnosis asociada al mango cv Ataulfo en la región del Soconusco, Chis. (trópico húmedo), observada en este estudio, presenta una tendencia definida, misma que está condicionada en primer lugar por la lluvia, seguida por la humedad relativa (HR) y sin la influencia determinante de la temperatura; lo cual coincide parcialmente con lo reportado por otros autores que han estudiado a esta enfermedad en las zonas productoras de mango en el mundo. Ann *et al.* (1994) señalaron que la lluvia, la HR y las temperaturas altas, favorecen el desarrollo de la antracnosis, según estos autores la lluvia continua es

el factor más importante que contribuye a esta enfermedad en la fruta de mango en Taiwán. Sweetingham *et al.* (2001) demostraron que las esporas de la antracnosis necesitan una película de humedad sobre la superficie de la planta por un mínimo de cuatro horas para germinar y penetrar la epidermis; después de la penetración, el hongo crece a través del tejido vegetal y desarrolla una lesión en tres días y las lesiones se expanden y se desarrollan para producir nuevas esporas en cinco días, todos estos eventos ocurren a 24°C. Por su parte Dodd *et al.* (1991) observaron germinación del conidio y formación de apresorio entre 95 y 100 % HR; asimismo, Fitzell y Peak (1984) constataron que los conidios fueron producidos sobre las ramas terminales, inflorescencias momificadas, brácteas florales y más numerosamente en las hojas, bajo amplio rango de condiciones ambientales (10 a 30° C y HR > 95 %). De acuerdo con Estrada e Ilag (1990), bajo condiciones de laboratorio, los conidios de *C. gloeosporioides* germinaron en membranas de celofán con 95 % de HR, pero el porcentaje de germinación y formación de apresorios aumentó cuando la HR se acercó a 100 %. La germinación en portaobjetos de cristal fue inhibida a 90 % de HR e inferiores, incluso después de 36 horas a 30°C. Para el manejo de esta enfermedad utilizando el modelo de pronóstico, es importante considerar la infección en las hojas al final de la etapa vegetativa, ya que constituyen la fuente de inóculo que infectará a las inflorescencias, siendo que la floración es la fase más crítica del proceso productivo del árbol del mango. Este hallazgo fue ratificado por Dodd *et al.* (1991) en las Filipinas, quienes manifiestan que las hojas nuevas infectadas han sido consideradas como la fuente más importante de inóculo.

Conclusiones

La precipitación pluvial, seguida de la humedad relativa, fueron los factores climáticos determinantes que condicionaron el proceso de patogénesis de la antracnosis en la etapa vegetativa del mango cv Ataulfo.

El modelo de pronóstico se basó en el registro de la precipitación pluvial y la humedad relativa, considerando además, el Índice de Intensidad de la Enfermedad como variable de confirmación.

La temperatura, aunque influye en el proceso de patogénesis, no se consideró determinante para el establecimiento del modelo.

Referencias

- Ann, P. J., R. C. Huang & M. F. Chen. 1994. Effects of environmental factors on disease incidence of mango anthracnose. *Plant Pathol. Bull.* 3 (1): 34-44.
- Brodrick, H. T. 1978. Methods for control of anthracnose and other diseases of mango. In *Methods for Evaluating Plant Fungicides, Nematicides and Bactericides*. American Phytopathol. Soc. USA. pp. 80-81.
- Dodd, J. C., A. B. Estrada, J. Matcham, P. Jeffries & M. J. Jeger. 1991. The effect of climatic factors on *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of mango anthracnose, in the Philippines. *Plant Pathol.* 40 (4): 568-575.
- Estrada, A. B. & L. L. Ilag. 1990. Effect of temperature and humidity on germination and infection of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz). Sacc. on carabao mango (*Mangifera indica* L.). Pest Control Council of the Philippines Annual Convention. Bacolod City Philippines. 7 – 10 May 1990.
- Fitzell, R. D. & C. M. Peak. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango inoculum sources, spore production and dispersal. *Annals of Applied Biology.* 104:53-59.
- French, E. R. y T. T. Hebert. 1982. *Métodos de Investigación Fitopatológica*. 1ª ed. IICA. Costa Rica. 290 pp.
- Sweetingham, M., G. Thomas, H. Yang & G. Shea. 2001. Anthracnose - the pathogen, epidemiology and the management package. *Agric. West. Australia*.
- Ventura G., G. 2004. Tamaño de muestra para estimar la severidad de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) en mango cv. Ataulfo (*Mangifera indica* L.) durante la fase vegetativa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chis., México.

AGRADECIMIENTOS: La presente investigación fue financiada por la Fundación PRODUCE CHIAPAS, A.C. a la cual se agradece su valioso apoyo.

UNACH

V.

INTRODUCTION TO TERMINOLOGY
AND TECHNIQUES FOR STUDYING
ENVIRONMENTAL PHYSIOLOGY OF
SUBTROPICAL AND TROPICAL FRUIT CROPS

Bruce Schaffer

UNACH

INTRODUCTION

The two primary determinants of plant growth are genetics and plant adaptation to the environment. Genotypic selection, through either conventional or molecular methods, to various environmental stresses has already played an important role in increasing plant productivity. However to maximize success, there needs to be a better understanding of the mechanisms by which plants respond to their environment. Once these mechanisms are identified, plants can be manipulated for optimum productivity.

There are three general methods to manipulate plants for improved growth and yield: 1) genetic manipulation (i.e., breeding, tissue culture, molecular biology), 2) physical manipulation (i.e., pruning and girdling) and 3) environmental manipulation which includes plant selection for specific sites or cultural management (i.e., bedding to avoid flooding, shading, windbreaks). All three of these methods require an understanding of environmental physiology for maximum effectiveness.

Environmental plant physiology is often called “stress physiology” or whole-plant physiology because the general goal is usually to relieve stresses on plants. Most agricultural plants including subtropical and tropical fruit crops are not in their native habitats which often results in many environmental stresses. There are two general types of plant stress, biotic due to living organisms such as insects and diseases, and abiotic due to environmental factors such as low light, wind, and flooding. Because biotic and abiotic stresses are complex and often

intertwined, identifying stress mechanisms and methods to alleviate them often requires long-term, multi-disciplinary research (i.e., working together with entomologists, soil scientists, plant pathologists, geneticists, horticulturists, hydrologist, etc.).

The objectives of environmental plant physiology are to quantify the mechanisms by which abiotic and biotic factors affect plant growth and yield, and to determine optimum environmental conditions for maximum plant growth and yield. Environmental physiology doesn't always focus on determining ways to relieve plant stress. Sometimes the goal of environmental physiology is to cause stress for a desired result, for example girdling or drought to stimulate flowering. Often responses to stress and identification of stress mechanisms are very plant specific and this is often a problem for subtropical tropical fruit crops. Relatively little is known about the environmental physiology of many subtropical and tropical fruit crops, as compared to herbaceous crops or even temperate fruit crops. Possible reasons for this include: 1) it is more difficult to work with tropical fruit crops than temperate fruit crops due to constant growth of subtropical and tropical fruit trees, 2) there are not as many researchers working with these as other crops and 3) it often involves expensive equipment that historically was not available in many areas where tropical fruit was grown.

Common environmental physiology terminology

Following is a brief description of some of the terminology used in environmental physiology studies at the whole plant level, with specific examples using subtropical and tropical fruit crops. In this brief review, it would not be possible to cover all of the techniques and terminology, but the most widely used and common terminology is discussed.

Leaf gas exchange

A common method to measure physiological stress to plants is measuring leaf gas exchange. Leaf gas exchange includes measurements of net photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and internal CO_2 concentration also called the internal partial pressure of CO_2 . Measuring these variables often provides a very good indication of plant vigor or plant stress prior to any visible signs of damage or improved vigor. About 20 years ago, portable leaf gas exchange systems became commercially available allowing for easy measurement leaf gas exchange in a greenhouse or in orchards. Figure 1 shows a typical portable infrared gas analyzer for measuring leaf gas exchange. Simply put, a leaf or portion of a leaf is enclosed in a cuvette and an air stream is passed through a cuvette at a constant known flow rate. The analyzer measures the amounts of CO_2 taken from the air stream into the leaf for photosynthesis and the amount of H_2O leaving the leaf during transpiration. Prior to the development of portable gas exchange systems, there was not much information about leaf gas exchange of tropical fruit crops, particularly in orchards, because the instruments used to measure it were very cumbersome and generally weren't available in tropical areas. However, since these instruments have become commercially available, there has been an increase in published information about the effects of abiotic on biotic factors on plant stress in subtropical and tropical fruit orchards.

Net photosynthesis (P_n) often referred to as net CO_2 assimilation (A) or carbon exchange rate (CER) is calculated as the rate at which CO_2 is taken out of the atmosphere by the leaf. Single leaf photosynthesis measurements provide good indications of a plants photosynthetic potential, however, may not be good indicators of actual photosynthesis because of mutual shading of leaves and variable microclimates within a canopy. Therefore, there has been increasing interest in measuring whole plant photosynthesis. However, for orchard trees, this can be quite challenging, involving the use a very large whole plant chambers.

Figura. 1. A portable infrared gas analyzer for measuring photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and internal CO₂ content of plants.

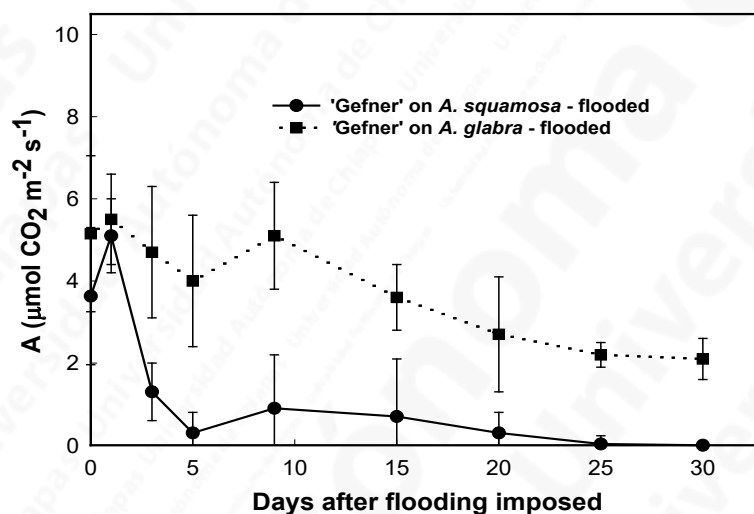


Measuring net CO₂ assimilation of leaves has often been used as an indicator of plant stress to various biotic or abiotic factors prior to any visible signs of damage. For example, Figure 2 shows a comparison of the effect of flooding on net CO₂ assimilation of 'Gefner' atemoya on flood-tolerant (*A. glabra*) and flood-sensitive (*A. squamosa*) rootstocks. After 3 days of flooding, net CO₂ assimilation was significantly lower for atemoya on a flood-sensitive rootstock than on a flood-tolerant rootstock, although visually there was no difference in vigor between the plants of different rootstock. Therefore, measuring net CO₂ assimilation allowed very early detection of flooding stress prior to the occurrence of any visual symptoms.

Transpiration (E or Tr) is the rate at which H₂O is leaving the leaf. Factors that affect transpiration include relative humidity and temperature which affects the vapor pressure deficit (VPD; the difference in vapor pressure between leaf and surrounding air). This is the force that drives transpiration. *Evapotranspiration* (ET) is the transpiration + evaporation from soil. Transpiration usually accounts for most of the ET (about 80-90% is from transpiration).

Water-use efficiency (WUE), net CO₂ assimilation divided by transpiration (A/E) provides a comparison of the amount of CO₂ entering the leaf to the amount of H₂O leaving the leaf.

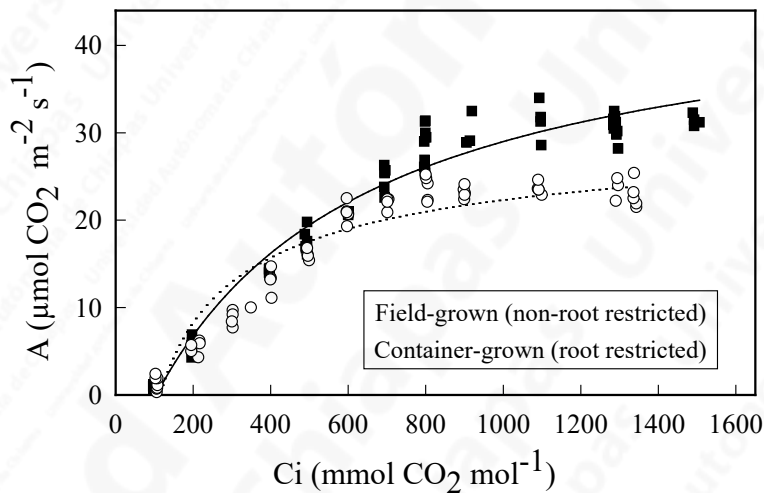
Figura. 2. Effect of flooding on net CO₂ assimilation (A) of *Annona squamosa* and *Annona glabra*. (From Ojeda et al., 2004).



Stomatal conductance for CO₂ (g_c) or H₂O (g_s) is a measure of how much resistance there is to CO₂ entering the leaf or H₂O exiting the leaf through the stomates, i.e., the more the stomates are closed, the lower the stomatal conductance. In the older literature, stomatal conductance was reported as stomatal resistance which is the inverse of stomatal conductance (i.e., 1/stomatal conductance). There is generally more resistance to water moving out of a leaf than CO₂ moving into a leaf. This provides the basis for anti-transpirants which allow CO₂ into the leaf but create a barrier to prevent much H₂O from being transpired from the leaf.

Internal CO_2 concentration (substomatal CO_2 concentration; internal partial pressure of CO_2) is the amount of CO_2 in the small stomatal cavity waiting to be fixed during photosynthesis. By plotting net CO_2 assimilation over C_i (called an A/C_i curve) it can be determined if the limitation to carbon fixation is due to stomatal or biochemical factors (Farquhar and Sharkey, 1982). The initial linear portion of the regression line slope represents the non-stomatal limitation to photosynthesis. For example, Figure 3 shows A/C_i curves for mango trees growing in the field where there was no root restriction and in pots where there was root restrictions that resulted in an inhibition of photosynthesis.

Figura. 3. A/C_i curves of 'Kensington' mango plants in containers with and without root restriction (from Schaffer et al., 1997).

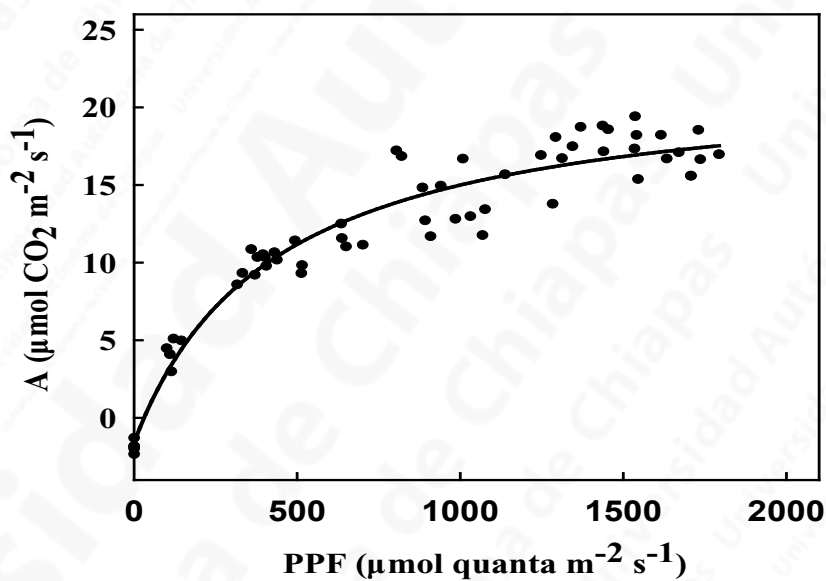


There was no difference in the initial slope of the A/C_i curve between root-restricted and non-root-restricted plants, indicating that the reductions in net CO_2 assimilation as a result of root restriction was not related to biochemical causes such as a reduction in RuDP-carboxylase/

oxygenase, the first enzyme of the photosynthetic carbon fixation cycle (the Calvin Cycle). Therefore, root restriction in mangos was presumably limiting photosynthesis due to a reduction of stomatal conductance and not biochemical mechanisms.

Photosynthetic photon flux (PPF) sometimes referred to as the photosynthetic photon flux density (PPFD) or photosynthetically active radiation (PAR), is a measure of the light intensity at the wavelengths (400-700 nm) absorbed by chlorophyll. A photosynthetic light response curve can be obtained by plotting the net photosynthesis rate over a range of the photosynthetic photon flux values. Figure 4 shows a typical light response curve for 'Hass' avocado trees. This information shows the light level at which leaf photosynthesis is optimal, called the light saturation point. Beyond this point, there will not be an increase in photosynthesis regardless of an increase in light level. Also, if a plant (or leaf) is not adapted to high light levels, PPF levels above the light saturation point can damage the leaf.

Figura 4. Photosynthetic light response curve for 'Hass' avocado leaves (from Whiley, 1994).



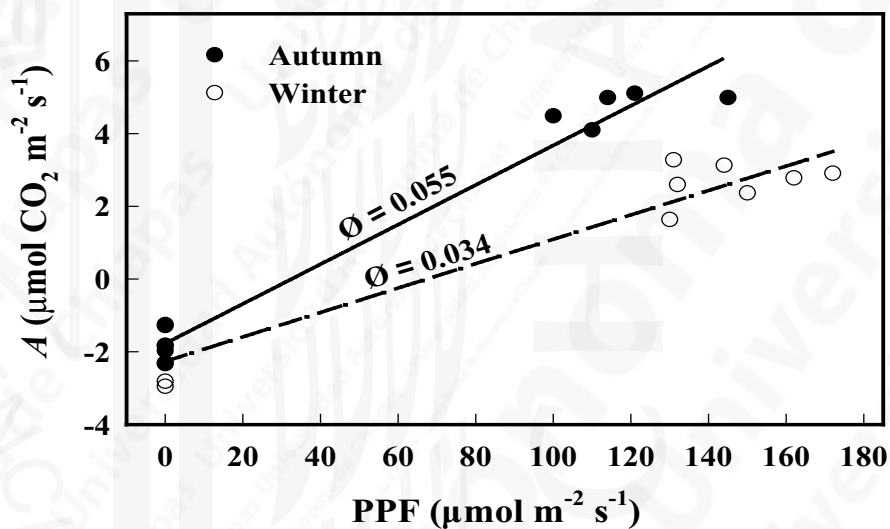
This information can be very useful for developing pruning strategies that maximize leaf photosynthesis by allowing sufficient light into the canopy. In fact, many of the newer pruning strategies for tropical fruit crops take into account the light level within the canopy in relation to the light response curves for that species or cultivar. It is important to point out, that the light environment in which a leaf develops affects its photosynthetic light response. For example, leaves that develop in the sun on the outside of the canopy (sun leaves) are often less photosynthetically efficient than shade leaves which develop on the inside of the canopy, although, in situ, sun leaves have a higher actual photosynthetic rate because that are exposed to high light levels. This information can be useful to quantify shading effects on plants and develop artificial or natural shading strategies for shade-adapted tropical tree species such as coffee.

The slope of the initial, linear portion of the light response curve is the quantum yield, which is an indication of moles of CO_2 fixed by the plant per quanta of light. For subtropical and tropical fruit trees, there is generally a correlation between temperature and quantum yield. For example, Figure 5 shows the quantum yield of 'Hass' avocado leaves in an orchard in Australia during the winter and spring and autumn. During the cold temperatures in winter, quantum yield is reduced. This information is useful for determining the low temperature range of a species with respect to maximizing its photosynthetic potential. Even within their temperature ranges, quantum yields often vary seasonally due to temperatures. For example, in Australia, avocado leaves have a lower quantum yield and thus a lower photosynthetic efficiency during winter when temperatures are cooler than during autumn (Figure 4).

Another useful physiological measurement to help determine the optimum temperature range for a particular species or cultivar is the use of chlorophyll fluorescence. During light absorption by chlorophyll, a small amount of light (approximately 15%) is re-emitted from chlorophyll. This is called fluorescence. If a leaf is put in the dark, as soon as light strikes it, a

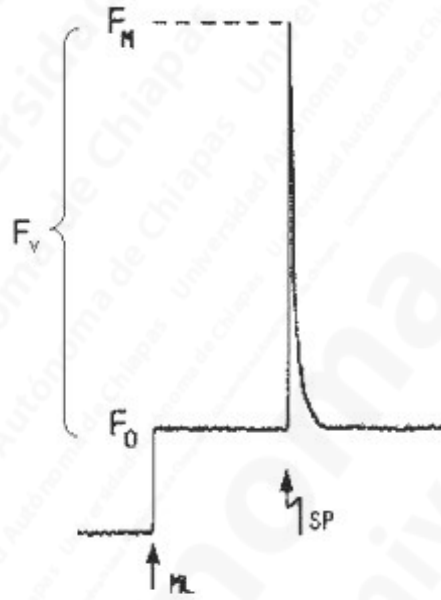
rapid change in the intensity of chlorophyll fluorescence takes place. Figure 4 shows a typical chlorophyll fluorescence pattern immediately after leaf illumination.

Figura. 5. Quantum yield of 'Hass' avocado leaves in autumn and winter (from Whiley, 1994).



From this pattern, the maximum to variable chlorophyll fluorescence (F_v/F_m) ratio can be calculated which is an indication of the amount of damage to the photosynthetic mechanism (photosystem II) from various abiotic or biotic factors. An F_v/F_m ratio between 0.80 and 0.83 indicates no damage to photosystem II, whereas lower values indicate photoinhibitory damage. There is a relationship between ambient temperature and photoinhibition. This relationship has been used to determine optimum climatic zones for some tropical fruit crops such as bananas and mangos. To do this, detached leaves of different cultivars are held in chambers at different temperatures to determine at which temperatures there is a significant reduction in the F_v/F_m ratio. This provides a good preliminary estimation of the temperature range of the species.

Figura. 6. Typical pattern of chlorophyll fluorescence after leaf is illuminated F_0 = initial fluorescence, F_m = maximal fluorescence, F_v = variable fluorescence ($F_m - F_0$).



Plant Water Relations

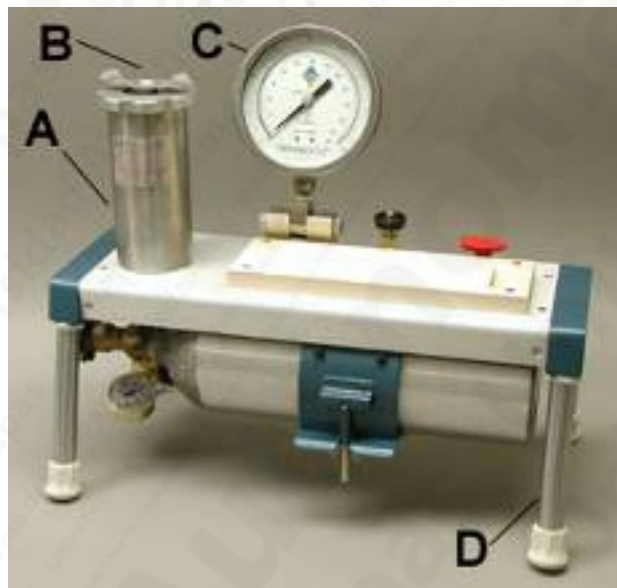
Stem water potential (Ψ), a measure of the free energy of water, provides a good indication of the water status in plants. Water moves to a more negative water potential. The components of stem water potential are solute potential ($\Psi\pi$), matric potential (Ψ_m) and pressure potentials (Ψ_p).

$$\Psi = \Psi\pi + \Psi_m + \Psi_p$$

In xylem, solute and matric potentials are very low, so pressure potential is closely related to stem water potential. Stem water potential is an indicator of plant water stress. A common method of measuring xylem water potential is with a Scholander pressure chamber (Figure 7).

A leaf is detached from the tree and placed in the chamber with the stem protruding. Nitrogen gas or air is pumped into the chamber until sap is first seen exuding from the stem, at which time the pressure is recorded. The pressure required to squeeze the sap is equal to the tension that the sap was under in the tree. Since matric potential is negligible in plants, the pressure potential equals the leaf water potential.

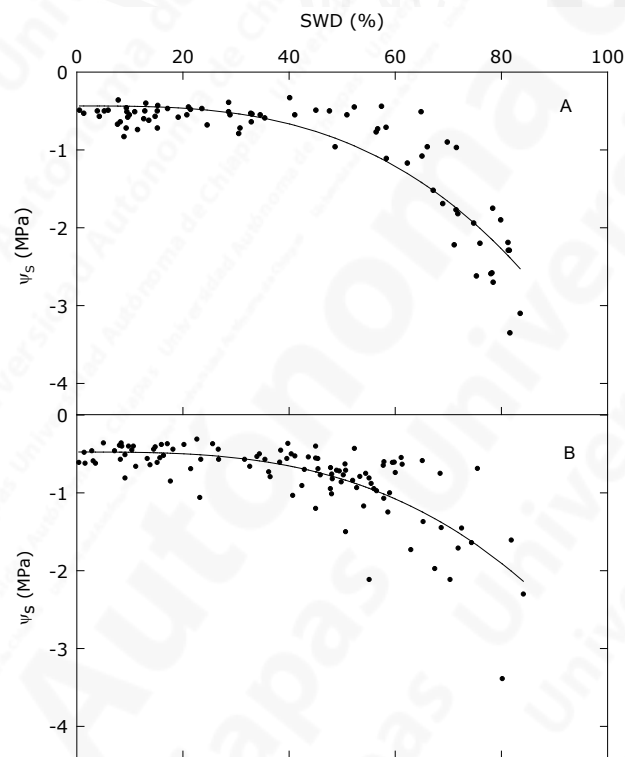
Figura. 7. A Scholander pressure chamber for measuring leaf water potential



A good example of where this type of information is useful for tropical fruit production is in irrigation studies. Generally, irrigation scheduling for crops is based on the amount of water in the soil. However, tropical fruit crops have various mechanisms of stress avoidance such as closing their stomates and dropping leaves to reduce water uptake when the soil is dry. Therefore, stem water potential is often a better indicator of the water status of tropical fruit crops than soil water content. For example, in a study of the effect of soil water depletion on carambola water relations, growth and productivity in a rocky soil, a linear relationship was

observed between soil water deficit (SWD) and Ψ_s , when the soil water was depleted more than was more than 40% (Fig. 8). This type of information can be used to help refine irrigation scheduling for tropical fruit crops.

Figura. 8. Soil water depletion (SWD) and stem water potential (Ψ_s) of carambola trees in containers in a) greenhouse B) and an orchard (from Al-Yahyai *et al.*, 2005).



Conclusion

This paper only provides a brief overview of some of the concepts and terminology used for studying environmental physiology of fruit crops at the whole plant level. Examples used were taken from studies of subtropical and tropical fruit crops. Although the each example given generally illustrated the effect of one specific factor (i.e., temperature, root restriction) on leaf gas

exchange or water relations, the concepts apply to all potential abiotic and biotic stresses. For example, leaf gas exchange is often used as an indicator of stress to tropical fruit crops resulting from insects, diseases or climatic variables. Likewise, stem water potential is often used to gauge the impact of various stresses to plant water status. The relationship among the various physiological responses such as net photosynthesis, stomatal conductance, stem water potential, etc. and how each of these respond and interact as a result of stress can tell us a lot about the mechanisms of plant responses. Also, it is often necessary to measure molecular, cellular or biochemical responses in addition to whole-plant physiological responses to understand the underlying mechanisms of the plant's response to a particular situation. From a practical stand point, the ultimate goal of environmental physiology of subtropical and tropical fruit crops is to identify stress responses so that strategies for overcoming these stresses can be devised.

Literature cited

- Al-Yahyai, R., B. Schaffer and F.S. Davies. 2005. Physiological responses of carambola trees to soil water depletion. *HortScience* 40:2145-2150.
- Farquhar, G. and T.D. Sharkey. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:317-346.
- Ojeda, M.G., B. Schaffer and F.S. Davies. 2004. Flooding, root temperature, physiology, and growth of two *Annona* species. *Tree Physiology* 24:1019-1025.
- Schaffer, B., A.W. Whiley, C. Searle and R.J. Nissen. 1997. Leaf gas exchange, mineral element concentration and dry matter partitioning in mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by elevated atmospheric CO₂ and root restriction. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122:849-855.
- Whiley, A.W. 1994. Ecophysiological studies and tree manipulation for maximization of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.). Ph.D. Dis., Univ. Natal, South Africa.

UNACH

V.

INTRODUCCIÓN A LA TERMINOLOGÍA
Y TÉCNICAS PARA ESTUDIAR LA FISIOLOGÍA
AMBIENTAL DE FRUTALES TROPICALES
Y SUBTROPICALES

Bruce Schaffer

Artículo traducido por:
Martha Elena de Coss Flores, Carmen Ruíz Bello y José Luís Moreno Martínez.
Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Huehuetán, Chiapas.

UNACH

INTRODUCCIÓN

Las dos determinantes principales del crecimiento vegetal son la genética y la adaptación vegetal al medio ambiente. La selección genotípica, ya sea por métodos convencionales o moleculares, a varios tipos de estrés ambiental ya ha jugado un papel importante en la creciente productividad vegetal. Sin embargo, para maximizar el éxito es necesario tener un mejor entendimiento de los mecanismos a través de los cuales las plantas responden a su medio. Una vez que estos mecanismos sean identificados, las plantas podrán ser manipuladas para optimizar su producción.

Hay tres métodos generales para manipular las plantas para mejorar su crecimiento y productividad: 1) manipulación genética (por ejemplo cruzando, cultivos de tejido, biología molecular); 2) manipulación física (por ejemplo poda y anillado) y 3) manipulación ambiental que incluye la selección del material vegetal para sitios específicos o manejo cultural (por ejemplo encamado para evitar inundaciones, sombreado, rompevientos). Los tres métodos requieren de un entendimiento de la fisiología ambiental para lograr un máximo de efectividad.

La fisiología vegetal ambiental es también conocida como “fisiología de estrés” o fisiología de toda la planta, dado que la meta general es normalmente aliviar el estrés en las plantas. La mayoría de las plantas agrícolas, incluyendo los frutales tropicales y subtropicales, no se encuentran

en sus hábitats originales, lo cual a menudo resulta en mucho estrés ambiental. Hay dos tipos generales de estrés vegetal: biótico debido a organismos vivos como insectos y enfermedades, y abióticos debidos a factores ambientales como poca luz, viento e inundaciones. Dado que los dos tipos de estrés, biótico y abiótico, son complejos y seguido e entremezclan, identificar los mecanismos de estrés y los métodos para liviarlos a menudo requiere de investigación multidisciplinaria (por ejemplo trabajando con entomólogos, edafólogos, patólogos vegetales, genetistas, horticulturistas, hidrólogos, etcétera, en conjunto) a largo plazo.

Los objetivos de la fisiología vegetal ambiental son cuantificar los mecanismos por medio de los cuales los factores bióticos y abióticos afectan el crecimiento y rendimiento de las plantas, y determinar las condiciones ambientales óptimas para lograr un máximo crecimiento y rendimiento. La fisiología ambiental no siempre se enfoca en determinar maneras de aliviar el estrés vegetal. A veces la meta de la fisiología ambiental es causar estrés para lograr un resultado deseado, por ejemplo anillar, o estrés hídrico para estimular la floración. Frecuentemente las respuestas al estrés y la identificación de los mecanismos de estrés son muy específicos para cada planta y este es a menudo un problema para los frutales tropicales. Se conoce relativamente poco acerca de la fisiología ambiental de mucho frutales tropicales y subtropicales, comparado con cosechas herbales o frutales de climas templados. Entre las posibles razones se incluye: 1) es más difícil trabajar con frutales tropicales que con frutales de climas templados debido al crecimiento constante de los frutales tropicales y subtropicales, 2) no hay tantos investigadores trabajando en frutales tropicales como en otras cosechas, y 3) casi siempre requiere de equipo costoso que históricamente no estaba disponible en muchas áreas donde se cultivan frutales tropicales.

Terminología común de fisiología ambiental

A continuación se da una breve descripción de la terminología usada en estudios de fisiología ambiental a nivel de toda la planta, con ejemplos específicos usando frutales tropicales y subtropicales. En esta breve revisión no será posible abarcar todas las técnicas y terminología, pero sí se mencionan las técnicas más usadas y la terminología más común.

Intercambio foliar de gases

Un método común para medir el estrés fisiológico de las plantas es medir el intercambio foliar de gases. Éste incluye mediciones de fotosíntesis neta, transpiración, conductancia estomatal y concentración interna de CO_2 , también conocido como presión parcial interna de CO_2 . Medir estas variables a menudo provee de un buen indicador del vigor de la planta o de su estrés previo a cualquier señal visible de estrés o vigor mejorado. Hace alrededor de 20 años se hicieron comercialmente disponibles los sistemas de intercambio foliar de gases portátiles, permitiendo así la fácil medición del intercambio de gases en un invernadero o en los huertos. La Figura 1 muestra un típico analizador infrarrojo de gases portátil para medir el intercambio de gases. De manera simple, una hoja o una porción de hoja se coloca en una celda y se le hace pasar un chorro de aire a una tasa determinada conocida. El analizador mide la cantidad de CO_2 que la hoja toma para la fotosíntesis y la cantidad de H_2O que se libera por transpiración. Antes del desarrollo de los sistemas portátiles de intercambio de gases, no había mucha información sobre el intercambio foliar de gases de los frutales tropicales, especialmente en huertos, dado que los instrumentos usados para medirlo eran muy grandes y en general no estaban disponibles en áreas tropicales. Sin embargo, como estos instrumentos se han hecho comercialmente disponibles, ha habido un incremento en la información publicada acerca de los efectos de los factores bióticos y abióticos sobre el estrés de la planta en frutales tropicales y subtropicales.

Figura 1. Un analizador de gases infrarrojo portátil para medir la fotosíntesis, transpiración, conductancia estomatal, y contenido interno de CO_2 en las plantas.

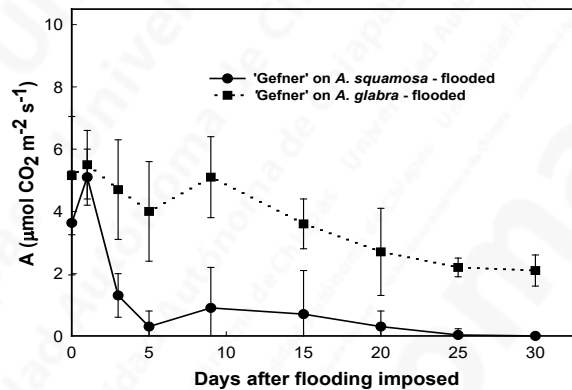


Fotosíntesis neta (P_n) también conocida como asimilación neta de CO_2 (A) o Tasa de intercambio de carbono (CER). Se calcula como la tasa a la que la hoja toma CO_2 de la atmósfera. Las mediciones de fotosíntesis por hoja dan una buena indicación del potencial de fotosíntesis de la planta, sin embargo, puede no ser un buen indicador de la fotosíntesis real por el sombreado que se hacen entre las mismas hojas, y microclimas variantes dentro del dosel. Por lo tanto, ha habido un mayor interés en medir la fotosíntesis de toda la planta. Sin embargo, esto puede resultar muy difícil en huertos ya que requiere de cámaras muy grandes para abarcar toda la planta.

Medir la asimilación neta de CO_2 de las hojas con frecuencia ha sido usado como indicador del estrés de la planta por varios factores bióticos o abióticos antes de que se muestren señales de daños. Por ejemplo, la Figura 2 muestra una comparación del efecto de la inundación sobre la asimilación neta de CO_2 en anona 'Gefner' de rizomas *A. glabra*, resistente a la inundación, y *A. squamosa*, sensible a la inundación. Después de 3 días de inundación, la asimilación neta de CO_2 fue significativamente menor en los rizomas sensibles que en los tolerantes, aunque visualmente no hubo diferencia en el vigor de las diferentes plantas. Por lo tanto, medir la asi-

milación neta de CO_2 permitió una detección muy temprana de estrés por inundación antes de la aparición de síntomas visibles.

Figura 2. Efecto de inundación sobre la asimilación neta (A) de CO_2 en *Annona squamosa* y *Annona glabra*. (Ojeda et al., 2004).



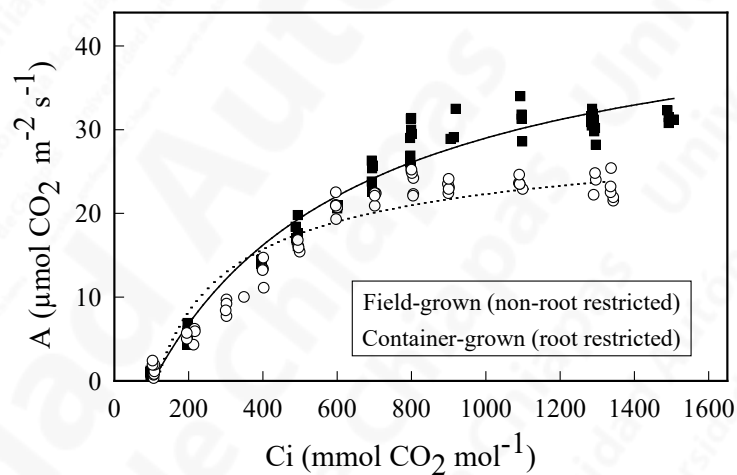
Transpiración (E o Tr). Es la tasa a la que la hoja elimina H_2O . Entre los factores que afectan la transpiración se incluyen la humedad relativa y la temperatura que afectan el déficit de presión de vapor (VPD; la diferencia en la presión de vapor entre la hoja y el aire a su alrededor). Esta es la fuerza que mueve a la transpiración. La evapotranspiración (ET) es la transpiración + la evaporación desde el suelo. La transpiración normalmente es la mayor parte de la ET (80-90%). Eficiencia en el uso del agua (WUE), la asimilación neta de CO_2 dividida por la transpiración (A/E) nos da una comparación de la cantidad de CO_2 que entra a la hoja por la cantidad de H_2O que sale.

La conductancia estomatal de CO_2 (g_2) o H_2O (g_s) es una medida de cuánta resistencia existe a que el CO_2 entre a la hoja, o el H_2O salga de la misma por los estomas, entre más estomas estén cerrados menor será la conductancia. En la literatura más vieja la conductancia estomatal se reporta como la resistencia, lo cual es lo inverso (por ejemplo $1 / \text{conductancia}$

estomatal). En general existe mayor resistencia a que el agua salga de la hoja a que el CO_2 entre. Esto nos da la base de los antitranspirantes que permiten la entrada de CO_2 , pero crean una barrera para prevenir la pérdida de H_2O .

Concentración interna de CO_2 (concentración sub-estomatal de CO_2 ; presión interna parcial de CO_2). Es la cantidad de CO_2 en la pequeña cavidad estomatal por repararse durante la fotosíntesis. Al graficar la asimilación neta de CO_2 dividida por C_i (curva A/C_i), se puede determinar si la limitación a la fijación de carbono se debe a factores estomatales o bioquímicos (Farquhar y Sharkey, 1982). La porción lineal inicial de la línea de pendiente de regresión representa la limitación no estomatal a la fotosíntesis. Por ejemplo, la Figura 3 muestra curvas A/C_i de árboles de mango crecidos en el campo sin restricciones en las raíces y en macetas donde sí había restricción en las raíces que resultó en inhibición de la fotosíntesis.

Figura 3. Curvas A/C_i de mango 'Kensington' en contenedores con y sin restricción (Schaffer et al., 1997).



No hubo diferencia en la pendiente inicial de la curva A/C_i entre las plantas con y sin restricción en las raíces, lo cual indica que las reducciones en la asimilación neta de CO_2 como resultado de la restricción no se relacionan con las causas bioquímicas como la reducción de RuDP-carboxilasa/oxigenasa, la primera enzima en el ciclo fotosintético de fijación de carbono (ciclo de Calvin). Por lo tanto, se asume que la restricción de las raíces en mango limita la fotosíntesis debido a la reducción de la conductancia estomatal, y no por mecanismos bioquímicos.

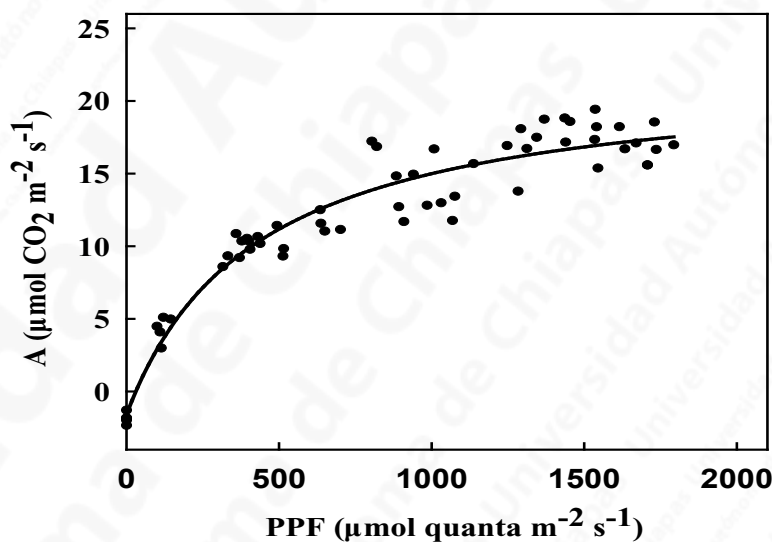
Flujo de fotones fotosintéticos (PPF). También conocido como densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD) o radiación fotosintéticamente activa (PAR), es una medida de la intensidad de luz en las longitudes de onda (400-700 nm) que se absorbe por la clorofila. Una curva de respuesta a la luz fotosintética se puede hacer graficando la tasa de fotosíntesis total entre un rango de valores de flujo de fotones fotosintéticos. La Figura 4 muestra una típica curva de respuesta a la luz de árboles de aguacate 'Hass'. Esta información muestra el nivel de luz al que la fotosíntesis es óptima, llamado punto de saturación de luz. Después de este punto no habrá mayor fotosíntesis sin importar posteriores incrementos en la cantidad de luz. También, si una planta (u hoja) no está adaptada a altos niveles de luz, los niveles de PPF superiores al punto de saturación pueden dañar la hoja.

Esta información puede ser muy útil para desarrollar estrategias de poda que maximicen la fotosíntesis de las hojas al permitir que suficiente luz pase a través del dosel. De hecho, muchas de las nuevas estrategias de poda para frutales tropicales toman en consideración el nivel de luz dentro del dosel con relación a las curvas de respuesta a la luz para la especie o cultivar. Es importante señalar que el ambiente de luz donde se desarrolle una hoja afecta su respuesta a la luz fotosintética. Por ejemplo, las hojas que se desarrollan en el sol, en la parte externa del dosel (hojas de sol), a menudo son menos eficientes fotosintéticamente que las hojas de sombra que se desarrollan dentro del dosel, aunque, *in situ*, las hojas de sol tienen una tasa

fotosintética mayor por estar expuestas a mayores niveles de luz. Esta información puede ser útil para cuantificar los efectos de sombreado sobre las plantas y desarrollar estrategias de sombreado natural o artificial para especies tropicales adaptadas a la sombra, como el café.

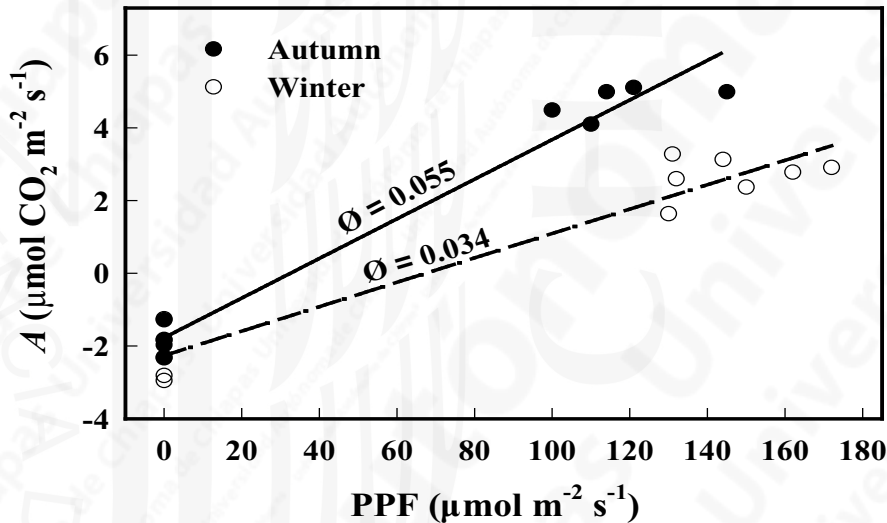
La pendiente de la porción lineal inicial de la curva de respuesta a la luz es el rendimiento de quantum, que es una indicación de los moles de CO_2 fijados por la planta por quanta de luz. Para los frutales tropicales y subtropicales generalmente hay una correlación entre la temperatura y el rendimiento de *quantum*. Por ejemplo, la Figura 5 muestra el rendimiento de quantum de hojas de aguacate 'Hass' en una huerta en Australia durante el invierno y la primavera, y el otoño. Durante las bajas temperaturas de invierno, el rendimiento de *quantum* se reduce. Esta información es útil para determinar el rango de bajas temperaturas de una especie con respecto a maximizar su potencial fotosintético. Incluso dentro de sus rangos de temperatura los rendimientos de quantum a menudo varían estacionalmente debido a las temperaturas. Por ejemplo, en Australia las hojas de aguacate tienen un menor rendimiento de *quantum* y por ende menor eficiencia fotosintética durante el invierno cuando las temperaturas son más bajas (Figura 4).

Figura 4. Curva de respuesta a la luz fotosintética para hojas de aguacate 'Hass' (Whiley, 1994).



Otra medición fisiológica útil que ayuda a determinar el rango de temperatura óptima para una especie o cultivar en específico es el uso de fluorescencia de clorofila. Durante la absorción diurna de luz por la clorofila una pequeña porción de luz (aproximadamente 15%) se re-emite desde la clorofila. A esto se le llama fluorescencia. Si una hoja es colocada en la oscuridad, se da un rápido cambio en la intensidad de la fluorescencia de clorofila en cuanto la luz la toca.

Figura 5. Rendimiento de quantum de hojas de aguacate 'Hass' durante el otoño y el invierno (Whiley, 1994).

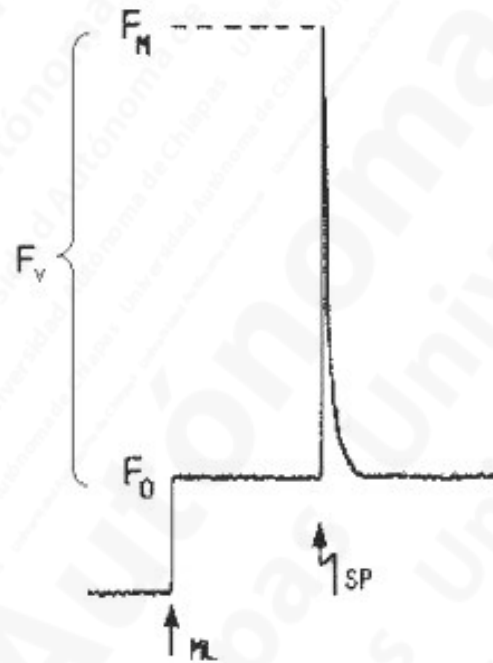


La Figura 6 muestra un patrón típico de fluorescencia de clorofila inmediatamente después de iluminar la hoja.

De este patrón se puede calcular la tasa de fluorescencia de clorofila máxima a variable (F_v/F_m), la cual es un indicador de la cantidad de daño sufrido por el mecanismo de fotosíntesis (Fotosistema II) por varios factores bióticos o abióticos. Una tasa F_v/F_m entre 0.80 y 0.83 indica que no hay daños al fotosistema II, mientras que valores menores indican daño foto-inhibitorio. Existe relación entre la temperatura ambiente y la foto-inhibición. Esta relación ha

sido usada para determinar las zonas climáticas óptimas para algunas frutas tropicales como el plátano y el mango. Para hacer esto se colocan hojas de diferentes cultivares en cámaras a diferentes temperaturas para determinar en cuáles de ellas hay una reducción significativa en la tasa F_v/F_m . Esto da un buen estimado preliminar del rango de temperatura de la especie.

Figura 6. Patrón típico de fluorescencia de clorofila después de iluminar la hoja.
 F_0 = Fluorescencia inicial, F_m = Fluorescencia máxima, F_v = Fluorescencia variable ($F_m - F_0$).



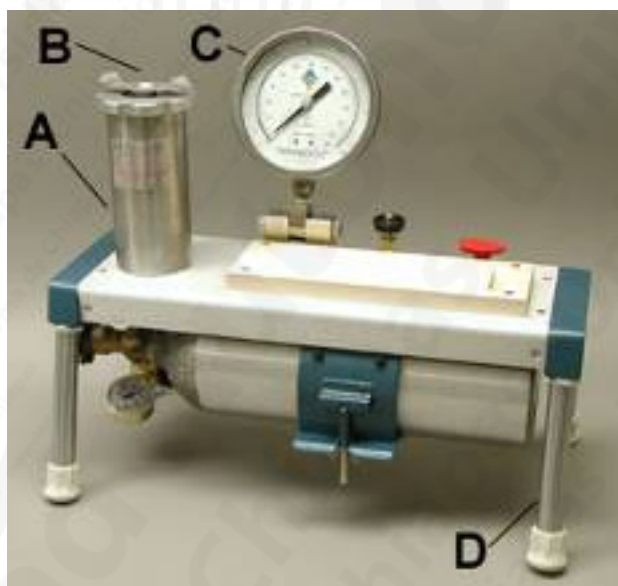
Relaciones planta-agua

El potencial hídrico del tallo (Ψ), una medida de la energía libre del agua, da una buena indicación del estado hídrico de la planta. El agua se mueve hacia potenciales menores. Los componentes del potencial hídrico del tallo son potencial soluto ($\Psi\pi$), potencial de matriz (Ψ_m), y potenciales de presión (Ψ_p).

$$\Psi = \Psi\pi + \Psi m + \Psi p$$

En el xilema los potenciales soluto y de matriz son muy lentos, entonces el potencial hídrico esta estrechamente ligado al potencial hídrico en el tallo. El potencial hídrico del tallo es un indicador de estrés hídrico en la planta. Un método común para medir el potencial hídrico en el xilema es con una cámara de presión Scholander (Figura 7). Se toma una hoja del árbol y se coloca en la cámara con la varilla de fuera. Se llena la cámara de gas de nitrógeno o de aire hasta que se vea savia saliendo de la varilla. La presión necesaria para sacar la savia es igual a la tensión de la savia en el árbol. Dado que el potencial de matriz de las plantas es insignificante, el potencial de presión es igual al potencial hídrico de la hoja.

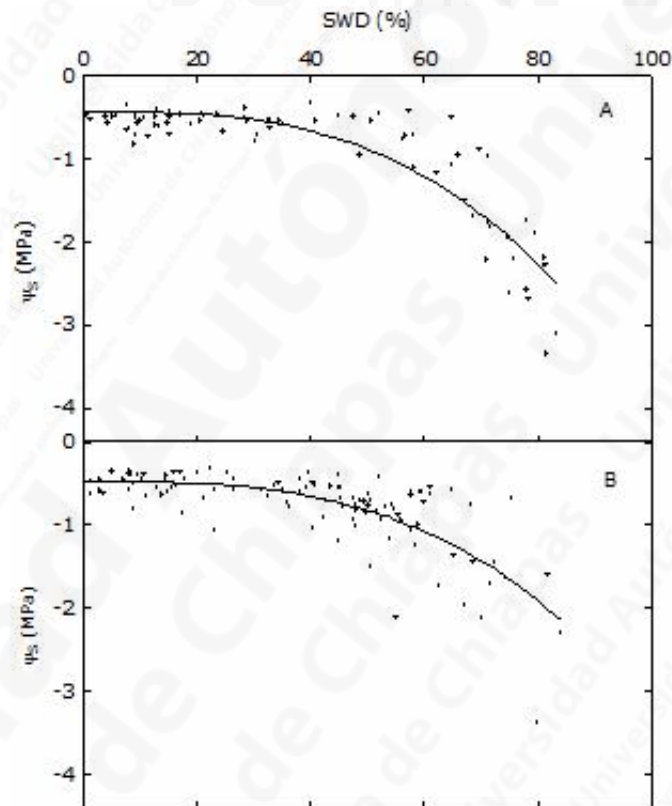
Figura 7. Cámara de presión Scholander para medir potencial hídrico de la hoja.



Un buen ejemplo de donde puede resultar útil este tipo de información para la producción de frutas tropicales es en estudios de irrigación. En general, los tiempos de riego para las cosechas se basan en la cantidad de agua que haya en el suelo. Sin embargo, los frutales tropicales

tienen varios mecanismos para evitar el estrés, como lo son el cerrar sus estomas, perder hojas para reducir el consumo de agua cuando el suelo está seco. Por lo tanto, el potencial hídrico del tallo a menudo es un mejor indicador del estado hídrico en frutales tropicales de lo que lo es el contenido de agua. Por ejemplo, en un estudio del efecto del agotamiento de agua sobre las relaciones carambola-agua, crecimiento y productividad en suelo rocoso, se observó una relación lineal entre el déficit de agua en el suelo (SWD) y Ψ_s cuando la humedad del suelo se agotó fue por más de 40% (Fig. 8). Este tipo de información puede ser usada para ayudar a diseñar los tiempos de riego para frutales tropicales.

Figura 8. Agotamiento de humedad en el suelo (SWD) y potencial hídrico del tallo (Ψ_s) de árboles de carambola en contenedores en A) invernadero y un huerto (Al-Yahyai, et al., 2005).



Conclusión

Este trabajo sólo provee una revisión breve de algunos conceptos y terminología usados para estudiar la fisiología ambiental de frutales a nivel de toda la planta. Los ejemplos usados fueron tomados de estudios de frutales tropicales y subtropicales. Aunque cada ejemplo dado generalmente ilustraba el efecto de un factor específico, en cuanto a intercambio de gases o relaciones hídricas, los conceptos aplican a todo estrés biótico o abiótico en potencia. Por ejemplo, el intercambio foliar de gases se usa con frecuencia como indicador de estrés de frutales tropicales a causa de insectos, enfermedades, o variables climáticas. Igualmente, el potencial hídrico del tallo se usa a menudo para medir el impacto de varios tipos de estrés sobre el estatus hídrico. La relación entre las varias respuestas fisiológicas como fotosíntesis neta, conductancia estomatal, potencial hídrico del tallo, etcétera, y cómo cada una de éstas responde e interactúa como resultado del estrés nos puede decir mucho acerca de los mecanismos de respuesta vegetal. También, por lo general es necesario medir las respuestas moleculares, celulares, bioquímicas además de las respuestas fisiológicas de toda la planta para entender los mecanismos subyacentes de la respuesta de la planta a una situación dada. Desde un punto de vista práctico, la meta final de la fisiología ambiental de frutales tropicales y subtropicales es identificar respuestas de estrés para que se puedan llevar a cabo las estrategias enfocadas a eliminar este estrés.

UNACH

VI.
**DISEASES OF IMPORTANT
CROPS IN CHIAPAS**

Randy C. Ploetz

UNACH

In this brief review, major diseases are discussed for the most important crops in Chiapas: banana and plantain (*Musa* spp.), cacao (*Theobroma cacao*), mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*), and pineapple (*Anana comosus*).

Space and time will not allow coverage of most diseases on these crops, although fairly complete lists are given in Tables 1-5. Other significant crops in Chiapas can not be covered here, including: annona, avocado, coconut, coffee, citrus, lychee, oil palm, rubber and vanilla. Information on these and other tropical crops can be obtained from the author.

Banana and Plantain (*Musa* spp.)

Moko disease. Moko disease is caused by the Gram negative bacterium, *Ralstonia solanacearum* biovar 1, race 2; it affects diverse dessert bananas, plantains and cooking bananas (Jones, 2000; Ploetz et al., 1994b). Externally, the oldest leaves in the canopy become chlorotic, wilt, buckle and ultimately die (Ploetz et al., 1994b). Younger leaves are then affected until the entire canopy is involved. Suckers can also be affected. When insect-transmitted strains of the pathogen infect cushions on the peduncle, the male bud withers and darkens, and bacteria may ooze from the bud. The fruit may turn yellow and their peel split.

Internally, affected fruit pulp is firm but brown and later gray. The vascular system in the rhizome, pseudostem and peduncle is also discolored light to dark brown. Severed vascular strands exude a milky discharge of the pathogen when placed in water.

Root to root infection and moving water disseminate the pathogen. However, spread usually involves insects or man (Jones, 2000). Regular inspection and eradication programs are essential wherever Moko disease is established. These include: (1) early recognition of the disease; (2) removal of the male bud; (3) rigorous disinfestation of farm implements, especially *machetes* that are used for bud removal and mat maintenance; and (4) destruction of affected and neighboring plants with herbicides. These sites can be replanted 6-12 months after all host residues have decayed.

Black sigatoka (black leaf streak). Black sigatoka is caused by the ascomycete, *Mycosphaella fijiensis* (anamorph: *Pseudocercospora fijiensis*); it is the most important disease of banana. Another disease, yellow sigatoka, produces similar symptoms and has a wider geographic distribution, but black sigatoka is more aggressive and has a wider host range (Stover and Simmonds, 1987). On the cavendish cultivars that are used by the export trades, fungicidal control for black sigatoka is three to six times more expensive than that for yellow sigatoka. Black sigatoka affects plantain and banana cultivars that resist yellow sigatoka, and causes greater defoliation and yield losses. In most of the lowland humid tropics black sigatoka has displaced yellow Sigatoka as the predominant leaf spot on banana.

Symptoms begin as reddish brown flecks on the lower leaf surface. They enlarge to become visible on the upper surface, and elongate, darken and often develop a wet appearance. Dark borders and yellow haloes surround the spots as they exceed 1-2 cm in length, and as the spots mature their centers become grey and sunken. In susceptible cultivars, spots coalesce until the entire leaf surface is killed. The disease causes fruit to ripen prematurely (a serious problem when fruit are shipped), and in severe cases the bunch does not develop fully. Although symptoms of black sigatoka can be difficult to distinguish from those of yellow sigatoka, the respective anamorphs are distinct: conidia and conidiophores of the former, *P. fijiensis*,

have thickened, darkened basal scars, but those of the latter, *P. musae*, do not; the teleomorphs are indistinguishable.

Conidia and ascospores of the fungus are both infective. They are formed under high moisture conditions and are disseminated by wind (Rutter *et al.*, 1998). Management strategies vary according to the cultivars that are grown, the environment, and the intended market for the fruit (Fullerton and Stover, 1990). In export plantations of dessert bananas and plantains, frequent applications of fungicides are usually needed. Application frequencies can range as high as 36 yr⁻¹ for dessert bananas and 19 yr⁻¹ for plantains (Jones, 2000). Chemical control has evolved considerably over the last 60 years (Table 6) (Ploetz, 2000).

Cultural practices are also useful. These include the removal of leaves with mature spots, and reducing humidity within plantations with increased spacing between plants and efficient drainage with permanent canals and pumps. Smallholders, who cannot afford these control measures, are affected most by black Sigatoka. For example, plantain yield losses of 33% and 76% were recorded during, respectively, the first and second cropping cycle in west Africa (Mobambo *et al.*, 1996). Under marginal conditions production is often abandoned due to low yields (Jones, 2000).

Some cultivars resist black sigatoka, but resistance is poor among many important types of banana, including export dessert AAA, AAB plantain, highland AAA and AAB dessert (Table 7). Furthermore, clones that resist black sigatoka may be susceptible to other problems such as Panama disease, nematodes and weevil borer (*Cosmopolites sordidus*).

Panama disease (Fusarium Wilt). Panama disease, which is also known as Fusarium wilt, is caused by the soilborne fungus, *F. oxysporum* f. sp. cubense. It originated in southeast Asia, but was first reported in Australia in 1876 (Ploetz and Pegg, 1997). It was responsible for destructive epidemics in export plantations of 'Gros Michel' before it caused the trades to convert

to the cavendish cultivars in the 1960s. It is widely spread and now found in most banana-producing regions.

The first internal symptom, a reddish brown discoloration of the xylem, develops in feeder roots, the initial sites of infection. It progresses to the rhizome and is most prominent where the stele joins the cortex. As the pseudostem is colonized, faint brown streaks or flecks become evident on and within older leaf sheaths. Eventually, large portions of the xylem turn brick red to brown. The first external symptoms are a yellowing of the oldest leaves or a longitudinal splitting of the lower portion of the outer leaf sheaths on plants that are usually more than 4 months old. This is followed by wilting and buckling of leaves at the petiole base. In some cases, these leaves remain green. As the disease progresses, younger and younger leaves collapse until the entire canopy consists of dead or dying leaves.

Four races of *F. oxysporum* f. sp. cubense have been described, only three of which affect banana (race 3 is a pathogen of *Heliconia* spp.). Race 1 caused the epidemics on 'Gros Michel' and also affects 'Maqueño,' 'Silk' ('Manzano'), 'Pome,' 'Pisang Awak,' and the hybrid 'I.C.2.' Race 2 affects cooking bananas, such as 'Bluggoe,' and some bred tetraploids. Race 4 is most destructive since it affects race 1 and race 2 susceptibles as well as the cavendish cultivars, plantains and other bananas that are resistant to races 1 and 2.

The pathogen spreads in soil and running water, and on farm implements and machinery. However, infected rhizomes ("suckers") that are used as seedpieces are responsible for the widest and most effective dissemination. Susceptible clones usually can not be replanted in infested sites for up to 30 years due to the long-term survival of the pathogen (Stover, 1962; Waite and Dunlap, 1953). The disease is managed in infested soils with resistant cultivars (see Table 7). Where the disease has not been found, clean planting materials (preferably tissue-culture plantlets) can be used. Effective biological and chemical measures are not available.

Cacao (*Theobroma cacao*)

Black pod (edited information from Guest, 2007). Black pod, the most damaging and widespread disease of cacao, is caused by 10 different species of *Phytophthora*; *P. palmivora* (pantropical), *P. megakarya* (West Africa), and *P. capsici* (tropical America) are the most important. Pod lesions begin as small, hard dark spots on any part of the pod, at any stage of its development. Lesions spread rapidly to the entire pod surface and internal tissues, including the beans, of susceptible genotypes within a few days. Affected pods become mummified, which in the case of *P. palmivora* provides a reservoir of inoculum for at least 3 years (Dennis and Konam, 1994). Under humid conditions a single pod can produce up to 4 million sporangia that are disseminated by rain, ants, flying insects, rodents and bats, on contaminated harvesting and pruning implements, and in contaminated soil.

P. palmivora infects bark, flower cushions and chupons causing cankers. Cankers at the base of the trunk may extend to the main roots. Cankers are often hidden by the bark but often exude a reddish gum or infect flower cushions, killing the flowers. Girdling cankers cause sudden death of up to 10% of trees each year, reducing production and imposing an extra cost in replanting and lost production as replanted trees mature. In humid conditions, *P. palmivora* also causes seedling and leaf blight. While infections of fine roots are also common, these appear to be more important as a source of inoculum than as a cause of serious injury to the tree.

Although symptoms appear year-round, the most severe epidemics coincide with the proliferation of sporangia and insect vectors during the wet season. Zoospores can encyst, germinate and penetrate host tissues within 20-30 min in free water. Under favorable conditions lesions produce sporangia within 48 hours of infection.

These soilborne pathogens move to aerial parts of the cacao plant via rainsplash, aerosols and contaminated equipment. Vectors, including tent-building ants and flying beetles, move

inoculum of *P. palmivora* high into the canopy (Konam and Guest, 2002). Once in the canopy, reservoirs of inoculum establish in cankers, infected flower cushions and mummified pods.

Disease management strategies focus on eliminating sources of primary inoculum, preventing the movement of inoculum from the soil to the canopy, and reducing the production of secondary inoculum via frequent and complete harvesting of pods, and the appropriate disposal of pod mummies, infected pods and pod husks. Chemicals are widely recommended for Phytophthora control, but their effectiveness is variable, particularly during high-disease pressure in the wet season. The implementation of recommendations is typically yield —and price-sensitive. Protectant sprays of copper-based fungicides and metalaxyl at 3- or 4— weekly intervals are frequently recommended, but rarely cost-effective (Guest *et al.*, 1994; Opuku, 2000). Annual trunk injections of the inexpensive inorganic salt potassium phosphonate are very effective against *P. palmivora* in very wet areas of Papua New Guinea (PNG) (Guest *et al.*, 1994).

Frosty pod (edited from Phillips-Mora and Wilkinson, 2007). Frosty pod is caused by the basidiomycete, *Moniliophthora roreri*. It is the most destructive disease of cacao, but has the narrowest geographic distribution of the major diseases. It remains restricted to western South America, but recently spread throughout Central America, reaching Mexico in 2005; it will almost certainly spread throughout South America once it is established on the eastern side of the Andes (Phillips *et al.*, 2006). Its resilient spores, which are produced in great numbers on affected pods, and the high susceptibility of most cultivars, make frosty pod a most dangerous disease (Ram, 1989).

Pods are the only organ of cacao that are affected. External symptoms include the death of young fruit, small water-soaked lesions, deformation and premature ripening and chocolate-colored spots. In advanced infections, the internal pod tissues appear to form a compact mass surrounded by a watery substance. The chocolate-colored spots develop a layer of white

mycelium within 4-5 da, which become darker as the spores mature. After ca. 3 mos, these fruits dry and mummify on the trees and remain attached to the trunk, becoming the major source of inoculum responsible for new waves of infection over a considerable period. Wind is the main mode by which spores disperse, but human activities are also important; for example, the long latent period on pods before visible symptoms develop allow an apparently healthy, systematically infected fruit to be transported and used as a source of planting material (Evans, 1981).

Mango (*Mangifera indica*)

Anthracnose. Anthracnose, caused most often by *Colletotrichum gloeosporioides* (teleomorph: *Glomerella cingulata*), is the most important disease of mango in all but arid production areas (Cook, 1975; Dodd *et al.*, 1997; Ploetz and Prakash, 1997). It causes unsightly blemishes on fruit and is a major pre- and postharvest problem, but can also damage foliage (Bose *et al.*, 1973).

Small fruit can develop minute brown spots and abort if infected early in their development. More commonly on immature fruit, the development of infections stops after an appressorium is formed. Further development occurs after fruit mature and begin to ripen. Irregular, dark-brown to black lesions develop that are somewhat depressed and can crack the fruit surface. Under humid conditions, large areas may be involved and orange to pinkish masses of conidia are formed on the decaying surface. Lesions can form anywhere on fruit, but linear smears that radiate from the stem end to the apex are common. Lesions on fruit are initially superficial, and penetrate deeper than 5 mm into the mesocarp during the final stages of development.

New leaf flushes are the most significant sources of conidia; they are usually dispersed by rainsplash, and infection requires free moisture (Jeffries *et al.*, 1990). Although some mango cultivars are moderately tolerant, none are sufficiently resistant to be produced without fungicides in humid areas (Dodd *et al.*, 1997). Fungicide application focuses on reducing damage to

fruit and inflorescences. Since infected foliage and branches are important sources of inoculum, fruit set and anthracnose control on fruit are enhanced if disease control is exercised prior to flowering (Jeffries *et al.*, 1990). Post-harvest control of latent infections is often needed, particularly if fruit are stored or shipped (Dodd *et al.*, 1997). Hot water treatments should not exceed 55°C for 5 min, and when hot-water treatment is combined with fungicides (e.g., benomyl or imazalil), water temperatures should be reduced to 52° or 53°C.

Malformation. “Malformation” refers to the abnormal growth of inflorescences that occurs on affected trees. Primary and secondary axes on inflorescences are shortened, thickened and highly branched (Ploetz, 2003; Ploetz and Prakash, 1997). Malformed panicles produce up to three times the normal number of flowers and these are usually larger than normal size. Affected blossoms often produce vegetative structures (phyllody). Since affected inflorescences do not set fruit, malformation can greatly reduce fruit production.

Vegetative shoots are also affected, and the names “bunchy top” and “witches’ broom” are used to describe the distortion of these organs in some areas (Ploetz, 2001). Shoots from apical or axillary buds are misshapen and have dramatically shortened internodes. Leaves are dwarfed, and are narrow, brittle and bend back towards the supporting stem. Shoots do not expand fully, resulting in a tightly bunched appearance of these portions of the plant. If all buds on a plant are affected, it remains stunted.

The cause of malformation was confused for many years; suggested causes included mites, nutritional problems, hormonal imbalances, viruses, phytoplasmas, and unknown factors (Ploetz, 2001). Although a fungal cause for the disease has been confirmed by numerous researchers in at least six different countries, it is clear that several pathogens are involved. *F. mangiferae* (syns. *Fusarium moniliforme* and *F. subglutinans*) is most common and widespread, but at least two other taxa cause these symptoms: *F. sterilihyphosum* in Brazil and South Africa,

and *F. sp. MP I* in Brazil. In Mexico, a fourth taxon that is closely related to *F. sp. MP I* may be responsible for the disease (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2006).

Long-distance spread of the disease relies on the movement of infected nursery stock. Over shorter distances the mango bud mite, *Eriophyes mangiferae*, may vector the pathogen and facilitate infection via its feeding activities on epidermal cells of floral and vegetative buds. *F. mangiferae* has a highly localized distribution within malformed mango trees (Ploetz, 1994), and infections may remain latent for extended periods before symptoms develop.

New plantings should be established with pathogen-free nursery stock. Scion material should never be taken from an affected orchard, and affected plants that are observed in the nursery should be removed and destroyed. Nurseries should also not be established in orchards, especially when they are affected by malformation. Once the disease is found in an orchard, removing symptomatic tissues from trees is usually effective (Ploetz, 2001). Affected terminals and the subtending three nodes are cut from trees, removed from the field and burned for 2 or 3 consecutive years. Thereafter, the disease can be kept in check by removing symptomatic tissues every other year.

Stem-end rot. Stem-end rot is a postharvest disease that increases in importance as orchards become older and when preharvest fungicide programs reduce the incidence and severity of anthracnose (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). Losses can increase during prolonged storage at low temperatures, or when fruit ripen at $>28^{\circ}\text{C}$. Variable symptoms are caused by different fungi at the stem end upon ripening. *Diplodia theobromae*, *Fusicoccum aesculi* and *F. mangiferum* cause diffuse, water-soaked symptoms that spread from the stem end and darken. Necrosis is subcuticular and may affect the entire mesocarp within a week at 25°C . *Phomopsis mangiferae* produces dark lesions at the stem end that penetrate the mesocarp, but do not spread as quickly as those caused by the above fungi. These lesions may resemble stem-end

anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, but the latter lesions usually penetrate the mesocarp no deeper than 10-20 mm and are covered with salmon-pink spore masses of the pathogen. *Cytosphaera mangiferae* causes slow-spreading, tan lesions at the stem end similar to the symptoms produced by *Aspergillus niger*. *C. mangiferae* produces characteristic conidiomata around the stem end. *Pestalotiopsis mangiferae* causes tan lesions that develop slowly and are eventually covered with acervuli.

The causal fungi are endophytes in mango stem tissue (Ploetz et al., 1994). They infect the inflorescence early in its development and reach the fruit pedicel several weeks after flowering begins. They then remain quiescent until fruit ripen. A dip in hot (52°C) benomyl for 5 minutes is effective, but not allowed in many areas. Hot water (55°C) alone or vapor heat treatment are less effective control measures. When fruit are placed in cool storage for long periods they must be treated with a fungicide. Preharvest applications of copper oxychloride and postharvest application of prochloraz may also reduce stem-end rot, but the level of control will be lower than that obtained with hot benomyl. Fruit should not be placed in soil for sap removal.

Papaya (*Carica papaya*)

Anthracnose. This disease, caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (teleomorph: *Glomerella cingulata*), is an important post-harvest disease of papaya in most production areas, particularly when fruit are transported to distant markets (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). Small, water-soaked spots appear on the fruit surface as ripening commences. As infection advances, circular sunken lesions with translucent light-brown margins form. Light orange to pink conidial masses cover the central portion of the lesions and frequently occur in a concentric ring pattern. The internal tissue is firm with a greyish-white discoloration, which later turns

brown. A second type of symptom, chocolate spots, appear as slightly depressed, reddish-brown, irregular to circular, sharply defined spots 1 to 10 mm in dia. They enlarge rapidly as fruit ripens to form characteristic, sunken lesions.

The primary inoculum, conidia, occurs on senescing petioles and leaves and is disseminated by wind or rain. The fungus infects intact, unwounded, immature green fruit in the field. Spores germinate, form appressoria on the fruit surface, and penetrate the cuticle directly with the aid of enzymes and mechanical pressure (Latunde-Dada, 2001; Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). The sub-cuticular hyphae remain latent until fruit ripening commences. High temperatures and relative humidity favor disease development.

Anthracoze is managed by applying fungicides to fruit in the plantation, particularly when weather conditions favor disease development. Post-harvest fungicide and hot water treatments also provide control.

Papaya bunchy top. Papaya bunchy top, caused by *Rickettsia* sp., is a serious disease that often limits commercial production in the American tropics (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). The initial symptoms include diffuse chlorosis in young leaves with a reduction in the growth of leaves and petioles. Small discrete water-soaked spots develop on affected petioles and stems, later developing into irregular blotches about 1 to 2 mm in dia. Petioles are rigid, almost horizontal and shortened. Leaf blades are thickened, stiff, cupped downwards with marginal and interveinal chlorosis and necrosis. Apical growth ceases, which, with the shortened internodes, gives plants a bunched appearance (Cook, 1972). Chronically affected plants often have only a tuft of small leaves at the apex. Flowering and fruit set seldom occurs in affected plants (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). The absence of latex flow from fresh puncture wounds in leaves, stems and fruit is a valid test for the disease.

Bunchy top is transmitted by two leafhoppers, *Empoasca papayae* and *E. stevensi*, and distribution of the disease largely coincides with their distribution (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). The former is the principal vector, and is the only leafhopper known to breed on papaya. Single insects of both species can transmit the agent with symptoms appearing 30 to 45 days after inoculation. The level of tolerance in a cultivar affects the rate and severity of symptom expression. Tolerant cultivars are useful where disease pressure is low. Control has been achieved by applying persistent insecticides for vector control and topping affected plants to allow development of healthy axillary shoots (Cook, 1972). Antibiotic therapies through drenching and root tip treatments have resulted in remission of symptoms.

Papaya ringspot. Papaya ringspot, caused by the non-persistent, aphid-borne potyvirus Papaya ringspot virus, is the most widespread and destructive disease of papaya (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). Plants of all ages are susceptible and symptoms are generally more severe during cooler weather. The disease derives its name from the characteristic dark-green sunken rings that develop on petioles and fruit of affected plants that often persist as dark orange to brown markings as fruit mature. Dark-green, water-soaked streaks develop on petioles and stems. Mottle and mosaic patterns of varying severity develop on leaves that often have a ruffled appearance. Affected plants become stunted and fruit set is markedly reduced or absent (Cook, 1972).

Papaya is the major primary and secondary source of inoculum, and rapid secondary spread can occur with plantations (100% incidence in < 6 months) (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). Transmission is almost entirely due to transitory aphid populations as papaya is not a preferred host and aphid colonies are very rarely found on plants.

Quarantines and rouging can delay the spread of the disease but do not usually provide long-term control. Establishing plantations with pathogen-free seedlings is essential, and new

plantings should be situated as far as possible from affected plantations. Plantations can be surrounded by non-host crops or interplanted with other tree crops. These measures help dilute the amount of virus inoculum reaching papaya, as aphids probe first on non-host species and lose their ability to transmit the virus in the process. Disease tolerance selections have provided contemporary advances in the management of this disease; progress has been made through either conventional breeding (crosses of *Carica papaya* with the resistant relatives *C. cauliflora*, *C. quercifolia*, *C. pubescens* and *C. stipulata*) or genetic transformation (coat protein or other genes of the pathogens).

Pineapple (*Anana commosus*)

Mealybug wilt. Mealybug wilt is a universal problem. The strong association of mealybugs with several species of ants makes control of mealybug wilt very difficult. When vegetative seed material (crowns and slips) is taken from affected plants, it can be a source of inoculum and eventually develop symptoms (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003).

The first symptoms are a reddening of the leaves, usually at the margins of fields. These symptoms are caused by a cessation of root growth and a collapse of the root system, but the same symptoms may also result from drought, nematode damage, and root rot. Leaf symptoms are not diagnostic unless high levels of mealybugs are also present or they are associated with field edges.

Ants, mealybugs and at least three viruses are present in affected plants: two closteroviruses, Pineapple mealybug wilt-associated virus-1, PMWaV-1, and Pineapple mealybug wilt-associated virus-2, PMWaV-2; and an unnamed badnavirus. Ants protect the mealybugs from parasites and predators, as well as remove honeydew that they produce (Ploetz *et al.*,

1994; Ploetz, 2003). A causal role for PMWaV-2 was reported recently. Plants that were infected with PMWaV-2 and infested with mealybugs developed symptoms of the disease, but no symptoms developed on plants that were only infected or infested. Although PMWaV-1 and the badnavirus were often detected in symptomatic plants in the field, they did not cause mealybug wilt symptoms alone or in combination with mealybug feeding. The pink mealybug, *Dysmicoccus brevipes*, and the grey mealybug, *D. neobrevipes*, vector PMWaV-2. When ants are controlled and mealybug predators and parasites are present, mealybug wilt is usually not a problem.

Phytophthora heart rot and root rot. Worldwide losses are highly variable. Those caused by heart rot result from plant mortality, whereas those from root rot are from reduced fruit size and quality or suppression of plant growth and yield; in cooler environments with high rainfalls, root rot can eliminate ratoon crops.

Phytophthora cinnamomi, is the primary heart rot pathogen, especially at moderate temperatures (19-25°C); *P. nicotianae* and *P. palmivora* are apparently more important above 25°C. Young leaves of affected plants fail to elongate and become chlorotic. The terminal whorl of leaves leans to one side of the plant and is easily removed.

P. cinnamomi, *P. nicotianae* and *Pythium arrhenomanes* are root rot agents (Erwin and Ribiero, 1996). They cause leaf growth to slow or stop, leaves to redden, and leaf tips and margins to yellow and eventually become necrotic. Symptoms develop slowly. If conditions become dry following infection, affected plants may appear reddish as if under severe drought stress. As with severe mealybug wilt, root damage can be extensive, and affected plants can easily be pulled from the soil.

A combination of strategies is used to manage these diseases. Most important is the improvement of soil drainage with increased surface flow and planting on raised beds. Preplant

dips and post-plant foliar applications of fosetyl Al are also effective. Metalaxyl is effective, but is registered only as a preplant dip. Tolerance to metalaxyl can develop after prolonged use.

Literature cited

- APS. Common names of plant diseases on APSnet. American Phytopathological Society. (<http://www.apsnet.org/online/common/toc.asp>).
- Bose, S.K., Sindhan, G.S. and Pandey, B.H. 1973. Studies on dieback disease of mango in the Tarai region of Kuaon. *Progressive Horticulture* 70, 557-584.
- Cook, A.A. 1975. *Diseases of Tropical and Subtropical Fruits and Nuts*. Hafner Press. New York.
- Dennis, J.J.C. and Konam, J.K. 1994. *Phytophthora palmivora*: cultural control methods and their relationship to disease epidemiology on cocoa in PNG. Proceedings of the 11th International Cocoa Research Conference, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 July. Cocoa Producers Alliance, London, pp. 953-957.
- Dodd, J.C., Prusky, D., and Jeffries, P. 1997. Fruit diseases. In: Litz, R.E. (ed.) *The Mango: Botany, Production and Uses*. CABI., pp. 257-280.
- Erwin, D.C., and Ribiero, O.K. 1996. *Phytophthora Diseases Worldwide*. APS Press. St. Paul.
- Evans, H.C. 1981. Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora (Monilia) rozeri*. Commonwealth Mycological Institute, London, UK. *Phytopathol. Papers* no. 24, 44 p.
- Fitzell, R.D. 1979. *Colletotrichum acutatum* as a cause of anthracnose of mango in New South Wales. *Plant Disease Reporter* 63:1067-1070.
- Fitzell, R.D., Peak, C.M. and Darnell, R.E. 1984 A model for estimating infection levels of anthracnose disease of mango. *Annals of Applied Biology* 104:451-458.
- Fitzell, R.D. and Peak, C.M. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum sources, spore production and dispersal. *Annals of Applied Biology* 104:53-59.
- Fullerton, R.A., and Stover, R.H. (eds.) 1990. *Sigatoka Leaf Spot Diseases of Banana*. Proceedings of an International Workshop held at San Jose, Costa Rica, 28 March – 1 April, 1989. INIBAP. Montpellier, France. 374 pp.
- Guest, D. 2007. Guest, D.I., Anderson, R.D., Foard, H.J., Phillips, D., Worboys, S. and Middleton, R.M. 1994. Long-term control of *Phytophthora* diseases of cocoa using trunk-injected phosphonate. *Plant Pathology* 43, 479-492.
- Jeffries, P., Dodd, J.C., Jeger, M.J. and Plumbley, R.A. 1990. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. *Plant Pathology* 39:343-366.

- Jones, D.R. (ed.) 2000. Diseases of Banana, Abac< and Enset. CABI Publishing. Wallingford, UK. 544 pp.
- Konam, J.K. and Guest, D.I. 2002 Leaf litter mulch reduces the survival of *Phytophthora palmivora* under cocoa trees in Papua New Guinea. *Australasian Plant Pathology* 31:381–383.
- Latunde-Dada, A.O. 2001. *Colletotrichum*: tales of forcible entry, stealth, transient confinement and breakout. *Molecular Plant Pathology* 2:187-198.
- Mobambo, K.N., Gauhl, F., Swennen, R., and Pasberg-Gauhl, C. 1996. Assessment of the cropping cycle effects on black leaf streak severity and yield decline of plantain and plantain hybrids. *International Journal of Pest Management* 42:1-8.
- Opuku, I.Y., Appiah, A.A. and Akrofi, A.Y. 2000. *Phytophthora megakarya*: a potential threat to the cocoa industry in Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science* 33:237–248.
- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C.F., Lopez, A.P., Hernandez, J., and Aime, M.C. 2006. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (= moniliasis disease) of cacao in Mexico. *Plant Pathology* 55:584.
- Phillips-Mora, W., and Wilkinson, M.J. 2007. Frosty pod: A disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage. *Phytopathology* 97:(In press).
- Ploetz, R.C. (ed.) 2003. Diseases of Tropical Fruit Crops. CABInternational.
- Ploetz, R.C. 2001. Malformation: A unique and important disease of mango, *Mangifera indica* L. in: B.A. Summerell, J.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden, and Burgess, L. (eds.). *Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium*. APS Press.
- Ploetz, R.C. 2000. Management of the most important disease of banana and plantain, black Sigatoka. *Pesticide Outlook* 11:19-23.
- Ploetz, R.C. 1994. Distribution and prevalence of *Fusarium subglutinans* in mango trees affected by malformation. *Canadian Journal of Botany* 72:7-9.
- Ploetz, R.C., and Pegg, K.G. 1997. *Fusarium* wilt of banana and Wallace's line: Was the disease originally restricted to his Indo-Malayan region *Australasian Plant Pathology* 26:239-249.
- Ploetz, R.C. and Prakash, O. 1997. Foliar, floral and soilborne diseases. In: Litz, R.E. (ed.) *The Mango: Botany, Production and Uses*. CABI. pp. 281-326.
- Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G. and Ohr, H.D. (eds). 1994. *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. APS Press, St. Paul.
- Ram, A. 1989. Biology, epidemiology and control of moniliasis (*Moniliophthora roreri*) of cacao. Thesis PhD. University of London, UK. 286 p.
- Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S.P., and Ploetz, R.C. 2006. *Fusarium* sp. characterization causing mango malformation in Michoacan, Mexico. *Phytopathology* 96:S99

- Rutter, J., Burt, P.J.A., and Ramirez, F. 1998. Movement of *Mycosphaerella fijiensis* spores and sigatoka disease development on plantain close to an inoculum source. *Aerobiology* 14:201-208.
- Stover, R.H. 1962. Fusarial Wilt (Panama Disease) of Bananas and other *Musa* species. CMI, Kew, Surrey, UK, 117pp.
- Stover, R.H. 1972. Banana, Plantain and Abaca Diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK, 316 pp.
- Stover, R.H., and Simmonds, N.W. 1987. Bananas. 3rd ed. Longmans. London. 468 pp.
- Waite, B.H., and Dunlap, V.C. 1953. Preliminary host range studies with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Plant Disease Reporter* 37:79-80.

Table I. Diseases of Banana and Plantain (*Musa* spp.)

Disease Common Name(s)	Causal agent(s)
Bacteria	
Bacterial rhizome and pseudostem soft rot	<i>Erwinia</i> sp.?
Bacterial wilt	<i>Ralstonia</i> (syn. <i>Pseudomonas</i>) <i>solanacearum</i> (race 1)
Blood disease	<i>Ralstonia</i> (syn. <i>Pseudomonas</i>) <i>solanacearum</i>
Bugtok	<i>Ralstonia</i> (syn. <i>Pseudomonas</i>) <i>solanacearum</i> (race 2)
Finger tip rot (gumming)	<i>Pseudomonas</i> sp.
Javanese vascular wilt	" <i>Pseudomonas musae</i> "
Moko	<i>Ralstonia</i> (syn. <i>Pseudomonas</i>) <i>solanacearum</i> (race 2)
Rhizome (bacterial head) rot	<i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>carotovora</i> , <i>E. chrysanthemi</i>
Pseudostem wet rot	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
Fungi and stramenopiles	
Anthraxnose	<i>Colletotrichum musae</i>
Armillaria corn rot	<i>Armillaria mellea</i> , <i>A. tabescens</i>
Black cross	<i>Phyllachora musicola</i>
Black Sigatoka (black leaf streak)	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> (anamorph: <i>Pseudocercospora fijiensis</i>)
Black root rot	<i>Rosellinia bunodes</i>
Brown blotch	<i>Pestalotiopsis leprogena</i>
Brown spot	<i>Cercospora hayi</i>
Ceratocystis fruit rot	<i>Ceratocystis paradoxa</i> (anamorph: <i>Chalara paradoxa</i>)
Cigar-end	<i>Verticillium theobromae</i> , <i>Trachysphaera fructigena</i>
Cladosporium speckle	<i>Cladosporium musae</i>
Corm dry rot	<i>Junghuhnia vincta</i>
Cordana leaf spot	<i>Cordana johnstonii</i> , <i>C. musae</i>
Crown rot	<i>Fusarium pallidoroseum</i> , <i>Colletotrichum musae</i> , <i>Verticillium theobromae</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Acremonium</i> spp.
Cylindrocladium root rot	<i>Cylindrocladium</i> spp.
Damping-off	<i>Deightoniella torulosa</i>
Deightoniella fruit speckle, eaf spot and tip rot	<i>Deightoniella torulosa</i>
Diamond spot	<i>Cercospora hayi</i> , <i>Fusarium</i> spp.
Dwarf Cavendish tip rot	<i>Nattrassia mangiferae</i> (syn. <i>Hendersonula toruloidea</i>)
Eumusae leafspot	<i>Mycosphaerella eumusae</i> (anamorph: <i>Pseudocercospora eumusae</i>)
Eyespot	<i>Dreschlera gigantea</i>
Fruit freckle (freckle)	<i>Guignardia musae</i> (anamorph: <i>Phyllosticta musarum</i>)
Fruit rot	<i>Botryosphaeria ribis</i>
Fungal root-rot	<i>Fusarium solani</i> (teleomorph: <i>Nectria haematococca</i>)

Fusarium oxysporum, *Rhizoctonia* spp.

Fungal scald

Fusarium wilt (Panama disease)

Leaf rust

Leaf speckle

Leaf spots

Main stalk rot

Malayan leaf spot

Marasmiellus rot

Peduncle rot

Pestalotiopsis leaf spot

Phaeoseptoria leaf spot

Pitting

Pseudostem heart rot

Root & rhizome rot

Sclerotinia fruit rot

Sheath rot

Sigatoka (yellow sigatoka)

Sooty mold

Speckle

Squirter (black end disease)

Stem-end rot

Trachysphaera finger rot

Tropical speckle

Verticillium tip rot

Nematodes

Burrowing nematode

Root-knot

Root-lesion

Spiral nematode

Viruses

Bract mosaic

Bunchy top

Mosaic

Streak

Colletotrichum musae

Fusarium oxysporum f. sp. *cupense*

Uredo musae, *U. musae*

Acrodontium simplex

Curvularia eragrostidis, *Drechslera musae-sapientum*, *Leptosphaeria musarum*, *Pestalotiopsis disseminata*

Ceratocystis paradoxa

Haplobasidium musae

Marasmiellus inoderma (syn. *Marasmius semiustus*)

Lasiodiplodia theobromae, *Fusarium pallidoroseum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium theobromae*

Pestalotiopsis palmarum

Phaeoseptoria musae

Pyricularia grisea

Fusarium moniliforme

(teleomorph: *Gibberella fujikuroi*)

Cylindrocarpon musae

Sclerotinia sclerotiorum

Nectria foliicola

Mycosphaerella musicola

(anamorph: *Pseudocercospora musae*)

Limacinula tenuis

Mycosphaerella musae

Colletotrichum musae

Ramichloridium musae

(syns. *Veronaea musae*, *Periconiella musae*)

Verticillium theobromae

Radopholus similis

Meloidogyne arenaria, *M. incognita*, *M. javanica*

Pratylenchus coffeae, *P. goodeyi*, *P. brachyurus*,

P. reniformis

Helicotylenchus multicinctus, *H. dihystra*

Banana bract mosaic virus

Banana bunchy top virus

Cucumber mosaic virus

Banana streak virus

Table 2. Diseases of Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Disease Common Names	Causal Agent(s)
Bacteria	
Crown gall	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Stripe	<i>Erwinia caratovora</i>
Fungi and stramenopiles	
Anthraxnose	<i>Colletotrichum gleosporioides</i> (teleomorph: <i>Glomerella cingulata</i>)
Armillaria root rot	<i>Armillaria mellea</i>
Black pod	<i>Phytophthora arecae</i> , <i>P. capsici</i> , <i>P. citrophthora</i> , <i>P. heveae</i> , <i>P. megakarya</i> , <i>P. megasperma</i> , <i>P. nicotianae</i> , <i>P. palmivora</i>
Black (Rosellinia) root rot	<i>Rosellinia bunodes</i> , <i>R. paraguayensis</i> , <i>R. pepo</i>
Brown root	<i>Phellinus noxius</i>
Canker	<i>Phytophthora citrophthora</i> , <i>P. palmivora</i> , <i>Ceratocystis fimbriata</i>
Ceratocystis wilt (mal de machete)	<i>Ceratocystis cacaofunesta</i> (syn. <i>fimbriata</i>)
Cushion (green-point) gall	<i>Albonectria</i> (syns.: <i>Calonectria</i> and <i>Nectria</i>) <i>rigidiuscula</i> (anamorph: <i>Fusarium decemcellulare</i>)
Collar crack	<i>Armillariella mellea</i> , <i>A. tabescens</i>
Collar rot	<i>Ustilina deusta</i>
Crinipellis pod rot	<i>Moniliophthora</i> (syn. <i>Crinipellis</i>) <i>perniciosa</i>
Cushion (green-point) gall	<i>Albonectria rigidiuscula</i> (anamorph: <i>Fusarium decemcellulare</i>)
Frosty pod (moniliasis)	<i>Moniliophthora</i> (syn. <i>Monilia</i>) <i>rorei</i>
Horse hair blight	<i>Crinipellis sarmentosa</i>
Lasioidiplodia pod rot	<i>Lasioidiplodia</i> (syn. <i>Botryodiplodia</i>) <i>theobromae</i>
Leaf anthracnose	<i>Colletotrichum</i> spp.
Macrophoma pod rot	<i>Macrophoma</i> spp.
Pink disease	<i>Erythricium salmonicolor</i>
Sudden death	<i>Verticillium dahliae</i> , <i>Mycoleptodiscus terrestris</i>
Thread blight	<i>Ceratobasidium koleroga</i>
Trachysphaera pot rot (mealy pod)	<i>Trachysphaera fructigena</i>
Vascular streak dieback	<i>Oncobasidium theobromae</i>
Violet root rot	<i>Nectria mauritiicola</i> (<i>Sphaerostilbe repens</i> syn)
Wet root rot	<i>Ganoderma philippii</i>
White root rot	<i>Rigidiporus microporus</i> (syn. <i>R. lignosus</i>)

White thread

Witches' broom

Miscellaneous

Algal disease

Mistletoes

Nematodes

Awl nematode

Cyst nematode

Dagger nematode

Lesion nematode

Reniform nematode

Ring nematode

Root-knot nematode

Spiral nematode

Stubby root nematode

Viruses

Cacao swollen shoot

Cacao yellow mosaic

Cacao necrosis

Marasmiellus scandens

Monilophthora (syn. Crinipellis) pernicioso

Cephaleuros virescens

Denrophthora spp., Loranthus spp., Oryctanthus spp.,

Phoradendron spp., Phthirusa spp., Tapinanthus spp.

Dolichodorus spp.

Heterodera spp.

Xiphinema spp.

Pratylenchus spp.

Rotylenchulus spp.

Hoplolaimus spp.

Meloidogyne spp.

Helicotylenchus spp.

Trichodorus spp

Cacao swollen shoot virus

Cacao yellow mosaic virus

Cacao necrosis virus

from APS Common names of plant diseases.



Table 3. Diseases of Mango (*Mangifera indica* L.)

Disease common name(s)	Causal agent(s)
Bacteria	
Bacterial black spot (black canker)	<i>Xanthomonas</i> sp. pv. <i>mangiferaeindicae</i>
Bacterial fruit rot	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (syn. <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>), <i>Erwinia herbicola</i>
Fungi and stramenopiles	
Alternaria leaf spots	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. tenuissima</i>
Alternaria Rot (Black Spot)	<i>Alternaria alternata</i>
Anthracnose	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (teleomorph: <i>Glomerella cingulata</i>), <i>C. acutatum</i> (teleomorph: <i>G. acutata</i>)
Black banded disease	<i>Rhinochadium corticum</i>
Black mildew	<i>Meliola mangiferae</i>
Black mold rot	<i>Aspergillus niger</i>
Black rot	<i>Ceratocystis paradoxa</i> (anamorph: <i>Chalara paradoxa</i>)
Blossom blight	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Fusicoccum parvum</i> (syn. <i>Dothiorella mangiferae</i>), <i>F. aesculi</i> (syn. <i>D. dominicana</i>)
Blue mold	<i>Penicillium expansum</i>
Branch canker	<i>Botryosphaeria ribis</i> (anamorph: <i>Fusicoccum</i> sp.)
Branch necrosis	<i>Dothiorella</i> sp.
Ceratocystis wilt (seca)	<i>Ceratocystis fimbriata</i> (anamorph: <i>Chalara</i> sp.)
Charcoal fruit rot	<i>Macrophomina phaseolina</i>
Crown rot	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc. (teleomorph: <i>Nectria haematococca</i>)
Crusty leaf spot	<i>Zimmermaniella trispora</i>
Curvularia blight	<i>Curvularia tuberculata</i>
Damping off	<i>Pythium vexans</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorph: <i>Thantephorus cucumeris</i>)
Decline	<i>Diplodia theobromae</i> (teleomorph: <i>Botryosphaeria rhodina</i>), <i>F. aesculi</i> (teleomorph: <i>B. dothidea</i>), <i>F. mangiferum</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Phomopsis</i> spp.
Dieback	<i>Botryosphaeria disrupta</i> (syn. <i>Physalospora disrupta</i>), <i>Botryosphaeria quercuum</i> (syn. <i>Physalospora glandicola</i>), <i>Botryosphaeria rhodina</i> (syn. <i>Physalospora rhodina</i> , anamorph: <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (syn. <i>Botryosphaeria theobromae</i>))

Felt fungus	<i>Septobasidium bogoriense</i> , <i>S. pilosum</i> (anamorph: <i>Johncouchia mangiferae</i>), <i>S. pseudopedicellatum</i>
Fruit rot	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Phytophthora nicotianae</i> , <i>Pestalotiopsis Phyllosticta anacardiacearum</i> (teleomorph: <i>Guignardia mangiferae</i>)
Galls and Scaly Bark	<i>Fusarium decemcellulare</i> (teleomorph: <i>Albonectria rigiduscula</i>)
Gray leaf spot	<i>Pestalotiopsis mangiferae</i> (syn. <i>Pestalotia mangiferae</i>)
Leaf spots	<i>Curvularia lunata</i> , <i>Leptosphaeria</i> sp., <i>Macrophoma</i> sp., <i>Phaeosphaerella mangiferae</i> , <i>Phoma sorghina</i> , <i>Pseudocercospora mali</i> , <i>Pseudocercospora subsessilis</i> , <i>Septoria</i> sp., <i>Verticillium lecanii</i>
Macrophoma rot	<i>Macrophoma mangiferae</i>
Malformation	<i>Fusarium mangiferae</i> (syn. <i>F. subglutinans</i>), <i>F. sterilihyphosum</i> , <i>F. sp.</i>
Mucor rot	<i>Mucor circinelloides</i>
Mushroom root rot	<i>Armillaria tabescens</i>
Phoma blight	<i>Phoma glomerata</i>
Phyllosticta leaf spot	<i>Phyllosticta mortonii</i> , <i>Phyllosticta citricarpa</i> (teleomorph: <i>Guignardia citricarpa</i>), <i>P. anacardiacearum</i> (teleomorph: <i>G. mangiferae</i>) <i>Phytophthora</i> -incited diseases <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>P. citricola</i>
Pink disease	<i>Erythricium salmonicolor</i> (syn. <i>Corticium salmonicolor</i> ; anamorph: <i>Necator decretus</i>)
Powdery mildew	<i>Erysiphe cichoracearum</i> (anamorph: <i>Oidium asteris-punicea</i>), <i>Oidium mangiferae</i>
Rhizopus rot	<i>Rhizopus arrhizus</i> (syn. <i>oryzae</i>)
Root rot	<i>Phymatotrichopsis omnivora</i> , <i>Phytophthora nicotianae</i> , <i>P. palmivora</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Py. splendens</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorph: <i>Thanatephorus cucumeris</i>), <i>Sclerotium rolfsii</i>
Scab	<i>Elsinoe mangiferae</i> [anamorph: <i>Denticularia mangiferae</i> (syn. <i>Sphaceloma mangiferae</i>)]
Sphaceloma mangiferae]	
Seca (murcha, sudden decline)	<i>Ceratocystis fimbriata</i> (anamorph: <i>Chalara</i> sp.)

Stem-end Rot	<i>Diplodia theobromae</i> , <i>Fusicoccum aesculi</i> <i>F. mangiferum</i> <i>Phomopsis mangiferae</i> <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Cytosphaera mangiferae</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Pestalotiopsis mangiferae</i> <i>Dothiorella taxa</i> (<i>Dothiorella</i> "long" and <i>D. aromatica</i>)
Verticillium	<i>Verticillium dahliae</i>
White Root Disease	<i>Rigidoporus lignosus</i>
Sclerotinia rot	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Seed rots	<i>Bipolaris ravenelii</i> , <i>Marasmius</i> sp., <i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>
Shoestring rot	<i>Armillaria mellea</i>
Sooty mold	<i>Tripospermum Antennulariella</i> , <i>Chaetothyrium</i> , <i>Limacinula</i> and <i>Scorias</i> , <i>Leptoxylum</i> , <i>Microxyphium</i> , <i>Tripospermum acerinum</i> , <i>Capnodium citri</i> , <i>C. mangiferae</i> , and <i>C. ramosum</i>
Stem canker	<i>Phoma</i> sp.
Stem gall	<i>Sphaeropsis</i> sp.
Stemphylium rot	<i>Stemphylium vesicarium</i>
Stigmata leaf spot	<i>Stigmata mangiferae</i>
Transit rot	<i>Rhizopus stolonifer</i>
Trunk rot	<i>Hexagonia hydnoidea</i> (syn. <i>Polyporus hydnoidea</i>)
Twig blight	<i>Diaporthe</i> spp.
Wood rot	<i>Ganoderma applanatum</i> , <i>G. lucidum</i> , <i>Phellinus gilvus</i> , <i>Pycnoporus sanguineus</i> (syn. <i>Polyporus sanguineus</i>)
Miscellaneous	
Algal Leafspot (Red Rust)	<i>Cephaleuros virescens</i>
Parasitic lichen	<i>Strigula elegans</i>
Nematodes	
Dagger nematode	<i>Xiphinema brevicolle</i> , <i>Xiphinema</i> spp.
Lance nematode	<i>Hoplolaimus columbus</i>
Sheathoid nematode	<i>Hemicriconemoides mangiferae</i>

from APS Common names of plant diseases and Ploetz (2003).

Table 4. Diseases of Papaya, *Carica papaya* L.

Disease common name(s)	Cause(s)
Bacteria	
Bacterial canker and decline	<i>Erwinia</i> sp. <i>E. chrysanthemi</i> group
Bacterial leaf spot	<i>Pseudomonas carica-papayae</i>
Bacterial wilt	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
Black rot	<i>Erwinia cypripedii</i> (= <i>Pectobacterium cypripedii</i>)
Bunchy top	<i>Rickettsia</i> sp.
Erwinia decline	<i>Erwinia</i> sp.
Erwinia mushy canker	<i>Erwinia</i> sp.
Internal yellowing	<i>Enterobacter cloacae</i>
Mushy canker	<i>Erwinia</i>
Purple stain	<i>Erwinia herbicola</i>
Fungi and stramenopiles	
Alternaria fruit spot	<i>Alternaria alternata</i>
Angular leaf spot	<i>Oidiopsis</i> (syn. <i>Leveillula</i>) <i>taurica</i>
Anthracnose	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (teleomorph: <i>Glomerella cingulata</i>) <i>Asperisporium caricae</i> , <i>Cercospora papayae</i> , <i>Phomopsis caricae-papayae</i>
Black spot	
Blossom spot	<i>Choanephora cucurbitarum</i>
Brown spot	<i>Corynespora cassicola</i>
Chocolate spot	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Collar Rot	<i>Calonectria ilicicola</i> (syn. <i>Ca. crotalariae</i> , anamorph: <i>Cylindrocladium crotalariae</i>) <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Ph. nicotianae</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Py. debaryanum</i> , <i>Py. ultimum</i> , <i>Py. sp.</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorph: <i>Thanatephorus cucumeris</i>)
Damping off	
Dry rot	<i>Phoma caricae-papayae</i> (syns. <i>Ascochyta carica</i> , <i>A. caricae-papayae</i> ; teleomorph: <i>Mycosphaerella caricae</i>)
Foot rot	<i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>P. ultimum</i>
Fruit rot	<i>Monilia</i> sp.
Fruit spot	<i>Cercospora mamaonis</i>

Fusarium fruit rot	<i>F. solani</i> , <i>F. moniliforme</i> and <i>F. equiseti</i>
Greasy spot	<i>Corynespora cassiicola</i>
Guignardia spot	<i>Guignardia</i> sp.
Internal blight	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
Lasiodiplodia fruit rot	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (syns. <i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>B. gossypii</i> , <i>Diplodia theobromae</i> , <i>D. gossypina</i> , <i>D. natalensis</i> , <i>L. triflorae</i>)
Leaf spots	<i>Alternaria</i> sp., <i>Asperisporium caricae</i> , <i>Cercospora mamaonis</i> , <i>C. papayae</i> , <i>Choanephora cucurbitarum</i> , <i>Curvularia carica-papayae</i> , <i>Gloeosporium</i> sp., <i>Mycosphaerella caricae</i> (anamorph: <i>Phoma caricae-papayae</i>), <i>Phyllosticta</i> sp.
Petiole spot	<i>Didymella</i> sp.
Phytophthora blight	<i>Phytophthora palmivora</i> , <i>P. nicotianae</i>
Phytophthora fruit rot	<i>Phytophthora capsici</i> , <i>P. nicotianae</i> , <i>P. palmivora</i>
Powdery Mildew	<i>Sphaerotheca caricae-papayae</i> (anamorph: <i>Oidium caricae</i>), <i>Sphaerotheca humuli</i> , <i>Ovulariopsis papayae</i> , <i>Sphaerotheca fuliginea</i>
Rhizopus soft rot	<i>Rhizopus stolonifer</i> (syn. <i>R. nigricans</i>)
Root rot and damping off spp.,	<i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Ph. nicotianae</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Py. ultimum</i> , <i>Py. sp.</i> , and anastomosis group (AG) 4 of <i>Thanatephorus cucumeris</i> (ana- morph: <i>Rhizoctonia solani</i>)
Sclerotium blight	<i>Athelia rolfsii</i> (anamorph: <i>Sclerotium rolfsii</i>)
Seedling blight	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Stem-end rot	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Diplodia theobromae</i> , <i>Mycosphaerella caricae</i> (anamorph: <i>Phoma caricae-papayae</i>), <i>Phomopsis</i> sp., <i>Rhizopus stolonifer</i>
Stemphylium fruit spot	<i>Stemphylium lycopersici</i>
Stem rot	<i>Haematonectria haematococca</i> (anamorph: <i>Fusarium solani</i>), <i>Fusarium</i> sp., <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Py. ultimum</i>
Target spot	<i>Phyllosticta caricae-papayae</i>
Terminal necrosis and wilt	Tobacco ringspot virus

Verticillium wilt

Wet fruit rot

Yellow strap leaf

Miscellaneous

Algal leaf spot

Nematodes

Reniform nematodes

Root-knot nematodes

Phytoplasmas

Dieback

Yellow crinkle and mosaic

Viruses

Apical necrosis

Droopy necrosis

Feather leaf

Leaf curl disease

Meleira disease

Papaya droopy necrosis and

Papaya apical necrosis

Papaya leaf distortion mosaic Papaya leaf distortion mosaic virus

Papaya lethal yellowing disease

Papaya mild yellowing disease

Papaya Mosaic Disease

Papaya ringspot

Spotted wilt

Terminal necrosis and wilt

Verticillium dahliae

Phomopsis caricae-papayae, Phomopsis sp.

toxins produced by Aspergillus wentii in the rhizosphere

Cephaleuros virescens

Rotylenchulus reniformis, R. parvus

Meloidogyne incognita, M. javanica, M. arenaria, M. hapla

Candidatus Phytoplasma australiense

Candidatus Phytoplasma australasia

Papaya apical necrosis virus

Papaya droopy necrosis virus

Unknown virus

Papaya leaf curl virus

double-stranded RNA virus

rhabdoviruses

Papaya lethal yellowing virus

Papaya mild yellowing virus

Papaya mosaic virus

Papaya ringspot virus

Tomato spotted wilt virus

Tobacco ringspot virus

from APS common names of plant diseases and Ploetz (2003).

Table 5. Diseases of Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

Disease common name(s)	Cause(s)
Bacteria	
Acetic souring	Acetic acid bacteria
Bacterial fruitlet brown rot	<i>Erwinia ananas</i> pv. <i>ananas</i>
Bacterial heart rot	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
Fruit collapse	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
Marbled fruit	<i>Acetobacter</i> spp., <i>A. peroxydans</i> , <i>Erwinia herbicola</i> var. <i>ananas</i> ,
Pink fruit	<i>Acetobacter aceti</i> , <i>Erwinia herbicola</i> , <i>Gluconobacter oxydans</i> ,
Soft rot	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>
Fungi and stramenopiles	
Anthracnose	<i>Colletotrichum ananas</i>
Aspergillus rot	<i>Aspergillus flavus</i>
Botryodiplodia rot	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (syn. <i>Botryodiplodia theobromae</i>)
Black rot (water blister)	<i>Chalara paradoxa</i> (syn. <i>Thielaviopsis paradoxa</i> ; teleomorph: <i>Ceratocystis paradoxa</i>)
Butt rot	<i>Chalara paradoxa</i> (syn. <i>Thielaviopsis paradoxa</i> ; teleomorph: <i>Ceratocystis paradoxa</i>)
Fruitlet core rot	<i>Candida guilliermondi</i> , <i>Fusarium guttiforme</i> (syns. <i>F. subglutinans</i> , <i>F. moniliforme</i>), <i>Penicillium funiculosum</i>
Fusariosis (gummosis)	<i>Fusarium guttiforme</i> (syns. <i>F. subglutinans</i> , <i>F. moniliforme</i>)
Glassy spoilage	Yeasts
Hendersonula fruit rot	<i>Hendersonula toruloidea</i>
Interfruitlet corking	<i>Penicillium funiculosum</i>
Leaf spot	<i>Curvularia eragrostidis</i> (teleomorph: <i>Cochliobolus eragrostidis</i>)
Leathery pocket	<i>Penicillium funiculosum</i>
Nigrospora fruit rot	<i>Nigrospora sphaerica</i>
Phytophthora heart rot	<i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>P. nicotianae</i>
Rhizopus rot	<i>Rhizopus oryzae</i> , <i>R. stolonifer</i>
Root rot	<i>Pythium</i> spp., <i>Py. arrhenomanes</i>
Seedling blight	<i>Pythium</i> spp.

White leaf spot

Chalara paradoxa (syn. *Thielaviopsis paradoxa*; teleomorph: *Ceratocystis paradoxa*)

Yeasty fermentation

Yeasts

Nematodes

Lesion

Pratylenchus brachyurus, *P. elachistus* (syn. *P. minutus*)

Reniform

Rotylenchulus reniformis

Root-knot

Meloidogyne javanica

Spiral

Helicotylenchus spp.

Viruses

Mealybug wilt

Pineapple mealybug wilt-associated virus-2 + feeding by *Dysmicoccus* spp.

Yellow spot

Tomato spotted wilt virus

from APS Common names of plant diseases and Ploetz (2003).



Table 6. History of chemical control measures for black sigatoka	
Compound	Date of introduction
Bordeaux mixture	1936
EBDCs	1958
Protectants, oil/water emulsions	1962
Benzimidazoles	1973
Chlorothaliniil	1978
Tridemorph	1981
Triazoles	1984
Strobilurins	1997

Table 7. Reaction of important banana cultivars to Panama disease and yellow Sigatoka

Reaction to:					
Genome	Subgroup	Cultivar	Panama disease	Yellow Sigatoka	Black Sigatoka
AA		'Sucrier'	R	S	MS
		'Pisang Lilin'	R	R	R
AB		'Ney Poovan'	S	R	
AAA		'Ibota Bota'	R	R	R
	Cavendish		R	S	S
	Gros Michel		S	S	S
	Lujugira-Mutika		R	R	S
AAB		'Silk'	HS	SS	MS
		'Mysore'	R	R	SS
	Maia-Maoli/Popoulu		S	S	MS
	Plaintain		R	R	MS
	Pome	'Pome'	MS	S	S
ABB		'Bluggoe'	S	R	MS
		'Pisang Awak'	MS	R	SS
		'Saba'	R	R	SS
		'Cardaba'	R	R	SS
		'Pelipita'	R	R	MS
AAAA		'FHIA23'	R		
		'I.C. 2'	S	MS	
AAAB		'FHIA01'	R	R	R
AABB		'FHIA03'	R	R	R

From Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003; Stover and Simmonds, 1987.

UNACH

VI. ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS IMPORTANTES DE CHIAPAS

Randy C. Ploetz

Artículo traducido por: José Nelson Pérez Quintanilla y Erika Patricia Pinson Rincón.
Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México.

UNACH

En esta breve revisión se discute acerca de las principales enfermedades de los cultivos de mayor importancia de Chiapas: banano y plátano (*Musa spp.*), cacao (*Theobroma cacao*), mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Anana comosus*).

El espacio y el tiempo no permiten cubrir la mayoría de las enfermedades de estos cultivos, aunque se presentan listas bastante completas en las Tablas 1 a 5. Otros cultivos significativos de Chiapas no pudieron contemplarse en este documento, incluyendo: anona, aguacate, coco, café, cítricos, litchi, palma de aceite, caucho y vainilla. La información sobre estos y otros cultivos tropicales se puede obtener directamente con el autor.

Banano y Plátano (*Musa spp.*)

Enfermedad del moko. La enfermedad del moko es causada por la bacteria Gram negativa, *Ralstonia solanacearum* biovar 1, raza 2 la cual afecta diversos plátanos de consumo en fresco o postre, plátanos y bananos de cocción (Jones, 2000; Ploetz et al., 1994b). Externamente, las hojas más viejas de la planta se vuelven cloróticas, se marchitan, se encarrujan y al final mueren (Ploetz et al., 1994b). Luego, las hojas más jóvenes son afectadas hasta que el follaje completo es afectado. Los hijuelos también pueden ser afectados. Cuando las cepas del patógeno transmitidas por insectos infectan el pedúnculo, las flores masculinas se marchitan y se oscurecen, y las bacterias pueden exudar de la bellota. La fruta se torna amarilla y la cáscara muestra fracturas.

Internamente, la pulpa afectada de la fruta es firme pero de color marrón y más tarde se vuelve de color gris. El sistema vascular en el rizoma, el pseudotallo y el pedúnculo también se descolorean hasta el marrón oscuro. Los haces vasculares separados exudan una descarga lechosa del patógeno cuando se colocan en agua.

La infección de raíz a raíz y el movimiento del agua diseminan el patógeno. Sin embargo, la diseminación de la enfermedad implica generalmente a los insectos o al hombre (Jones, 2000). Los programas regulares de inspección y de erradicación son esenciales donde quiera que se establezca la enfermedad del moko. Esto incluye: (1) reconocimiento temprano de la enfermedad; (2) remoción de las flores masculinas; (3) desinfección rigurosa de las herramientas de la finca, especialmente los machetes que se utilizan para el corte de la bellota y el mantenimiento de la planta, y (4) destrucción de plantas afectadas y plantas circunvecinas aplicándoles herbicida. Estos sitios pueden ser replantados de 6 a 12 meses después de que todos los residuos del hospedero hayan desaparecido.

Sigatoka negra (raya negra de la hoja). La sigatoka negra es causada por el hongo ascomiceto, *Mycosphaerella fijiensis* (anamorfo: *Pseudocercospora fijiensis*); es la enfermedad más importante del banano. Otra enfermedad, la sigatoka amarilla, produce síntomas similares y tiene una distribución geográfica más amplia, pero la sigatoka negra es más agresiva y tiene una gama más amplia de hospederos (Stover y Simmonds, 1987). En los cultivares del grupo cavendish que son utilizados para la exportación, el control con fungicidas de la sigatoka negra es de tres a seis veces más caro que para la sigatoka amarilla. La sigatoka negra ataca los cultivares de banano y plátano que resisten la sigatoka amarilla, y causa grandes pérdidas de follaje y de producción de fruta. En la mayor parte de las zonas bajas tropicales húmedas, la sigatoka negra ha desplazado a la sigatoka amarilla como la enfermedad predominante de la hoja del banano.

Los síntomas inician como manchas pardas rojizas en el envés de la hoja. Luego se agrandan hasta llegar a ser visibles en la superficie del haz, y se alargan, oscurecen y adquieren un aspecto húmedo. Bordes oscuros con halos amarillos rodean las manchas cuando exceden de 1 - 2 centímetros de longitud, y cuando las manchas maduran sus centros se tornan de color gris y de aspecto hundido. En cultivares susceptibles, las manchas no se unen hasta que la superficie entera de la hoja muere. La enfermedad hace que la fruta madure prematuramente (un problema serio durante el transporte de la fruta), y en casos severos el racimo no se desarrolla completamente. Aunque los síntomas de la sigatoka negra pueden ser difíciles de distinguir de la sigatoka amarilla, los anamorfos respectivos son distintos: los conidios y los conidioforos de *P. fijiensis*, son fuertes y las cicatrices basales son oscuras, pero no los de *P. musae*; los teleomorfos son indistinguibles.

Los conidios y los ascosporas del hongo son ambos infectivos. Se forman bajo condiciones de humedad alta y son diseminados por el viento (Rutter *et al.*, 1998). Las estrategias de manejo varían según los cultivares, el ambiente, y el mercado previsto para la fruta (Fullerton y Stover, 1990). En plantaciones destinadas a la exportación de banano y plátano en fresco, se requiere de aplicaciones frecuentes de fungicidas. Las frecuencias de aplicación varían desde 36 al año para los bananos de postre y 19 por año para los plátanos (Jones, 2000). El control químico se ha desarrollado considerablemente durante los últimos 60 años (Tabla 6) (Ploetz, 2000).

Las prácticas culturales son también útiles. Éstas incluyen la remoción de hojas con manchas maduras, y la reducción de la humedad dentro de plantaciones con espaciamentos amplios entre las plantas y el drenaje eficiente con canales permanentes y pozos. Los pequeños productores, que no pueden permitirse estas medidas de control, son afectados por la sigatoka negra. Por ejemplo, pérdidas en el rendimiento del plátano de 33% y 76% fueron registradas durante el primer y segundo ciclos del cultivo, respectivamente, en África occidental (Mobambo *et al.*,

1996). Bajo condiciones marginales las plantaciones son a menudo abandonadas debido a las bajas producciones (Jones, 2000).

Algunos cultivares resisten a la sigatoka negra, pero la resistencia es pobre entre muchos tipos importantes de banano, incluyendo el banano de postre para la exportación AAA, de plátano AAB, de montaña AAA y de postre de AAB (Tabla 7). Además, los clones resistentes a la sigatoka negra pueden ser susceptibles a otros problemas tales como el mal de Panamá, nemátodos y picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).

Mal de Panamá (marchitez por *Fusarium*). El mal de Panamá, que también se conoce como marchitez por *Fusarium*, es causada por el hongo del suelo, *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. Es originario del sur oriente asiático, pero fue primero reportado en Australia en 1876 (Ploetz y Pegg, 1997). Este hongo fue responsable de las epidemias destructivas en plantaciones dedicadas a la exportación del clon "Gros Michel" antes que las plantaciones comerciales se cambiaran a los cultivares del grupo cavendish en los años sesenta. La enfermedad se ha dispersado de forma extensiva y actualmente se encuentra en la mayoría de las regiones productoras de banano.

El primer síntoma interno es una decoloración pardo-rojiza del xilema, se desarrolla en las raíces secundarias, que son los sitios iniciales de la infección. De ahí avanza hasta el rizoma y es más prominente donde el estele se conecta con la corteza. Una vez que se coloniza el pseudotallo, unas rayas o manchas marrón débiles llegan a ser evidentes dentro de las envolturas más viejas de la hoja. Eventualmente, las porciones grandes del xilema se tornan de color rojo ladrillo rojo a marrón. Los primeros síntomas externos son el amarillamiento de las hojas más viejas o un "picado" longitudinal de la porción más baja de las envolturas externas de la hoja en las plantas que tienen generalmente más de 4 meses de edad. Esto es seguido por el marchitamiento y encarrujado de las hojas en la base del pecíolo. En algunos casos, estas hojas se

siguen manteniendo verdes. Mientras progresa la enfermedad, las hojas más jóvenes se caen cuando el follaje completo muere.

Cuatro razas *F. oxysporum* f. sp. cubense han sido descritas, de las cuales sólo tres infectan al banano (la raza 3 es un patógeno de *Heliconia* spp.). La raza 1 causó las epidemias en el “Gros Michel” y también infecta a los cultivares “maqueño”, “seda” (“manzano”), “Pome”, “Pisang Awak”, y el híbrido “I.C.2”. La raza 2 infecta los plátanos de cocción, tales como “Bluggoe”, y algunos tetraploides mejorados. La raza 4 es la más destructiva puesto que infecta a cultivares susceptibles a las razas 1 y 2, así como cultivares del grupo Cavendish, los plátanos y otros bananos que son resistentes a las razas 1 y 2.

El patógeno se disemina en el suelo y a través del agua de escorrentía, y en los instrumentos y la maquinaria utilizados en la finca. Sin embargo, los rizomas infectados (“hijuelos”) que se utilizan como “semilla” son los responsables de la diseminación más amplia y eficaz. Generalmente, los clones susceptibles no deben ser replantados en los sitios infestados hasta por 30 años, debido a la supervivencia de largo plazo del patógeno (Stover, 1962; Waite y Dunlap, 1953). La enfermedad se maneja en suelos infestados con cultivares resistentes (ver Tabla 7). Donde la enfermedad no se ha encontrado, se deben utilizar materiales libres del patógeno para la siembra (de preferencia plantas de cultivo de tejidos). Las medidas biológicas y químicas eficaces no están disponibles.

Cacao (*Theobroma cacao*)

Mazorca negra (información editada de Guest, 2007). La mazorca negra (o mancha negra del cacao), es la enfermedad más perjudicial y más extendida del cacao, causada por 10 especies diversas de *Phytophthora*; *P. palmivora* (pantropical), *P. megakarya* (África occidental), y *P. capsici* (América tropical) son las más importantes. Las lesiones de la mazorca inician como manchas

oscuras y pequeñas, duros en cualquier parte de la mazorca, en cualquier etapa de su desarrollo. Las lesiones se diseminan rápidamente sobre la superficie completa de la mazorca y a los tejidos internos, incluyendo los granos, de genotipos susceptibles dentro de pocos días. Las mazorcas afectadas se momifican, y en el caso de *P. palmivora* proporciona un reservorio de inóculo por lo menos 3 años (Dennis y Konam, 1994). Bajo condiciones húmedas una sola mazorca puede producir hasta 4 millones de esporangios que son diseminados por la lluvia, hormigas, insectos voladores, roedores y murciélagos, en los instrumentos contaminados utilizados para la cosecha y las podas, y a través del suelo contaminado.

P. palmivora infecta la corteza, los cojinetes florales y los chupones causando cánceres. Los cánceres en la base del tallo se pueden extender a las raíces principales. Los cánceres son ocultados por la corteza pero a menudo exudan una goma rojiza o infectan a los cojinetes florales, matando a las flores. Cada año, los cánceres causan la muerte repentina de hasta 10% de los árboles, reduciendo la producción e imponiendo un costo adicional por la replantación de los árboles y la pérdida de la producción. En condiciones húmedas, *P. palmivora* también causa tizón de las plántulas de semillero y tizón de la hoja. Mientras que las infecciones de raíces finas son también comunes, éstas parecen ser más importantes como fuente del inóculo que como causa de daño serio para el árbol.

Aunque los síntomas aparecen a lo largo de todo el año, las epidemias más severas coinciden con la proliferación de esporangios y de insectos vectores durante la época lluviosa. Las zoosporas se pueden enquistar, germinan y penetran los tejidos finos del hospedero en un plazo de 20-30 minutos a través del agua libre. Bajo condiciones favorables las lesiones producen esporangios en un plazo de 48 horas después de la infección.

Estos patógenos del suelo se mueven a las partes aéreas del árbol del cacao vía "chilguateo" de la lluvia, y del equipo de aspersión contaminado. Los vectores, que incluyen hormigas

y escarabajos voladores, mueven el inóculo de *P. palmivora* a través de la copa del árbol (Konnam y Guest, 2002). Una vez en la copa, los reservorios de inóculo causan cánceres, infectando los cojinetes florales y momifican las mazorcas.

Las estrategias de manejo de la enfermedad se centran en la eliminación de fuentes de inóculo primario, la prevención del movimiento del inóculo del suelo a la copa, y la reducción de la producción del inóculo secundario vía cosecha frecuente y total de mazorcas, y la destrucción apropiada de las mazorcas momificadas, de las mazorcas infectadas y de las cáscaras de las mazorcas. Los productos químicos se recomiendan extensamente para el control de *Phytophthora*, pero su eficacia es variable, particularmente durante la presión de alta incidencia de la enfermedad durante la época lluviosa. La puesta en práctica de recomendaciones se da en función del costo-beneficio. Aspersiones de fungicidas protectantes a base de cobre y el metalaxyl con intervalos de 3 ó 4 semanas se recomiendan con frecuencia, pero raramente son rentables (Guest et al., 1994; Opuku, 2000). Las inyecciones anuales del tronco con la sal inorgánica del fosfonato de potasio, de bajo precio, son muy eficaces contra *P. palmivora* en áreas muy húmedas de Papúa Nueva Guinea (PNG) (Guest et al., 1994).

Moniliasis (editado de Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). La moniliasis es causada por el hongo Basidiomisetos *Moniliophthora roreri*. Es la enfermedad más destructiva del cacao, aunque tiene la distribución geográfica más reducida de las enfermedades principales. Sigue estando restringida al oeste de Suramérica, pero recientemente se dispersó a través de América Central, alcanzando a México en 2005; se diseminará a través de Suramérica una vez que se establezca en el lado este de los Andes (Phillips et al., 2006); sus esporas resistentes, que se producen en grandes cantidades en las mazorcas infectadas y la alta susceptibilidad de la mayoría de los cultivares, hacen de la moniliasis la enfermedad más peligrosa del cacao (Ram, 1989).

Las mazorcas son el único órgano del cacao que son infectadas. Los síntomas externos incluyen la muerte de frutos jóvenes, lesiones pequeñas húmedas y hundidas, deformación y maduración prematura y manchas color chocolate. En infecciones avanzadas los tejidos internos de las mazorca parecen formar una masa compacta rodeada por una sustancia acuosa. Las manchas color chocolate desarrollan una capa de micelio blanco entre los 4 y 5 días, la cual posteriormente se vuelve oscura debido a las esporas maduras. Después de 3 meses, estos frutos se secan y momifican en los árboles y siguen prendidos al tronco, convirtiéndose en la fuente principal del inóculo responsable de nuevas infecciones durante un periodo considerable de tiempo. El viento es la manera principal por la cual las esporas se dispersan, pero las actividades humanas son también importantes; por ejemplo, el periodo largo de latencia en las mazorcas antes de que los síntomas visibles se desarrollen mostrando una fruta aparentemente sana, el fruto infectado sistémicamente es transportado y usado como fuente de material de siembra (Evans, 1981)

Mango (*Mangifera indica*)

Antracnosis. La antracnosis, causada generalmente por *Colletotrichum gloeosporioides* (teleomorfo: *Glomerella cingulata*) es la enfermedad más importante del mango en todas las aéreas de producción incluidas las áridas (Cook, 1975; Dodd et al., 1997; Ploetz y Prakash, 1997). Causa defectos en la fruta y es el principal problema en pre y postcosecha, pero puede dañar también el follaje (Bose et al., 1973).

La fruta pequeña puede desarrollar pequeñas manchas de color marrón y abortar si es infectada al principio de su desarrollo. Más comúnmente en la fruta verde, el desarrollo de las infecciones se detiene y después se forman los apresorios. El desarrollo de la enfermedad ocurre después de que la fruta comienza a madurar. Se desarrollan lesiones irregulares de color

marrón oscuro a negro, formándose algunas veces deprimidas y pueden agrietar la superficie de la fruta. Bajo condiciones húmedas, grandes áreas pueden ser dañadas y se forman masas de conidios de color rosado a naranja sobre la superficie necrosada. Las lesiones se pueden formar en cualquier parte de la fruta, aunque transferencias lineares que se irradian del pedúnculo al ápice son comunes. Las lesiones en la fruta son inicialmente superficiales, y penetran más profundamente hasta 5 mm en el mesocarpio durante las etapas finales del desarrollo.

Los nuevos flujos foliares son las fuentes más significativas de conidios; son dispersados generalmente por el golpeteo de la lluvia, y la infección requiere de la humedad libre (Jeffries *et al.*, 1990). Aunque algunos cultivares de mango son moderadamente tolerantes, ninguno es suficientemente resistente para ser producido sin el uso de fungicidas en las áreas húmedas (Dodd *et al.*, 1997). El uso de los fungicidas se centra en la reducción del daño a las inflorescencias y a la fruta. Debido a que el follaje y las ramas infectadas son las fuentes importantes del inóculo, el prendimiento de frutos y el control de la antracnosis en éstos se incrementa si el control de la enfermedad se realiza antes de la floración (Jeffries *et al.*, 1990). El control en postcosecha de las infecciones latentes es generalmente necesario, en particular si la fruta se almacena o se transporta (Dodd *et al.*, 1997). Los tratamientos con agua caliente no deben exceder de 55°C y cuando el tratamiento de agua caliente se combina con fungicidas (por ejemplo benomil o imazalil), la temperatura del agua se debe reducir a 52 ó 53°C.

Malformación o escoba de bruja. La malformación o escoba de bruja se refiere al crecimiento anormal de las inflorescencias que ocurre en árboles infectados. Los raquis primarios y secundarios de las inflorescencias son acortados, endurecidos y profusamente ramificados (Ploetz, 2003; Ploetz y Prakash, 1997). Las panículas mal formadas producen hasta tres veces el número normal de flores y éstas son generalmente más grandes que las normales. Las inflorescencias afectadas producen por lo general estructuras vegetativas (filodia). Dado que las

inflorescencias afectadas no prenden frutos, la malformación puede reducir grandemente la producción de fruta.

Los brotes vegetativos también son afectados, y se usan los nombres “bunchy top” y “escoba de bruja” para describir la distorsión de estos órganos en algunas áreas (Ploetz, 2001). Las yemas de los brotes apicales o axilares se deforman y se acortan notablemente en sus entrenudos. Las hojas se enanizan, y son estrechas, frágiles y curvadas hacia atrás del raquis principal. Las yemas no se expanden completamente, dando por resultado una apariencia “arrepollada” de estas partes de la planta. Si todos los brotes en una planta son infectados, ésta queda achaparrada.

La causa de la malformación o escoba de bruja fue confusa durante muchos años; las causas sugeridas incluyeron ácaros, problemas nutricionales, desequilibrios hormonales, virus, fitoplasmas y otros factores desconocidos (Ploetz, 2001). Aunque un agente etiológico fungoso ha sido confirmado como agente causal de esta enfermedad por numerosos investigadores en por lo menos seis diversos países, está claro que varios patógenos están implicados. *F. mangiferae* (sins. *Fusarium moniliforme* y *F. subglutinans*) es el más común y ampliamente divulgado, pero por lo menos otras dos especies causan estos síntomas. *F. sterilihyphosum* en Brasil y Suráfrica, y *F. sp. MP I* en Brasil. En México, un cuarto taxón que está cercanamente relacionado con *F. sp. MP I* puede ser el responsable (Rodríguez-Alvarado et al., 2006).

La diseminación de esta enfermedad a través de largas distancias se da por el movimiento de materiales de vivero infectados. En el caso de distancias más cortas, el ácaro de la yema del mango puede vectorear al patógeno y facilitar la infección vía sus actividades de alimentación en las células epidérmicas de los brotes florales y vegetativos. *F. mangiferae* tiene una distribución altamente localizada dentro de los árboles de mango malformados (Ploetz, 1994), y las infecciones pueden permanecer latentes por largos periodos antes de que se desarrollen los síntomas.

Las plantaciones nuevas se deben establecer con materiales de semillero y vivero libres del patógeno. Los restos de las podas nunca se deben tomar de una huerta infectada, y las plantas infectadas que se observen en el vivero deben ser extraídas y destruidas. Los viveros no se deben establecer dentro de las huertas, especialmente cuando son afectados por la escoba de bruja. Una vez que la enfermedad sea detectada en la huerta, la eliminación de los tejidos con síntomas de los árboles infectados es generalmente eficaz (Ploetz, 2001). Las terminales infectadas que incluyan tres nudos se deben podar de los árboles, extraerlas del campo y quemarlas durante dos o tres años consecutivos. Después de esto, la enfermedad se puede mantener controlada todos los años removiendo los tejidos con síntomas.

Pudrición del pedúnculo. La pudrición del pedúnculo es una enfermedad de postcosecha que incrementa su importancia cuando las huertas envejecen y cuando los programas de aplicación de fungicidas precosecha reducen la incidencia y la severidad de la antracnosis (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). Las pérdidas pueden aumentar durante el almacenaje prolongado a bajas temperaturas, o cuando la fruta madura a temperaturas menores a 28°C. Los síntomas variados son causados por diversos hongos en el pedúnculo cuando la fruta madura. *Diplodia theobromae*, *Fusicoccum aesculi* y *F. mangiferum* causan síntomas difusos húmedo hundidos que se extienden desde el pedúnculo y se ennegrecen. La necrosis es subcuticular y puede afectar todo el mesocarpio en un lapso de una semana a 25°C. *Phomopsis mangiferae* produce lesiones oscuras en el pedúnculo que penetran el mesocarpio, pero no se disemina tan rápidamente como los hongos antes mencionados. Estas lesiones se asemejan a la antracnosis del pedúnculo causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, pero las últimas lesiones penetran generalmente el mesocarpio no más profundamente de 10 a 20 milímetros y se cubren con masas de esporas del patógeno de color rosado salmón. *Cytosphaera mangiferae* es de lenta diseminación, las lesiones bronceadas en el pedúnculo son similares a los síntomas producidos

por *Aspergillus niger*. *C. mangiferae* produce un conidioma característico alrededor del pedúnculo. *Pestalotiopsis mangiferae* causa lesiones bronceadas que se desarrollan lentamente y se cubren después con acérvulos.

Los hongos causales son endofíticos en el tejido del pedúnculo del mango (Ploetz et al., 1994). Estos hongos infectan la inflorescencia en su desarrollo temprano y alcanzan el pedicelo del fruto varias semanas después del inicio de la floración. Luego se mantienen en latencia hasta que la fruta madura. La inmersión en agua caliente a 52°C más benomil por cinco minutos es eficaz, pero no es permitido en muchas áreas. El tratamiento únicamente con agua caliente (55°C) o tratamiento térmico a base de vapor son medidas de control menos eficaces. Cuando la fruta se coloca en almacenaje fresco por periodos largos debe ser tratada con un fungicida. Las aplicaciones de oxiclورو de cobre en precosecha y la aplicación en postcosecha del prochloraz también pueden reducir la pudrición del pedúnculo, aunque el nivel de control será inferior al obtenido con benomil mas agua caliente. La fruta no se debe colocar en el suelo para removerle la savia.

Papaya (*Carica papaya*)

Antracnosis. Esta enfermedad, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (teleomorfo: *Glomerella cingulata*), es una importante enfermedad de postcosecha de la papaya en la mayoría de las áreas productoras, particularmente cuando la fruta se transporta a mercados distantes (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). Aparecen puntos pequeños, húmedo hundidos en la superficie de la fruta cuando inicia la maduración. A medida que la infección avanza, se forman lesiones hundidas y circulares con márgenes café claros translúcidos. Masas de conidios de color naranja claro a rosado cubren la porción central de las lesiones y con frecuencia aparecen dentro de un anillo concéntrico. El tejido interno es firme con una decoloración blanco grisáceo, que poste-

riormente se torna café. Un segundo tipo de síntoma, denominado machas chocolate aparece levemente deprimida de color pardo rojizo de irregular a circulares, son manchas agudamente definidas de 1 a 10 mm de diámetro. Se agrandan rápidamente en cuanto la fruta madura para formar lesiones hundidas características.

El inóculo primario, los conidios, se forman en pecíolos y hojas senescentes y son diseminados por el viento o la lluvia. El hongo infecta a los frutos sanos sin magulladuras y fruta verde inmadura en el campo. Las esporas germinan formando apresorios en la superficie de la fruta, y penetran la cutícula directamente con la ayuda de enzimas y de la presión mecánica (Latunde-Dada, 2001; Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). Las hifas subcuticulares permanecen latentes hasta que se inicia la maduración de la fruta. Las altas temperaturas y la humedad relativa, favorecen el desarrollo de la enfermedad.

La antracnosis es manejada aplicando fungicidas a la fruta en la plantación, particularmente cuando las condiciones atmosféricas favorecen el desarrollo de la enfermedad. Los tratamientos con fungicidas en postcosecha y el tratamiento con agua caliente también permiten su control.

El bunchy top de la papaya. El bunchy top de la papaya, causado por *Rickettsia* sp. es una seria enfermedad que generalmente limita la producción comercial en las regiones tropicales de América (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). Los síntomas iniciales incluyen clorosis difusa en hojas jóvenes con una reducción en el crecimiento de éstas y de los pecíolos. Se desarrollan pequeñas manchas húmedas hundidas discretas en los pecíolos afectados y en los tallos, convirtiéndose más tarde en manchas irregulares de 1 a 2 mm de diámetro. Los pecíolos son rígidos, casi horizontales y acortados. Las láminas de la hoja son endurecidas, tiesas, ahuecadas hacia abajo con clorosis y necrosis marginales e intervenales. El crecimiento apical cesa, que, con los entrenudos acortados da un aspecto de arrepollado a las plantas (Cook, 1972). Las plantas

crónicamente infectadas presentan a menudo solamente un penacho de hojas pequeñas en el ápice. La floración y el prendimiento de la fruta ocurren raramente en las plantas infectadas (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). La ausencia de flujo de látex en punciones o heridas en las hojas, pedúnculos y frutos, es una prueba válida para esta enfermedad.

El bunchy top es transmitido por dos chicharritas *Empoasca papayae* y *E. stevensi*, y la distribución de la enfermedad coincide en gran parte con su distribución (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). El insecto citado anteriormente es el vector principal, y es la única chicharrita que se conoce asociada a la papaya. Los insectos de ambas especies por sí solos pueden transmitir el agente causal y los síntomas aparecen a los 30 ó 45 días después de la inoculación. El nivel de tolerancia en un cultivar afecta el grado y la severidad de la expresión de los síntomas. Los cultivares tolerantes son útiles donde la presión de la enfermedad es baja. El control ha sido alcanzado aplicando insecticidas sistémicos para el control del vector y destruyendo las plantas infectadas para permitir el desarrollo de yemas axilares sanas (Cook, 1972). La terapia con antibióticos aplicados a la raíz ha resultado en la remisión de síntomas.

Mancha anular de la papaya. La mancha anular de la papaya es causada por el “potyvirus Papaya ringspot virus” que es un virus no persistente, transmitido por un áfido, es la enfermedad más extendida y más destructiva de la papaya (Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003). Las plantas de todas las edades son susceptibles y los síntomas son generalmente más severos durante las temporadas más frescas. La enfermedad deriva su nombre de los anillos hundidos de color verde oscuro característicos que se desarrollan en pecíolos y en la fruta de las plantas infectadas, que suelen persistir como marcas de color anaranjado a pardo cuando la fruta madura. Las rayas verde oscuro hundidas y húmedas se desarrollan en pecíolos y tallos. Hay formación de moteado y de mosaico de variada severidad que se desarrollan en las hojas y

que adquieren generalmente un aspecto rizado. Las plantas infectadas se quedan enanas y el prendimiento del fruto es notablemente reducido o ausente (Cook, 1972).

La papaya es la mayor fuente primaria y secundaria de inóculo, y la rápida diseminación secundaria puede ocurrir en las plantaciones (100% de incidencia en menos de 6 meses) (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). La transmisión es casi enteramente debida a las poblaciones transitorias del áfido pues la papaya no es un hospedero preferido y las colonias del áfido se encuentran muy raramente en las plantas.

Las cuarentenas y cultivos de borde pueden retrasar la diseminación de la enfermedad pero no necesariamente proporcionan control a largo plazo. Es esencial establecer plantaciones con plantas de semillero libres del patógeno, y las plantaciones nuevas se deben situar lo más lejos posible de las plantaciones infectadas. Las plantaciones se pueden rodear por cultivos no hospederos o intercalar con otros cultivos de árboles. Estas medidas ayudan a diluir la cantidad de inóculo del virus que alcanza a la papaya. Pues los áfidos prueban primero en especies no hospederas y en el proceso pierden su capacidad de transmitir el virus. Las selecciones de cultivares con tolerancia a la enfermedad han proporcionado avances contemporáneos en el manejo de esta enfermedad; se ha logrado progreso a través del mejoramiento convencional (cruzas de *Carica papaya* con parientes resistentes de *C. cauliflora*, *C. quercifolia*, *C. pubscens* y *C. stipulata*) o la transformación genética (capa de proteína u otros genes del patógeno).

Piña (*Anana commosus*)

Marchitez por cochinilla. La marchitez por cochinilla (marchitez roja) es un problema universal. La fuerte asociación de las cochinillas con varias especies de hormigas hace muy difícil el control de esta marchitez. Cuando el material vegetativo de siembra (coronas e hijuelos) se toman de

las plantas infectadas, puede ser una fuente de inóculo y desarrollar eventualmente los síntomas (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003).

Los primeros síntomas son un enrojecimiento de las hojas, generalmente en los márgenes de las plantaciones. Estos síntomas son causados por una detención en el crecimiento de la raíz y el colapso del sistema radicular, pero los mismos síntomas también pueden resultar por la sequía, por daño de nemátodos, y por la pudrición de la raíz. Los síntomas de la hoja no sirven para el diagnóstico a menos que altas poblaciones de cochinillas estén presentes o se asocien a los bordes del campo.

Las hormigas, cochinillas y por lo menos tres virus están presentes en las plantas infectadas: dos closterovirus, Pineapple mealybug wilt-associated virus-1, PMWaV-1, y Pineapple mealybug wilt-associated virus-2, PMWaV-2; y un badnavirus no clasificado. Las hormigas protegen a las cochinillas de los parásitos y depredadores, así como aprovechan la mielecilla que producen (Ploetz *et al.*, 1994; Ploetz, 2003). El PMWaV-2 fue reportado recientemente como agente causal. Las plantas que fueron infectadas con el PMWaV-2 e infestadas con cochinillas desarrollaron los síntomas de la enfermedad, pero no se desarrollaron síntomas en las plantas que únicamente fueron infectadas o infestadas. Aunque el PMWaV-1 y el badnavirus fueron detectados en plantas sintomáticas en el campo, no causaron síntomas de la marchitez solas o en combinación con las cochinillas alimentándose. La cochinilla rosada *Dysmicoccus brevipes*, y la cochinilla gris *D. neobrevipes*, vectorean al PMWaV-2. Cuando las hormigas son controladas y los depredadores y parásitos de la cochinilla están presentes, generalmente la marchitez no es un problema.

Pudrición del corazón por *Phytophthora* y pudrición de la raíz. Las pérdidas mundiales son altamente variables. La pudrición del corazón da como resultado la muerte de la planta, mientras que la pudrición de la raíz reduce el tamaño de la fruta y la calidad, o causa la supresión del

desarrollo de la planta y los rendimientos; en ambientes más frescos con altas precipitaciones, la pudrición de la raíz puede eliminar el cultivo.

Phytophthora cinnamomi, es el patógeno primario causante de la pudrición del corazón, especialmente a temperaturas moderadas (19 a 25°C); *P. nicotianae* y *P. palmivora* son, al parecer, más importantes a temperaturas arriba de 25°C. Las hojas jóvenes de plantas infectadas no se alargan y se vuelven cloróticas. El manojito terminal de hojas se inclina a un lado de la planta y se puede remover fácilmente.

P. cinnamomi, *P. nicotianae* y *Pythium arrhenomanes* son agentes causales de la pudrición de la raíz (Erwin y Ribiero, 1996). Estos patógenos provocan que el crecimiento de la hoja se retrase o se detenga, las hojas se enrojecen, y los ápices y los márgenes de la hoja adquieren un color amarillo y eventualmente se necrosan. Los síntomas se desarrollan lentamente. Si las condiciones son secas después de la infección, las plantas infectadas pueden aparecer rojizas como si estuvieran bajo severo estrés de sequía. Cuando se tiene una marchitez severa, el daño de la raíz puede ser extenso, y las plantas infectadas se pueden tirar fácilmente al suelo. Una combinación de estrategias se utiliza para manejar estas enfermedades. La más importante es la mejora del drenaje del suelo con flujo superficial creciente y sembrar en camas levantadas. La inmersión antes de la siembra y aplicaciones foliares postsiembra de Fosetil Al son también eficaces. El metalaxil es eficaz pero está registrado únicamente para usarse en inmersión en pre-siembra. La tolerancia al metalaxil puede adquirirse después de su uso continuo y prolongado.

Literatura citada

- APS. Common names of plant diseases on APSnet. American Phytopathological Society. (<http://www.apsnet.org/online/common/toc.asp>).
- Bose, S.K., Sindhan, G.S. and Pandey, B.H. 1973. Studies on dieback disease of mango in the Tarai region of Kuaon. Progressive Horticulture 70, 557-584.

- Cook, A.A. 1975. Diseases of Tropical and Subtropical Fruits and Nuts. Hafner Press. New York.
- Dennis, J.J.C. and Konam, J.K. 1994. Phytophthora palmivora: cultural control methods and their relationship to disease epidemiology on cocoa in PNG. Proceedings of the 11th International Cocoa Research Conference, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 July. Cocoa Producers Alliance, London, pp. 953-957.
- Dodd, J.C., Prusky, D., and Jeffries, P. 1997. Fruit diseases. In: Litz, R.E. (ed.) The Mango: Botany, Production and Uses. CABI., pp. 257-280.
- Erwin, D.C., and Ribiero, O.K. 1996. Phytophthora Diseases Worldwide. APS Press. St. Paul.
- Evans, H.C. 1981. Pod rot of cacao caused by Moniliophthora (Monilia) roreri. Commonwealth Mycological Institute, London, UK. Phytopathol. Papers no. 24, 44 p.
- Fitzell, R.D. 1979. Colletotrichum acutatum as a cause of anthracnose of mango in New South Wales. Plant Disease Reporter 63:1067-1070.
- Fitzell, R.D., Peak, C.M. and Darnell, R.E. 1984 A model for estimating infection levels of anthracnose disease of mango. Annals of Applied Biology 104:451-458.
- Fitzell, R.D. and Peak, C.M. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum sources, spore production and dispersal. Annals of Applied Biology 104:53-59.
- Fullerton, R.A., and Stover, R.H. (eds.) 1990. Sigatoka Leaf Spot Diseases of Banana. Proceedings of an International Workshop held at San José, Costa Rica, 28 March – 1 April, 1989. INIBAP. Montpellier, France. 374 pp.
- Guest, D. 2007. Guest, D.I., Anderson, R.D., Foard, H.J., Phillips, D., Worboys, S. and Middleton, R.M. 1994. Long-term control of Phytophthora diseases of cocoa using trunk-injected phosphonate. Plant Pathology 43, 479-492.
- Jeffries, P., Dodd, J.C., Jeger, M.J. and Plumbley, R.A. 1990. The biology and control of Colletotrichum species on tropical fruit crops. Plant Pathology 39:343-366.
- Jones, D.R. (ed.) 2000. Diseases of Banana, Abacá and Enset. CABI Publishing. Wallingford, UK. 544 pp.
- Konam, J.K. and Guest, D.I. 2002 Leaf litter mulch reduces the survival of Phytophthora palmivora under cocoa trees in Papua New Guinea. Australasian Plant Pathology 31:381-383.
- Latunde-Dada, A.O. 2001. Colletotrichum: tales of forcible entry, stealth, transient confinement and breakout. Molecular Plant Pathology 2:187-198.
- Mobambo, K.N., Gauhl, F., Swennen, R., and Pasberg-Gauhl, C. 1996. Assessment of the cropping cycle effects on black leaf streak severity and yield decline of plantain and plantain hybrids. International Journal of Pest Management 42:1-8.
- Opuku, I.Y., Appiah, A.A. and Akrofi, A.Y. 2000. Phytophthora megakarya: a potential threat to the cocoa industry in Ghana. Ghana Journal of Agricultural Science 33:237-248.

- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C.F., Lopez, A.P., Hernandez, J., and Aime, M.C. 2006. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (= moniliasis disease) of cacao in Mexico. *Plant Pathology* 55:584.
- Phillips-Mora, W., and Wilkinson, M.J. 2007. Frosty pod: A disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage. *Phytopathology* 97:(In press).
- Ploetz, R.C. (ed.). 2003. *Diseases of Tropical Fruit Crops*. CABInternational.
- Ploetz, R.C. 2001. Malformation: A unique and important disease of mango, *Mangifera indica* L. in: B.A. Summerell, J.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden, and Burgess, L. (eds.). *Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium*. APS Press.
- Ploetz, R.C. 2000. Management of the most important disease of banana and plantain, black Sigatoka. *Pesticide Outlook* 11:19-23.
- Ploetz, R.C. 1994. Distribution and prevalence of *Fusarium subglutinans* in mango trees affected by malformation. *Canadian Journal of Botany* 72:7-9.
- Ploetz, R.C., and Pegg, K.G. 1997. *Fusarium* wilt of banana and Wallace's line: Was the disease originally restricted to his Indo-Malayan region? *Australasian Plant Pathology* 26:239-249.
- Ploetz, R.C. and Prakash, O. 1997. Foliar, floral and soilborne diseases. In: Litz, R.E. (ed.) *The Mango: Botany, Production and Uses*. CABI. pp. 281-326.
- Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G. and Ohr, H.D. (eds). 1994. *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. APS Press, St. Paul.
- Ram, A. 1989. Biology, epidemiology and control of moniliasis (*Moniliophthora roreri*) of cacao. Thesis PhD. University of London, UK. 286 p.
- Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S.P., and Ploetz, R.C. 2006. *Fusarium* sp. characterization causing mango malformation in Michoacan Mexico. *Phytopathology* 96:S99
- Rutter, J., Burt, P.J.A., and Ramirez, F. 1998. Movement of *Mycosphaerella fijiensis* spores and sigatoka disease development on plantain close to an inoculum source. *Aerobiology* 14:201-208.
- Stover, R.H. 1962. *Fusarial Wilt (Panama Disease) of Bananas and other Musa species*. CMI, Kew, Surrey, UK, 117 pp.
- Stover, R.H. 1972. *Banana, Plantain and Abaca Diseases*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK, 316 pp.
- Stover, R.H., and Simmonds, N.W. 1987. *Bananas*. 3rd ed. Longmans. London. 468 pp.
- Waite, B.H., and Dunlap, V.C. 1953. Preliminary host range studies with *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. *Plant Disease Reporter* 37:79-80.

Cuadro 1. Enfermedades del Banano y Plátano (*Musa spp.*)

Nombre Común de la Enfermedad	Agente Causal
Bacteria	
Bacteria del rizoma y Pudrición suave del pseudotallo	<i>Erwinia sp.?</i>
Marchitez Bacteriana	<i>Ralstonia (sin. Pseudomonas) solanacearum (raza 1)</i>
Mal de sangre	<i>Ralstonia (sin. Pseudomonas) solanacearum</i>
Bugtok	<i>Ralstonia (sin. Pseudomonas) solanacearum (raza 2)</i>
Pudrición del ápice del dedo (gomosis)	<i>Pseudomonas sp.</i>
Marchitez vascular de Java	" <i>Pseudomonas musae</i> "
Moko	<i>Ralstonia (sin. Pseudomonas) solanacearum (raza 2)</i>
Pudrición del rizoma (bacteria de la cabeza)	<i>Erwinia carotovora ssp. carotovora, E. chrysanthemi</i>
Pudrición húmeda del pseudotallo	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
Hongos y Estraminipila	
Antracnosis	<i>Colletotrichum musae</i>
Pudrición del corno por Armillaria	<i>Armillaria mellea, A. tabescens</i>
Mancha chapopote	<i>Phyllachora musicola</i>
Sigatoka Negra (Raya negra de la hoja)	<i>Mycosphaerella fijiensis (anamorfo: Pseudocercospora fijiensis)</i>
Pudrición negra de la raíz	<i>Rosellinia bunodes</i>
Mancha parda	<i>Pestalotiopsis leprogena</i>
Mancha café	<i>Cercospora hayi</i>
Pudrición del fruto	<i>Ceratocystis paradoxa (anamorfo: Chalara paradoxa)</i>
Punta de cigarro	<i>Verticillium theobromae, Trachysphaera fructigena</i>
Moteado por Cladosporium	<i>Cladosporium musae</i>
Pudrición seca del corno	<i>Junghuhnia vincta</i>
Mancha de la hoja por cordana	<i>Cordana johnstonii, C. musae</i>
Pudrición de la corona	<i>Fusarium pallidroseum, Colletotrichum musae, Verticillium theobromae, Fusarium spp., Acremonium spp.</i>
Pudrición de la raíz por Cylindrocladium	<i>Cylindrocladium spp.</i>
Muerte de plántulas	<i>Deightoniella torulosa</i>
Moteado de la fruta por Deightoniella	<i>Deightoniella torulosa</i>

Mancha de la hoja y pudrición de la punta

Mancha diamante

Pudrición de la punta del enano Cavendish

Mancha de la hoja de Eumusae

Mancha de ojo

Moteado del fruto

Pudrición del fruto

Pudrición fungosa de la raíz

Escaldado fungosa

Marchitez por Fusarium (Mal de Panamá)

Roya de la hoja

Moteado de la hoja

Manchas de la hoja

Pudrición del tallo principal

Mancha de la hoja

Pudrición por Marasmiellus

Pudrición del pedúnculo

Mancha de la hoja por Pestalotiopsis

Mancha de la hoja por Phaeoseptoria

Punteado

Pudrición del corazón del pseudotallo

Pudrición de la raíz y del rizoma

Pudrición del fruto por Sclerotinia

Pudrición de la vaina

Sigatoka amarilla

Fumagina

Cercospora hayi, *Fusarium* spp.

Natrassia mangiferae (sin. *Hendersonula toruloidea*)

Mycosphaerella eumusae (anamorfo: *Pseudocercospora eumusae*)

Drechslera gigantea

Guignardia musae (anamorfo: *Phyllosticta musarum*)

Botryosphaeria ribis

Fusarium solani (teleomorfo: *Nectria haematococca*)

Fusarium oxysporum, *Rhizoctonia* spp.

Colletotrichum musae

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense*

Uredo musae, *U. musae*

Acrodontium simplex

Curvularia eragrostidis, *Drechslera musae-sapientum*, *Leptosphaeria musarum*, *Pestalotiopsis disseminata*

Ceratocystis paradoxa

Haplobasidium musae

Marasmiellus inoderma (sin. *Marasmius semiustus*)

Lasiodiplodia theobromae, *Fusarium pallidoroseum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium theobromae*

Pestalotiopsis palmarum

Phaeoseptoria musae

Pyricularia grisea

Fusarium moniliforme (teleomorfo: *Gibberella fujikuroi*)

Cylindrocarpon musae

Sclerotinia sclerotiorum

Nectria foliicola

Mycosphaerella musicola (anamorfo: *Pseudocercospora musae*)

Limacinula tenuis

Moteado	<i>Mycosphaerella musae</i>
Chorreado (Punta negra)	<i>Nigrospora sphaerica</i>
Pudrición del pedúnculo	<i>Colletotrichum musae</i>
Pudrición del dedo por Trachysphaera	<i>Trachysphaera frutigena</i>
Moteado tropical	<i>Ramichloridium musae</i> (sins. <i>Veronaea musae</i> , <i>Periconiella musae</i>)
Pudrición de la punta por Verticillium	<i>Verticillium theobromae</i>
Nemátodos	
Nemátodo barrenador	<i>Radopholus similis</i>
Nódulos de la raíz	<i>Meloidogyne arenaria</i> , <i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i>
Lesión de la raíz	<i>Pratylenchus coffeae</i> , <i>P. goodeyi</i> , <i>P. brachyurus</i> , <i>P. reniformis</i>
Nematodo espiral	<i>Helicotylenchus multicinctus</i> , <i>H. dihystra</i>
Virus	
Mosaico de la bráctea	<i>Banana bract mosaic virus</i>
Arrepollado (Bunchy top)	<i>Banana bunchy top virus</i>
Virus del Mosaico	<i>Cucumber mosaic virus</i>
Virus rayado	<i>Banana streak virus</i>

Tomado de Nombres comunes de enfermedades de plantas de la APS.

Cuadro 2. Enfermedades del Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Nombre Común de la Enfermedad	Agente Causal
Bacteria	
Agalla de la corona	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Raya	<i>Erwinia caratovora</i>
Hongos y Estraminipila	
Antracnosis	<i>Colletotrichum gleosporioides</i> (teleomorfo: <i>Glomerella cingulata</i>)
Pudrición de la raíz por Armillaria	<i>Armillaria mellea</i>
Mazorca negra	<i>Phytophthora arecae</i> , <i>P. capsici</i> , <i>P. citrophthora</i> , <i>P. heveae</i> , <i>P. megakarya</i> , <i>P. megasperma</i> , <i>P. nicotianae</i> , <i>P. palmivora</i>
Pudrición negra de la raíz (Rosellinia)	<i>Rosellinia bunodes</i> , <i>R. paraguayensis</i> , <i>R. pepo</i>
Raíz parda	<i>Phellinus noxius</i>
Cáncer	<i>Phytophthora citrophthora</i> , <i>P. palmivora</i> , <i>Ceratocystis fimbriata</i>
Marchitez por <i>Ceratocystis</i> (mal de machete)	<i>Ceratocystis cacaofunesta</i> (sin. <i>fimbriata</i>)
Agalla del cojinete (punto verde)	<i>Albonectria</i> (sins.: <i>Calonectria</i> y <i>Nectria</i>) <i>rigidiuscula</i> (anamorfo: <i>Fusarium</i> <i>decemcellulare</i>)
Grieta del collar	<i>Armillariella mellea</i> , <i>A. tabescens</i>
Pudrición del collar	<i>Ustilina deusta</i>
Pudrición de la mazorca por <i>Crinipellis</i>	<i>Moniliophthora</i> (sin. <i>Crinipellis</i>) <i>perniciosa</i>
Agalla del cojinete (punto verde)	<i>Albonectria rigidiuscula</i> (anamorfo: <i>Fusarium</i> <i>decemcellulare</i>)
Moniliasis	<i>Moniliophthora</i> (sin. <i>Monilia</i>) <i>rorei</i>
Tizón pelo de caballo	<i>Crinipellis sarmentosa</i>
Pudrición de la mazorca por <i>Lasiodiplodia</i>	<i>Lasiodiplodia</i> (sin. <i>Botryodiplodia</i>) <i>theobromae</i>
Antracnosis de la hoja	<i>Colletotrichum</i> spp.
Pudrición de la mazorca por <i>Macrophoma</i>	<i>Macrophoma</i> spp.
Mal rosado	<i>Erythricium salmonicolor</i>
Muerte súbita	<i>Verticillium dahliae</i> , <i>Mycocleptodiscus terrestris</i>
Tizón del hilo	<i>Ceratobasidium koleroga</i>
Pudrición de la mazorca por <i>Trachysphaera</i> (mazorca harinosa)	<i>Trachysphaera fructigena</i>
Muerte regresiva vascular	<i>Oncobasidium theobromae</i>

Pudrición violeta de la raíz	<i>Nectria mauritiicola</i> (<i>Sphaerostilbe repens</i> sin.)
Pudrición húmeda de la raíz	<i>Ganoderma philippii</i>
Pudrición blanca de la raíz	<i>Rigidiporus microporus</i> (sin. <i>R. lignosus</i>)
Hilo blanco	<i>Marasmiellus scandens</i>
Escoba de bruja	<i>Moniliophthora</i> (sin. <i>Crinipellis</i>) <i>perniciosa</i>
Misceláneos	
Enfermedad por Alga	<i>Cephaleuros virescens</i>
Muérdagos	<i>Denrophthora</i> spp., <i>Loranthus</i> spp., <i>Oryctanthus</i> spp., <i>Phoradendron</i> spp., <i>Phthirusa</i> spp., <i>Tapinanthus</i> spp.
Nemátodos	
Nemátodo de la lezna	<i>Dolichodorus</i> spp.
Nemátodo del quiste	<i>Heterodera</i> spp.
Nemátodo de la daga	<i>Xiphinema</i> spp.
Nemátodo de la lesión	<i>Pratylenchus</i> spp.
Nemátodo reniforme	<i>Rotylenchulus</i> spp.
Nemátodo del anillo	<i>Hoplolaimus</i> spp.
Nemátodo agallador de la raíz	<i>Meloidogyne</i> spp.
Nemátodo espiral	<i>Helicotylenchus</i> spp.
Nemátodo robusto de la raíz	<i>Trichodorus</i> spp.
Virus	
Hinchazón de la yema del Cacao	<i>Cacao swollen shoot virus</i>
Mosaico Amarillo del Cacao	<i>Cacao yellow mosaic virus</i>
Necrosis del cacao	<i>Cacao necrosis virus</i>

Tomado de Nombres comunes de enfermedades de plantas de la APS.

Cuadro 3. Enfermedades del Mango (*Mangifera indica* L.)

Nombre Común de la Enfermedad	Agente Causal
Bacterias	
Mancha negra bacteriana (cancer negro)	<i>Xanthomonas</i> sp. pv. <i>mangiferaeindicae</i>
Pudrición bacteriana del fruto	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (sin. <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>), <i>Erwinia herbicola</i>
Hongos y Estraminipila	
Manchas de la hoja por Alternaria	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. tenuissima</i>
Pudrición por Alternaria (Mancha negra)	<i>Alternaria alternata</i>
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (teleomorfo:
Glomerella	<i>cingulata</i>), <i>C. acutatum</i> (teleomorfo: <i>G.acutata</i>)
Rayado negro	<i>Rhinocladium corticum</i>
Fumagina	<i>Meliola mangiferae</i>
Pudrición mohosa negra	<i>Aspergillus niger</i>
Tizón de la inflorescencia	<i>Ceratocystis paradoxa</i> (anamorfo: <i>Chalara paradoxa</i>) <i>Alternaria alternata</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Fusicoccum parvum</i> (sin. <i>Dothiorella mangiferae</i>), <i>F. aesculi</i> (sin. <i>D. dominicana</i>)
Moho azul	<i>Penicillium expansum</i>
Cancer de la rama	<i>Botryosphaeria ribis</i> (anamorfo: <i>Fusicoccum</i> sp.)
Necrosis de la rama	<i>Dothiorella</i> sp.
Marchitez por Ceratocystis (seca)	<i>Ceratocystis fimbriata</i> (anamorfo: <i>Chalara</i> sp.)
Carbón del fruto	<i>Macrophomina phaseolina</i>
Pudrición de la corona	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc. (teleomorfo: <i>Nectria haematococca</i>)
Mancha quebradiza de la hoja	<i>Zimmermaniella trispora</i>
Tizón por Curvularia	<i>Curvularia tuberculata</i>
Mal del talluelo	<i>Pythium vexans</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorfo: <i>Thantephorus cucumeris</i>)
Muerte regresiva	<i>Diplodia theobromae</i> (teleomorfo: <i>Botryosphaeria rhodina</i>), <i>F. aesculi</i> (teleomorfo: <i>B. dothidea</i>), <i>F. mangiferum</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Phomopsis</i> spp.
Muerte regresiva	<i>Botryosphaeria disrupta</i> (sin. <i>Physalospora disrupta</i>), <i>Botryosphaeria quercuum</i> (sin. <i>Physalospora glandicola</i>), <i>Botryosphaeria rhodina</i> (sin. <i>Physalospora rhodina</i> , anamorfo: <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (sin. <i>Botryosphaeria theobromae</i>)

Hongo de felpa	<i>Septobasidium bogoriense</i> , <i>S. pilosum</i> (anamorfo: <i>Johncouchia mangiferae</i>), <i>S. pseudopedicellatum</i>
Pudrición del fruto	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Phytophthora nicotianae</i> , <i>Pestalotiopsis mangiferae</i> , <i>Phyllosticta anacardiacearum</i> (teleomorfo: <i>Guignardia mangiferae</i>)
Agallas y cáscara con escamas	<i>Fusarium decemcellulare</i> (teleomorfo: <i>Albonectria rigidiuscula</i>)
Mancha gris de la hoja	<i>Pestalotiopsis mangiferae</i> (sin. <i>Pestalotia mangiferae</i>)
Manchas de la hoja	<i>Curvularia lunata</i> , <i>Leptosphaeria</i> sp., <i>Macrophoma</i> sp., <i>Phaeosphaerella mangiferae</i> , <i>Phoma sorghina</i> , <i>Pseudocercospora mali</i> , <i>Pseudocercospora subsessilis</i> , <i>Septoria</i> sp., <i>Verticillium lecanii</i>
Pudrición por <i>Macrophoma</i>	<i>Macrophoma mangiferae</i>
Malformación (escoba de bruja)	<i>Fusarium mangiferae</i> (sin. <i>F. subglutinans</i>), <i>F. sterilihyphosum</i> , <i>F. sp.</i>
Pudrición por <i>Mucor</i>	<i>Mucor circinelloides</i>
Pudrición de la raíz	<i>Armillaria tabescens</i>
Tizón por <i>Phoma</i>	<i>Phoma glomerata</i>
Manchas de la hoja por <i>Phyllosticta</i>	<i>Phyllosticta mortonii</i> , <i>Phyllosticta citricarpa</i> (teleomorfo: <i>Guignardia citricarpa</i>), <i>P. anacardiacearum</i> (teleomorfo: <i>G. mangiferae</i>)
Phytophthora-enfermedades incitadas por <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>P. citricola</i>	
Mal Rosado	<i>Erythricium salmonicolor</i> (sin. <i>Corticium salmonicolor</i> ; anamorfo: <i>Necator decretus</i>)
Cenicilla polvorienta	<i>Erysiphe cichoracearum</i> (anamorfo: <i>Oidium asteris - puniceii</i>), <i>Oidium mangiferae</i>
Pudrición por <i>Rhizopus</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i> (sin. <i>oryzae</i>)
Pudrición de la raíz	<i>Cylindrocladiella peruviana</i> (sin. <i>Cylindrocladium peruvianum</i>), <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> , <i>Phytophthora nicotianae</i> , <i>P. palmivora</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Py. splendens</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorfo: <i>Thanatephorus cucumeris</i>), <i>Sclerotium rolfsii</i>
Roña	<i>Elsinoe mangiferae</i> [anamorfo: <i>Denticularia mangiferae</i> (sin. <i>Sphaceloma mangiferae</i>)]
Seca (murcha, muerte súbita)	<i>Ceratocystis fimbriata</i> (anamorfo: <i>Chalara</i> sp.)
Pudrición del pedúnculo	<i>Diplodia theobromae</i> , <i>Fusicoccum aesculi</i> , <i>F. mangiferum</i> , <i>Phomopsis mangiferae</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Cytosphaera mangiferae</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Pestalotiopsis mangiferae</i> , <i>Dothiorella taxa</i> (<i>Dothiorella "largo"</i> y <i>D. aromatica</i>)
Verticillium	<i>Verticillium dahliae</i>
Raíz Blanca	<i>Rigidoporus lignosus</i>
Pudrición por <i>Sclerotinia</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Pudriciones de la semilla	<i>Bipolaris ravenelii</i> , <i>Marasmius</i> sp., <i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>
Pudrición del pie	<i>Armillaria mellea</i>
Fumagina	<i>Tripospermum Antennulariella</i> , <i>Chaetothyrium</i> , <i>Limacinula</i> y <i>Scorias</i> , <i>Lep-toxyphium</i> , <i>Microxyphium</i> , <i>Tripospermum acerinum</i> , <i>Capnodium citri</i> , <i>C. mangiferae</i> , y <i>C. ramosum</i>

Cancer del tallo

Agalla del tallo

Pudrición por *Stemphylium*

Mancha de la hoja por *Stigmina*

Pudrición del tránsito

Pudrición del tronco

Tizón de la yema

Pudrición de la madera

Misceláneos

Mancha de la hoja por Alga
(roya roja)

Liquen parasítico

Nematodos

Nemátodo de la daga

Nemátodo de la lanza

Nemátodo anillado

Phoma sp.

Sphaeropsis sp.

Stemphylium vesicarium

Stigmina mangiferae

Rhizopus stolonifer

Hexagonia hydnoides (sin. *Polyporus hydnoides*)

Diaporthe spp.

Ganoderma applanatum, *G. lucidum*, *Phellinus gilvus*,
Pycnoporus sanguineus (sin. *Polyporus sanguineus*)

Cephaleuros virescens

Strigula elegans

Xiphinema brevicolle, *Xiphinema* spp.

Hoplolaimus columbus

Hemicriconemoides mangiferae

Tomado de Nombres comunes de enfermedades de plantas de la APS y Ploetz (2003).



Cuadro 4. Enfermedades de la Papaya, *Carica papaya* L.

Nombre Común de la Enfermedad	Agente Causal
Bacteria	
Cáncer bacteriano y muerte regresiva	Grupo Erwinia sp. <i>E. chrysanthemi</i>
Mancha bacteriana de la hoja	<i>Pseudomonas carica-papayae</i>
Marchitez bacteriana	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
Pudrición negra	<i>Erwinia cyripedii</i> (= <i>Pectobacterium cyripedii</i>)
Arrepollado (Bunchy top)	<i>Rickettsia</i> sp.
Muerte regresiva por Erwinia	<i>Erwinia</i> sp.
Cáncer de la pulpa por Erwinia	<i>Erwinia</i> sp.
Amarillamiento interno	<i>Enterobacter cloacae</i>
Cáncer de la pulpa	<i>Erwinia</i>
Mancha púrpura	<i>Erwinia herbicola</i>
Hongos y Estraminipila	
Mancha del fruto por <i>Alternaria</i>	<i>Alternaria alternata</i>
Mancha angular de la hoja	<i>Oidiopsis</i> (sin. <i>Leveillula</i>) <i>taurica</i>
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (teleomorfo: <i>Glomerella cingulata</i>)
Mancha negra	<i>Asperisporium caricae</i> , <i>Cercospora papayae</i> , <i>Phomopsis</i>
Mancha de la flor	<i>Choanephora cucurbitarum</i>
Mancha parda	<i>Corynespora cassicola</i>
Mancha chocolate	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Pudrición del cuello	<i>Calonectria ilicicola</i> (sin. <i>Ca. crotalariae</i> , anamorfo: <i>Cylindrocladium crotalariae</i>)
Mal del talluelo	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Ph. nicotianae</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Py. debaryanum</i> , <i>Py. ultimum</i> , <i>Py. sp.</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorfo: <i>Thanatephorus cucumeris</i>)
Pudrición seca	<i>Phoma caricae-papayae</i> (sins. <i>Ascochyta carica</i> , <i>A. caricae-papayae</i> ; teleomorfo: <i>Mycosphaerella caricae</i>)
Pudrición del fruto	<i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>P. ultimum</i>
Pudrición del fruto	<i>Monilia</i> sp.
Mancha del fruto	<i>Cercospora mamaonis</i>
Pudrición del fruto por <i>Fusarium</i>	<i>F. solani</i> , <i>F. moniliforme</i> y <i>F. equiseti</i>
Mancha grasienta	<i>Guignardia</i> sp.
Tizón interno	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
Pudrición del fruto por <i>Lasiodiplodia</i>	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (sins. <i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>B. gossypii</i> , <i>Diplodia theobromae</i> , <i>D. gossypina</i> , <i>D. natalensis</i> , <i>L. triflorae</i>)

Manchas de las hojas	Alternaria sp., Asperisporium caricae, Cercospora mamaonis, C. papayae, Choanephora cucurbitarum, Curvularia carica-papayae, Gloeosporium sp., Mycosphaerella caricae (anamorfo: Phoma caricae-papayae), Phyllosticta sp.
Mancha del pecíolo	Didymella sp.
Tizón por Phytophthora	Phytophthora palmivora, P. nicotianae
Cenicilla polvorienta	Sphaerotheca caricae-papayae (anamorfo: Oidium caricae), Sphaerotheca humuli, Ovulariopsis papayae, Sphaerotheca fuliginea
Pudrición suave por Rhizopus	Rhizopus stolonifer (sin. R. nigricans)
Pudrición radicular y mal del Talluelo	Phytophthora palmivora, Colletotrichum gloeosporioides, Fusarium spp., Ph. nicotianae, Pythium aphanidermatum, Py. ultimum, Py. sp., y Grupo anastomosis (AG) 4 de Thanatephorus cucumeris (anamorfo: Rhizoctonia solani)
Tizón por Sclerotium	Athelia rolfsii (anamorfo: Sclerotium rolfsii)
Tizón de plántulas	Colletotrichum gloeosporioides
Pudrición del pedúnculo	Alternaria alternata, Colletotrichum gloeosporioides, Fusarium sp., Diplodia theobromae, Mycosphaerella caricae (anamorfo: Phoma caricae-papayae), Phomopsis sp., Rhizopus stolonifer
Mancha del fruto por Stemphylium	Stemphylium lycopersici
Pudrición del tallo	Haematonectria haematococca (anamorfo: Fusarium solani), Fusarium sp., Phytophthora palmivora, Pythium aphanidermatum, Py. ultimum
Mancha terrosa	Phyllosticta caricae-papayae
Necrosis terminal y marchitez	Tobacco ringspot virus
Marchitez por Verticillium	Verticillium dahliae
Pudrición húmeda del fruto	Phomopsis caricae-papayae, Phomopsis sp.
Banda amarilla de la hoja	Toxinas producidas por Aspergillus wentii en la rizosfera
Misceláneos	
Mancha de la hoja por Alga	Cephaleuros virescens
Nemátodos	
Nemátodos reniformes	Rotylenchulus reniformis, R. parvus
Nemátodos agalladores de la raíz	Meloidogyne incognita, M. javanica, M. arenaria, M. hapla
Fitoplasmas	
Muerte regresiva	Candidato Phytoplasma australiense
Arrugamiento amarillo y mosaico	Candidato Phytoplasma australasia
Virus	
Necrosis apical	Papaya apical necrosis virus
Necrosis con marchitez	Papaya droopy necrosis virus
Hoja de pluma	Virus desconocido
Encarrujamiento de la hoja	Papaya leaf curl virus
Mal de Meleira	Virus de doble cadena de RNA

Necrosis con marchitez de la Papaya y necrosis apical de la Papaya	Rhabdovirus
Mosaico distorción de la hoja de la Papaya	Papaya leaf distortion mosaic virus
Amarillamiento letal de la Papaya	Papaya lethal yellowing virus
Amarillamiento suave de la Papaya	Papaya mild yellowing virus
Mosaico de la Papaya	Papaya mosaic virus
Mancha anular de la Papaya	Papaya ringspot virus
Marchitez manchada	Tomato spotted wilt virus
Necrosis terminal y marchitez	Tobacco ringspot virus

Tomado de Nombres comunes de enfermedades de plantas de la APS y Ploetz (2003).

Cuadro 5. Enfermedades de la Piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

Nombre Común de la Enfermedad	Agente Causal
Bacteria	
Agriado acético	<i>Bacterias productoras de ácido acético</i>
Pudrición parda de los frutillos	<i>Erwinia ananas</i> pv. <i>ananas</i>
Pudrición bacteriana del corazón	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
Colapso del fruto	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
Marmoleado del fruto	<i>Acetobacter</i> spp., <i>A. peroxydans</i> , <i>Erwinia herbicola</i> var. <i>ananas</i>
Fruto rosado	<i>Acetobacter aceti</i> , <i>Erwinia herbicola</i> , <i>Gluconobacter oxydans</i>
Pudrición suave	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>
Hongos y Estraminipila	
Antracnosis	<i>Colletotrichum ananas</i>
Pudrición por <i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus flavus</i>
Pudrición por <i>Botryodiplodia</i>	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (sin. <i>Botryodiplodia theobromae</i>)
Pudrición negra (ampolla acuosa)	<i>Chalara paradoxa</i> (sin. <i>Thielaviopsis paradoxa</i> ; teleomorfo: <i>Ceratocystis paradoxa</i>)
Pudrición extrema	<i>Chalara paradoxa</i> (sin. <i>Thielaviopsis paradoxa</i> ; teleomorfo: <i>Ceratocystis paradoxa</i>)
Pudrición de los frutillos	<i>Candida guilliermondi</i> , <i>Fusarium guttiforme</i> (sins. <i>F. subglutinans</i> , <i>F. moniliforme</i>), <i>Penicillium funiculosum</i>

Fusariosis (gomosis)	<i>Fusarium guttiforme</i> (sins. <i>F. subglutinans</i> , <i>F. moniliforme</i>)
Pudrición vitrea	Levaduras
Pudrición del fruto por Hendersonula	<i>Hendersonula toruloidea</i>
Taponamiento de los interfertillos	<i>Penicillium funiculosum</i>
Mancha de la hoja	<i>Curvularia eragrostidis</i> (teleomorfo: <i>Cochliobolus eragrostidis</i>)
Bolsa de cuero	<i>Penicillium funiculosum</i>
Pudrición del fruto por Nigrospora	<i>Nigrospora sphaerica</i>
Pudrición del corazón por Phytophthora	<i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>P. nicotianae</i>
Pudrición por Rhizopus	<i>Rhizopus oryzae</i> , <i>R. stolonifer</i>
Pudrición radicular	<i>Pythium</i> spp., <i>Py. arrhenomanes</i>
Tizón de plántulas	<i>Pythium</i> spp.
Mancha blanca de la hoja	<i>Chalara paradoxa</i> (sin. <i>Thielaviopsis paradoxa</i> ; teleomorfo: <i>Ceratocystis paradoxa</i>)
Fermentación	Levaduras
Nematodos	
Nematodo de la Lesión	<i>Pratylenchus brachyurus</i> , <i>P. elachistus</i> (sin. <i>P. minutus</i>)
Nematodo reniforme	<i>Rotylenchulus reniformis</i>
Nematodo agallador de la raíz	<i>Meloidogyne javanica</i>
Nematodo espiral	<i>Helicotylenchus</i> spp.
Virus	
Marchitez por cochinilla	Pineapple mealybug wilt-associated virus-2 + transmitido por <i>Dysmicoccus</i> spp.
Mancha amarilla	Tomato spotted wilt virus

Tomado de Nombres comunes de enfermedades de plantas de la APS y Ploetz (2003).

Cuadro 6 . Historia de las medidas de control químico contra la Sigatoka negra

Compuesto	Fecha de introducción
Caldo Bordeles	1936
EBDCs	1958
Protectantes, emulsiones en aceite/agua	1962
Benzimidazoles	1973
Chlorothalonil	1978
Tridemorph	1981
Triazoles	1984
Estrobilurinas	1997

Cuadro 7. Reacción de cultivares importantes de banano al mal de Panamá, Sigatoka amarilla y Sigatoka negra

Reacción a:

Genoma	Subgrupo	Cultivar	Mal de Panamá	Sigatoka Amarilla	Sigatoka Negra
AA		'Sucrier'	R	S	MS
		'Pisang Lilin'	R	R	R
AB		'Ney Poovan'	S	R	
AAA		'Ibota Bota'	R	R	R
	Cavendish		R	S	S
	Gros Michel		S	S	S
	Lujugira-Mutika		R	R	S
AAB		'Silk'	HS	SS	MS
		'Mysore'	R	R	SS
	Maia-Maoli/Popoulu		S	S	MS
	Plaintain		R	R	MS
	Pome	'Pome'	MS	SS	S
ABB		'Bluggoe'	S	R	MS
		'Pisang Awak'	MS	R	SS
		'Saba'	R	R	SS
		'Cardaba'	R	R	SS
		'Pelipita'	R	R	MS
AAAA		'FHIA23'	R		
		'I.C. 2'	S	MS	
AAAB		'FHIA01'	R	R	R
AABB		'FHIA03'	R	R	R

Tomado de Ploetz et al., 1994; Ploetz, 2003; Stover y Simmonds, 1987.

UNACH

VII.
POLINIZADORES DE FRUTALES
TROPICALES

UNACH

RESUMEN.

Los frutales trópicos conforman un grupo muy diverso que involucra especies herbáceas y perennes, con diversos tipos de morfología floral que van desde las más primitivas (Annonaceas) hasta las más evolucionadas (mango, aguacate). Por muchos años, la ecología de la polinización ha estado basada en estudios de polinización a partir de insectos, más que todo por abejas. En frutales tropicales se ha demostrado que además de las abejas (*Apis mellifera*), otros insectos en los órdenes Himenoptera, Diptera y Lepidoptera son de gran importancia y en varias ocasiones el aporte de otros grupos (Thysanoptera) se ha considerado de menor importancia. Esto ha dado lugar a que polinizadores como hormigas, mosquitos, mariposas consumidoras de polen y cucarrones están siendo evaluados con mayor intensidad. Se discuten resultados de polinización de anonáceas con especies del orden Coleoptera (Nitidulidae, Escarabeidae) y técnicas de manejo de polinizadores (Nitidulidae) para incrementar producción de anonáceas comerciales. Se discuten resultados de otros estudios de polinización realizados por varios investigadores en Lauraceae, Anacardiaceae y Passifloraceae.

Introducción

Los frutales tropicales es conformado por especies herbáceas y perennes (Peña et al., 2002). Las plantas herbáceas tienen como representantes plantas tan importantes como el banano, piña y la papaya mientras que las especies perennes incluyen árboles, arbustos y enredaderas

(Verheij y Coronel, 1992) cultivados en las regiones tropicales del sur y suroeste de Asia, en Australia, África, América del Sur y Centroamérica y la región del Caribe. Los frutales tropicales se cultivan en una variedad de climas que va desde la latitud 23° 27'N a la latitud 23° 27' al sur del Ecuador, aunque algunas especies se cultivan en otras latitudes como 37°N en España. Desde los comienzos de la civilización, el ser humano se ha interesado en la polinización de sus cultivos. Más aún, los agricultores siempre han mostrado un profundo interés en la biología reproductiva de las plantas y en los mecanismos de producción de frutas (Real, 1993). Aunque la mayoría de estos estudios se han realizado en frutales de zonas templadas (manzano, peral), hay ahora un interés y mayor énfasis en investigaciones en frutas provenientes de los bosques y ecosistemas tropicales. El objetivo de este ensayo es el de discutir resultados de polinización de anonáceas con especies del orden Coleoptera (Nitidulidae, Escarabeidae) y técnicas de manejo de polinizadores (Nitidulidae) para incrementar producción de anonáceas comerciales. Así mismo, discutir resultados de otros estudios sobre polinización realizados por varios investigadores en Laureaceae, Anacardiaceae y Pasifloraceae.

Polinización

Polinización es la transferencia de polen viable desde las anteras (órgano masculino de la flor) al estigma (órgano femenino) de la misma flor o de una flor diferente. Después de la polinización viene la fertilización, mediante la cual el grano de polen germina en el estigma y establece contacto con el óvulo. Si la polinización ocurre automáticamente en la misma flor se le denomina autopolinización. En algunas especies, la transferencia del polen depende en parte o totalmente de la acción de vectores como el viento y los insectos. Se han establecido varias reglas o dogmas en la relación entre flores y agentes polinizadores. Por ejemplo, flores que son polinizadas por insectos (entomófilas) contienen típicamente néctar y polen; tienen una coloración

muy atractiva y producen aromas que guían a los insectos hacia ellas. La polinización cruzada depende de que los insectos lleven el polen de una flor a otra la cual está localizada en una planta diferente. En general, en frutales la polinización cruzada puede ser un pre-requisito para la fertilización o para mejorar la calidad del fruto. De esta manera, se cree que las flores que dependen de las abejas para ser polinizadas exhiben características que son el resultado de la evolución histórica de estos insectos. Por ejemplo, flores que co-evolucionaron con abejas que poseen una “lengueta” larga o mediana, son grandes y con coloración (por ejemplo, azul o púrpura) muy llamativa. Flores adaptadas a las abejas y abejorros regularmente están en un eje vertical o son colgantes en vez de estar en un eje horizontal. Tradicionalmente, se piensa que los atractivos de los polinizadores a las flores son fuentes de alimentos (polen, néctar), pero también sirven como lugares de cría, y últimamente atracción sexual. Hay que añadir el tamaño de las flores como un factor ecológico importante, ya que los polinizadores grandes con una gran demanda de energía no seleccionan flores pequeñas, por la razón de que su demanda no les permite utilizar estas pequeñas fuentes de energía, las cuales pueden ser utilizadas por visitantes con una necesidad menor.

Flores de frutales tropicales

Las flores de los frutales tropicales tienen una forma variada, algunas con 3 pétalos y numerosas anteras (por ejemplo, *Annona* sp), otras con un gran número de pétalos y anteras (*Passifloraceae*). Algunas flores tienen varios estigmas y estilos dando lugar a una fruta con varias semillas (*Annonaceae*), otras tienen únicamente un estigma y estilo y en consecuencia, frutas con una sola semilla (aguacate, mango). Casi todas las especies de frutales tropicales necesitan polinización. Los frutos de aquellas flores que no han sido fertilizadas caen, o flores que no han sido fertilizadas adecuadamente son deformes.

Frutales y producción de frutos

El papel desempeñado por los insectos, particularmente por la abeja europea *Apis mellifera* L. en la polinización de los frutales de clima templado, es ampliamente reconocido. Varias investigaciones (por ejemplo, Stephen, 1958; Mommers, 1972; Free, 1993) han demostrado la correlación entre la producción de frutos y la cantidad de abejas, y establecido una correlación positiva entre la producción de frutas y el número de colonias en un huerto. Las tendencias para optimizar la polinización en estos cultivos pueden incluir el dirigir las abejas al cultivo, el incrementar la atracción de los cultivos y el incrementar la proporción de donantes de pollen (Faegri, 1978).

Además de las abejas representantes del orden Himenoptera, Diptera y Lepidoptera son de cierta importancia en frutales de clima templado, y en varias ocasiones el aporte de otros grupos se ha considerado de menor importancia. Por supuesto que también se ha observado que algunas de estas especies no presentan las condiciones óptimas de un buen polinizador (por ejemplo, no tocan los estigmas, no visitan las flores en el momento óptimo de polinización). El mismo razonamiento se ha establecido por muchos años en frutales tropicales, considerando a la abeja europea como el único agente polinizador. Sin embargo, hay varias excepciones a esta 'regla' en especies de las familias *Annonacea* (Pena et al., 2002), *Laureacea* (Wysoki et al., 2002), *Anacardiaceae* (Waite, 2002) y *Pasifloracea* (Aguiar-Menezes et al., 2002).

Polinizadores de *Annona* spp.

El primitivo orden Magnoliales consiste de 10 familias y casi 3 000 especies. La familia *Annonaceae* es muy diversificada e incluye 2 300 especies, y en consecuencia conforma tres cuartas partes de este orden. La mayor parte de las especies dentro del género *Annona* se han originado en el Neotrópico y es representado por 110 especies en esta región y por 3 especies en el viejo

mundo. *Annona senegalensis* Persoon y *A. stenophylla* Engler et Diels se encuentran en África, pero no ocurren en América, mientras que *A. glabra* L. ocurre en ambos continentes (Kessler, 1987). El género *Annona* está dividido en secciones las cuales incluyen la [*Eu-Annona*] *Guanabani* (Guanábanas), *Pilaeiflorae* (anonas sedosas), *Acutiflorae* (anonas), [*Atta*] *Attæ* (anonas), y *Annonellæ* (anonas enanas). Entre estas secciones hay dos con importancia hortícola: la *Guanabani* y la *Attæ*. La *guanabani* está caracterizada por una flor subglobosa, en forma de pirámide con pétalos anchos y superpuestos. Las especies más comunes dentro de esta sección son *A. muricata* L., *A. montana* McFadden, *A. glabra* L., *A. salzmannii* A. DC., *A. purpurea* Sesse et Mocino, y *A. senegalensis* Persoon. La sección *Attæ* puede separarse fácilmente de los otros grupos por sus flores elongadas y conformadas por tres pétalos. Las especies más comunes dentro de esta sección son *A. cherimola* P. Miller, *A. squamosa* L., *A. reticulata*, L., y *A. longiflora* Watts.

Los orígenes de las especies tropicales como el anon dulce (*A. squamosa*) provienen de las regiones bajas de Brasil, Guiana, Venezuela, México, y de las Indias occidentales. Una especie subtropical muy distinta es la cherimoya (*A. cherimola*), la cual se originó en las regiones montañosas de Perú y Ecuador. El híbrido atemoya (*A. cherimola* x *A. squamosa*) apareció espontáneamente al cruzarse *A. cherimola* y *A. squamosa*.

La mayor parte de la producción comercial de cherimoya, anón dulce, atemoya y guanábana (*A. muricata*) se ha expandido desde sus áreas de origen a regiones tropicales y subtropicales de Australia, New Zealand, Asia y el Mediterráneo y el cultivo de estos frutos brinda un buen potencial de exportación para los países productores.

Polinizadores y polinización

Hasta los años 80 la polinización natural de las Annonaceae no se había investigado en más de unas 20 a 30 especies (Gottsberger, 1985) pero esto cambió recientemente (por ejemplo

Webber y Gottsberger, 1997; Andrade, 1996; Nagamitsu y Inoue, 1997; Momose, 1998). La polinización inadecuada se considera como uno de los factores más limitantes en la producción comercial de las frutas del género *Annona* (Gazit et al., 1982). Esto se atribuye en parte a la separación temporal de la función masculina y la femenina dentro de la flor, lo cual limita su potencial de autopolinización e incrementa la necesidad de factores externos.

La mayoría de las Annonaceae son polinizadas por cucarrones, aunque algunas son polinizadas por thrips (por ejemplo, Momose et al., 1998), chinches (Farre et al., 1997), y hay también reportes de cucarachas (Nagamitsu y Inoue, 1997). La polinización por moscas puede ocurrir, pero esta evidencia es insuficiente (Gottsberger, 1970). Las flores de las annonaceas pueden ser muy llamativas o poco vistosas, pero siempre tienen un aroma muy intenso con el fin de atraer polinizadores. Algunas especies tienen flores termogénicas las cuales mantienen una temperatura más alta que la del medio ambiente, supuestamente para ayudar a volatilizar los compuestos químicos de los aromas (Gottsberger, 1970). Las flores de las annonaceas no producen néctar, entonces la recompensa de alimentación, puede ser el consumo de los pétalos (Gottsberger, 1988), de la parte carnosa de las puntas de los estambres (Nadel y Peña, 1994), polen (Deroin, 1989; Gottsberger, 1988), y exudaciones de los stigmas (Vithanage, 1983; Gottsberger, 1989). Las flores se usan como lugar de cópula por algunos de los polinizadores (Webber, 1981; Deroin, 1989; Gottsberger, 1989). Las actividades de los cucarrones en las flores, incluyen alimentación, cópula y periodo de quiescencia, lo cual resulta en visitas prolongadas de varias horas hasta algunos días mientras las flores cambian de sexo femenino al masculino.

Las flores de las annonaceas son proteroginias, o sea que la parte femenina tendrá el estigma receptivo antes de que las anteras liberen el polen, más tarde al terminar la receptividad del estigma, las flores comienzan a liberar el polen (Gottsberger, 1970). Esta adaptación evolutiva previene que haya deposición de polen en los stigmas de la misma flor, y se considera

como una de las tácticas que las plantas usan para evitar la autofertilización. Otra táctica usada en varias anonáceas es el prevenir que haya transporte de polen entre diferentes flores de una misma planta; esto se logra al sincronizar la floración, en este caso, las flores que están abiertas tienen un solo sexo funcional durante un periodo determinado. Esta condición temporal, resulta en una incompatibilidad entre el polen y el óvulo de la misma planta, haciendo muy difícil la autopolinización dentro de la misma planta.

El periodo de floración de las anonas comerciales es muy variable, pero usualmente ocurre durante la época cálida del año. Por ejemplo la temporada de floración del anón dulce y atemoyas en Florida dura de 3 a 5 meses, comenzando en abril (Nadel y Peña, 1991) en India y Nueva Delhi el anón dulce florece desde marzo a abril (Kumar et al., 1977), en Israel, atemoyas y anón dulce florecen de junio a septiembre (Oppenheimer, 1947; Podoler et al., 1985), mientras que en Egipto florecen de mayo a julio (Ahmed 1936; Rokba et al., 1977). Las atemoyas florecen desde noviembre al final de enero en Queensland, Australia (George et al., 1992).

Polinización comercial de Annonas. Por muchos años la polinización natural de las anonáceas fue un misterio. Tal vez porque no es fácil el observar la acción de ciertos agentes polinizadores, se asumió que la polinización se debía a la acción del viento, abejas o a que simplemente el polen caía sobre los estigmas (Peña et al., 2002). A comienzos de 1900, Wester (1910) sugirió que talvez los agentes polinizadores eran pequeños cucarroncitos que él encontraba en las flores de anon dulce, pero su sugerencia no fue escuchada durante 60 años. Ahmed (1936a) reconoció la naturaleza entomófila de el anon dulce, pero nunca presentó pruebas concretas. El interés de Gottsberger's (1970) en los patrones de evolución floral lo llevó al neotrópico donde verificó el papel que jugaban los cucarrones en la polinización de anonas silvestres. Más tarde, Reiss (1971) fue el primero en documentar que la polinización

en cultivos de antemoyas y cherimoyas era efectuado por cucarroncitos nitidulidos y verificó que otros factores polinizantes quedaban excluidos. Posteriormente Villalta (1988) documentó que la polinización de la guanábana era hecha por escarabajos. Hoy se establece como un hecho que la polinización natural de *Annona* esta restringida a la acción de coleópteros, aunque todavía se menciona en la literatura que existe la autofertilización, este hecho sin embargo necesita ser comprobado.

La polinización de las flores de gran tamaño de la sección Guanabani [Eu-*Annona*] es llevado a cabo por escarabajos (Scarabaeidae), y las de las flores pequeñas de la sección *Attae* es llevado a cabo por cucarroncitos pequeños tales como los cucarroncitos de la savia (Nitidulidae), picudos (Curculionidae), cucujidos (Cucujidae), estafilinidos (Staphylinidae), y anthicidos (Anthicidae). El papel de los cucujidos como polinizadores fué determinado a través de observaciones en el campo determinando que cuando los insectos entraban en contacto con los organos sexuales de la flor, acarreaban polen y la frutificación aumentaba. Estudios realizados en areas tan diferentes como Suramérica, Australia, Israel y Estados Unidos revelaron que las flores pequeñas de la sección *Atta* tienen una biología y polinización similar, y que ésta es un poco diferente a la de las flores grandes de la guanábana.

Chirimoya, anón, y atemoya

Las flores de estas especies e híbrido son colgantes, elongadas, de petalos fimes y carnosos, los cuales están casi soldados al comenzar la antesis y comienzan a separarse lentamente cuando la flor comienza su maduración. Las flores son hermafroditas protóginas (Ahmed, 1936; Noonan, 1954; Schroeder, 1956; Thakur y Singh, 1965; Reiss, 1971), durando unas 18-25 horas en la fase femenina y unas 12 horas en la fase maculina (Podoler et al., 1985; Nadel and Peña, 1984). Las flores del anón dulce abren temprano en la mañana, pero pueden liberar

el polen a cualquier hora del día (Ahmed 1936; Kumar *et al.*, 1977), o en la tarde (Wester, 1960), o cerca de la media noche (Nadel y Peña, 1994). Las atemoyas abren desde el medio día hasta entrada la tarde, y comienzan a liberar el polen al medio día del día siguiente, y los pétalos y estambres caen cerca de la media noche (Nadel y Peña, 1994). La hora del día cuando las flores comienzan a abrir puede diferir de acuerdo con las condiciones climáticas (Kumar *et al.*, 1977), especies, cultivar, o también el árbol.

Varios grupos de flores del mismo sexo pueden abrir en sincronía en un mismo árbol (Gazit *et al.*, 1982; Kahn y Arpaia, 1990; Nadel and Peña, 1994). Un nuevo grupo de flores abre al mismo tiempo o un poco después que los pétalos, y los estambres del viejo grupo de flores comienzan a caer. Estas anonas son polinizadas en su mayoría por especies de cucarroncitos nitidulidos (Cuadro 1), los cuales copulan y se alimentan de frutas en descomposición o en heridas de árboles. Estos cucarroncitos son atraídos hacia el olor de fruta fermentada de las flores de las anonas, y de acuerdo con Podoler *et al.* (1985) particularmente cuando están hambrientos. Algunas especies se alimentan ocasionalmente de las flores, masticando la punta de los estambres o la base de los pétalos (Nadel and Peña, 1994), o se alimentan de granos de polen (Podoler *et al.*, 1985), y posiblemente de exudados de los estigmas (Vithanage, 1984). Los cucarroncitos entran en la flor cuando ésta está en su fase femenina en las horas de la mañana y se mantienen inactivos en la base de los pétalos, caminando sobre los estambres y estigmas, y cuando las flores entran en su etapa masculina se dispersan cubiertos de polen hacia otras flores (Nadel y Peña, 1994). Se ha encontrado una relación entre el tamaño de los cucarrones y el diámetro de apertura inicial de la flor (Peña, sin publicar). El polen de *Annona* es pegajoso y se mantiene viable por unas 24 horas (Reiss, 1971), esta viabilidad es suficiente para su movimiento desde un grupo de flores viejas (fase masculina) hacia un nuevo grupo en fase femenina.

Cuadro I. Polinizadores de anonas comerciales.

Cultivo	Región	Polinizadores	Referencia
Atemoya, cherimoya	Israel	<i>Nitidulidae: Carpophilus humeralis, C. hemipterus, C. atus, Haptoncus luteolus</i>	Gazit et al. 1982
Atemoya	Queens-land, Australia	<i>Nitidulidae: Carpophilus hemipterus</i>	George et al., 1989
Atemoya	Florida, USA	<i>Nitidulidae: Carpophilus fumatus, C. dimidiatus spp. cmplx., Haptoncus luteolus, Colopterus posticus</i>	Nagel et al., 1989
Atemoya, sugar apple	Florida, USA	<i>Nitidulidae: Carpophilus fumatus, C. hemipterus, C. humeralis, C. marginellus, C. mutilatus, Colopterus posticus, C. truncatus spp. cmplx., Haptoncus luteolus</i>	Nadel and Pena, 1994
Cherimoya	Quillota, Chile	<i>Nitidulidae: Carpophilus hemipterus, Colopterus sp. Nitidulidae: C. hemipterus</i>	Lopez and Rojas, 1992 Lopez and Uquillas, 1997
Cherimoya	Mexico and Michoacan States, Mexico	<i>Cucujidae: Cryptolestes ferrugineus, Silvanus planatus. Nitidulidae: Conotelus sp. Staphylinidae: Phloenopus sp.</i>	Castañeda et al., 1997
Cherimoya	California, USA	<i>Staphylinidae: Eusphalerum sp.</i>	Kahn, 1997 Cherimoya
	Spain	<i>Anthocoridae*: Orius sp.</i>	Farre et al., 1997 Soursop
Cherimoya	Costa Rica	<i>Scarabaeidae: Cyclocephala amazona, C. Brittoni, C. stictica</i>	Villalta, 1988

* Order Hemiptera; los demas polinizadores pertenecen al orden Coleoptera.

El número de cucarroncitos por flor afecta la posibilidad del cuajado del fruto y en algunos casos la calidad de éste. Todos los estudios realizados en annona dan evidencia de que de la misma forma que aumenta el grupo de cucarroncitos por flor, así también aumenta la posibilidad de cuajado del fruto (Gazit et al., 1982; George et al., 1989; George et al., 1992; Nadel y

Peña, 1994; López y Uquillas, 1997). La simetría de la flor es pobre cuando se encuentra de 1 a 3 cucarroncitos por flor y ésta mejora cuando se encuentran por lo menos 4 cucarroncitos por flor (Gazit et al., 1982). Sin embargo, algunos investigadores aseguran que la simetría no está afectada por la cantidad de polinizadores por flor (George et al., 1989; López y Uquillas, 1997).

El grupo de cucarroncitos polinizadores de las especies comerciales de *Annona* varía geográficamente, y algunas especies funcionan diferente en cada área. Por ejemplo, los cuatro polinizadores más comunes en Israel, *Carpophilus humeralis*, *C. hemipterus*, *C. mutilatus*, y *Haptoncus luteolus*, son igualmente importantes en ese país. En Florida, USA, nueve especies de nitidulidos tanto exóticos como nativos visitan las flores sobresaliendo dentro de este grupo *C. mutilatus* como el mas importante tanto en términos de eficacia como en abundancia, seguido de *C. fumatus* y *H. luteolus*; aunque *C. humeralis* es muy abundante en los huertos de *annonas*, rara vez visita las flores, y cuando lo hace, el cuajado de fruta es bajo comparado con lo observado en Israel (Nadel y Peña, 1994). El número de especies visitando flores de *annonas* en Ecuador, Colombia y en la cuenca del Caribe es similar a lo encontrado en Florida (Peña y Bennett, 1994). En otras regiones los grupos de polinizadores no tienen tantas especies, y en algunos casos son inadecuados para brindar una buena producción comercial.

En la mayoría de las condiciones ecológicas, las flores de *annonas* no pueden autopolinizarse dada su naturaleza dicógama. La mayoría de los investigadores reportan que los estigmas se mantienen húmedos cuando están receptivos, pero se secan apenas los estambres abren. Sin embargo, si la humedad relativa es alta o la temperatura moderada, se cree que los estigmas se pueden mantener húmedos y receptivos no haya liberación de polen, incrementando de esta forma la proporción de autofertilización sin la ayuda de los insectos. Aun así, cuando se da esta situación, el porcentaje de flores autofertilizadas es bajo (George et al., 1989; Schroeder, 1993). Varios investigadores han observado que árboles de *annonas* que crecen cerca

de ríos o fuentes de agua o en clima de alta humedad tienen un nivel de frutificación mucho más alto que el obtenido en climas secos (Thakur y Singh, 1965; Thomson, 1970, Sarasola, 1960; Schroeder, 1943 ; Gazit *et al.*, 1982); en consecuencia, anonas en las áreas secas del sur de California tienen que ser polinizadas manualmente para poder obtener un rendimiento alto (Schroeder, 1943, 1956, 1993). Hay que anotar que la mayoría de estas observaciones (Schroeder, 1943, 1956, 1993) fueron hechas antes de que se presentara evidencia de que los insectos eran polinizadores de las anonas, y muchos de estos estudios fueron hechos fuera del rango normal de las anonas y sus polinizadores (por ejemplo California, Australia).

Guanábana

Villalta (1988) describió la morfología y fenología floral, así como la polinización de *A. muricata* en Costa Rica. Las flores se mantienen en la fase femenina por 3 días, con una pequeña abertura de los pétalos externos y con una exudación copiosa de los exudados de los estigmas. La fase masculina comienza aproximadamente a las 8:30 y dura aproximadamente 12 horas cuando los estambres y los pétalos caen. Durante la antesis los 3 pétalos exteriores se apartan un poco, pero los pétalos internos se mantienen cerrados. Las flores atraen a los coleópteros un día antes de entrar a la fase masculina entre las 18:00-22:00 horas, y emiten un olor fuerte y pungente. El polen es transportado por escarabajos del género *Cyclocephala* (Scarabaeidae), y el polen se encuentra adherido a las setas de las patas y en otras partes del cuerpo del insecto. Los escarabajos se mantienen en las flores por unas 24 horas y comienzan a abandonarlas cuando el polen es liberado. Los escarabajos se alimentan de polen, de la base de los pétalos y copulan. No se alimentan del exudado de los estigmas, ya que éste contiene toxinas que protegen el estigma de ser devorado por los escarabajos. La antesis comienza a cualquier hora

del día o de la noche, pero a menudo ocurre entre las 11:00 y 15:00 horas; la dehiscencia de las anteras ocurre en sincronía con otras flores en el mismo árbol o en otros árboles.

Los pétalos de la guanábana son firmes y gruesos y los internos forman una cámara amplia en forma de cono, alrededor de los órganos sexuales. A esta cámara, se le llama 'cámara polinizadora'. El espacio de esta cámara es muy diferente al espacio confinado que encuentran los pequeños polinizadores de la sección Atta de *annonas*. Los escarabajos de la subfamilia Dynastinae como *Cyclocephala* son los polinizadores más importantes de las *annonas* Guanabani y son a menudo atraídos por aromas nocturnos de las flores (Gottsberger, 1989a,b). Las especies de *Cyclocephala* como *Cyclocephala quatuordecimpunctata* y otros escarabajos además de polinizar guanábana, se consideran polinizadores de otras especies dentro del grupo Guanabani (Gottsberger et al., 1997). Un reporte contrario es el de Vidal (1997), quien reporta que la mayoría de los insectos encontrados dentro de flores de *A. muricata* en México son Nitidulidae y Chrysomelidae, y que algunas especies de Apidae y Formicidae (Hymenoptera) son abundantes en las superficies externas de las flores pero no entran en contacto con las partes sexuales de la flor.

Villalta (1988) reportó entre el 18-24% de fructificación en guanábana en Costa Rica. Hay que anotar que algunos autores creen que la polinización entomófila de *A. muricata* tiene poco potencial dentro de la producción comercial de esta especie (Cogez y Lyannaz, 1996).

Manejo de polinizadores

Ensayos para incrementar la fructificación en huertos de atemoya tratando de aumentar las poblaciones de nitidulidos han dado resultados muy variables. En Israel, el colocar manzanas en descomposición como atrayentes falló al no incrementar el número de cucarroncitos en las flores ni el cuajado de frutos; la liberación de 10 000 (70% *C. hemipterus* y 30% *C. mutilatus*) de

nitidulidos en un huerto también falló al no incrementar fructificación (Galon *et al.*, 1982). Galon *et al.*, (1982) propuso utilizar fruta en descomposición como cebo, pero sugirió que el aroma de estas frutas competía con el de las flores, encontrando que si se embolsaban ramas con flores y se colocaban nitidulidos y manzanas podridas dentro del embolse, éstos daban menos frutos que aquellos en los que se colocaban cucarroncitos solos (15% y 29%, respectivamente). En Australia, hubo éxito cuando se colocó piña durante la época de floración en un huerto de atemoya, resultando en un aumento de cucarroncitos por flor y un cuajado de fruto mayor del 62% comparado con un huerto donde no se efectuó este tratamiento (George *et al.*, 1992).

La polinización en Annonaceae por nitidulidos puede ser mejorada si se usan atrayentes semioquímicos (Bartlett *et al.*, 1992; 1994). En el sur de Florida se estudió el efecto de cebos al utilizar feromona de nitidulidos y un atrayente alimenticio en huertos de anon dulce y atemoya. El máximo de cuajado de fruto fluctuó entre el 10-38% durante las primeras 4 semanas después de colocar los cebos, y fué significativamente mayor que en el testigo (Peña *et al.*, 1999).

De acuerdo a la revisión de literatura, el uso de cebos no se ha intentado en guanábana, pero vale la pena comprobar si puede hacerse o no.

Polinización de aguacate

El aguacate es originario de México y Guatemala, y se cree que se expandió en el Caribe cerca de 1696 (Wysoki *et al.*, 2002). Dentro de las dicotyledoneas el aguacate es mucho más avanzado que la familia annonacea, sin embargo a razón de que su área de origen es el neotrópico, hay todavía discusiones y puntos de vista múltiples en lo relacionado con su polinización. Estas preguntas son: ¿son necesarias las abejas para obtener fertilización del fruto? Hay en el área de origen otros insectos los cuales pueden ser los polinizadores originales de esta especie? La flor del aguacate es circular, aproximadamente de 1 cm de diámetro, es bisexual

con un comportamiento de flor protoginia dicógama sincronizada. La flor se abre dos veces, una vez como femenina y después como masculina. Cada estado de apertura y cierre de la flor ocurren en forma sincronizada en un mismo árbol y dentro de un mismo cultivar. Basado en el ritmo de floración, los cultivares de aguacate se dividen en dos grupos complementarios: cuando la temperatura aumenta, los cultivares del grupo 'A' abren como flor femenina desde la mañana hasta el medio día, y las flores masculinas abren durante la tarde. Los cultivares del 'Grupo B', abren con flores femeninas en la tarde y como flores masculinas en las horas de la mañana. Algunos aguacates presentan excepciones a esta regla (Wysoki et al., 2002).

De acuerdo a Wysoki et al., (2002) una polinización cruzada ocurre entre flores del grupo B (masculinas) y grupo A (femeninas) durante la mañana y a la inversa en las horas de la tarde. La polinización cruzada va depender de la distancia del árbol polinizante o donante de polen y el polinizado, en la movilidad, cantidad y efectividad del agente polinizador. Sin embargo, a veces ocurre polinización cruzada cercana, cuando las flores macho y hembra están en proximidad, como sucede con cultivares tipo guatemalteco y mexicano y sus híbridos (Wysoki et al., 2002).

Polinización como un factor limitante en la producción

A pesar de que el aguacate tiene tantas flores necesita la visita de un polinizador. Por ejemplo, para obtener un buen rendimiento se necesitan 400 a 600 flores por árbol y de 2 a 3 abejas visitando un árbol durante la fase masculina-femenina. Sin embargo, muchas flores del aguacate a pesar de ser polinizadas no son fertilizadas (Wysoki et al., 2002). La frutificación aumenta cuando 5 a 10 abejas visitan un árbol durante la fase femenina de éste (Ish-Am, 1994; Ish-Am y Eisikowitch, 1998a; citados por Wysoki et al., 2002). El problema es que la abeja, la cual se utiliza como el mayor polinizador para este árbol en muchos países, abandona frecuentemente los huertos de aguacate y va en busca de otras fuentes florales más atractivas. (Wysoki et al.,

2002). En consecuencia, en países donde el aguacate ha sido introducido, esto es un factor de producción limitante.

Polinizadores y visitantes

Polinización por Abejas

La abeja (*Apis mellifera* L.) es aparentemente el mayor polinizador de aguacate en los países productores. Las abejas que colectan néctar solamente, o colectan polen y néctar, regularmente visitan tanto flores femeninas como masculinas y son por tanto polinizadores efectivos del aguacate. En contraste, aquellas que colectan únicamente polen no ayudan a polinizar (Stout, 1933; McGregor, 1976; Davenport, 1986; Free, 1993; Ish-Am y Eisikowitch, 1993).

En realidad además de flores de aguacate, las abejas prefieren otro tipo de flores como flores de cítricos, litchi o flores de plantas silvestres. Esta baja atracción al aguacate se ha atribuido a que la flor del aguacate no está bien adaptada para ser polinizada por las abejas. Esto ha llevado a estudiar los visitantes de aguacate dentro de su área de origen, en México y Centro América. En estos países los polinizadores potenciales son abejas, abejorros, moscas, cucarrones e incluso murciélagos (Nieto, 1984; Crane, 1992; Roubik, 1995). Por ejemplo, en el sur de Puebla, en México, Nieto (1984) colectó insectos de las familias Apidae, moscas Syrphidae, Sarcophagidae, Muscidae, Calliphoridae, Tachinidae, avispas Vespidae, Ichneumonidae, y cucarrones Scarabaeidae y Lampyridae visitando flores de aguacate. Las abejas fueron por supuesto las visitantes más asiduas, seguidas de 11 a 8 visitas de moscas Calliphoridae y Muscidae y menos visitas de insectos pertenecientes a las demás familias.

En un nuevo estudio de 5 años en México (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999; Ish-Am *et al.*, 1999) se encontraron 45 especies incluyendo 20 especies de Himenoptera y 5 Coleoptera. De nuevo, *Apis mellifera* L. fue la más importante así como 3 especies de moscas: Eristalis

tenax L. (*Syrphidae*), *Phaenicia mexicana* Macquart (*Calliphoridae*) y *Palpada mexicana* Macquart (*Syrphidae*).

Como el polinizador para ser efectivo necesita acarrear el polen hasta el estigma, Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999; Ish-Am *et al.*, 1999 encontraron que los polinizadores efectivos eran: la abeja, 7-9 especies de abejorros (*Apidae*, *Meliponinae*), varios del género *Bombus* sp. (*Apidae*, *Bombinae*), una avispa colectora de néctar, *Brachygastra mellifica* Say (*Vespidae*) y la mosca *Chrysomya megacephala* F. (*Calliphoridae*) (Cuadro 2). Todas estas acarreaban grandes cantidades de polen y estuvieron en contacto tanto con estambres como con anteras y más que todo se mantuvieron dentro del huerto de aguacate en grandes densidades sin salir de éste.

Los polinizadores originales del aguacate

Una flor con las características de la flor del aguacate (Cruden *et al.*, 1983; Harder and Barrett, 1992) con un néctar expuesto y un polen fácil de coleccionar no va a encontrar un polinizador específico (Faegri y Pijl, 1979; Visscher y Sherman, 1998) y va a atraer tanto a la abeja como a avispas y moscas (Wysoki *et al.*, 2002). En consecuencia, no es sorprendente el encontrar todos estos grupos visitando este tipo de flores. Pero, cuáles eran los polinizadores originales del aguacate? Por supuesto no la abeja, la cual fue introducida a el nuevo mundo a comienzos del siglo 16th (Roubik, 1998). El muestreo de los polinizadores de aguacate en México indica que los polinizadores originales pueden haber sido la abeja jicote y la avispa de miel mexicana (Wysoki *et al.*, 2002) y sostiene la hipótesis de que la flor del aguacate representa una flor tipo *Meliponinae*, la cual está adaptada para polinización por abejas tropicales, de unos 4 a 8 mm, y también está adaptada para polinización por avispas y moscas.

En conclusión, el aguacate se originó y evolucionó hace millones de años en Centro América. Sus flores fueron polinizadas por polinizadores nativos los cuales co-evolucionaron

con estas flores; la flor del aguacate presenta características típicas de una flor generalista, las cuales incluyen una gran cantidad de néctar y polen como recompensa para sus polinizadores. Estas recompensas están disponibles para cualquier visitante, desde las abejas como las moscas, cucarrones, chinches y mariposas. Sin embargo, los polinizadores efectivos deben visitar tanto las flores en estado masculino como las flores en estado femenino, y éstos deben ser pequeños, de unos 3 a 8 mm para poder colectar con eficiencia el néctar del aguacate. Los polinizadores originales del aguacate se supone que sean las especies de himenopteros de hábitos sociales, como las abejas jicote (Meliponinae) y la avispa mielera mexicana (*Brachygastra mellifica* Say) las cuales son pequeñas o de tamaño mediano, después en orden de importancia vienen otras especies de avispas, moscas y algunos cucarrones. La llegada de la abeja europea a Centro América y la agricultura moderna, junto con la aplicación de insecticidas cambió las condiciones ecológicas en esta área. La abeja europea se convirtió en el mayor polinizador y los polinizadores originales fueron excluidos. Sin embargo en áreas donde el aguacate crece en forma silvestre, se encuentran los polinizadores originales con más asiduidad (Wysoki et al., 2002).

Cuadro 2. Insectos colectados en flores de aguacate en México (Ish-Am et al., 1999) La identificación de estas especies fue hecha por el SEL (Systematic Entomology Laboratory) de el USDA. La identificación de las abejas fue realizada por el Dr. David Roubik del Smithsonian Tropical Research Institute en Panamá. y el número de las especies es un estimado, ya que la identificación final no se ha completado (Wysoki et al., 2002).

Orden	Sub-orden	Especímenes colectados (No.)	Especies (No. estimado)
Himenoptera	Meliponinae	444	10
	Otras abejas	84	16
	Avispas	245	25
Diptera		153	40
Coleoptera		33	10
Heteroptera		44	8
Otros		18	6
Total		1 021	115

Polinización del mango

Hay muchos reportes contradictorios a cerca de la polinización de mango (Waite 2002). La hipótesis común es que el mango es polinizado por insectos y no por la ayuda del viento. Esto ha sido demostrado por Popenoe (1917); sin embargo, Wester (1920) y Davenport y Núñez-Elisea (1997), sostienen que en algunas circunstancias el viento es mas importante que los insectos. Free and Williams (1976) encontraron que los mangos pueden tener frutos aun cuando los insectos se hayan excluido al enfundar las panículas, sugiriendo que la polinización se debe al viento o a la gravedad del polen.

Singh (1997) y Bhatia et al. (1995) encontraron que si las panículas eran embolsadas para excluir los insectos, la fructificación era igual a cero, comparada con panículas expuestas a éstos, las cuales tenían un 4.3% de cuajado de fruto. La fauna polinizadora del mango ha sido estudiada en muchos países. Jiron y Hedström (1985), Bhatia et al. (1995), Singh (1997) y Singh (1999) reportan que especímenes del orden Diptera, familias Calliphoridae y Syrphidae, son los visitantes más asiduos de las flores de mango en Costa Rica e India. Experimentos conducidos por Anderson et al. en el norte de Australia muestran que las abejas, *Trigona* sp., fueron los polinizadores más efectivos que las moscas, pero sin descontar la acción de la abeja *Apis mellifera* Linnaeus.

En Thailandia, *A. mellifera* es buena polinizadora del longan, pero *Apis cerana* Fabricius se prefiere como polinizadora del mango (Wongsiri and Chen, 1995). Sharma et al. (1998) demostró que en la India, las especies *Lucilia* sp. (Calliphoridae) y *Sarcophaga* sp. (Sarcophagidae) aumentaban la polinización al colocar carne podrida de oveja como atrayente en sacos en las ramas de los árboles.

Pasifloraceas y polinización

Las Pasifloraceae dependen de la polinización cruzada para la producción de frutos, porque sus flores presentan características que hacen que sea muy difícil ser autopolinizadas, una de estas características son, la presencia de estigmas a un nivel mucho más alto que las anteras y los estambres de la misma flor generando polen antes de que los estigmas sean receptivos (Aguiar-Menezes 2002). Las flores del maracuya tienen otras características que facilitan la polinización cruzada, como su tamaño, son muy llamativas, fragantes y producen néctar abundantemente.

Cuando las flores recién abren, los estambres cuelgan y las anteras liberan el polen en el envés de éstos, exponiendo el polen. Los estilos se mantienen erectos, y las superficies estigmáticas no son pegajosas. Eventualmente, el estilo se dobla hacia abajo, y cuando este proceso termina hay una mayor oportunidad para que los insectos que están colectando néctar y polen entren en contacto con el estigma. Durante la primera hora de floración, un insecto visitante puede acarrear polen en su cuerpo pero es difícil que lo pueda llevar hasta el estigma. Cuando la flor comienza a cerrarse, los estilos vuelven a su posición erecta. El proceso de recurvatura requiere de una hora, aproximadamente. Los estilos de las flores que no se curvan bastante como otros, y mantienen una distancia mayor entre la antera y el estigma son más difíciles de ser polinizados por el agente polinizador. Esto se aplica más que todo a aquellas flores cuyos estilos siempre se mantienen erectos, siendo mucho de estos representantes de flores infértiles (Akamine *et al.*, 1954; Free, 1993; citados por Aguilar-Menezes, 2002). En el Brasil, no hay producción de fruta en flores polinizadas con sus estilos erectos. Se puede obtener desde 13 a un 45% de fructificación si las flores tienen sus estilos parcialmente o totalmente curvados, respectivamente (Ruggiero *et al.*, 1976). Bajo condiciones naturales, el estigma se mantiene receptivo únicamente el día en que la flor está abierta, y el polen pierde su viabilidad después de 24 horas (Akamine y Girolami, 1959).

Las flores abren, son fragantes y el néctar se secreta en una estría en la base del ginoporo, y el polen es pesado y pegajoso. Esto, en conjunto con la posición de las anteras cuando el polen es expuesto y los estigmas tienen una posición adecuada para recibir el polen, indica que las flores están adaptadas para ser polinizadas por insectos y no por el viento (Free, 1993). Esto se ha confirmado en estudios en los cuales se colocan las plantas en jaulas y se previene el acceso a los insectos, resultando en no fructificación (Akamine y Girolami, 1957).

En Hawaii, EU los principales insectos visitando las flores de maracuyá son la abeja, *Apis mellifera* L. (Apidae) y los abejorros carpinteros, *Xylocopa varipuncta* Patton (Anthophoridae). Dado su pequeño tamaño, se duda que la abeja sea una polinizadora eficiente de Passiflora. Sin embargo, Hammer (1987), sostiene que son sus hábitos como buscadoras de néctar, y no su tamaño lo que causa que haya cuajado de fruto después de su visita. El abejorro carpintero, es bastante grande y se mueve de flor en flor para obtener el néctar, su cuerpo roza tanto las anteras como los estigmas, transfiriendo el polen de un órgano a otro (Akamine et al., 1954).

Akamine and Girolami (1959) observaron que cuando *X. varipuncta* está buscando néctar roza al mismo tiempo tanto las anteras como los estigmas; las moscas, *E. arvorum*, y el saltamontes, *Conocephalus saltator* (Tetigoniidae) se alimentaban de polen, y consideraban que ellos aunque eran plagas, también eran buenos polinizadores de las passifloráceas. Pope (1935) reportó que el abejorro carpintero, *X. varipuncta*, algunas polillas y los picaflores eran suficientemente grandes para transferir el pollen desde los estambres a los estigmas. Nishida (1958) reportó que las especies de insectos más importantes visitando lores de maracuyá en Hawai eran *X. aripuncta* y la mosca *Eristalis arvorum* (Syrphidae), pertenecientes a los órdenes Diptera, Hymenoptera seguidas de algunos coleópteros, Thysanopteros y orthopteros. Nishida (1958) también estableció que los thrips y mosquitas de agallas eran muy pequeños para transferir los grandes granos de polen característicos de las pasifloráceas (Nishida, 1963).

En El Salvador los insectos más comunes visitando pasifloráceas eran *Bombus* spp., *Trigona* spp., y *Xylocopa* spp. (Free, 1993). En São Paulo, Brasil, las especies que visitan flores de maracuyá son *Xylocopa* spp., *Epicharis* spp. y *Apis mellifera* scutellata (Nishida, 1963; Ruggiero et al., 1976).

En las Indias occidentales, los polinizadores efectivos incluyen 3 especies de picaflor, y *Xylocopa mordax* Smith (Corbet and Willmer, 1980). Por la gran profundidad del nectario, las abejas pueden insertar únicamente la punta de la lengua dejando como mínimo, 13µl de néctar sin coleccionar. *Xylocopa mordax* gasta aproximadamente 8.5 segundos por visita en cada flor; en días soleados cada flor es visitada cuatro veces durante la mañana y dos veces en la tarde; cuando el día está nublado el número de visitas se reduce. Además de néctar, *X. mordax* colecta polen en el dorso cuando está en contacto con los estigmas doblados de las diferentes especies de las pasifloráceas (Free, 1993). De acuerdo con Corbet y Willmer (1980), la mayoría de la polinización de maracuyá amarillo efectuada por *X. mordax* ocurre entre las 13.30 y las 15.00 horas, cuando los estigmas se han curvado hacia abajo. En este caso el porcentaje de flores polinizadas fluctuó de 25% en días nublados 94% en días soleados. Cuando las flores están en la parte baja de la planta tienen una oportunidad menor de ser polinizadas en comparación con aquellas que están localizadas en la parte superior de ésta.

En Brasil, Ruggiero et al. (1975; 1976) observaron que 3 especies de *Xylocopa* y la abeja africana eran los polinizadores más abundantes y eficientes del maracuyá así mismo como la baja eficiencia de la abeja *Apis mellifera* obteniendo un cuajado de frutos de 75% en el caso de los abejorros carpinteros, y 3% en el caso de las abejas. La efectividad de los abejorros *Xylocopa* aumentaba si los estilos de las flores eran completamente curvilíneos y disminuía si su curvatura era menor. En Brasil, Camillo (1978; 1980) también encontró que dentro de las especies *Xylocopa*, *Xylocopa suspecta* Moure & Camargo era un polinizador más eficiente de maracuyá

que *X. frontalis* (Olivier). Este autor cita otras especies, por ejemplo, *Epicharis rustica* (Friese) (Anthophoridae), *Bombus morio*, *B. atratus*, *Apis mellifera*, *Scaptotrigona postica*, *Geotrigona* sp. (Apidae), y *Oxaea flavescens* Klug (Oxaeidae) visitando flores de maracuyá amarillo, pero indica que *S. postica* y *A. mellifera* en su mayoría colectan polen mientras que *E. rustica*, *B. morio*, y *O. flavescens* colectan únicamente néctar.

Sazima and Sazima (1989) reporta que *X. suspecta* y *X. frontalis* son polinizadores efectivos de maracuyá en Ribeirão Preto, SP (Brazil), y *Trigona spinipes* (Fabricius) (Apidae) colecta néctar y polen pero no poliniza robando nectar y polen y así mismo, disminuyendo la efectividad de *Xylocopa*. Más aun, *Trigona* ataca y repele a *Xylocopa* cuando esta intenta visitar las flores de maracuyá, reduciendo el cuajado de frutos en 6-25%. En consecuencia el efecto negativo de colonias de *Trigona* es muy serio en cultivos pequeños de maracuya. En Malasia, Mardan *et al.* (1991) observo que el abejorro carpintero *Platynopoda latipes* era el polinizador más importante de maracuya y consideraban que las abejas (*Apis cerana* and *A. dorsata*), disminuian la fructificación al remover polen antes de que la polinización efectiva de *P. latipes* ocurriera.

Tres abejorros carpinteros, *Xylocopa mordax* Smith, *X. scutellata* Moure, y *X.* (*Megaxylocopa*) *fimbriata* Fabricius, son los polinizadores más importantes de maracuyá en el lago de Maracaibo, Venezuela y las visitas de los abejorros ocurren entre las 15:00 y 18:00 pm (Domínguez-Gil y McPherson, 1992).

Se han recomendado formas de facilitar la polinización de *Xylocopa*. Por ejemplo, Nishida (1958) recomienda que la are en producción de maracuyá no debe exceder la capacidad polinizadora de los insectos polinizadores presentes, o que deben considerarse formas de aumentar el número de éstos. Nishida (1954), Akamine y Girolami, (1959) y Cobert y Willmer, (1980) sugieren los siguientes métodos para incrementar los polinizadores. Por ejemplo, como los abejorros carpinteros construyen sus colmenas en Madera o en tallos de árboles,

se debe proporcionar estos sustratos. La abundancia de lugares donde ellos pueden colocar sus nidos, reduce el tiempo de búsqueda y la competencia entre hembras. Los postes a usar pueden ser madera roja, u otro tipo de madera liviana (Akamine et al., 1954, Free, 1993). Los estudios de Camillo y Garófalo (1982) demuestran que entre 9 tipos de madera, el eucalyptus fue la madera preferida de los abejorros *Xylocopa*. Hoffmann (1997) recomienda el uso de postes de 15-20 cm de diámetro en los cuales se huecos de 1.5 cm de diámetro. El primer hueco es longitudinal, con una profundidad de 20 cm y el segundo es perpendicular al primero a unos 15 cm de altura. El primer hueco se cierra con un pedazo de madera o corcho y el segundo es usado como la entrada de los abejorros.

Camillo (1996) incrementó la polinización de maracuyá por *Xylocopa* spp. en Holambra, Sao Paulo (Brasil) al introducir postes para nidos en estas plantaciones. Antes de colocar los postes, la polinización era del 3.2%, más tarde al introducir 49 nidos de *X. frontalis* y *X. grisescens* en una plantación de maracuyá de 1.5 ha el porcentaje de fructificación incremento al 25%. Las poblaciones de abejorros carpinteros tambien pueden incrementarse al aumentar fuentes de polen y nectar en el momento de floración del maracuya (Akamine et al., 1954). En Brazil, las flores de *Hibiscus* spp., *Cassia* spp., *Ipomoea purpurea*, y *Crotalaria juncea* son muy atractivas para los abejorros carpinteros (Ruggiero et al., 1996).

La forma de evaluar si se necesita o no el incrementar el número de abejorros carpinteros o la polinización manual es contar las flores que caen por falta de fertilización, lo cual indica que hay una densidad muy baja de polinizadores. Ruggiero et al. (1996) recomiendan marcar 3 flores que estén listas a abrir por planta durante un día luminoso. Si se tiene una plantación de unas 2-3 ha, esta operacion debe ser repetida en más de > 34 plantas, marcando unas 100 flores en total. Si se tiene un área mayor, la cantidad de flores marcadas debe ser incrementada proporcionalmente. Cuatro días más tarde, se deben contar los frutos en las flores

marcadas. Ruggiero *et al.* (1996) observaron que 40-50% de las flores marcadas fructificaban, lo que significó que la población de los abejorros carpinteros era adecuada. Si se encuentra menos de 30% de frutos, esto indica que hay una falta de polinizadores y las flores deben ser polinizadas manualmente.

De acuerdo con Akamine *et al.* (1954), Akamine y Girolami (1957; 1959), y Nishida (1958), las abejas contribuyen a disminuir la fructificación del maracuyá. En áreas donde hay muchas abejas, éstas remueven el polen de las anteras llevandoselo a la colmena. Cuando el estilo se ha movido a la posición en la cual los estigmas pueden ser polinizados por los abejorros carpinteros, no se encuentra polen suficiente en las flores para lograr una fructificación eficiente.

En Hawái, EU, Nishida (1958) encontró que en dos lugares, flores que se habían embolsado y polinizado a mano, tenían en mismo porcentaje de fructificación que aquellas que se habían dejado sin embolsar. Sin embargo, en otros dos lugares, flores embolsadas y polinizadas a mano fructificaron mejor que aquellas no embolsadas ni polinizadas a mano, lo cual indicaba que los insectos de las localidades eran muy pocos.

Nishida (1963) encontró que la abundancia de abejas en la polinización de maracuyá era errática pues éstas preferían otras fuentes de néctar y polen. Nishida (1963) sugirió que *X. varipuncta* es un polinizador más eficiente que la abeja, porque es más grande, más rápido y acarrea más polen. Esto fue confirmado en experimentos de Ruggiero *et al.* (1976) cuando encontraron que en plantas expuestas en confinamiento a *Xylocopa* spp. tenían una fructificación de 75% en comparación con plantas expuestas a abejas, las cuales resultaron en 45% de fructificación.

Sin embargo, Free (1993) sugiere que las abejas son importantes como polinizadoras de este cultivo, ya que ellas polinizan pasifloráceas en valles y regiones montañosas y pueden ser manipuladas fácilmente. Este planteamiento fue respaldado por Cox (1957) en Australia. En

Florida, EU donde se encuentra únicamente abejas visitando maracuyá, hay una fructificación de 25% (Hardin, 1986).

Literatura citada

- Aguiar-Menezes, E., E. Menezes, P. Cassino and M. Soares. 2002. Passion Fruit. In: Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. eds. Tropical fruit pests and pollinators, CAB International, Wallingford, UK., pp.361-390.
- Ahmed, M.S. (1936a) Pollination and selection in *Anona squamosa* and *Anona cherimolia*. Ministry of Agriculture of Egypt, Technical Science Service Horticultural Section Bulletin no. 57
- Ahmed, M.S. (1936b) The Anonas in Egypt. Ministry of Agriculture of Egypt, Horticultural Section Booklet no. 14.
- Akamine, E.K. and Girolami, D.G. (1957) Problems in fruit set in yellow passion fruit. *Hawaii Farm Science* 5, 3-5.
- Akamine, E.K. and Girolami, D.G. (1959) Pollination and Fruit Set in Yellow Passion Fruit. Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu, 32pp. (Technical Bulletin, 39).
- Akamine, E.K., Hamilton, R.A., Nishida, T., Sherman, G.D. and Storey, W.B. (1954) Passion Fruit Culture. University of Hawaii, 23pp. (Extension Circular, 345).
- Andrade, B.M. (1996) Pollination and breeding system of *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae) in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 12, 313.
- Bahtia, R., Gupta, D., Chandel, J.S. and Sharma, N.K. (1995) Relative abundance of insect visitors on flowers of major subtropical fruits in Himachal Pradesh and their effect on fruit set. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 65, 907-912.
- Camillo, E. (1978a) Aspectos reproductivos de algumas espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Ciência e Cultura* 30, 594-595.
- Camillo, E. (1978b) Polinização do maracujazeiro. In: *Anais do 2o Simpósio Sobre a Cultura do Maracujazeiro*, Jaboticabal, pp. 32-39.
- Camillo, E. (1980) Polinização do maracujazeiro. In: Ruggiero, C. (ed.) *Cultura do Maracujazeiro*. FCAN, Jaboticabal, pp. 47-53.
- Camillo, E. (1996) Utilização de espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) na polinização do maracujá amarelo. In: *Anais do 2o Encontro Sobre Abelhas*. Ribeirão Preto, pp. 141-146.
- Camillo, E. and Garófalo, C.A. (1982) On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Olivier) and *Xylocopa grisescens* (Lepelletier) in southern Brazil. I. Nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Entomologia* 42, 571-582.

- Carvalho, E.F., Calixto, A.R.Y., Silva Filho, J.R. and Morato, E.F. (1994) Avaliação da polinização artificial na redução dos danos causados por *Trigona amazonensis* na cultura do maracujá amarelo. In: Anais do 13o Congresso Brasileiro de Fruticultura. SBF, Salvador, pp. 798-799.
- Castañeda V., A., Pineda, S. G., and Rebollar, A. (1997) Searching of cherimola pollinator insects in the states of Mexico and Michoacan. I. Identification. Memorias Congreso Internacional de Annonaceas, Chapingo, Mexico. pp.
- Castañeda-Vildózola, A., Equihua-Martinez, A., Valdés-Carrasco, J., Barrientos-Priego, A.F., Ish-Am, G. and Gazit, S. (1999) Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. Revista Chapingo Serie Horticultura 5 Num. Especial. Proceedings of Fourth World Avocado Congress, 1999, pp. 129-136 (in Spanish, English abstract).
- Cogez, X., and Lyannaz, J.P. (1996) Manual pollination of sugar apple. Tropical Fruit Newsletter. 19, 5-6.
- Corbet, S.A. and Willmer, P.G. (1980) Pollination of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. Journal of Agricultural Science 95: 655-666.
- Crane, E. (1992) The past and present status of beekeeping with stingless bees. Bee World 73, 29-42.
- Cruden, R.W., Hermann, S.M. and Peterson, S. (1983) Patterns of nectar production and plant-pollinator coevolution. In: Bentley R. and Elias T. (eds.) The Biology of Nectaries. Columbia University Press, NY, pp. 80-125.
- Davenport, T.L. (1985) Avocado flowering, pollination and fruit set. HortScience 20, 589.
- Davenport, T.L. (1986) Avocado flowering. Horticultural Review 8, 257-289.
- Davenport, T.L. and Núñez-Elisea, R. (1997) In: Litz, R.E. (ed.) The Mango - Botany, Production and Uses. CAB International-Wallingford, UK. Reproductive Physiology pp. 69-146.
- Deroin, T. (1989) Evolution des modalités de la pollinisation au cours du développement des axes aériens chez une Annonacée savanicole soumise aux feux annuels: *Annona senegalensis* Pers. C.R. Acad. Sci. Paris 308, Series III, 307-311.
- Dominguez-Gil, O.E. and McPherson, B.A. (1992) Arthropods associated with passion fruit in western Venezuela. Florida Entomologist 75, 607-612.
- Faegri, K. 1978. Trends in research in pollination ecology. In The pollination of flowers by insects, A. J. Richards, ed. Academic Press, pp. 5-12.
- Faegri K. and Van der Pijl, L. (1979) The Principles of Pollination Ecology, 3rd revised edn. Pergamon Press, Oxford, 244pp.
- Farre, M., J., Perez O., J. M., Hermoso G, M. de los A. and Orgata R., J. M. (1997) Estudio sobre polinización de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill) en España. Memorias Congreso Internacional de Annonaceas. Chapingo, Mexico. pp 43-55.
- Free J.B. (1993) Insect Pollination of Crops, 2nd edn. Academic Press, 684pp.

- Free, J.B. and Spencer-Booth, Y. (1964) The foraging behaviour of honey-bees in an orchard of dwarf apple trees. *Journal of Horticultural Science* 39,78-83.
- Free, J.B. and Williams, I.H. (1976) Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig and *Persea americana* Mill. *Tropical Agriculture* 53, 125-136.
- Galon, I., Gazit, S. and Podoler, H. (1982) Improvement of natural fruit set of *Annona* by increasing the population of pollinating insects. *Alon. Haloneta* 9, 611-614.
- Gazit, S., I. Galon and H. Podoler. (1982). The role of nitidulid beetles in natural pollination of *Annona* in Israel. *Journal American Society Horticultural Science*. 107, 840-852.
- George, A.P., Nissen, R.J., Ironside, D.A. and Anderson, P. (1989) Effects of nitidulid beetles on pollination and fruit set of *Annona* spp. hybrids. *Scientia Horticulturae* 39, 289-299.
- George, A.P. and Nissen, R.J. (1991). *Annona cherimola* Miller, *Annona squamosa* L., *A. cherimola* x *A. squamosa*. In : E.W.M. Verheij and R.E. coronel. (eds.), *Plant Resources of South East Asia*. 2. Edible fruits and nuts Pudoc-DLO Wagenigen, Holland and prozea Foundation, Bogor, Indonesia 447 pp.
- George, A.P., Niessen, R.J., and Campbell, J. A. (1992). Pollination and selection in *Annona* species (cherimoya, atemoya, and sugar apple). *Acta Horticulturae*. 321, 178-185.
- Gottsberger, G. (1970) Beitrage zur Biologie von Annonaceen-Bluten. *Osterreichische Botanische Zeitschrift*. 118,237-279.
- Gottsberger, G. (1985). Pollination and dispersal in the Annonaceae. *Annonaceae Newsletter* 1, 6-7.
- Gottsberger, G. (1988). The reproductive biology of primitive angiosperms. *Taxon* 37, 630-643.
- Hammer, L.H. (1987) The pollinators of yellow passionfruit – do they limit the success of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* as a tropical crop? In: *Proceedings of the Annual Meeting of the Florida State Horticulture Society* 100, 283-287.
- Harder L.D. and Barrett S.C.H. (1992) The energy cost of bee pollination for *Pontederia cordata* (Pontederiaceae). *Functional Ecology* 6, 226-233.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1991a) Possible routes of avocado tree pollination by honeybees. *Acta Horticulturae* 288, 225-233.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1991b) New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *California Avocado Society Yearbook* 75, 125-137.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1993) The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers and their contribution to its pollination. *Journal of Apicultural Research* 32, 175-186.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. (1998a) Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science* 73, 195-204.

- Ish-Am, G., Barrientos-Priego, A.F., Castañeda-Vildózola, A. and Gazit, S. (1999) Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Num. Especial. Proc of Fourth World Avocado Congress, 1999, pp. 137-143.
- Jirón, L.F. and Hedström, I. (1985) Pollination ecology of mango (*Mangifera indica* L.) (*Anacardiaceae*) in the neotropic region. *Turrialba* 35, 269-277.
- Jirón, L.F. and Lobo, J.A. (1995) Las abejas del genero *Trigona* y su asociacion con cultivo del mango (*Mangifera indica* L.). *Boltec* 28, 66-68.
- Kahn, T.L. (1997) Pollination theory and practice. *Cherimoya Handbook*. The California Cherimoya Association. pp. 2-220.
- Kahn, T. L. and M. L. Arpaia. (1990). Methods of cherimoya hand pollination. California Cherimoya Association. Newsletter. 3, 1-3.
- Kessler, P.A. (1987) Some interesting distribution patterns in the *Annonaceae*. *Annonaceae Newsletter*. Utrecht, The Netherlands, 6, 7 p.
- Kevan, P.G. and Baker, H.G. (1983) Insects as flowers visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28, 407-453.
- Koesriharti (1991). *Annoma muricata* L. In, Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E. (eds.), *Plant Resources of South East Asia*. 2. Edible fruits and nuts Pudoc-DLO Wagenigen, Holland and Prozea Foundation, Bogor, Indonesia 447pp.
- Kumar, R., Hoda, M.N. and Singh, D.K. (1977) Studies on the floral biology of custard apple (*Annona squamosa* Linn.). *Indian Journal of Horticulture*. 34, 252-256.
- Lopez, E. and Rojas Dent, R. (1992) Arthropods associated with cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) flowering in Quillota, Chile. *Acta Entomologica Chilena*. 17, 101-106.
- Lopez, E. and Uquillas, C. (1997). *Carpophilus hemipterus* (Coleoptera: Nitidulidae) ascherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollination agent under controlled conditions. *Acta Entomologica Chilena*. 21, 89-99.
- Mardan, M., Yatim, I.M. and Khalid, M.R. (1991) Nest biology and foraging activity of carpenter bee on passion fruit. In: *The 6th International Symposium on Pollination*. Tilburg, pp. 127-132.
- Nishida, T. (1958) Pollination of the passion fruit in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 51, 146-149.
- Nishida, T. (1963) Ecology of the Pollinators of the Passion Fruit. Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu (Technical Bulletin, 55).
- McGregor, S.E. (1976) *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*. USDA Agriculture Handbook 496, Washington DC, 411 pp.
- Mommers, J. (1952) De betekenis van de honiongbij voor de destuiving. *Meded. Dir. Tuinb.* 15, 586-593.
- Momose, J., Nagamitsu, T., and Inoue, T. (1998) Thrips cross-pollination of *Popowia pisocarpa* (*Annonaceae*) in a lowland dipterocarp forest in Sarawak. *Biotropica* 30, 444- 448.

- Nadel, H. and Peña, J. E. (1994) Identity, behavior, and efficacy of nitidulid beetles (Coleoptera: Nitidulidae) pollinating commercial *Annona* species in Florida. *Environmental Entomology*, 23, 878-886.
- Nagamitsu, T. and Inoue, T. (1997) Cockroach pollination and breeding system of *Uvaria elmeri* (Annonaceae) in a lowland mixed-dipterocarp forest in Sarawak. *American Journal of Botany* 84, 208-213.
- Nagel, J., Peña, J.E. and Habbeck, D. (1989) Insect pollination of atemoya in Florida. *Florida Entomologist* 7, 207-211.
- Nakasone, H., Y., and Paull, R. E. (1998) *Tropical Fruits*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 445p.
- Nieto, A.R. (1984) Observacion preliminar de la polinizacion entomofila en aguacate *Persea americana* Mill. *Revista Chapingo* 9, 54-55.
- Noonan, J.C. (1954) Review of investigations of the *Annona* species. *Natural Horticultural Magazine*. 33, 219-225.
- Okimura, G. T. and Savage, I. E. (1974). Nitidulid beetles most commonly found attacking dried fruits in California. *Natural Pest Control Operator News* 34,4-7.
- Peña, J.E. and Bennett, F. D. (1995) Arthropods associated with *Annona* spp. in the neotropics. *Florida Entomologist* 78:329-349.
- Peña, J.E., Castiñeiras, A., Bartelt, R. and Duncan, R. (1999). Effect of pheromone bait stations for Sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) on *Annona* fruit set. *Florida Entomologist*, 82: 475-480
- Pena, J. E., Nadel, H., Barbosa, M., and Smith, D. (2002) Pollinators and pests of *Annona* Species. In: Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. eds. *Tropical fruit pests and pollinators*, CAB International, Wallingford, UK., pp. 197-222.
- Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. 2002. *Tropical fruit pests and pollinators*, CAB International, Wallingford, UK., 407 p.
- Podoler, H., Galon, I., and Gazit, S. (1984). The role of nitidulid beetles in natural pollination of *Annonas* in Israel: attraction of nitidulid beetles to *Annona* (atemoya) flowers in Israel. *Oecologia Applicata*. 5, 369-381.
- Podoler, H., Galon, I. and Gazit, S. (1985) The effect of atemoya flowers on their pollinators: nitidulid beetles. *Acta Oecologica* 6, 251-258.
- Real, L. (1983) Introduction. In: Real, L. (ed.) *Pollination Biology*. Academic Press, New York, pp. 1-5.
- Reiss, A. (1971) Pollination and fruit set of *Annona cherimola* and *Annona squamosa*. M. Sc. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Roubik, D.W. (1995) *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Food Agricultural Organization, Agricultural Services Bulletin 118, Rome.

- Ruggiero, C., Banzatto, D.A. and Lam-Sanchez, A. (1976) Studies on natural and controlled pollination in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). *Acta Horticulturae* 57, 121-124.
- Ruggiero, C., Lam-Sanchez, A. and Miguel, S. (1975) Estudos da incompatibilidade em flores do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). In: *Anais do 3o Congresso Brasileiro de Fruticultura*. SBF, Rio de Janeiro, pp. 491-495.
- Ruggiero, C., São José, A.R., Volpe, C.A., Oliveira, J.C., Duringan, J.F., Baumgartner, J.G., Silva, J.R., Nakamura, K., Ferreira, M.E., Kavati, R. and Pereira, V.P. (1996) *Maracujá Para Expotação: Aspectos Técnicos da Produção*. EMBRAPA/SPI, Brasília, 64pp. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19).
- Safford, W. E. (1914) Classification of the genus *Annona* with descriptions of new and imperfectly known species. United States National Herbarium, Smithsonian Institution. 18, 68 p.
- Sazima, I. and Sazima, M. (1989) Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 33, 109-118.
- Schroeder, C. A. (1943) Hand pollination studies on the cherimoya. *Proceedings American Society Horticultural Science*. 43, 39-41.
- Schroeder, C.A. (1956) Cherimoyas, sapotes and guavas in California. *California Avocado Society Yearbook* 40: 49-56.
- Schroeder, C.A. (1971) Pollination of cherimoya. *California Avocado Society Yearbook* 54, 119-122.
- Silberbauer-Gottsberger, I., Gottsberger, R. and Gottsberger, G. (1997) Flower rhythm and pollination in a hybrid population of *Annona* in a small cerrado area in Matto Grosso, Brazil. *Annonaceae Newsletter* 11, 55-60.
- Singh, G. (1997b) Pollination, pollinators and fruit setting in mango. *Acta Horticulturae* 455, 116-123.
- Smith, D. (1991a). Insect pests. In Sanewski, G. (ed). *Custard Apples cultivation and crop protection* Queensland Department of Primary Industries. Information Series Q190031, 103pp.
- Stephen, W. (1958) Pear pollination studies in Oregon. *Tec. Bull. Ore. Agric. Exp. Stn.* No. 23
- Stout, A.B. (1933) The pollination of avocados. *Florida Agricultural Experimental Station Bulletin* 257, 1-44.
- Thakur, D.R. and Singh, R. N. (1965). Studies on pollen morphology, pollination and fruit set in some annonas. *Indian Journal of Horticulture* 22, 10-18.
- Thomson, P. 1974. Cherimoya and pawpaw pollination. *Pomona* 7,3-6, 24.
- Verheij, E., and R. Coronel. (1992) *Plant resources of South east Asia*. Edible fruits And nuts. Prosea Foundation, Bogor Indonesia, 446 p.
- Valentine, D.H. (1987) The pollination of introduced species, with special reference to the British Isles and the genus *Impatiens*. In: Richards, A.J. (ed.) *The Pollination of Flowers by Insects*. Academic Press, LOCATION???, pp.117-123.
- Vidal H. L. (1997) Identificación y frecuencia de insectos polinizadores en guanabana *Annona muricata*. *Memorias Congreso Internacional de Annonaceae*, Chapingo, Mexico. p. 36.

- Villalta, R. (1988) Estudio de la biología floral e identificación de agentes polinizadores de la guanabana (*Annona muricata* L.) en la zona atlántica de Costa Rica. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, Thesis. 61 p.
- Visscher, P.K. and Sherman, G. (1998) Insect visitors to avocado flowers. *Subtropical Fruit News* 6, 7-10.
- Vithanage, H.I.M.V. (1984) Pollen-stigma interactions: Development and cytochemistry of stigma papillae and their secretions in *Annona squamosa* L. (Annonaceae). *Annals of Botany* 54, 153-167.
- Vithanage, H.I.N.V. (1990) The role of the European honeybee (*Apis mellifera* L.) in avocado pollination. *Journal of Horticultural Science* 65, 81-86.
- Waite, G. (2002) Pests and Pollinators of mango. In: Pena, J., Sharp, J., and Wysoki, M. eds. *Tropical fruit pests and pollinators*, CAB International, Wallingford, UK., pp. 103-130.
- Webber, A. (1981) Algunos aspectos da biología floral de *Annona sericea* Dun. (Annonaceae). *Acta Amazonica*. 11: 61-65.
- Webber, A. C. and Gottsberger, G. (1997). Floral biology and pollination of *Bocageopsis multiflora* and *Oxandra euneura* in Central Amazonia. *Annonaceae Newsletter* 11, 61-66.
- Wester, P.J. (1910) Pollination experiments with anonas. *Bulletin Torrey Botanical Club* 37, 529-539.
- Westerkamp, C. (1991) Honeybees are poor pollinators—why? *Plants Systematics and Evolution* 177, 71-75.
- Wongsiri, S. and Chen, P.P. (1995) Effects of agricultural development on honey bees in Thailand. *Bee World* 76, 3-5.



DE CHIAPAS

UNACH

VIII.
FRUIT WITH CURRENT AND
POTENCIAL IMPORTANCE
IN CHIAPAS

Robert J. Knight, Jr

UNACH

MANGO (*Mangifera indica* L.)

Botany: The mango belongs to the family Anacardiaceae, to which the cashew, pistachio, and *Spondias* spp. (ambarella, jobo and jocote) also belong. The mango originated in southeast Asia, possibly on the island of Borneo, where numerous other species of *Mangifera* grow naturally.

The mango's breeding system is based on self-incompatibility, and flowers of both sexes occur in the same inflorescence. To ensure adequate production of fruit it is desirable that trees of different compatibility genotypes be set near each other in the field, but in Central America this usually is not a serious factor in reducing crop size.

Economic importance: The mango is one of the most important fruits in the world, coming after grapes, citrus fruits and apples in production. Mango fruit is a dependable source of carotene (vitamin A) and ascorbic acid (vitamin C), and also contains natural sugars, fiber, calcium, phosphorus, iron, thiamine, riboflavin, niacin, tryptophan, methionine and lysine (Morton, 1987). World mango production in 2005 reached 27 966 749 metric tons (mt), with Mexico's production amounting to 5.4% of the total. India, with 38% of the world total, produced the largest quantity of mango fruit. Other important producers are China, with 13.1% of the world total, Thailand (6.4%), Indonesia (5.3%), the Philippines (3.4), and Brazil (3.0%).

Production figures changed since 1961 when India produced 64.1% of the world crop of 10.9 million metric tons (mt), of which Brazil produced 6.0% and Mexico 1.6%, to a 2005

production of 27 966 749 mt, of which Mexico produced 5.4%. Mexican mango production ranged from 1.6% to 3.1% of the world total in the years between 1961 and 1977, then increased dramatically to 13.5% in 1981, dropping to 6.7% in 1985 and ranging from 6.8% to 5.4% in the years between 1989 and 2005 (Knight, 2006).

Mexico is an important producer of mangos for domestic consumption and for export, notably to the U.S. and to Canada. Several thousand mango cultivars have been selected and propagated in parts of the world where the crop is grown, and some of these have assumed commercial importance through time. Among these are 'Alfonso' (India), 'Ataulfo' (Mexico), 'Haden', 'Irwin', 'Kent', 'Keitt' (U.S.), 'Langra' (India), 'Manila' (Mexico), 'Pairi' (India), 'Tommy Atkins' (U.S.), and many more.

Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims and *P. edulis flavicarpa* Degener)

Botany: The passion fruit belongs to the family Passifloraceae, to which some 400 species of *Passiflora* belong. Among these are several species that have edible fruits, including *Passiflora laurifolia*, *P. ligularis*, *P. maliformis*, *P. molissima* (naturalized in Mexico), and *P. quadrangularis*. *Passiflora* is a genus that occurs naturally for the most part in the American tropics, with some outlier species occurring in nearby areas. Numerous other species and interspecific hybrids also are cultivated as ornamentals because of their spectacular flowers or interesting foliage. Most species of *Passiflora* are self-incompatible, and to ensure fruit production it is essential to plant cross-compatible clones in close proximity and to make certain that populations of appropriate pollen vectors (i.e. carpenter bees, Fam. Apidae Suborder Anthophoridae) are encouraged to congregate in or near the growing field (Akamine and Girolami, 1959).

Economic importance: Fruit of the purple and yellow forms of *P. edulis* (parcha or maracuya, and parcha amarilla) has been produced in commercial quantities in Australia, Brazil, New

Guinea, New Zealand, South Africa, and is grown in many other tropical and subtropical parts of the world. Production has varied over the past, but the countries named have remained important over a number of years. Fruit and pulp of the purple passion fruit is rich in carotene (vitamin A precursor), a good source of potassium and ascorbic acid (vitamin C), and also contains calcium, phosphorus, iron, sodium, riboflavin and niacin (Morton 1987).

Passion fruit is used industrially to prepare refrescos and nectars, flavorings for ice cream, jellies and other confections as well as alcoholic cordials. Expanding demand in metropolitan markets suggests that industrial production of preserved juice of *P. edulis* can be expected to grow in the foreseeable future. Some cultivars have been named and grown commercially in some countries, but the bulk of world production of *P. Edulis* is from vines that are grown from seed. Selected clones can readily be grown from cuttings, and can be grafted on rootstocks which are sometimes used because of their resistance to soil-borne pathogens.

The granadilla, *P. ligularis*, is popular in the gardens and markets of those parts of tropical America with lands ranging from 900-2 700 m of altitude, but has not assumed commercial importance in markets outside its natural range. The giant granadilla or granadilla real (*P. quadrangularis* L.) is common in many tropical countries and is sometimes used for preparing refrescos and other confections, but it is not grown commercially or for export to any significant degree.

Carambola (*Averrhoa carambola* L.)

Botany: The carambola belongs to the family Oxalidaceae, to which a number of *Oxalis* species cultivated as ornamentals and two species grown for their fruits, *Averrhoa bilimbi*, the bilimbing, and *A. carambola*, the carambola, belong. The carambola originated in Southeast Asia but has long been cultivated and its site of origin is not known. The carambola is self-incompatible, normally needing to be cross-pollinated by a tree of complementary floral type

to bear adequate crops of fruit. The trees bear distylous flowers, all flowers on a single tree having long pistils and short stamens or, conversely, short pistils and long stamens. It is necessary to have trees of both floral types growing in a field planting to ensure adequate fruit production, although some cultivars, e.g. 'Golden Star', set fruit from self-pollination (Knight 1982). Fruit of the carambola is rich in ascorbic acid (vitamin C) and phosphorus, and contains smaller amounts of iron and numerous vitamins (Morton 1989).

Economic importance: Long appreciated in Asia, the carambola was little known outside that area until some 40 years ago when improved cultivars were introduced and evaluated in the U.S., Australia and other places where the fruit had not been well known earlier. Since that time small commercial industries have developed in new areas of culture, and export of the fruit from its place of origin to metropolitan markets has become common.

Expansion of metropolitan markets in the U.S., Canada, Europe and Japan suggests that there may be a potential for expansion of carambola production in Mexico and nearby Central America. Carambola juice is popular in Surinam where oranges are not widely cultivated but the carambola grows well. The first carambolas imported to North America from Asia bore sour fruit that was not widely appreciated, but improved cultivars brought in since 1950 have permitted the expansion of commercial production. Cultivars now grown to some extent in the U.S., Australia and elsewhere include 'Arkin', 'B-10', 'B-17', 'Fwang Tung', 'Kari', 'Sri Kembangan' and numerous others.

Papaya (*Carica papaya* L.)

Botany: The papaya belongs to the family Caricaceae, native for the most part to the American tropics. There are approximately 25 species of *Carica*, but *C. papaya*, which grows in the lowland tropics, is of the greatest economic importance and another species, *C. pubescens* (= *C. candamar-censis*), grown in the Andean highlands, is consumed to some degree.

Fruit of the common papaya (*C. papaya*) is a good source of ascorbic acid (vitamin C), calcium and phosphorus, lysine and tryptophan, and also contains iron, carotene, riboflavin, niacin and methionine (Morton 1989).

Papaya plants can be male (bearing no fruits), hermaphroditic, or female. When flowers of female plants are pollinated by pollen from hermaphrodites, all resultant seedlings will bear fruit, whereas pollen from male plants applied to flowers of females will produce half fruitful (female) and half unfruitful (male) seedlings (Storey, 1969). Nocturnal moths make most papaya pollinations.

Economic importance: world papaya production increased in a 44-year period from 1.3 million mt in 1961 to 6.7 million mt in 2005. Mexico's production during that period increased from 2.7% of the world total in 1961 to 14.2% in 2005. Mexico's share of total world production increased more or less steadily from 1961 until 1985, when it equaled 21.0%, afterward dropping to 6.7% in 1993, then rising to 12-14% of world production in subsequent years (Knight, 2006). Papaya fruit produced in Mexico is consumed locally and is exported to neighboring countries, notably the U.S. and Canada. Most papaya production is from seed-grown plants. Cultivars have been selected and named in various countries, but in many areas fruit is grown on unnamed seedlings, and some named cultivars that were grown in the past

are no longer maintained. Cultivars of current importance are 'Solo' (Hawaii and Brazil), 'Waimanolo' and 'Sunrise Solo' (Hawaii), 'Miradol' (Cuba and Belize). 'Cariflora' was developed by the University of Florida (Homestead) some years ago, but is not widely planted at present. 'Exotika' was developed in Malaysia by crossing 'Solo' with locally adapted types to produce an improved cultivar that has a lower requirement for fertilizer than does 'Solo'. Work to develop transgenic papaya germplasm with resistance to virus disease is currently in progress at the University of Florida, Homestead (M. J. Davis, 2006, pers. comm.), but no material has yet been approved for release to growers.

Literature Cited

- Akamine, E. K. and Girolami, E. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Hawaii Agr. Exp. Sta. Bul. 59.
- FAOSTAT Database. 2006. Food and Agricultural Organization, United Nations, Rome.
- Knight, R. J. 1982. Partial loss of self-incompatibility in 'Golden Star' carambola. HortScience 17(1):72.
- Knight, R. J. 2006. Changes in tropical fruit production in Florida and the world through time. Proc. Fl. State Hort. Soc. 119:
- Morton, J. F. 1987. Fruits of Warm Climates. J. F. Morton, Coral Gables, FL. Storey, W. B. 1969. Papaya. In Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics. Misc. Papers 4. Landbouwhogeschool (Editor). Wageningen, Netherlands.

UNACH

VIII.
**FRUTALES CON IMPORTANCIA
ACTUAL Y POTENCIAL EN CHIAPAS**

Robert J. Knight, Jr

UNACH

MANGO (*Mangifera indica* L.)

Botánica: El mango pertenece a la familia Anacardiáceas, a la cual también pertenecen el marañón, el pistache y varias especies de Spondias (ambarella, jobo y jocote). El mango se originó en el sudeste de Asia, posiblemente en la isla de Borneo, donde varias otras especies de *Mangifera* crecen naturalmente. El sistema de criar del mango se basa en la autocompatibilidad, y flores de ambos sexos ocurren en una misma inflorescencia. Para asegurar la producción de adecuadas cantidades de frutas, es menester que árboles de genotipos de compatibilidad complementaria estén plantados en proximidad en el huerto, pero en Centroamérica este hecho usualmente no reduce la cantidad de la cosecha seriamente.

Importancia económica: El mango es uno de los frutales más importantes del mundo, detrás de las uvas, los cítricos y las manzanas en la cantidad de producción (FAOSTAT Database, 2006). La fruta del mango constituye una fuente confiable de la carotena (precursor de vitamina A) y el ácido ascórbico (vitamina C), y también contiene azúcares naturales, fibra, cálcico, fósforo, hierro, tiamina, riboflavina, niacino, tríptofan, metionin y lisino (Morton, 1987). La producción de mango en el mundo en 2005 alcanzó 27 966 749 toneladas métricas (tm), con la producción de México constituyendo 5.4% de la totalidad. India, con 38% de la producción del mundo, produjo la mayor cantidad de fruta del mango. Otros productores importantes son China, que produce 13.1% del total del mundo, Tailandia (6.4%), Indonesia (5.3%), Filipinas (3.4%) y Brasil (3.0%).

Las figuras de producción de mango cambiaron desde 1961, cuando India produjo 64.1% de la cosecha mundial de 10.9 millones de toneladas métricas (tm), de las cuales Brasil produjo 6.0% y México 1.6%, hasta 27 966 749 tm de 2005, de cual México produjo 5.4%. La producción de mangos en México en los años 1961–1977 varió de 1.6% a 3.1% del total mundial, luego aumentó fuertemente a 13.5% en 1981, disminuyendo a 6.7% en 1985 y variando de 6.8% a 5.4% durante los años de 1989 a 2005 (Knight, 2006).

México es un importante productor de mango para consumo doméstico y para exportación, especialmente a EEUU y a Canadá. Se han seleccionado y propagado unos miles de cultivares de mango en las partes del mundo en donde esta fruta es cultivada, y unos de éstos han asumido alguna importancia en el comercio, por el tiempo. Entre este grupo están 'Alfonso' (de la India), 'Ataúlfo' (de México), 'Haden', 'Irwin', 'Kent' y 'Keitt' (de Florida), 'Langra' (de India), 'Manila' (de México), 'Pai' (de India), 'Tommy Atkins' (de Florida), y bastantes otros.

Maracuya (*Passiflora edulis* Sims y *P. edulis flavicarpa* Degener)

Botánica: El maracuyá o parcha pertenece a la familia Pasifloráceas, a cual pertenecen unas 400 especies de *Passiflora*. Entre éstas varias especies que tienen frutas comestibles, incluyen *Passiflora laurifolia*, *P. ligularis*, *P. maliformis*, *P. mollisima* (que se ha naturalizado en México), y *P. quadrangularis*. El género *Passiflora* se cultiva mayormente en los trópicos americanos, con unas especies en áreas cercanas. Otras muchas especies e híbridos interespecíficos sin fruta comestible son cultivadas como ornamentales por sus flores o follaje espectaculares. Gran parte de las especies de *Passiflora* son autoincompatibles, y para asegurar la producción de cosechas satisfactorias es esencial sembrar clones que son intercompatibles en sus proximidades y verificar que poblaciones de los vectores naturales del polen (es decir abejas carpinteras,

familia Apidae, suborden Anthophoridae) sean inducidas a congregarse en o cerca del campo de producción (Akamine y Girolami, 1959).

Importancia económica: Fruta de las especies morada y amarilla de *P. edulis* (parcha o maracuyá y parcha amarilla) se ha producido en cantidades para el comercio en Australia, Brasil, Nueva Guinea, Nueva Zelanda y Sudáfrica, y también se cultiva en muchas otras zonas tropicales y subtropicales. La producción fue variable en el pasado, pero en los países nombrados ha permanecido importante por unos años. La fruta y pulpa de *P. edulis* es rica en caroteno (precursor de vitamina A), una fuente buena del potasio ácido ascórbico (vitamina C), y también contiene calcio, fósforo, hierro, sodio, riboflavino y niacina (Morton, 1987). La fruta de maracuyá es industrializada para preparar refrescos y néctares, saborizantes para helados, jaleas y otras confectarías y aperitivos. Su creciente demanda en los mercados metropolitanos sugiere que la producción industrial del jugo conservado de *P. edulis* puede crecer desde ahora al futuro. Varios cultivares se han nombrado y cultivado en unos países, pero la mayor parte de la producción mundial viene de semillas. Clones seleccionados pueden producirse fácilmente por cortaje, y pueden injertarse en patrones que ocasionalmente se emplean debido a su resistencia a los patógenos en el suelo. La granadilla (*P. ligularis*) es popular en jardines y mercados de las partes de América tropical que tiene terrenos que varían desde 900-2 700 m de elevación. La granadilla gigante o granadilla real (*P. quadrangularis* L.) es común en muchos países tropicales y puede usarse en refrescos y otras preparaciones; pero no es importante en el comercio o para exportación.

Carambola (*Averrhoa carambola* L.)

Botánica: La carambola pertenece a la familia Oxalidáceas, a la que pertenecen numerosas especies de *Oxalis* cultivadas para ornato y dos frutales, *Averrhoa bilimbi*, la bilimbing,

y *A. carambola*, la carambola. La carambola se originó en el sudeste de Asia pero apesar de que se ha cultivado por siglos y su sitio de origen no es determinado. La carambola es autoincompatible y normalmente tiene que ser fecundada por polen de un árbol de tipo complementario para producir fruta en cantidades adecuadas. Los árboles producen flores diestilosas: todas las flores en un particular árbol tendrán pistilos largos y estambres cortos o, inversamente, pistilos cortos y estambres largos. Es necesario tener árboles de los dos tipos creciendo juntos en el campo para asegurar producción satisfactoria; aunque algunos cultivares, por ejemplo 'Golden Star', pueden producir fruto por autofecundación (Knight 1982). La fruta de la carambola es rica en ácido ascórbico (vitamina C) y fósforo, y contiene menor cantidades de hierro y numerosas vitaminas (Morton, 1989).

Importancia económica: Estimada durante mucho tiempo en Asia, la carambola era poco conocida fuera de esa región antes de hace unos 40 años, cuando cultivares mejorados fueron introducidos y evaluados en EEUU, Australia y otros sitios en donde la fruta no había sido bien conocida anteriormente. Después de ese tiempo, pequeñas industrias se han desarrollado en nuevas áreas de cultivo, y la exportación de la fruta a los mercados metropolitanos ha comenzado. El crecimiento de estos mercados metropolitanos en EEUU, Canadá, Europa y Japón sugiere que podrá ser potencia para aumentar la producción de carambola en México y zonas próximas de Centroamérica.

El jugo de carambola es popular en Surinam, en donde el naranjo no es cultivado ampliamente pero la carambola crece bien. Las primeras introducciones de carambola a Norteamérica desde Asia produjeron frutas ácidas y no muy apreciadas, pero los cultivares introducidos en 1950 han permitido la expansión de la producción comercial. Cultivares que ya están sembrados en mayor cantidad en EEUU, Australia y otros sitios incluyen 'Arkin', 'B-10', 'B-17', 'Fwang Tung', 'Kari', 'Sri Kembangan', y otros.

Papaya (*Carica papaya* L.)

Botánica: La papaya pertenece a la familia Caricáceas, nativa generalmente de los trópicos americanos. Hay casi 25 especies de *Carica*, pero *C. papaya*, que crece en los terrenos bajos es la de más importancia económica y otra especie, *C. pubescens* (= *C. candamarcensis*) es de menor importancia. La fruta de la papaya es una fuente confiable de ácido ascórbico (vitamina C), calcio y fósforo, lisina y triptofan, y también contiene hierro, caroteno, riboflavina, niacin y metionin (Morton, 1989). Plantas de papaya pueden ser de tipo macho (sin producir frutos), hermafrodita, o hembra. Todas las plantas producidas de flores de plantas hembra polinizadas por polen de plantas hermafrodita producirán frutas. Polen de machos aplicado a las flores de plantas hembras producirá una población la mitad productiva y la mitad improductiva (Storey, 1969). La mayor parte de la polinización de las flores de papaya la realizan las palomillas nocturnas.

Importancia Económica: La producción mundial de papayas creció por un periodo de 44 años de 1.3 millones tm in 1961 a 6.7 millón tm en 2005. La producción de México durante ese tiempo creció de 2.7% de la totalidad mundial en 1961 a 14.2% en 2005. La parte que México compartó creció de modo más o menos constante de 1961 a 1985, cuando alcanzó 21.0%; entonces bajó a 6.7% en 1993, luego subió a 12-14% de la producción mundial en los años que siguieron (Knight, 2006) La fruta de papaya producida en México es consumida localmente y exportada a países vecinos, notablemente EEUU y Canadá. La mayor parte de la producción es de plantas nacidas de semillas. Se han seleccionado y nombrado cultivares en varios países, pero en muchas regions la fruta se produce en plantas sin nombres, cultivadas de semilla. Cultivares que tuvieron alguna importancia anteriormente ya no existen. Cultivares de corriente importancia son: 'Solo' (Hawai y Brasil), 'Waimanolo' y 'Sunrise Solo' (Hawai), 'Miradol' (Cuba y Belice). 'Cariflora', producido por la Universidad de Florida (Gainesville)

hace unos años, ya no es ampliamente sembrado. 'Exotika' fue desarrollado en Malasia por el cruzamiento de 'Solo' con tipos que tienen adaptación local, para producir un cultivar mejorado que necesita menos abonos que 'Solo'. Un esfuerzo a producir germoplasma transgénico de papaya que tiene resistencia a virus está corrientemente en progreso en la Universidad de Florida, Homestead (M. J. Davis, 2006, comunicación personal), pero a la fecha ningún material ha sido aprobado para su distribución a los agricultores.

Literatura Citada

- Akamine, E.K. y Girolami, E. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Hawaii Agr. Exp. Sta. Bul. 59
- FAOSTAT Database. 2006. Food and Agricultural Organization, Naciones Unidas, Roma.
- Knight, R.J. 1982. Partial loss of self-incompatibility in 'Golden Star' carambola. HortScience 17(1):72.
- Knight, R.J. 2006. Changes in tropical fruit production in Florida and the world through time. Proc. Fla. State Hort. Soc. 119:
- Morton, J.F. 1987. Fruits of Warm Climates. J. F. Morton, Coral Gables, FL [Disponible en la Internet]
- Storey, W.B. 1969. Papaya. In Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics. Misc. Papers 4. Landbouwhogeschool (Editor). Wageningen, Netherlands.

UNACH

IX.
**CARAMBOLA (*AVERRHOA*
CARAMBOLA L.) PRODUCTION**
CHIAPAS

Jonathan H. Crane

UNACH

COMMERCIAL CARAMBOLA AREAS

Carambola is grown in cool subtropical areas with nonfreezing winters (California, Taiwan, Israel), in humid subtropical areas with summer rainfall pattern (Mexico), in semitropical/warm subtropical areas with summer rainfall pattern (Florida, Taiwan), and lowland tropical areas (Malaysia, Indonesia, Guyana, Thailand).

Areas with exposure to warmest temperatures possible during the fall/winter months and planted within natural and/or manmade wind breaks. Carambola is planted in many well drained soil types, pH 4.5-7.0, with moderate to high fertility.

Background

1. Common names include star fruit (starfruit), bilimbi, and five-finger.
2. Member of the Oxalidaceae.
3. Indigenous to southeast Asia.
4. Distributed throughout many tropical and warm subtropical areas of the world.
5. Grown commercially in Taiwan, Malaysia, Guyana, India, Philippines, Australia, Israel, and the US (Florida, Hawaii, Puerto Rico).

Description

1. Carambola trees are small to medium height (6-10 m) and width (6-8 m).
2. Generally, evergreen, although loses some or all leaves during cool periods (season).

3. Upright to spreading growth habit. The canopy may be globose to oblong in shape.
4. Carambola have compound leaves with 6-12 leaflets per leaf.
5. Carambola flowers are borne on panicles on twigs, small diameter branches, and occasionally on larger wood.
6. Flowers are perfect, small, pink to lavender in color, and have 5 petals and sepals.

Fruit description

1. The fruit is a 4 to 5-celled berry with 0 to 12 edible seeds.
2. Fruit range in size from 2 to 6 inches with 4 to 8 ribs; cut in cross section the fruit has a star shape.
3. The fruit skin is edible, smooth, and waxy.
4. The fruit flesh is juicy, light to dark yellow in color, crisp, and without fiber. Desirable cultivars have an agreeable subacid to sweet flavor.

Carambola pollination

All the flowers of a given carambola cultivar have either long or short styles.

Some carambola cultivars may require cross pollination (e.g., B-10, B-17) for good fruit set and yields. However, many set sufficient fruit for commercial crops. The cultivars 'Arkin', 'Kary', and 'Fwang Tung' are known to set sufficient fruit without cross pollination.

Long and short style carambola types

Each carambola cultivar or seedling displays a consistent stylar morphology –long or short. This is believed to be a mechanism to favor out crossing.

Carambola are insect pollinated (bees, wasps, flies). The degree of self-incompatibility varies with the carambola clone or seedling and ranges from requiring cross pollination to not

needing it to set commercially acceptable crops. 'Arkin', 'Golden Star' and 'Kary' do not need cross pollination; B-10, B-17 do. Production of parthenocarpic fruit is possible naturally or by application of GA+auxin (Promalin®).

In subtropical areas carambola trees have two major blooming periods – spring and early fall and fruiting seasons– summer and winter. In warm subtropical and tropical areas carambola may have 3 or more crops per year (e.g., 7 in Taiwan). Fruit may be picked when they turn light to medium-yellow to dark yellow in color. Fruit become sweeter as color becomes darker, however, best flavor is at the medium-yellow stage of development.

Adaptability

Carambola trees are best adapted to hot, humid, tropical climates but do well in warm subtropical areas (like Florida and Taiwan). Trees grow rapidly and best fruit quality is produced in locations protected from strong winds. Trees are well adapted to many well-drained soil types (e.g., sands, crushed limestone, muck). However, are moderately susceptible to damage when flooded. Moderately acid to neutral soil pH is best.

Carambola trees grow and fruit best at ambient temperatures above 18°C and below 43°C. At cool and excessively hot temperatures growth and production decrease. Carambola trees grow best at soil temperatures from 20°C to 30°C. Mulching improves plant growth and production during cool/cold periods during the winter. In subtropical areas carambola may bloom only 2 times per year. In warm subtropical and tropical areas carambola may bloom 3 or more times per year.

Optimum climatic adaptations include shoot growth at 20-35oC and root growth at 20-30°C. Trees have the potential to grow vegetatively and reproductively all year round. Flower induction is possible all year round however low temperatures (<20°C) appear to preclude fruit set. Optimum temperatures during flowering for fruit set appears to be greater than ~18°C).

Optimum temperature range for fruit growth is unknown but probably slows below $\sim 20^{\circ}\text{C}$. The fruit development period (anthesis to fruit maturity) is cultivar and temperature dependent ranging from 8-12 weeks during the spring/summer and 10-16 weeks during fall/winter.

Plant spacing in Florida

Numerous factors influence the plant spacing chosen for carambola production including the life expectancy of the orchard, orchard equipment size, climate, inherent tree vigor, ultimate tree size desired, presence and use of an irrigation system, inherent tree vigor, and cultural practices.

The range in plant spacing is 4 m to 8 m in-row and 2 m to 8 m between-rows. Recommended plant spacings include 4 m to 6 m in-row and 6 m to 8 m between rows depending upon pruning program. Closer spacing's are used in many production areas but trees must be pruned regularly or production decreases.

Requirements for optimum flowering and fruiting

Exposure continuously to temperatures of 20°C or above and nonlimiting soil moisture. Air and/or soil temperatures $< 20^{\circ}\text{C}$ may reduce growth, flowering, and fruit set of carambola. High temperatures ($>$ upper 20°C to mid 30°C) during fruit development and nonlimiting soil moisture. Protection of trees from constant winds ($\sim > 2 \text{ m s}^{-1}$). Continuous retention of canopy to maximize carbon assimilation and storage for vegetative and reproductive growth.

Orchard infrastructure

1. Land preparation – clearing, leveling or sloping and/or bedding, ditches/canals.
2. Orchard layout – north-south is preferred for optimum duration of light exposure however, for some land parcels it is more efficient for equipment and movement for rows to be oriented in east-west direction. Orchard orientation is less important near the equator

3. Establishment of natural or construction of manmade wind breaks
4. Irrigation system(s) installation for watering and possibly fertilizing. Microsprinkler or drip is common.

Planting carambola trees

The best time to plant a carambola tree is during the rainy season. Select a sunny, wind protected sites with well-drained soil. Plant only healthy, vigorously growing trees. A common range in plant density is 358-476 trees/ha although much higher densities are used in Southeast Asia. After planting, water the tree in, tamping the soil around the base of the tree lightly. Apply a very small amount of fertilizer when the trees begin to grow.

Fertilizer practices for carambola trees

Young trees should receive 100 to 200 g of a mixed fertilizer containing nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), and magnesium (Mg) every 30 to 60 days. During spring and summer, a minor element mix (manganese, zinc, boron, etcetera.) may be applied 4 to 5 times per year to neutral to low pH, sandy soils but, should be applied foliarly if trees are growing in high pH and/or calcareous soils. Iron sulfate may be applied 4 to 8 times per year to neutral to low pH sandy soils. Chelated iron materials should be used for trees growing in high pH, alkaline, and/or calcareous soils. Mix the chelated iron with water and drench into the soil around the base of the tree.

Mature trees should receive 450 g to 2.3 kg of a mixed fertilizer containing nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), and magnesium (Mg) every 2 to 4 months. Like young trees, minor element foliar applications and soil drenches of chelated iron materials should be applied

4 to 5 times to mature trees during the warm season. If trees continue to grow during the year they should be fertilized.

Irrigation of carambola trees

Newly planted trees should be watered every days for the first 3 to 5 days. Established trees should be watered every 3 to 4 days during dry periods throughout the year. Soil water content monitoring (i.e., tensiometers) should be used to schedule irrigation. Symptoms of trees under drought stress include leaf wilting, yellowing and drop and reduced fruit set and size, and yields.

Mulching carambola trees

Carambola trees grow best at ambient and soil temperatures above 20°C. Mulching trees with 10 to 20 cm of organic mulch has been shown to maintain warmer root temperatures than non-mulched trees. Mulching resulted in more vigorous trees during the late fall, winter, and early spring periods, earlier flowering and fruiting, and greater fruit production than non-mulched trees.

Pruning and tree size control

The best time to prune trees is during the growing season. By selectively removing limbs, trees can be easily kept at 2 to 4.5 m high and 4 to 6 m in diameter. Topping to 2 to 4.5 m and hedging to leave a 2 to 2.5 m drive middle is also practiced. Selective pruning after mechanical pruning may be desirable.

Off-season bloom induction and fruit production

Bending and/or tipping back long thin shoots 30 to 45 cm may induce flowering and off-season fruit production on remaining portions of the shoot. Selective pruning to the base collar of

small stems may also induce flowering. Off-season bloom induction and fruit production via crop removal is also possible. Removing the fruit from the tree (when the fruit 50% or less full size) results in off season flowering and fruit production. Removing fruit during late fall results in more vigorous trees during the winter and earlier spring flowering and earlier summer fruit production.

Carambola propagation

Commonly carambola are grafted (veneer, cleft, whip) or budded (chip) onto seedling rootstock. Favored seedling rootstock comes from open pollinated 'Golden Star' and M-18960 fruit. Air-layering (marcottage) and tissue culture have not proved successful at this time due to poor root development.

Cultivars

Florida grows predominantly 'Arkin' with minor production of 'Kary' and 'B-10'. Taiwan and Malaysia grow primarily 'B-10' and 'B-17'. The percent fruit set ranges from 0.5-16%. Total soluble solids ranges from 6-20%. Fruit maturity is determined by yellow color break between fruit ribs.

Selected characteristics of carambola cultivars

'Arkin'

- Origin: Florida
- Medium size (7.6-12.7 cm long) and broad ribs
- Yellow to orange color
- Sweet (4-8oBrix) with good flavor
- Recommended for commercial planting

'B-10'

- Origin: Malaysia
- Medium size (7.6-12.7 cm long) and broad ribs
- Yellow to orange color
- Sweet (8-11oBrix) with good flavor
- Recommended for commercial planting. Plant with other cultivars for cross pollination

'Fwang Tung'

- Origin: Thailand
- Medium to large size (7.6-12.7+ cm long) and thin, wavy ribs
- White yellow to light yellow color
- Sweet (6-10oBrix) with good flavor
- Generally recommended as a dooryard fruit tree although may have some "specialty"

market potential

'Kary'

- Origin: Hawaii
- Medium to large size (7.6-12.7 cm long) and broad ribs
- Yellow to orange color
- Sweet (7-12oBrix) with good flavor
- Recommended for commercial planting; may have potential as a pre-sliced product

'Kajang'

- Origin: Hawaii
- Medium to large size (7.6-12.7 cm long) and broad, sometimes wavy ribs
- Light yellow to yellow color
- Sweet (6-10oBrix) with good flavor

- Generally, recommended as a dooryard fruit tree, however, may have some potential as a “specialty” carambola

‘Sri Kembangan’

- Origin: Malaysia
- Medium to large size (7.6-12.7 cm long) and broad ribs
- Light yellow to orange color (mottling)
- Sweet (7-11oBrix) with fair to good flavor

- Generally, recommended as a dooryard fruit tree, however, may have some potential as a “specialty” carambola

‘Lara’

- Origin: Florida
- Medium size (7.6-12.7 cm long) and broad ribs
- Light yellow to orange color
- Sweet (7-10oBrix) with good flavor
- Possible commercial potential, recommended as a dooryard fruit tree

Crop production strategy

Frequent nitrogen fertilizer applications to support flowering and fruit development and vegetative growth. Maintain all other nutrients at nonlimiting levels. Maintain nonlimiting soil moisture from flowering through harvest. Appropriate tree size control program to maintain productive canopy. Keep trees foliated and actively growing throughout the year.

Carambola crop production

1. Young trees begin to produce on a commercial scale after 2 to 3 years.
2. Five-year-old trees, 45-68 kg per tree.
3. Seven-year-old trees, 112-160 kg per tree.
4. Production may reach 121 kg per tree; higher yields have been reported.

Plant nutrition

Moderate to high soil fertility is best. Leaf litter and/or mulching is beneficial. Apply 90-270 kg ha⁻¹ yr⁻¹ nitrogen and split nitrogen applications into 6 or more application per year to maintain continuous growth. Secondary and minor elements should be applied frequently and on an as needed basis or maintenance level to maintain tree health and vigorous growth. Research found a consistent difference in leaf element content among mulched (M) and non-mulched (NM) trees, however, M trees had greater yields than NM trees and; nitrogen (N) rate above about 112 kg ha⁻¹ yr⁻¹ (100 lbs) N acre⁻¹ year⁻¹ made no difference in yield.

Critical periods for irrigation

1. At flowering and fruit set.
2. During fruit development.
3. During excessively dry conditions.
4. Irrigation rate (amount) varies with tree size, climatic demands, soil type and depth and should be determined with soil moisture monitoring and/or leaf/stem water potential.

Carambola growth habit and growth model

Architecturally carambola is a polyaxial species with a synchronous growth pattern characterized by alternating root and shoot growth and concurrent vegetative and reproductive growth.

Carambola follows Troll's Growth Model in which several to many leaders which are initially upright but after fruiting become oriented laterally and downward. New upright shoot develop along the laterally oriented branches. After these bear fruit, they become laterally oriented themselves. This growth habit results in overlapping branches and a spreading growth pattern. The result of this growth habit is the interior canopy becomes shaded and defoliates, forming a nonproductive, ever-enlarging, empty, parabola-shaped space.

Tree training and tree size control

There are many reasons for tree size control including maintenance of light levels and the lower productive canopy, improving crop production, increasing air movement which reduces disease incidence and the potential for wind damage.

Training of young trees is not common in some production areas (e.g., Florida, Brazil) and common in others (e.g., Hainan, Taiwan, Malaysia). However, heading back to force lateral development and removal of misplaced and V-crotched limbs will reduce problems later.

In general, the warmer the climate the more vigorous tree growth is. The wider the spacing the longer it takes to require regular pruning. Conversely, the closer the plant spacing the earlier a pruning program is required and the more frequently trees are pruned. Pruning to open center or modified central leader is beneficial for tree strength and structure. Trees size control may be by hand pruning and/or mechanical machinery. The suggested tree size varies with environment, plant spacing, available technology, frequency of wind storms, and cultivar growth habit and harvest season. In general, carambola tree size control pruning has been demonstrated not to adversely affect production.

The recommendation for Florida is to top trees to 2.7-4.6 m and maintain 1.8-2.4 m row middles. Topping and/or selective pruning 1-2 times per year is also practiced. Selective pruning to thin-out inner canopy limbs will increase light penetration, help maintain lower

productive canopy, and improve air movement to reduce fruit/leaf disease problems. In other production areas trees are hand pruned often and maintained at 1.5 to 2.5 m in height and 3 to 4 m in spread with selective hand pruning.

Pruning to induce flowering and off-season fruit production of carambola

Carambola is unique in that once a shoot and limb develop the ability to flower it can flower repeatedly. Shoots gain the ability to flower after about 3 months. Pruning willow-like long shoots (“whips”) and/or selecting a limb and removing lateral shoots to their collar will induce flowering in about 21 days and fruit in 70-80 days later. Pruning during Auguste. may result in fruit during October. Pruning during Nov-Dec may result in fruit during Feb.-April or June. This is because cool temperatures may prevent fruit set during Jan-March; however, generally, the shoots will continue to flower until fruit is set.

Sacrificing fruit to induce carambola off-season fruit production

Removing young fruit from trees during cool weather will assist in leaf retention and early spring canopy recovery and flowering and result in early summer fruit. Removing young fruit along with selective pruning to induce flowering is another option to induce off-season fruit production.

Harvest indices

Should be picked when horticulturally mature fruit, i.e., with yellow color along the midribs. Picked too early (too green)—will turn color but does not develop additional sweetness.

Postharvest handling

1. Pick very carefully and place bins in shade immediately.
2. If available hydrocool or force-air cool.
3. Sort and pack and place in cold storage (5-10°C and 95% RH) immediately.
4. Sleeving fruit in polyethylene and cardboard cells helps maintain fruit quality.

Carambola storage and uses

1. Mature carambola may be stored at 5-10°C and 85-95% RH for 21-40 days.
2. Placing fruit in polyethylene bags may reduce desiccation.
3. Carambola may be enjoyed as a cool, crisp, and juicy fresh fruit, cut up in fruit salads, used a garnish for meat dishes, and juiced, pickled, wine, marmalades, and dried.

Diseases of carambola

Leaf spots are caused by a number of fungi (*Cercospora averrhoa*, *Corynespora cassiicola*, *Phomopsis* sp., *Gloesporium* sp., and *Phyllosticta* sp.). However, these are usually not a problem. They are more prevalent during the winter as trees begin to drop leaves. No control measures are necessary.

Pythium root rot is caused by *Pythium splendens*. Symptoms include loss of tree vigor, leaf drop, twig dieback and reduced fruit yields. Healthy, vigorously growing trees are less affected.

Sooty blotch, a superficial blackish discoloration on the fruit is caused by *Gloeodes pomigena*. No control is necessary as the sooty discoloration is harmless and can be washed off fruit with a chlorine dip before packing.

Insect pests of carambola

A number of scale insects (Plumose and Philephedra) attack leaves and twigs causing defoliation and stem dieback. This may be controlled by judicious use of horticultural oil sprays. Caution: oil can cause defoliation if high rates are used or trees are drought stressed. Mealy bugs and fruit blotch miners are occasional pests and usually do not warrant control. Stink bugs (*Nezara* sp.) and squash bugs (*Acanthocephala* sp.) cause pinhole-sized marking on the fruit surface and dry areas of the fruit flesh under the puncture wounds. These insects are only occasional pests and usually do not usually warrant control. Thrips may scar fruit surfaces making them non-saleable. However this is not a common pest problem.

Environmental stress and management

1. Drought symptoms include leaf wilting, chlorosis, desiccation, and abscission; inhibit flowering, fruit drop, reduced fruit size; stem and limb dieback; reduced crop yields; tree death. Solutions - wide plant spacing, deep rooting, mulching, and irrigation.
2. Flood symptoms include leaf wilting, chlorosis, desiccation, and abscission; stem and limb dieback; crop loss; tree decline and death. Solutions – proper site selection, tolerant rootstocks, mounding, bedding, establishment of ditches, canals, land contours, subsurface drainage, and hardpan disruption.
3. Freezing symptoms include leaf wilting, water soaking, desiccation, abscission; stem and limb dieback; fruit drop and tree death. Solutions – site selection, high volume irrigation, wind machines. Air temperatures of -1.1° to 0°C may kill young leaves; young trees, twigs, and mature leaves may be killed at -2.8 to -1.6°C . Small branches may be damaged at -3.9 to -1.6°C and large branches and mature trees may be killed at temperatures of -6.7 to -4.4°C .

4. Salinity symptoms include leaf wilting, leaf marginal and tip necrosis; stem and limb dieback; reduced fruit size, and tree death. Solutions – proper site selection, use of good quality water, flushing the soil profile periodically of nutrients and use of tolerant rootstocks.
5. Wind symptoms include leaf damage/deformation, abscission; stem and limb dieback; fruit windscar, reduced yields; limb breakage, toppling, stumping. Solutions – proper site selection, wind breaks; facilitation of deep rooting for improved root anchoring and implementation of a regular pruning program.
6. High pH, calcareous soil stress – symptoms include nutrient deficiencies, especially iron, zinc, manganese, and magnesium. Solutions – use of rootstocks, frequent foliar applications of minor elements (Zn, Mn, Mg) and chelated Fe materials.

Carambola fruit nutrient content – value per 100 grams of fruit

1. Water, 91%
2. Calories, 33 kcal
3. Protein, 0.54 g
4. Total lipid (fat), 0.35 g
5. Vit C, 21.2 mg
6. Folate, 12.0 mcg
7. Vit. A, 493 IU
8. Calcium, 4 mg
9. Magnesium, 9 mg
10. Phosphorus, 16 mg
11. Potassium, 163 mg
12. Sodium, 2 mg
13. High in antioxidants/phenolic

UNACH

IX.
PRODUCCIÓN DE CARAMBOLA
(*AVERRHOA CARAMBOLA L.*)

Jonathan H. Crane

Artículo traducido por: Juan Manuel Villarreal Fuentes, Saúl Espinosa Zaragoza
y José Luís Moreno Martínez

UNACH

ÁREAS COMERCIALES DE LA CARAMBOLA

La carambola es cultivada en áreas subtropicales frescas con inviernos sin heladas (California, Taiwán, Israel), en áreas subtropicales húmedas con patrones de lluvia de verano (México), en áreas subtropicales semitropicales-cálidas con patrones de lluvia de verano (Florida, Taiwán), y áreas tropicales de poca altitud (Malasia, Indonesia, Guyana, Tailandia).

En áreas con exposición a las temperaturas más calurosas posibles durante los meses de otoño-invierno y plantadas entre rompevientos naturales y/o fabricados. La carambola se siembra en muchos suelos bien drenados, pH 4.5-7.0, con fertilidad de moderada a alta.

Antecedentes

1. Los nombres comunes incluyen: fruta estrella (*starfruit*), bilimbi, y cinco-dedos.
2. Es miembro de la familia Oxalidaceae.
3. Es originaria del sudeste de Asia.
4. Se distribuye a lo largo de muchas áreas tropicales y subtropicales cálidas del mundo.
5. Se siembra comercialmente en Taiwán, Malasia, Guyana, India, Filipinas, Australia, Israel y EE.UU. (Florida, Hawaii, Puerto Rico).

Descripción

1. Los árboles de carambola son de altura y anchura baja a media (6-10 m y 6-8 m, respectivamente).
2. Son generalmente de hoja perenne, aunque pierde algunas o todas las hojas durante los periodos fríos (estación).
3. Tiene hábitos de crecimiento de derecho a extendido. El dosel puede ser globoso a oblongo en forma.
4. La carambola tiene hojas compuestas con 6-12 folíolos por hoja.
5. Las flores de carambola crecen en panojas, en las ramas pequeñas y ocasionalmente en las ramas más gruesas.
6. Las flores son perfectas, pequeñas, rosas a lavanda en color, y tienen 5 pétalos y sépalos.

Descripción de la fruta

1. La fruta es una baya con 4-5 celdas y 0 a 12 semillas comestibles.
2. La longitud varía de 2 a 6 pulgadas con 4 a 8 costillas; presenta una forma de estrella cuando es cortada transversalmente.
3. La piel de la fruta es comestible, lisa y cerosa.
4. La pulpa de la fruta es jugosa, de color amarillo claro a oscuro, crujiente, y sin fibra. Los cultivares deseables tienen un sabor agradable de ácido a dulce.

La polinización de la carambola

Todas las flores de un cultivar de la carambola dado, tienen los estilos largos o cortos.

Algunos cultivares de la carambola pueden requerir polinización cruzada (B-10, B-17) para lograr buen establecimiento y rendimiento de la fruta. Sin embargo, muchos establecen

suficiente fruta para las cosechas comerciales. Los cultivares 'Arkin', 'Kary' y 'Fwang Tung' son conocidos por establecer fruta suficiente sin polinización cruzada.

Tipos de carambola de estilos largos y cortos

Cada cultivar de carambola muestra una morfología estilar consistente, larga o corta. Se cree que esto es un mecanismo para favorecer la cruce externa.

La carambola se poliniza por insectos (abejas, avispas, moscas). El grado de auto-incompatibilidad varía con cada clon o plántula y va desde requerir de la polinización cruzada a no necesitarla del todo para establecer cosechas comercialmente aceptables. 'Arkin', 'Golden Star' y 'Kary' no necesitan polinización cruzada; B-10, B-17 sí. La producción de frutas partenocárpicas es posible de manera natural o por medio de la aplicación de GA+auxin (Promalin®).

En áreas subtropicales, los árboles de carambola tienen dos periodos principales de floración, primavera y principios de otoño, y de fructificación, verano e invierno. En áreas tropicales y subtropicales cálidas, la carambola puede dar 3 o más cosechas al año (7 en Taiwán). La fruta puede ser cosechada cuando se torna amarilla. La fruta se vuelve más dulce a medida que se oscurece, sin embargo, su mejor sabor es cuando está en un estado intermedio de desarrollo.

Adaptabilidad

Los árboles de carambola están mejor adaptados a climas tropicales, cálidos y húmedos, pero pueden crecer bien en áreas subtropicales cálidas (Florida, Taiwán). Los árboles crecen rápidamente y la mejor calidad de la fruta se da en lugares bien protegidos de vientos fuertes. Están bien adaptados a muchos tipos de suelo bien drenados (arenosos, calcáreos, y con alto contenido orgánico). Sin embargo, son moderadamente susceptibles a daños por inundación. Son preferibles los suelos moderadamente ácidos a neutrales.

Los árboles de carambola crecen mejor y dan mejores rendimientos a temperaturas de entre 18 y 43°C. A temperaturas frescas y/o extremadamente cálidas, decaen el crecimiento y la producción. La temperatura ideal en el suelo es entre 20 y 30°C. El uso de acolchado mejora tanto el crecimiento como la producción, durante periodos frescos o fríos en el invierno. En áreas subtropicales el árbol sólo puede florecer 2 veces al año. En áreas tropicales y subtropicales cálidas puede florecer 3 veces o más por año.

Las adaptaciones climáticas óptimas incluyen crecimiento de brotes a 20-35°C y crecimiento de raíces a 20-30°C. Los árboles tienen la capacidad de crecer reproductiva y vegetativamente durante todo el año. La inducción floral es posible durante todo el año, aunque las bajas temperaturas (<20°C) parecen limitar el establecimiento de la fruta. La temperatura óptima durante el periodo de floración para el establecimiento de fruta parece ser superior a 18°C. El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de la fruta es desconocido, pero probablemente se hace más lento por debajo de los 20°C. El periodo de desarrollo de la fruta (antesis a maduración) depende del cultivar y la temperatura: de 8 a 12 semanas durante primavera-verano y 10 a 12 semanas durante otoño-invierno.

Espaciamiento de las plantas en Florida

Varios factores tienen influencia en el espaciamiento determinado de las plantas determinado para la producción de carambola, incluyendo la expectativa de vida para el huerto, tamaño del equipo a usarse, clima, vigor inherente de las plantas, tamaño final deseado en los árboles, presencia y uso de un sistema de irrigación y prácticas culturales.

El rango en el espaciamiento entre plantas es de 4 a 8 m en el surco y de 2 a 8 m entre surcos. El espaciado recomendado entre plantas es de 4 a 6 m en el surco y de 6 a 8 entre surcos, dependiendo del programa de poda. Se usan espacios más pequeños en muchas áreas de producción, pero los árboles deben ser podados regularmente o la producción baja.

Requerimientos para la floración y fructificación óptimas

Exposición continua a temperaturas de 20°C o mayores y humedad del suelo no-limitante. Temperaturas del ambiente o suelo menores a 20°C pueden reducir el crecimiento, la floración y establecimiento de la fruta. Altas temperaturas (25-35°C) durante el desarrollo de la fruta y humedad del suelo no-limitante. Protección a los árboles de vientos constantes ($\sim >2$ m s⁻¹). Retención continua del dosel para maximizar la asimilación de carbono y almacenamiento para el crecimiento reproductivo y vegetativo.

Infraestructura del huerto

1. Preparación del suelo—despejado, nivelado o pendiente y/o encamado, zanjas.
2. Orientación del huerto—es preferible una orientación norte-sur para optimizar la duración de la exposición a la luz; sin embargo, para algunas parcelas es más eficiente una orientación este-oeste para el movimiento del equipo. La orientación del huerto es menos importante cerca del ecuador.
3. Establecimiento de rompevientos naturales y fabricados.
4. Instalación de sistemas de riego y posible fertilización— es común usar sistemas de microaspersión o por goteo.

Sembrado de los árboles de carambola

El mejor momento para sembrar la carambola es durante la temporada de lluvia. Hay que seleccionar sitios soleados bien protegidos del viento con suelos bien drenados. Plantar sólo árboles sanos de buen crecimiento. Un rango común de densidad es de 358-476 árboles/ha, aunque se usan densidades mucho mayores en el sudeste de Asia. Después de plantar, regar

bien el árbol, apisonando el suelo alrededor de la base ligeramente. Aplicar una pequeña cantidad de fertilizante cuando el árbol empieza a crecer.

Prácticas de fertilización para árboles de carambola

Los árboles jóvenes deben recibir de 100 a 200 g de un fertilizante mixto que contenga nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) cada 30 a 60 días. Durante la primavera y el verano se puede aplicar una mezcla de elementos menores (manganeso, zinc, boro, etcétera.) de 4 a 5 veces al año a suelos arenosos con pH bajo a neutral, pero debe aplicarse foliarmente en suelos calcáreos o con pH alto. Se puede aplicar sulfato de hierro de 4 a 8 veces al año a suelos arenosos con pH bajo. Se deben usar materiales de hierro quelados en suelos calcáreos y/o alcalinos con pH alto. Mezclar el hierro quelado con agua e integrar al suelo alrededor de la base del árbol.

Los árboles maduros deben recibir de 450 g a 2.3 kg de fertilizante mixto que contenga nitrógeno (N), fósforo (P), potasio(K) y magnesio (Mg) cada 2 a 4 meses. Como con los árboles jóvenes, aplicaciones foliares de elementos menores e incorporaciones de hierro quelado al suelo deben hacerse de 4 a 5 veces en los árboles maduros durante la temporada cálida, si los árboles siguen creciendo durante el año, deben ser fertilizados.

Irrigación de árboles de carambola

Los árboles recién plantados deben ser regados diariamente los primeros 3 a 5 días. Una vez establecidos deben ser regados cada 3 ó 4 días durante los periodos secos del año. Se debe hacer un monitoreo de contenido de agua en el suelo (tensiómetros) para programar la irrigación. Los síntomas de estrés hídrico en los árboles incluyen marchitamiento, amarillamiento y caída de las hojas así como establecimiento, tamaño y rendimiento de la fruta reducidos.

Acolchado de árboles de carambola

Los árboles de carambola crecen mejor a temperaturas de ambiente y suelo superiores a los 20°C. Se ha demostrado que el uso de 10 a 20 cm de acolchado orgánico mantiene las raíces a una temperatura mayor que en árboles sin acolchar. El acolchado dio como resultado árboles más vigorosos durante los periodos del otoño tardío, invierno y principios de primavera; floración y fructificación más tempranas; y mayor producción de fruta que los árboles sin acolchar.

Poda y control de tamaño

El mejor momento para podar los árboles es durante la época de crecimiento. Al retirar selectivamente las ramas, los árboles se pueden mantener a una altura de 2 a 4.5 m y un diámetro de 4 a 6 m. La práctica es mantenerlos a una altura de 4.5 m y podar para dejar un camino central de 2 a 2.5 m. Es recomendable una poda selectiva después de la poda mecánica.

Inducción de floración y producción de fruta fuera de temporada

Doblar hacia atrás los brotes delgados de 30 a 45 cm puede inducir la floración y la producción de fruta fuera de temporada en las porciones restantes del brote. La poda selectiva a la base de los brotes pequeños también puede producir la floración. También es posible la inducción de floración y producción de fruta fuera de temporada por medio de la remoción de la fruta. Retirar la fruta del árbol cuando ésta tiene menos de 50% de su tamaño ideal da como resultado la floración y producción de fruta fuera de temporada. Retirar la fruta durante el otoño tardío da como resultado árboles más vigorosos durante el invierno, más temprana floración en la primavera, y más temprana producción de fruta en verano.

Propagación de la carambola

Es común injertar la carambola en rizomas con brotes. Los brotes preferidos vienen de frutas 'Golden Star' y M-18960. El marcottage y el cultivo de tejidos no han sido exitosos hasta ahora debido a un pobre desarrollo de raíces.

Cultivares

En Florida se cultiva principalmente 'Arkin' con una producción menor de 'Kary' y 'B-10'. En Taiwán y Malasia se cultivan principalmente 'B-10' y 'B-17'. El porcentaje de establecimiento de fruta va de 0.5 a 16%. El total de sólidos solubles es de 6 a 20%. La madurez de la fruta se determina por la aparición de coloración amarilla entre las costillas de la fruta.

Característica de cultivares de carambola

'Arkin'

- a. Origen: Florida
- b. Tamaño mediano (longitud 7.6 a 12.7 cm) y costillas anchas
- c. Color amarillo a naranja
- d. Dulce (4-8° Brix) con buen sabor
- e. Recomendada para cultivo comercial

'B-10'

- f. Origen: Malasia
- g. Tamaño mediano (longitud 7.6 a 12.7 cm) y costillas anchas
- h. Color amarillo a naranja
- i. Dulce (8-11° Brix) con buen sabor
- j. Recomendado para cultivo comercial. Plantar con otros cultivares para polinización cruzada

'Fwang Tung'

- k. Origen: Tailandia
- l. Tamaño mediano a grande (longitud 7.6 a 12.7+ cm) y costillas delgadas y onduladas
- m. Color blanco amarillo a amarillo claro
- n. Dulce (6-10° Brix) con buen sabor
- o. Recomendado generalmente como frutal de patio, aunque puede tener potencial en el mercado de 'especialidad'

'Kary'

- p. Origen: Hawai
- q. Tamaño mediano a grande (longitud 7.6 a 12.7 cm) y costillas anchas
- r. Color amarillo a naranja
- s. Dulce (7-12° Brix) con buen sabor
- t. Recomendado para cultivo comercial; puede tener potencial como producto procesado

'Kajang'

- u. Origen: Hawai
- v. Tamaño mediano a grande (longitud 7.6 a 12.7 cm) y costillas anchas y a veces onduladas
- w. Color amarillo claro a amarillo
- x. Dulce (6-10° Brix) con buen sabor
- y. Recomendado generalmente como frutal de patio, aunque puede tener potencial como fruta de 'especialidad'

'Sri Kembangan'

- z. Origen: Malasia
- aa. Tamaño mediano a grande (longitud 7.6 a 12.7 cm) y costillas anchas

- bb. Color amarillo claro a naranja (manchado)
- cc. Dulce (7-11° Brix) con sabor aceptable a bueno
- dd. Recomendado generalmente como frutal de patio, aunque puede tener potencial como fruta

de 'especialidad'

'Lara'

- ee. Origen: Florida
- ff. Tamaño mediano (longitud 7.6 a 12.7 cm) y costillas anchas
- gg. Color amarillo claro a naranja
- hh. Dulce (7-10° Brix) con buen sabor
- ii. Posible potencial comercial, se recomienda como frutal de patio

Estrategia de producción de cultivo

Aplicaciones frecuentes de fertilizante nitrogenado para apoyar la floración, desarrollo de la fruta y crecimiento vegetativo. Mantener todos los demás nutrientes a niveles no-limitantes. Mantener humedad en el suelo no-limitante desde la floración hasta la cosecha. Programar un control apropiado del tamaño del árbol para mantener el dosel productivo. Mantener a los árboles foliados y creciendo durante todo el año.

Producción de carambola

1. Los árboles jóvenes empiezan a producir a escala comercial después de 2 ó 3 años.
2. Árboles de 5 años, 45-68 kg por árbol.
3. Árboles de 7 años, 112-160 kg por árbol.
4. La producción puede alcanzar 121 kg por árbol; se han reportado mayores rendimientos.

Nutrición vegetal

Es mejor una fertilidad en el suelo de moderada a alta. El acolchado es benéfico. Aplicar 90-270 kg ha⁻¹ año⁻¹ de nitrógeno y separar las aplicaciones de nitrógeno en 6 ó más al año para mantener el crecimiento continuo. Se debe aplicar elementos secundarios y menores frecuentemente y a medida que sean necesarios para mantener la salud del árbol y un crecimiento vigoroso. Se ha encontrado en investigaciones previas una diferencia consistente en el contenido de hojas entre árboles acolchados (A) y no acolchados (NA), sin embargo, los árboles A tuvieron mayores rendimientos que los árboles NA; y una tasa de nitrógeno (N) superior a 112 kg ha⁻¹ año⁻¹ (100 lbs N/acre⁻¹ año⁻¹) no tuvo diferencia en el rendimiento.

Periodos críticos para irrigación

1. A la floración y establecimiento de la fruta.
2. Durante el desarrollo de la fruta.
3. Durante condiciones excesivamente secas.
4. La tasa de irrigación (cantidad) varía con el tamaño del árbol, exigencias climáticas, tipo y profundidad del suelo, y debe ser determinada con monitoreos de humedad en el suelo y/o potencial hídrico del tallo/hoja.

Modelo y hábito de crecimiento de la carambola

Estructuralmente, la carambola es una especie poliaxial con un patrón de crecimiento sincrónico caracterizado por crecimientos alternados de raíz y brotes, y crecimientos vegetativo y reproductivo concurrentes. La carambola sigue el Patrón de Crecimiento de Troll donde los brotes se dan verticalmente para luego orientarse lateralmente y hacia abajo después de la fructificación. Los nuevos brotes verticales se desarrollan desde las ramas laterales. Después de

que éstos fructifican, igualmente se orientan lateralmente. Este patrón de crecimiento da como resultado ramas superpuestas y crecimiento esparcido. Además, el dosel interior queda sombreado y se deshoja, formando un espacio parabólico no productivo en constante crecimiento.

Guiado del árbol y control del tamaño

Existen muchas razones para controlar el tamaño del árbol, incluyendo el mantenimiento de niveles de radiación solar y la producción del dosel inferior, mejorando así la producción y aumentando el movimiento de aire, lo cual reduce la incidencia de enfermedades y el potencial de daños por viento.

Guiar a los árboles jóvenes no es una práctica común en algunas áreas de producción (Florida, Brasil), mientras que sí lo es en otras (Hainan, Taiwán, Malasia). Sin embargo, la reducción para forzar el desarrollo lateral y el retirar ramas mal ubicadas o en “v” reducirá problemas a largo plazo.

En general, entre más cálido sea el clima, más vigoroso es el crecimiento del árbol. Entre mayor sea el espaciado, mayor será el tiempo entre podas. Por el contrario, entre más juntos estén los árboles, más pronto será necesario un programa de poda y más frecuentes serán estas. La poda para abrir espacio en la guía central o modificada es benéfica para la fortaleza y estructura del árbol. El control del tamaño del árbol se puede llevar a cabo manualmente o por medio de maquinaria. El tamaño sugerido para los árboles varía dependiendo del medio ambiente, espaciado entre árboles, tecnología disponible, frecuencia de ventarrones, y hábitos de crecimiento y temporadas de cosecha de los cultivares. En general, se ha demostrado que la poda para controlar el tamaño del árbol no afecta adversamente a la carambola.

La recomendación para Florida es limitar el crecimiento vertical de los árboles a 2.7 -4.6 m y mantener caminos entre filas de 1.8 a 2.4 m. También se practica la poda superior o

selectiva 1-2 veces al año. La poda selectiva para reducir el dosel interno incrementa la penetración de luz, ayuda a reducir el dosel productivo y mejora la circulación de aire para reducir los problemas por enfermedad de la fruta/hoja. En otras áreas de producción, los árboles son frecuentemente podados a mano, y se les mantiene a una altura de 1.5 a 2.5 m, y 3 a 4 m de diámetro con poda selectiva a mano.

Poda para inducir floración y producción de fruta fuera de temporada

La carambola es única ya que una vez que un brote o rama desarrollan la habilidad para florecer, pueden seguir haciéndolo repetidamente. Los brotes obtienen la capacidad de florecer después de aproximadamente tres meses. Podar los brotes largos y delgados (látigos) y/o seleccionar una rama y podar los brotes laterales al collar, inducirán la floración en aproximadamente 21 días y fructificación 70 a 80 días después. Podar durante agosto puede dar como resultado frutas en octubre. Podar durante noviembre y diciembre puede dar como resultado frutas durante febrero a abril o junio. Esto es debido a que las bajas temperaturas pueden prevenir el establecimiento de frutas durante enero a marzo. Sin embargo, generalmente, los brotes seguirán floreciendo hasta que se establezca la fruta.

Sacrificar la fruta para inducir la producción de fruta fuera de temporada

Retirar los frutos jóvenes de los árboles durante la temporada fría asistirá a la retención de hojas y una recuperación temprana, en primavera del dosel y floración resultando así en frutos de verano tempranos. Retirar los frutos jóvenes aunado a la poda selectiva para inducir la floración es otra opción para inducir la producción de fruta fuera de temporada.

Índices de cosecha

La fruta debe ser cortada cuando se encuentre horticulturalmente madura (amarillo en la hendidura entre costillas). Si es cortada demasiado pronto (demasiado verde) la fruta cambiara de color pero no desarrollará mayor dulzura.

Manejo postcosecha

1. Cortar cuidadosamente y colocar contenedores a la sombra inmediatamente.
2. De ser posible, enfríese artificialmente.
3. Separar, empacar y colocar en almacén frío (5-10°C y 95% HR) inmediatamente.
4. Empacar la fruta en polietileno y celdas de cartón ayuda a mantener la calidad de la fruta.

Almacenamiento y usos de la carambola

1. La carambola madura puede ser almacenada a 5-10°C y 85-95% HR por 21-40 días.
2. Colocar la fruta en bolsas de polietileno puede reducir la desecación.
3. La carambola puede ser disfrutada como fruta fresca crujiente y jugosa, cortada en ensaladas de fruta, usada como guarnición con carnes, en jugo, salmuera, vino, mermeladas o seca.

Enfermedades de la carambola

Varios hongos (*Cercospora averrhoa*, *Corynespora cassiicola*, *Phomopsis* sp., *Gloesporium* sp., y *Phyllosticta* sp.) causan manchas en las hojas. Sin embargo, estos generalmente no son un problema. Son más prevalentes durante el invierno a medida que los árboles empiezan a perder sus hojas. No es necesario ningún tipo de control.

La pudrición de la raíz es causada por *Pythium splendens*. Entre los síntomas se incluyen la pérdida de vigor en el árbol, pérdida de hojas, senescencia en las ramas y rendimientos

reducidos. Los árboles sanos y con crecimiento vigoroso se ven menos afectados. La mancha hollinosa, una coloración negruzca superficial en la fruta, es causada por *Gloeodes pomigena*. No se necesita ningún tipo de control ya que la coloración es inofensiva y se puede lavar con un enjuague en cloro antes del empaclado.

Plagas de insectos en la carambola

Un número de cocoideos (*Plumose* y *Philephedra*) atacan las hojas y ramas causando defoliación y senescencia de tallos. Esto se puede controlar mediante el uso de aerosoles óleos hortícolas. Precaución: el aceite puede causar defoliación si se usan dosis altas o si los árboles tienen estrés hídrico. Las cochinillas y los minadores son plagas ocasionales y normalmente no necesitan un control. Las chinches (*Nezara* sp.) (*Acanthocephala* sp.) causan marcas pequeñas en la superficie de la fruta y áreas secas en la pulpa de la fruta bajo los orificios. Estos insectos son plagas ocasionales y normalmente no necesitan de un control. Las arañuelas (tisanópteros) pueden marcar la superficie de la fruta haciéndola invendible; sin embargo, este no es un problema común de plaga.

Manejo de estrés ambiental

1. Los síntomas de sequía incluyen marchitamiento, clorosis, desecación y abscisión de la hoja; floración inhibida, pérdida de fruta, tamaño reducido de la fruta, senescencia de ramas, rendimiento reducido y muerte del árbol. Soluciones: amplio espaciamiento, enraizamiento profundo, acolchado e irrigación.
2. Los síntomas por inundación incluyen marchitamiento, clorosis, desecación y abscisión de la hoja; senescencia de las ramas, pérdida de la cosecha, declinación y muerte del árbol.

Soluciones: selección correcta del sitio, rizomas tolerantes, levantamientos, encamado, establecer zanjas, canales, contornos del suelo, drenaje en el subsuelo, subsolar.

3. Los síntomas de congelamiento incluyen marchitamiento, empapamiento, desecación y abscisión de la hoja, senescencia de la rama, pérdida de la fruta y muerte del árbol. Soluciones: selección del sitio, riego en alto volumen, máquinas de aire. Las temperaturas ambientales de -1.1 a 0°C pueden matar a las hojas jóvenes; los árboles jóvenes, ramas y hojas maduras pueden morir de -2.8 a -1.6°C . Las ramas mayores y los árboles pueden morir a temperaturas de -6.7 a -4.4°C .
4. Los síntomas de salinidad incluyen marchitamiento de la hoja y necrosis marginal o de la punta de la hoja; senescencia de las ramas; tamaño reducido de la fruta y muerte del árbol. Soluciones: selección correcta del sitio, uso de agua de buena calidad, lavado periódico del perfil del suelo y uso de rizomas tolerantes.
5. Los síntomas de viento incluyen daño o deformación y abscisión de las hojas; senescencia de las ramas, daños en la fruta por viento y rendimientos reducidos; desgajamiento de las ramas y árbol, caída del árbol. Soluciones: selección correcta del sitio, rompevientos; facilitar enraizado profundo para mejorar el anclamiento de las raíces y la implementación de un programa regular de poda.
6. Estrés por pH alto o suelo calcáreo. Los síntomas incluyen deficiencias nutrimentales, especialmente hierro, zinc, manganeso y magnesio. Soluciones: uso de rizomas, frecuente aplicación foliar de elementos menores (Zn, Mn, Mg) y materiales de hierro quelados.

Contenido nutrimental de la carambola; valor por 100 g de fruta

1. Agua, 91%
2. Calorías, 33 kcal
3. Proteína, 0.54 g
4. Lípidos totales, 0.35 g
5. Vitamina C, 21.2 mg
6. Ácido fólico, 12.0 mcg
7. Vitamina A, 493 IU
8. Calcio, 4 mg
9. Magnesio, 9 mg
10. Fósforo, 16 mg
11. Potasio, 163 mg
12. Sodio, 2 mg
13. Alto en antioxidantes

UNACH

X.

POTENCIAL DEL CULTIVO
DE CARAMBOLA (*AVERRHOA*
CARAMBOLA L.) EN MÉXICO

Juan Manuel Villarreal Fuentes

Saúl Espinosa Zaragoza

José Luis Moreno Martínez

Iran Alia Tejaca

Omar Franco Mora

UNACH

INTRODUCCIÓN

La carambola (*Averrhoa carambola* L.) es un cultivo de origen asiático pero se ha distribuido por todo el mundo. En México se inicia su cultivo en el municipio de Yautepec, Morelos. Esta planta se adapta a diferentes climas así como a una gran variedad de suelos, el manejo de la plantación es sumamente complicado por lo que para obtener huertas comerciales se requiere de atenciones especiales, lo cual hace costoso el establecimiento y mantenimiento del huerto.

El manejo post-cosecha es importante para así poder tener éxito en la comercialización del fruto de excelente calidad. Teniendo en cuenta estas consideraciones, podemos decir que tanto el potencial nacional como de exportación es medianamente bueno.

Origen y distribución

La carambola, carambolo, *star fruit* o fruta estrella pertenece a la familia Oxalidaceae, se ha encontrado en forma silvestre desde tiempo remoto en el sudeste de Asia, por lo que se considera que es originaria del centro indochino-Indonesio, también llamado centro de origen de Asia Tropical. Aunque el sitio de origen es la isla de Java en Indochina, donde según Rumphius desde el siglo XVII era común en este lugar (Rodríguez, 1997). Actualmente, la carambola se encuentra presente en numerosos lugares de los trópicos y subtrópicos entre los 30° de latitud norte y sur, aunque no se aprecia tanto esta fruta en Sudamérica o África como el sudeste de Asia (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 497).

La carambola ha sido distribuida desde su lugar de origen a diferentes lugares de Asia y de ahí fue introducida a Florida (Estados Unidos De Norteamérica); posteriormente se dispersó a otros lugares del mundo y un lugar de estos fue precisamente Yautepec, Morelos; México. Donde el agricultor Frank Magdahl Reiche, desde hace aproximadamente 20 años, han estado cultivando la carambola, pasando desde la introducción, adaptación y mejoramiento, hasta el manejo comercial de la plantación para que ahora ya se pueda disfrutar este fruto en México. Vivero Yautepec lo comercializa en el ámbito nacional para nuestro deleite y el de los extranjeros, ya que Japón y Canadá son nuestros principales clientes (Rodríguez, 1997).

Portes del árbol

El árbol de carambola es siempre verde, de crecimiento lento, de relativa poca altura, que rara vez sobrepasa los 8-9 m, aunque los ejemplares más vigorosos pueden alcanzar incluso los 12-15 m hacia los 25 años de edad, que puede considerarse el periodo de vida económica útil de esta especie. Se trata de una planta de porte piramidal cuando joven pero que luego adopta una copa generalmente redonda y simétrica, con un diámetro cuando adulta del orden de 6-7.5 m. Este árbol de tronco corto, en ocasiones torcido y corteza tersa de color café grisáceo o gris oscuro, tiene tendencia a la producción de ramas bajas, que deben ser eliminadas. Las ramas jóvenes están densamente cubiertas de pelos cortos y suaves y de color amarillo (Galán, 1991 p. 22). Las raíces tienen un gran poder de penetración, tanto lateral como en profundidad, incluso en suelos arcillosos (Galán, 1991 p. 23).

Las hojas del carambolo son compuestas y dispuestas de forma alternada, pecioladas y pinnadas, son de color rojo bronceado cuando jóvenes y de color verde pálido a oscuro cuando adultas. Posee un número variable de pares de folíolos, comprendidos entre 2-11 (más usualmente 3-6), éstos se colocan de forma alterna, o parcialmente opuesta a lo largo

del raquis. Cada foliolo tiene de 1.5 a 9 cm de largo y de 1 a 4.5 cm de ancho (Galán, 1991 p. 23; Crane, 1994, p.1).

Flores

Las flores aparecen en panículas, portadas en ramitas delgadas ramificadas desde la base y de 1-8 cm de largo, cortas, de caquis rojizo y pubescente, mayormente situadas en las axilas de las hojas, pero también se desarrollan en ramas viejas sin hojas y en las terminales. La mayoría de las flores se encuentran hacia la periferia de la copa, donde destacan por su colorido rosa-rojizo. Existen yemas a todo lo largo de la madera del árbol, capaces de producir flores. Las flores son perfectas, pequeñas de 1 cm de diámetro, de cinco pétalos y cinco sépalos, ovario blanco verdusco, de dos a cuatro óvulos, tienen aproximadamente 6mm de diámetro. Estas flores son abundantes, por lo que algunas; presentan pistilos más cortos que los estambres; debido a este fenómeno, se requiere de polinización cruzada para la obtención de buenas cosechas. Dependiendo del cultivar, pueden las flores tener estilos largos o cortos (Galán, 1991, p. 24).

Fruto

El fruto es una baya carnosa, de forma ovoide a elipsoidal con cuatro u ocho costillas longitudinales pronunciadas llamadas "costillas", las cuales corresponden a los carpelos. Su tamaño es variable de entre 50-250 mm de largo y 30-100 mm de diámetro. Los frutos comerciales suelen pesar entre 100 y 300 g. Presentan cinco costillas longitudinales, que le dotan de una típica sección en forma de estrella. El fruto maduro puede ser de color verde o amarillo. La piel es translúcida, delgada, suave y con una cutícula cerosa. La pulpa es translúcida, muy jugosa, sin fibra, variando en textura desde blando a firme y crujiente. El sabor de los mejores cultivares

es muy agradable, entre subácidos y dulces (Villarreal, 2000). Las semillas son brillantes, pequeñas, de color café claro presentan forma ovoide y aplanada, midiendo entre 6 y 13 mm de largo, encontrándose rodeadas por un arilo gelatinoso. Pueden llegar a tener hasta 15 semillas por fruto, siendo ideal el número lo más reducido posible, de 2 a 3 (Galán, 1991, p. 25).

Variedades

La forma común de las variedades de carambola es autoincompatible hasta cierto grado, por lo que para obtener rendimientos altos, se recomienda plantar dos o más cultivares para asegurar la polinización. Para que una variedad sea comercialmente rentable debe ser de buen color amarillo, acidez baja, tamaño y forma uniformes, peso de fruto alto, resistencia al manejo post-cosecha y adaptabilidad a las condiciones locales donde sea producido (Villarreal, 2000). Las principales variedades cultivadas en México son Arkin, Fwang Tung, Maha y tipo Malaysia. Algunas características deseables del fruto son: tamaño grande, buen sabor y de orillas redondeadas (adecuadas para el empaque) (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 497). Los cultivares más comerciales son de los dulce: Golden Star (muy productivo) y Arkin; y de los ácidos: Newcob y Thayer (Galán, 1991, p. 29; Crane, 1994, p. 5).

Requerimientos agroclimáticos

Clima

Aunque la carambola se desarrolla más en climas tropicales de tierras bajas, también lo hace en áreas del subtrópico con heladas ocasionales (Crane, 1994); sin embargo, temperaturas mayores a 30° y 35°C aceleran el proceso fenológico reproductivo, y por otro lado, las temperaturas de 0°C, y vientos secos destruyen las flores y hojas jóvenes, al generar un estrés

hídrico (Galán y Minini, 1991). La carambola se adapta hasta los 1 200 msnm, las temperaturas van de 10 a 34°C siendo la medida anual de 20°C; pero a temperaturas menores de 8°C las plantas se ven afectadas en su desarrollo; una precipitación pluvial de 2 500mm y humedad relativa de 70 a 90%. Cuando las temperaturas bajan hasta -4.4°C las ramas de los árboles mueren (Crane, 1994); frecuentemente, las temperaturas de 18 a 26°C acrecentan el desarrollo de los árboles (Barbeau, 1990). La resistencia al viento, difiere entre variedades, por lo que en algunos lugares como Florida se establecen barreras rompevientos (Crane, 1994). En general esta especie posee una plasticidad y se adapta a diferentes climas, así como a una gran variedad de suelos, éstos de preferencia deben ser profundos, fértiles, de franco arenoso a franco arcilloso y con suficiente materia orgánica (Crane y Dorey, 1994).

Suelo

La carambola se desarrolla en una amplia gama de suelos, siendo los más propicios los profundos, fértiles, de franco arenoso a franco arcilloso, permeables con buen drenaje, de textura mediana y un pH de 5.5 a 7.0 ya que este cultivo no tolera la salinidad (Crane y Dorey, 1994).

Manejo de cultivo

Propagación

La reproducción puede lograrse fácilmente por semilla, pero también se ha usado con éxito el injerto (Kennard *et al.*, 1963 p. 48). La propagación sexual se efectúa principalmente para la obtención de portainjerto adaptado a las localidades tanto en clima como en suelos. En cuanto a la obtención de plantas productivas y superiores, se requiere efectuar la propagación asexual mediante injerto ya sea de yema o vareta, la elección del tipo de injerto dependerá de la dis-

ponibilidad del material vegetativo, edad del portainjerto y preferencia o estilo del propagador (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 500; Crane, 1994, p. 2).

Establecimiento de la plantación

Un amplio rango de espaciamientos es usado comercialmente para la producción de carambola en el sur de Florida, la mayoría de las plantaciones comerciales tienen de 292 a 358 árboles/ha y usan un espacio entre plantas de 4.6 a 6.2 m, y entre hileras de 6.1 a 7.2 m. En jardines es recomendable ser plantados mínimo de 6.1 a 9.1 m entre un árbol y otro (Crane, 1994, p. 3).

Es parte fundamental hacer un estudio detallado para el establecimiento de las plantas de carambola, ya que un error en este punto tan importante provocará graves problemas y pérdidas económicas; por lo tanto, al momento de seleccionar el lugar para el huerto de carambola deben analizarse tres grupos de factores, ya que con éstos se aseguran huertos productivos y rentables; los factores son:

- Socioeconómico (ubicación geográfica, mercado, proyecciones de demanda a futuro, facilidad de transporte y disponibilidad de mano de obra).
- Ecológicos (climáticos y edáficos).
- Técnicos (elección del sitio de plantación, elección de portainjerto y variedad, sistema de plantación, trazos de canales de riego y plantación).

Después de considerar lo anterior, y ya elegido el sitio adecuado se procede a la preparación del terreno con todo lo que esto comprende, desde la limpia hasta el trazo de plantación para que, después de esto, se haga el acepado y ejecución de la plantación de los árboles de carambola y así tener el establecimiento de la unidad frutícula.

Fertilización

Se puede fertilizar al árbol con composta o materia orgánica, bien descompuesta previamente, de granjas. La fertilización orgánica debe ser aplicada en forma de anillo alrededor del árbol, de 25-50 g cada tres meses, o bien de 100 a 200 g/árbol/año con la siguiente fórmula: 2-1-1-, en la etapa juvenil (28 g cada tres meses por dos años) y 2-2-1, en la etapa de producción (25-30 g cada tres meses) (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 500). Esta práctica de nutrición en la carambola es de suma importancia para la obtención de altos rendimientos y frutas de excelente calidad, para lo cual la fertilización se efectúa al suelo y foliar, teniendo como herramienta indispensable los análisis foliares y de suelo y así adicionar los elementos en cantidades necesarias. La carambola debe tener de 4 a 6 aplicaciones al suelo y de 8 a 10 fertilizaciones foliares (Rodríguez, 1997).

Riego

Las plantas deben ser regadas inmediatamente después de ser trasplantadas. El riego puede ser un suplemento cuando se prolonga la estación seca. La propagación es óptima si se tiene suficiente agua (Lennox & Ragoonath, 1990 p. 500). El cultivo de la carambola es muy exigente de agua, por lo que para tener una plantación comercial se necesita un sistema de riego establecido para que no haga falta este elemento durante el año. Se sugiere efectuar los riegos cada 10 a 16 días entre uno y otro. Cabe hacer mención de que aun en temporal, si hay algún “verano” se debe regar para mantener la plantación productiva (Ochse, et al., 1961).

Poda

La poda es necesaria a partir del cuarto año, ya que en el centro de los árboles se van acumulando muchas ramas secas, y en su periferia la vegetación se vuelve muy densa. Ésta consiste en eliminar las ramas secas, las ramas sobrenumerosas y los chupones; también se justifica

para evitar un crecimiento excesivo de las plantas tanto en altura como en diámetro de la copa (Barbeau, 1990, p. 258). En Florida, a los 5-7 años las copas de los árboles se juntan, por lo que se vuelve muy necesaria la poda, si no, el sombreado de las ramas bajas resultará en pérdidas de producción (Crane, 1994, p. 3). El objetivo de la poda en la carambola consiste en tener planta de máximo beneficio productivo así como subsanar daños causados por viento, plagas y enfermedades; por lo que con la poda se regulariza la producción, se obtiene frutos de mejor calidad, árboles resistentes, y se reduce el costo de la producción, ya que con esta actividad se ayuda a hacer más eficaz y económicamente las prácticas de raleo, cosecha y control de plagas y enfermedades (Rodríguez, 1997)

En este cultivo se efectúan diversos tipos de poda, como son: de plantación, formación, fructificación, saneamiento y rejuvenecimiento. Por otra parte el criterio del podador es fundamental en la realización de esta actividad.

Amarre

Debido a la consistencia de las ramas y tallo principal, que son sumamente quebradizos, en la carambola se recomienda el amarre de árboles que consiste en la colocación de un tubo guía a todo el tronco para que de ahí se sostengan las ramas primarias mediante un flejado y así evitar desgajamientos de ramas e inclusive la rotura del tallo, ya que sin esta práctica los árboles de carambola, sufrirían daños irreversibles ocasionados por el peso de la producción y por vientos fuertes que se llegan a presentar en algunas localidades (Ochse, et al., 1961).

Control de malezas

Las malezas se pueden controlar mecánica o químicamente, usando Paraquat (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 500). El control de las malezas es necesario en el cultivo ya que las hierbas compiten con el frutal en la absorción del nutrimento y agua, además de que son reservorios

de plagas y enfermedades. Pero dicho control debe ser sistemático, ya que en forma controlada la maleza sirve para contener un equilibrio biológico de insectos y patógenos, así como la existencia de una cubierta de hierba nos ayuda a mantener una mejora en la estructura de la capa superficial del suelo se aumenta el contenido de M.O.; se facilita la infiltración del agua así como la circulación por el huerto especialmente cuando éste está húmedo.

Esta actividad puede efectuarse mediante desvaradoras mecánicas, rastreos, o con el uso de herbicidas selectivos de acuerdo con las malezas existentes en el sitio de producción y los recursos del productor.

Plagas y enfermedades

Las principales plagas y enfermedades que se presentan en la carambola se combaten de manera eficiente. Las plagas que atacan a la carambola son: mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua*), principal insecto que causa daños a la fruta, afectando su calidad y evitando su comercialización (Lennox & Ragoo nath, 1990, p. 500). El combate es eficiente debido a que se llevan a cabo todas las prácticas que establece la NOM-EM-023, FITO 1995 ya que es la norma oficial mexicana que se refiere a la campaña nacional contra la mosca de la fruta.

Gorgojo de frutas (*Carpophylus*) el daño que causa es debido a que penetra al fruto afectándolo para su comercialización.

Araña roja (*Tetranychus* sp.) y pulgón (*Aphis* sp.), los cuales los combatimos con predadores importados de Holanda.

Según Crane (1994), las enfermedades son:

- Manchas de las hojas (*Cercospora averrhoa*) las cuales al incrementarse provocan defoliación.

- Antracnosis (*Collectotrichum gloeosporoides*) hongo que ataca frutos provocando pudriciones blandas.
- Pudrición de raíz (*Phythium splendens*) pérdida de vigor del árbol,
- Caída de hojas y muerte de ramas así como de raíces.

Cosecha y empaque

La mitad de la copa (0.9 a 2.1 m de altura) es la principal área de producción en árboles maduros. Los árboles injertados empiezan a producir fruto a los 10-14 meses de ser plantados (Crane, 1994, p. 1). En los primeros tres años pueden reducir de 4.5. a 18 kg de fruta/año/árbol. Conforme el árbol crece la producción se incrementa rápidamente en Florida, los árboles de 7 a 12 años de edad producen de 112 a 160 o más kg de fruta/árbol/año (Crane, 1994 p. 2). Una producción comercial promedio es de 250 kg/árbol/año (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 500). La cosecha se realiza en forma manual con ayuda de unas canastillas para después colocar la fruta en cajas de campo y llevarlas al empaque (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 500). Se recomienda pre-enfriar el fruto para alargar su vida de anaquel.

Los índices de cosecha que se manejan en México son: verde alimonado y amarillo (Rodríguez, 1997).

En cuanto al empaque, existen dos tipos: para mercado nacional, en caja de unícel con capacidad de cinco kg, y caja de cartón con capacidad de 4 kg, los cuales se colocan en una o dos capas dependiendo del tamaño.

Para mercado de exportación se usa caja de cartón cuyo peso varía desde 1.5 a 4 kg, en el cual se utiliza para el empaque camisas en forma individual o hule burbuja en líneas. Para mercado japonés los conteos son de 30, 36 y 48 frutos por caja.

El fruto es susceptible al daño por frío por lo que se sugiere transportar o almacenar el fruto a una temperatura de 7 a 10 °C y de 90 a 95% de H.R.

Usos y valor nutricional

Agua	90%
Azúcar (fructuosa, glucosa)	3.5-15%
Proteínas	0.5 gr
Ácido oxálico	0.04-0.7gr
Calorías	35
Vitamina A	14-90 mg
Vitamina C	560 mg
Fibra cruda	0.7-0.9%
Potasio	200mg
Aminoácidos	serina y alanita
Minerales	Hierro, calcio, sodio, fósforo
Otros ácidos	Glutámico, tartárico.

La carambola puede consumirse como fruta fresca, como acompañante de platillos, así como bebida, mermeladas, jaleas, frutas deshidratadas, conservas y purés, entre otros (Villarreal, 2000).

La ciencia médica la recomienda por sus características dietéticas y nutritivas en cuanto a su composición nutrimental, que, de acuerdo con la FAO pp. 31 y 35 (1993).

Producción nacional

En México, el cultivo comercial de la carambola es incipiente; sin embargo, desde hace más de 20 años es comercializada la fruta y la planta con fines de ornato por la empresa “Vivero Yautepec”, ubicada en Yautepec, Morelos; mientras que en los estados de Veracruz, Chiapas,

Sinaloa y Tabasco, los árboles se encuentran dispersos dentro de las huertas frutícolas, de donde son recolectados los frutos para el consumo familiar (Villarreal, 2000). Este es un punto muy difícil en la carambola, ya que este mercado está saturado con el producto, además de que los compradores de nuestra fruta incrementan el costo de venta ya que manejan hasta 65% de margen de utilidad. Debido a nuestra producción se desperdicia 60% del total con posibilidad de venta (Rodríguez, 1997).

Producción mundial

La probable explicación de la lenta difusión de esta especie estriba de en parte en la escasa viabilidad de la semilla, limitada a muy pocos días en condiciones naturales y a la elevada acidez que contiene la mayoría de los frutos de carambola procedentes de plantas sin injertar (Campos, 1997). La selección de cultivares dulces y la facilidad de propagación por injerto han motivado un interés en esta especie, además de la mejora de las técnicas de cultivo (particularmente control de la mosca de la fruta), el manejo de poscosecha, y sobre todo la selección de cultivares dulces de excelente productividad y calidad –cuya llegada a los mercados occidentales ha generado una aceptable demanda– despertando un notable interés en numerosos países el cultivo de este exótico frutal (Galán, 1991, pp. 11-12, 15).

Los países con plantaciones comerciales de carambola son China, Australia (Queensland), Guyana, Brasil, Malasia, Tailandia, Indonesia, Trinidad-Tobago, Surinam, Singapur, Taiwán, India, Israel, Filipinas y Estados Unidos (Florida y Hawaii) (Lennox & Ragoonath, 1990, p. 497).

Referencias

- Campos M.L. 1997. Frutas Exóticas introducidas en México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 153 p.
- Crane, J.H. 1994. The Carambola (Star Fruit). Fact Sheet HS-12 University of Florida. U.S. A. pp. 1-5.
- Crane, J.H. and Dorey A.J. 1994. Root Characterization of a Young "Arkin" Carambola Tree (*Averrhoa carambola* L.) on Rootstock planted in Limestone Soil in South Florida. In: roc. Interamer. Soc. Hort. 38:206-210.
- FAO. 1993. Codex Alimentarius. Vol. 5B. Tropical Fresh Fruits and Vegetables. Roma, Itallia. Pp. 31-35
- Galán S. V. y U.G. Minini. 1991. La carambola y su cultivo. Serie FAO, Producción y Protección Vegetal 108. FAO. Roma, Italia, p. 98.
- Galán S. V. 1991. La carambola y su cultivo. Serie FAO, Producción y Protección Vegetal 108. FAO. Roma. Italia. pp. 99.
- Lennox, A. & Ragoonath, J. 1990. Carambola and Bilimbi. In: Fruits, 1990 45(5):497-501.
- Ochse, J.J., Soule M.J., Dijkman M.J. Wehlburge. 1961. Tropical and Sub-tropical agriculture. Vol. I. The Mmillan Company.
- Rodríguez V. J. 1997. El cultivo de la carambola y su potencial para exportación. Memoria X curso de actualización "La fruticultura frente al reto de la demanda alimentaria". Coatepec Harinas, México. pp. 38-46.
- Villarreal, F.J.M. 2000. Caracterización de la calidad del fruto de plantas de carambola (*Averrhoa carambola* L.) provenientes de semilla en el estado de Tabasco. Tesis de Maestro en Ciencias. Programa de Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, Edo. de México, 77 p.

UNACH

XI.

**IRRIGATING EFFICIENTLY: WATERSHED
MANAGEMENT STRATEGIES**

Kati Migliaccio

UNACH

INTRODUCTION

Irrigation is necessary for crop production for many reasons: water transports minerals through the soil and to roots, is a principal medium for chemical and biochemical processes that support plant metabolism, provides physical support, acts as a solvent for dissolved sugars and minerals, and evaporation provides plants with the ability to cool so that temperatures are favorable for metabolic processes. The primary economic consequence of insufficient water for crops is a reduction in yield. There are also economic consequences of over irrigation, such as yield reduction, leaching of agrochemicals, and increased costs associated with irrigating.

A successful irrigation system is defined as a system that functions with minimal water losses, supplies the correct amount of water to the designated location at appropriate times, and is economically viable. Appropriate allocation of the needed quantity of irrigation waters may be achieved through use of the water balance method and/or soil water moisture sensors.

Water balance

The water balance for a field is the simplest method for determining irrigation volumes. The water balance consists of water flux in and out of a plant system boundary (Fig. 1). The water balance may be defined mathematically as:

$$\Delta S = R + I - ET - (D + RO) \quad (1)$$

Where ΔS is the change in soil water storage, R is rainfall, I is irrigation, ET is evapotranspiration, and $D + RO$ is drainage and runoff. Once the soil water desired is obtained in a field ΔS becomes 0, and Eq. 1 is reduced to:

$$I = ET - R + (D + RO) \quad (2)$$

Next, the remaining variables (ET , D , and RO) are estimated.

ET : evaporation and transpiration

Evaporation from the soil surface is a key component in the water balance and makes up a portion of the 'ET' variable. Hence, estimation of evaporation is important for designing irrigation systems. Evaporation can be measured using soil moisture probes or volumetric soil sampling methods.

The remaining portion of the 'ET' variable is transpiration. Transpiration is the loss of water from leaves, mostly through stomata, but a little is lost through the cuticle. Transpiration can be measured using technology such as a sap flow system (e.g., <http://www.dynamax.com/>).

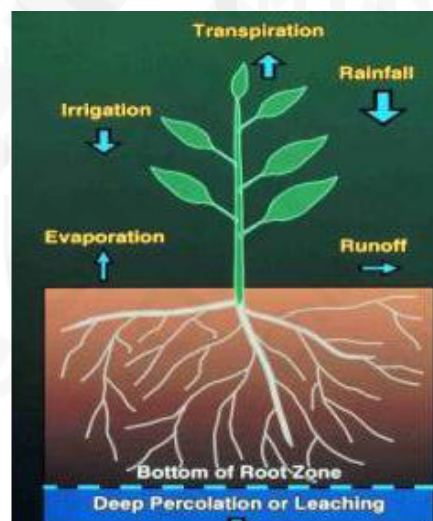


Figure 1: Water balance for a field crop (<http://www2.dpi.qld.gov.au/images/7452>)jpg)

A method is available for estimating the combined evaporation and transpiration or evapotranspiration (ET) using climate data and coefficients instead of using direct measurements, expressed as:

$$ET_A = ET_0 K_C \quad (3)$$

Climate data is used to calculate a reference potential evapotranspiration (ET₀). Actual evapotranspiration (ETA) is the product of ET₀ and a cropping coefficient (K_c). The most commonly used methods for estimating ET₀ are the Penman-Monteith, Priestly-Taylor, and Penman methods. These methods use only climatic data to estimate ET₀ on a daily or monthly basis. Because of the availability of climatic inputs for the estimating ET₀, the limiting factor for calculating ETA is generally an appropriate K_c. Cropping coefficients are a function of crop maturity and therefore could be considered dependent on heat units (or cumulative solar radiation). Cropping coefficients from literature or other references should be used with consideration to the physical and atmospheric conditions of their origin.

Drainage and runoff

Drainage refers to the movement of water through the soil profile into groundwater reservoirs and drainage water is considered no longer available to the crop. Measuring drainage may not be feasible; however, drainage may be estimated by understanding soil characteristics. Gravelly soils generally have the greatest infiltration and drainage rates and clay soils have the lowest infiltration and drainage rates. Infiltration and drainage rates are not only influenced by the soil texture but also by other factors such as compaction, shrinkage cracks, crusts, aggregation and structure, water content, organic matter, and pores. Hence, soils

that are characterized by high infiltration rates should receive smaller irrigation volumes at a higher frequency than low infiltration soils.

Runoff or surface runoff is the portion of precipitation that moves over land and out of the field. One method for estimating the portion of precipitation that becomes surface runoff is the Soil Conservation Service (CSC) curve number (CN) method (SCS, 1972; 1985). The CN method calculates runoff volume as a function of precipitation, soil group, and land use. In an efficient irrigation system, there is no surface runoff from irrigated waters.

Soil moisture sensors

A more direct method for determining soil moisture for irrigation purposes is the use of soil moisture sensors. Three terms are often used when describing soil moisture: saturation, field capacity, and wilting point. Saturation refers to a soil moisture level that has almost all of the soil pores filled with water. Field capacity refers to a soil moisture level that results when all the gravitational water has been drained and no further movement of water due to gravity is significant. The wilting point describes a soil moisture level where there is no longer moisture present that is available to the plant. Yield reductions are often associated with crops that are subject to wilting point soil moisture levels.

The ability of a plant to use water within the soil is dependent on the tension associated with the water, or soil moisture tension. Soil moisture tension is often expressed as a unit of pressure, such as bars. As soil moisture tension increases, the energy required by the plant to absorb the water from the soil increases.

Table 1: Soil moisture descriptor and related soil suction

Soil moisture	cbar	kPa
Saturated	0.1	0.1
Field capacity	5 to 33	5 to 33
Wilting point	1 500	1 500

The availability of water in soil is often described illustratively using soil water characteristic curves. These curves depict soil suction as a function of volumetric water content. General curves are often presented that are similar to the Fig. 2.

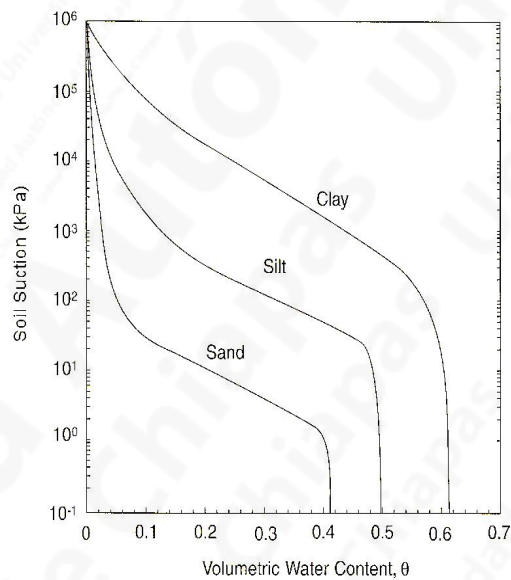


Fig. 2: Soil moisture curve (from Lu and Likos, 2004)

Knowledge of soil suction and volumetric water content for a particular soil provides a translation between the suction required to remove water from the soil and the volumetric water present. One device

that is often used to measure soil suction is tensiometers. Tensiometers are a physical device that can be implemented to monitor and/or trigger irrigation based on a specified soil moisture tension.

Other soil moisture sensors, such as capacitance or time-domain based equipment measure soil moisture as an electronic response. The electronic response (generally voltage) is defined in terms of volumetric water content which is then translated into soil suction using a soil moisture curve (as depicted in Fig. 2). Determination of soil moisture curves require specialized equipment, such as tempe cells and Richard's pressure plates.

Irrigation systems and efficiencies

In addition to the techniques used to determine when to irrigate, irrigation equipment and system design is equally important for an efficient irrigation system. No irrigation system will apply water without some waste or losses because the prohibitive cost related to preventing all losses. Thus, some water losses are expected and accepted in proper irrigation system design, installation, and management. However, excessive water waste may result from poor irrigation system design, improper installation, poor management, and equipment failures. Water waste may occur due to non-uniform water applications, excessive applications, evaporation or wind drift during application, surface runoff from the irrigated area, conveyance seepage, percolation below the root zone, evaporation from the irrigation distribution system, leakage from defective pipe connections, or other losses (Haman *et al.*, 1996).

Of the identified ways that irrigation water may be wasted, several are avoidable through application of the water balance or soil moisture sensors (previously discussed); namely, excessive applications, surface runoff, and percolation below the root zone. The remaining factors are related to system design and operation.

The source of water used for irrigation varies, with some growers using groundwater supplies and others using surface waters. Irrigation with groundwater generally occurs within close proximity to the field and therefore there are fewer losses due to conveyance than when surface waters are used. When surface waters are used for irrigation, conveyance to the field location may be complicated and result in water waste through conveyance seepage and evaporation within the distribution system. The best methods to minimize these types of water losses are to use closed piping or streams lined with impermeable material for conveying water.

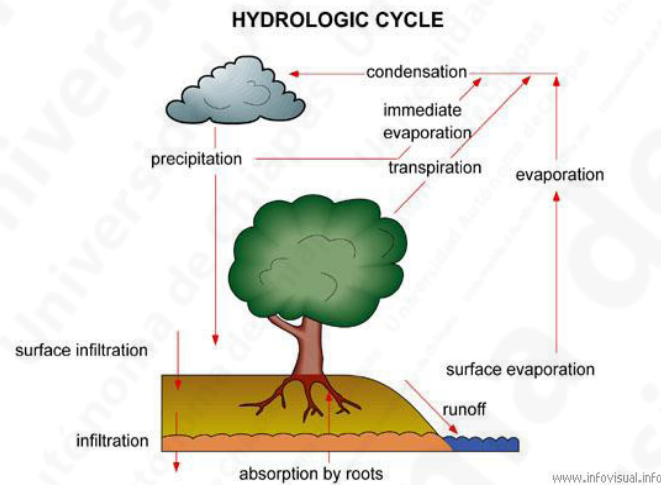
Regardless of the source of irrigation water, leakage from pipe connections, non-uniform water applications, and evaporation and wind drift during application may occur. The best defense against leaky connections is to regularly inspect the system while irrigating. Even small leaks should be immediately fixed as a preventative measure. Non-uniform water application may also be identified through regular inspection of the irrigation system while in use. Non-uniformity may occur if conveyance mechanisms are blocked or if pressure or water volume is not adequate. Evaporation and wind drift losses of irrigation water may be minimized by irrigating during periods of the day that have the least wind and lowest solar radiation, generally in the morning or evening. Irrigation systems that use an above ground distribution method (such as sprinklers) are very susceptible to evapotranspiration and wind losses.

Types of irrigation systems

To select the appropriate irrigation system for a crop, key crop characteristics must be identified. It is important to know the time between planting and harvest, the period during the calendar year that the crop is grown, the water requirements of the crop, and the initial and final height and canopy of the crop. In addition, field physical properties and available water sources must be considered in the irrigation design. A short description is provided for the most common irrigation types:

1. Microjet or microsprinkler systems emit water at discrete points at relatively high rates. Microjets are generally used for fruit trees, nursery production, and other large plants. Microjets are an efficient irrigation system with proper operation and maintenance. Common applications: avocado, container production
2. Drip irrigation systems apply water from point source emitters molded into 'tapes' or delivery lines. Drip systems are highly efficient when properly maintained. Drip systems operate under pressure and require that delivery tapes be supplied to all plants. Drip irrigation may not be economically feasible for large areas of low value crops. Common applications: tomato, papaya
3. Sprinkler irrigation systems supply water by spraying it through nozzles mounted on pressurized pipelines. Sprinkler nozzles should be staggered throughout a planting to provide uniform distribution of irrigation water. Sprinkler irrigation may result in excessive losses due to evaporation and wind drift; therefore, timing of sprinklers should be such that these losses are minimized. Common applications: container nursery, fruit trees

4. Center pivot irrigation is a system that rotates around a fixed point. The application rate of a center pivot will vary laterally because the center-pivot lateral covers more area per unit length toward the outer end. However, some 'smart' pivots have been developed that provide variable rates of irrigation to minimize this occurrence. Center pivots require a somewhat flat surface for operation. Common applications: grains
5. Big gun units are, in essence, large sprinklers that are placed over groundwater supplies and spray great volumes of water across the field. These systems are often used when soil properties, field size, or economics prevent other irrigation methods. Big guns are very inefficient systems with substantial irrigation water losses due to evaporation, wind drift, and non-uniform application. Common applications: vegetable crops
6. Gravity irrigation systems use gravity to distribute water within a field. Gravity systems are an option for soils with slower infiltration rates; however, gravity systems are generally less water-use efficient as compared to other irrigation types and require accommodating topography. Common applications: soybeans, cotton, corn
7. Subsurface irrigation (or seepage) supplying water from beneath the crop root zone and thereby irrigate through capillary movement of water into the crop root zone. For subsurface irrigation, the field must be physically suited to establish a high water table and sufficient capillary movement. Common applications: vegetable crops.



Watershed implications

All water, including that used for irrigation, is part of a more complex cycle: the hydrologic cycle (Fig. 3). Therefore, irrigation not only influences crop production but also other components of the hydrologic cycle. Water that is used for irrigation is generally from groundwater or surface water reservoirs. Removal of waters from these reservoirs may alter ecosystem services provided by stream systems, such as nutrient cycling or biological decomposition.

Additionally, if irrigation results in surface runoff or percolation to groundwater, water quality may be negatively altered in groundwater and surface water reservoirs. Over irrigation may be linked to intensification of downstream surface water eutrophication (or nutrient enrichment). As waters become eutrophic, they are characterized by decreased oxygen concentrations, increased nutrient concentrations, increased suspended solids, changes in the food web structure and fish species, and decreasing light penetration (Henderson-Sellers and Markland, 1987). This is particularly harmful if surface waters are a drinking water supply. The primary groundwater

concern of over irrigation is increasing agrochemical concentrations in the groundwater, which may impact humans if the groundwater is a source of drinking water supply.

When designing irrigation systems, it is critical to consider watershed implications. If watershed level implications are not considered, downstream waters may be altered in a way that prevents their designated uses. Restoration of such damage to waters is almost never attainable although rehabilitation may occur with appropriate management.

Literature cited

- Haman, D.Z., A.G. Smajstrla, and D.J. 1996. Pitts Efficiencies of Irrigation Systems Used in Florida Nurseries. BUL312, one of a series of the Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Original publication date June 1996. Reviewed December 2005.
- Henderson-Sellers, B. and H.R. Markland. 1987. Decaying Lakes: the Origins and Control of Cultural Eutrophication. Great Britain: John Wiley & Sons Ltd.
- Lu, N. and W.J. Likos. 2004. Unsaturated Soil Mechanics. John Wiley and Sons, Inc.: New Jersey.
- Soil Conservation Service. 1972; 1985. Hydrology. Sect. 4, Soil Conservation Service National Engineering Handbook. US Department of Agriculture. Washington, DC.

UNACH

XI. IRRIGACIÓN EFICIENTE: ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE CUENCAS

Kati Migliaccio

Artículo traducido por: Juan Manuel Villarreal Fuentes, Saúl Espinosa Zaragoza
y José Luís Moreno Martínez

UNACH

INTRODUCCIÓN

La irrigación es necesaria para la producción de cosechas por muchas razones: el agua transporta minerales del suelo y a las raíces, es el medio principal para los procesos químicos y bioquímicos que apoyan al metabolismo de la planta, provee apoyo físico, actúa como solvente de azúcares y minerales, y su evaporación provee a las plantas de la habilidad de enfriarse para que las temperaturas sean favorables en los procesos metabólicos. La principal consecuencia económica de la insuficiencia de agua en las cosechas es la reducción del rendimiento. También existen consecuencias económicas por la sobre-irrigación, tales como reducción de rendimiento, lixiviados de agroquímicos, y costos crecientes asociados a la irrigación.

Un sistema de irrigación o riego exitoso es definido como un sistema que funciona con una mínima pérdida de agua, proveyendo la cantidad correcta de agua a un sitio designado, en el tiempo apropiado, y viable económicamente. La designación apropiada de la cantidad de agua de irrigación se puede lograr por medio del uso del método del balance hídrico y/o sensores de humedad en el suelo.

Balance hídrico

El balance hídrico para un campo es el método más simple para determinar el volumen de irrigación. El balance hídrico consiste en el flujo de agua que entra y sale de los límites de un sistema vegetal (Fig. 1) El balance hídrico puede ser definido matemáticamente como:

$$\Delta S = R + I - ET - (D + RO) \quad (1)$$

Donde Δ es el cambio en almacenamiento de humedad en el suelo, R es la lluvia, I es irrigación, ET es evapotranspiración, y D + RO es el drenaje y escurrimiento. Una vez que se logra la humedad deseada en el suelo en un campo se vuelve 0, y la ecuación 1 se reduce a:

$$I = ET - R + (D + RO) \quad (2)$$

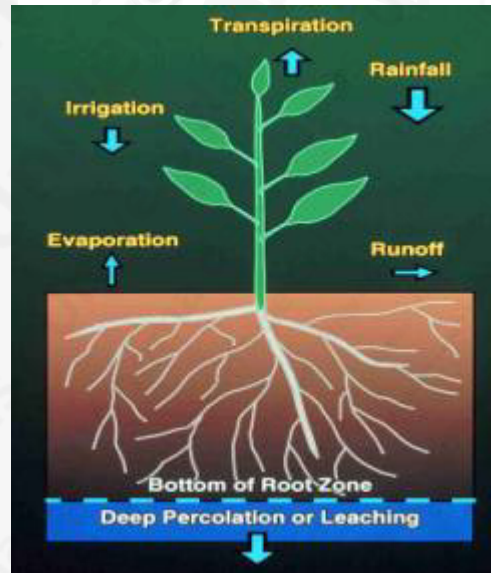
Después, se estiman las variables restantes (ET, D, y RO).

ET: evaporación y transpiración

La evaporación desde la superficie del suelo es un componente clave en el balance hídrico y es una porción del ET variable. Por lo tanto, la estimación de la evaporación es importante para diseñar sistemas de irrigación. La evaporación puede ser medida usando sondas de humedad o métodos de muestreo volumétrico del suelo.

La porción restante del ET variable es la transpiración. La transpiración es la pérdida de agua por las hojas, mayormente por los estomas, aunque una poca es perdida a través de la cutícula. La transpiración puede ser medida usando la tecnología como un mapa de flujo de extracción (<http://www.dynamax.com/>).

Figura 1 : Balance hidrico para un cultivo (<http://www2.dpi.qld.gov.au/images/7452.jpg>)



Existe un método para estimar la combinación de la evaporación y la transpiración, o evapotranspiración (ET), usando información climática y coeficientes en vez de usar medidas directas, expresado como:

$$ET_A = ET_0 K_C \quad (3)$$

La información climática es usada para calcular un potencial de evapotranspiración de referencia (ET_0). La evapotranspiración real (ET_A) es el producto de ET_0 y un coeficiente de cosecha (K_C). Los métodos más usados para estimar ET_0 son los métodos Penman-Monteith, Priestly-Taylor, y Penman. Estos métodos utilizan sólo información climática para estimar ET_0 diaria o mensualmente. Dada la disponibilidad de datos climáticos para estimar el ET_0 , el factor limitante para calcular ET_A es generalmente un K_C apropiado. Los coeficientes de cosecha son una función de la madurez de la cosecha y por lo tanto podrían ser considerados como

dependientes de unidades de calor (o radiación solar acumulativa). Los coeficientes de cosecha en la literatura u otras referencias deben ser usados considerando las condiciones físicas y atmosféricas de su origen.

Drenaje y escurrimiento

El drenaje se refiere al movimiento de agua a través del perfil del suelo a reservas subterráneas; y el agua drenada es considerada como ya no disponible para la cosecha. Medir el drenaje puede no ser plausible; sin embargo, éste puede ser estimado al entender las características del suelo. Los suelos con grava generalmente tienen las mayores tasas de infiltración y drenaje, y los suelos tienen las más bajas. Las tasas de infiltración y drenaje no sólo son influenciadas por la textura del suelo, sino también por otros factores tales como compactación, grietas por encogimiento, cortezas, agregación y estructura, contenido hídrico, materia orgánica, y porosidades. Entonces, los suelos que son caracterizados por tener altas tasas de infiltración deben recibir volúmenes más pequeños de irrigación con una mayor frecuencia que los suelos de baja infiltración.

El escurrimiento o escurrimiento superficial es la porción de precipitación que se desplaza sobre la superficie y fuera del campo. Un método para la estimación de la porción de precipitación que se convierte en escurrimiento superficial es el método de curva (CN) del Servicio de Conservación del Suelo (SCS, 1972; 1985). El método CN calcula el volumen de escurrimiento como una función de la precipitación, grupo del suelo y uso del suelo. En un sistema de irrigación eficiente, no existe escurrimiento superficial del agua regada.

Sensores de humedad del suelo

Un método más directo para determinar la humedad del suelo para propósitos de irrigación es el uso de sensores de humedad del suelo. A menudo se usan tres términos para describir la

humedad del suelo: saturación, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente. La saturación se refiere a un nivel de humedad del suelo que tiene casi todas las porosidades del suelo llenas de agua. La capacidad de campo se refiere a un nivel de humedad del suelo que se da cuando toda el agua gravitacional ha sido drenada y el movimiento de agua debido a la gravedad deja de ser significativo. El punto de marchitamiento permanente describe un nivel de humedad del suelo cuando la humedad del suelo deja de estar disponible para la planta. Las reducciones de rendimiento generalmente se asocian con cosechas afectadas por niveles de humedad del suelo de punto de marchitamiento permanente.

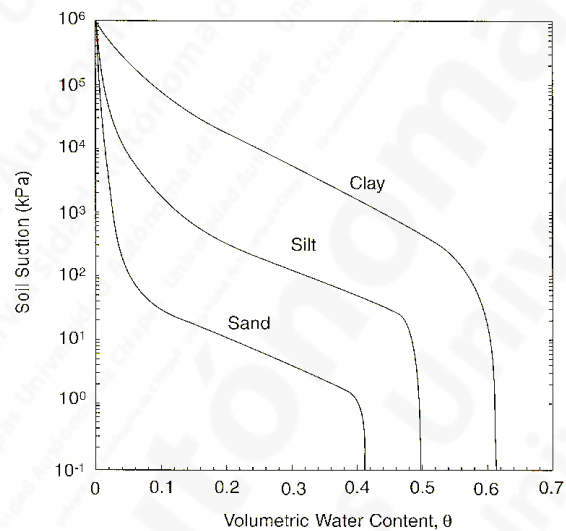
La habilidad de una planta para usar el agua del suelo depende de la tensión asociada con el agua, o tensión de humedad del suelo. La tensión de humedad del suelo es expresada a menudo como una unidad de presión, como bares. A medida que la tensión de humedad del suelo crece la energía requerida por la planta para absorber el agua en el suelo también incrementa.

Cuadro 1. Descriptor de humedad en el suelo y succión del suelo relacionada

Humedad del suelo	cbar	kPa
Saturado	0.1	0.1
Capacidad de campo	5 to 33	5 to 33
Punto de Marchitamiento Permanente	1500	1500

La disponibilidad de agua en el suelo a menudo se describe ilustrativamente utilizando curvas características de humedad en el suelo. Estas curvas muestran la succión del suelo como una función del contenido volumétrico del agua. Las curvas generales comúnmente se presentan similares a la de la Figura 2.

Figura. 2: Curva de humedad en el suelo (de Lu y Likos, 2004)



El conocimiento de la succión del suelo y el contenido volumétrico de agua para un suelo particular provee una interpretación entre la succión requerida para retirar agua del suelo y el agua volumétrica presente. Un aparato comúnmente utilizado para medir la succión del suelo es el tensiómetro. Los tensiómetros son aparatos físicos que pueden ser implementados para monitorear y/o accionar la irrigación basados en una tensión de humedad del suelo específica.

Otros sensores de humedad del suelo, tales como equipos de basados en capacidad o dominio del tiempo, miden la humedad del suelo como una respuesta electrónica. La respuesta electrónica (generalmente voltaje) es definida en términos de contenido volumétrico de agua que se traducen como succión del suelo usando una curva de humedad del suelo (como se ilustra en Fig. 2). La determinación de las curvas de humedad del suelo requiere de equipo especializado, como celdas tempe y placas de presión Richard.

Sistemas de irrigación y eficiencias

Además de las técnicas utilizadas para determinar cuándo irrigar, el equipo de irrigación y el diseño de sistemas son igualmente importantes para un sistema de irrigación eficiente. Ningún sistema de irrigación aplicará agua sin algo de desperdicio o pérdida debido a los costos prohibitivos relacionados con prevenir toda pérdida. Por lo tanto, algo de pérdida de agua es esperada y aceptada en el diseño, instalación y manejo de un sistema de irrigación apropiado. Sin embargo, el desperdicio excesivo de agua puede resultar de un mal diseño, instalación inapropiada, mal manejo y falla del equipo en un sistema de irrigación. El desperdicio de agua puede ocurrir por aplicaciones no uniformes del agua, aplicación excesiva, evaporación o cambio de viento durante la aplicación, escurrimientos superficiales del área irrigada, filtración por conducción, precolación bajo el área de raíces, evaporación del sistema de distribución de irrigación, fugas por conexiones deficientes u otras pérdidas (Haman *et al.*, 1996).

De las maneras identificadas en que el agua de irrigación puede ser desperdiciada, varias pueden ser evitadas por medio de la aplicación del balance hídrico o sensores de humedad del suelo (vistos anteriormente). Estos son: aplicación excesiva, escurrimiento superficial y precolación bajo el área de la raíz. Los demás factores están relacionados con el diseño y operación del sistema.

La fuente del agua usada para la irrigación varía, algunos productores usan fuentes subterráneas y otros utilizan aguas superficiales. La irrigación con aguas subterráneas generalmente ocurre en proximidad del campo, por lo tanto hay menos pérdidas debido a la conducción, que cuando se usan aguas superficiales. Cuando se usan aguas superficiales para la irrigación, la conducción al campo puede ser complicada resultando en desperdicio de agua por la filtración de conducción y la evaporación dentro del sistema de distribución. El mejor método para minimizar este tipo de pérdida de agua es el uso de tuberías cerradas o canales recubiertos con material impermeable para conducir el agua.

Sin importar la fuente del agua de irrigación, las fugas por conexiones, aplicaciones no uniformes de agua, evaporación y cambio de viento durante la aplicación pueden ocurrir. La mejor defensa contra las conexiones con fugas es inspeccionar regularmente el sistema mientras se irriga. Aun las fugas pequeñas deben ser arregladas inmediatamente como una medida preventiva. La aplicación no uniforme de agua también puede ser identificada por medio de inspecciones regulares del sistema de irrigación mientras esté en uso. La no uniformidad puede ocurrir si el mecanismo de distribución está bloqueado o si la presión o el volumen del agua no es adecuado. La pérdida de agua por evaporación o cambio de viento puede ser minimizada al irrigar durante periodos del día que tengan menor viento y menor radiación solar, generalmente en la mañana o en la tarde. Los sistemas de irrigación que utilizan un método de distribución sobre el suelo (aspersores) son muy susceptibles a la pérdida por evapotranspiración y viento.

Tipos de sistemas de riego

Para seleccionar el sistema de riego apropiado para un cultivo, se deben identificar características claves del mismo. Es importante conocer el tiempo entre la siembra y la cosecha, el

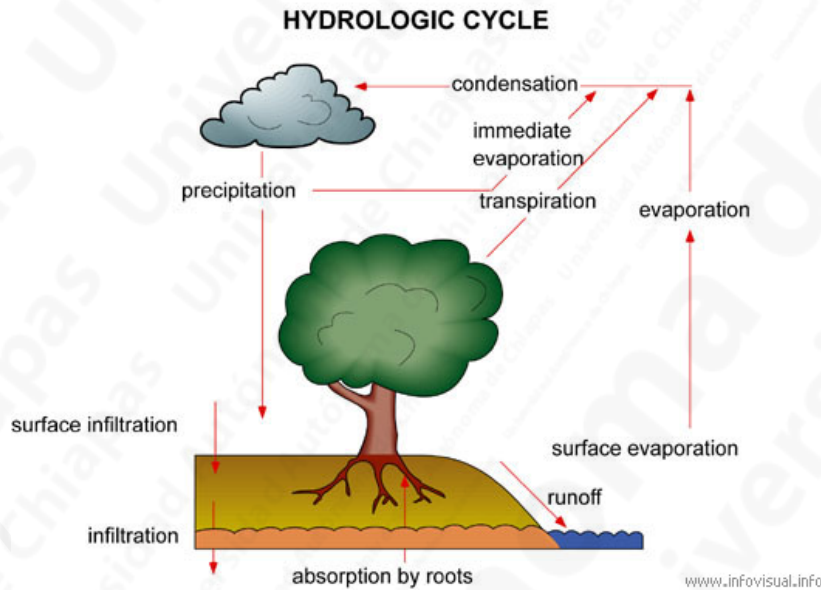
periodo del año en que el cultivo se siembra, los requerimientos de agua del cultivo, y la altura y dosel inicial y final del cultivo. Además, las propiedades físicas del campo y las fuentes de agua disponibles deben ser consideradas en el diseño de irrigación. Se provee una descripción corta para los tipos de irrigación más comunes:

- 1) Los sistemas de microaspersión emiten agua en puntos discretos a tasas relativamente altas. Los microaspersores generalmente son usados para árboles frutales, producción en criaderos, y otras plantas grandes. Los microaspersores son un sistema de irrigación eficiente con mantenimiento y operación apropiadas. Aplicaciones comunes: aguacate, producción en envasado.
- 2) Los sistemas de riego por goteo aplican agua desde fuentes emisoras fijas conectadas a cintas de entrega. Los sistemas por goteo son altamente eficientes cuando se les da el mantenimiento apropiado. Los sistemas por goteo operan bajo presión y requieren que las cintas de entrega lleguen a todas las plantas. La irrigación por goteo puede no ser económicamente viable para áreas grandes de cultivos de bajo valor. Aplicaciones comunes: tomate, papaya.
- 3) Los sistemas de riego por aspersor proveen agua distribuyéndola a través de toberas montadas en tuberías presurizadas. Las toberas deben estar distribuidas a través de la plantación para proveer una distribución uniforme de agua. La irrigación por aspersor puede resultar en pérdidas excesivas por la evaporación y cambio de viento; por lo tanto la aplicación de losaspersores debe tomar en cuenta los tiempos adecuados para minimizar dichas pérdidas. Aplicaciones comunes: criaderos, árboles frutales.
- 4) La irrigación de eje central es un sistema que gira alrededor de un punto fijo. La tasa de aplicación de un eje central variará lateralmente dado que el lateral del eje central cubre una mayor área por unidad de longitud hacia la orilla. Sin embargo, se han desarrollado algunos ejes ‘inteligentes’ que

proveen tasas variables de irrigación para minimizar este efecto. Los ejes centrales requieren de una superficie más o menos plana para su operación. Aplicaciones comunes: granos.

- 5) Las unidades de cañón son, en esencia, aspersores grandes colocados sobre fuentes de agua subterránea y distribuyen grandes volúmenes de agua en el campo. Estos sistemas a menudo son usados cuando las propiedades del suelo, tamaño del campo o la economía no permiten otros métodos de irrigación. Los cañones son sistemas muy ineficientes con pérdidas sustanciales de agua debido a la evaporación, cambio de viento y aplicación no uniforme. Aplicaciones comunes: hortalizas.
- 6) Los sistemas de irrigación por gravedad usan la gravedad para distribuir el agua dentro del campo. Los sistemas de gravedad son una opción para suelos con tasas de infiltración más bajas; sin embargo, los sistemas de gravedad generalmente son menos eficientes en el uso del agua que otros sistemas de irrigación, y requieren acomodación topográfica. Aplicaciones comunes: soya, algodón, maíz.
- 7) La irrigación subsuperficial (filtración) provee agua por debajo del área de la raíz, irrigando a través del movimiento capilar del agua hacia la zona de la raíz. Para la irrigación subsuperficial el campo debe ser físicamente adecuado para establecer un alto contenido de agua y suficiente movimiento capilar. Aplicaciones comunes: hortalizas.

Figura. 3: Ciclo del agua



Implicaciones de cuencas

Toda el agua, incluyendo la usada para la irrigación, es parte un ciclo más complejo: el ciclo del agua (Fig. 3). Por lo tanto, la irrigación influencia no sólo a la producción de cultivos, sino también a otros componentes del ciclo del agua. El agua utilizada para irrigar generalmente viene de reservas subterráneas o superficiales. El retirar agua de estas reservas puede alterar a servicios de ecosistemas que estos sistemas de flujo proveen, como lo son el ciclo de nutrientes y la descomposición biológica.

Adicionalmente, si la irrigación resulta en escurrimiento superficial o precolación al subsuelo, la calidad del agua puede ser alterada negativamente en las reservas subterráneas o superficiales de agua. La sobreirrigación puede ser vinculada a la intensificación de la eutroficación

(enriquecimiento de nutrientes) de aguas superficiales corriente abajo. Conforme el agua se convierte en eutrófica, se caracteriza por concentraciones bajas de oxígeno, concentraciones altas de nutrientes, incremento en sólidos suspendidos, cambios en la cadena alimenticia y especies de peces, y baja penetración de luz (Henderson-Sellers y Markland, 1987). Esto es particularmente dañino si las aguas superficiales son fuente de agua potable. La preocupación principal de la sobreirrigación con respecto a las aguas subterráneas es la concentración de agroquímicos en estas, la cual puede tener impacto en los seres humanos si éstas son fuente de agua potable.

Al diseñar sistemas de irrigación, es esencial considerar las implicaciones de cuencas. Si no se toman en cuenta las implicaciones del nivel de las cuencas, las aguas corriente abajo pueden verse alteradas de tal manera que prevengan su uso designado. La restauración de dicho daño al agua casi nunca es realizable aunque la rehabilitación puede darse con el manejo apropiado.

Literatura citada

- Haman, D.Z., A.G. Smajstrla, D.J. 1996. Pitts Efficiencies of Irrigation Systems Used in Florida Nurseries. Bul 312, one of a series of the Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Original publication date June 1996. Reviewed December 2005.
- Henderson-Sellers, B. and H. R. Markland. 1987. Decaying Lakes: the Origins and Control of Cultural Eutrophication. Great Britain: John Wiley & Sons Ltd.
- Lu, N.W.J. Likos. 2004. Unsaturated Soil Mechanics. John Wiley and Sons, Inc.: New Jersey.
- Soil Conservation Service. 1972;1985. Hydrology. Sect. 4, Soil Conservation Service National Engineering Handbook. US Department of Agriculture. Washington, DC.

UNACH

XII.
BIOTECNOLOGÍA
DE FRUTAS TROPICALES

Richard Litz

UNACH

Mango Mangifera indica L.

Embriogénesis somática (DeWald *et al.*, 1989a, b)

Obtención de explantes e inducción. Colectar frutos ca. 20-60 días después de la floración. Desinfectarlos en blanqueador comercial 20-30% (v/v) durante 30 min. Enjuagar con agua destilada. Bajo condiciones asépticas, disectar a lo largo del eje logitudinal, separar las dos mitades y remover la semilla inmadura sin dañarla. Remover la masa del embrión en el extremo micropilar y desecharla. Las dos mitades de las semillas inmaduras (sin masa embrionaria) pueden ser utilizadas como explantes, al cultivarlas de tal manera que la nucela esté en contacto con el medio. Alternativamente, la nucela puede ser removida (con cuidado) y usada como explante. La nucela varía en grosor dependiendo del estado de desarrollo de la semilla inmadura, usualmente puede ser removida con facilidad cuando la masa del embrión alcanza la longitud del saco embrionario.

El medio de cultivo puede ser semisólido, con 2,4-D (ver abajo), repartido en cajas de petri estériles, plásticas (110 x 15 mm). Los cultivos se conservan en oscuridad a 25°C. Subcultivar los explantes diariamente a medio de cultivo fresco hasta que cese el oscurecimiento del medio alrededor de los explantes. Normalmente el explante se volverá más bien oscuro.

Los cultivos embriogénicos son reconocibles 3-8 semanas después de su cultivo y consisten en masas proembriónicas (PEM, *proembryonic masses*).

Mantenimiento

Cultivos líquidos: 2,4-D

Estos cultivos son iniciados a partir de cultivos embriogénicos en desarrollo en medio sólido con 2,4-D. Aproximadamente 300-400 mg de PEMs deben ser inoculados en 80 ml de medio en matraces Erlenmeyer de 250 ml, y mantenidos a 120 rpm en oscuridad. Son subcultivados cada 5-7 días. Después de, aproximadamente, un mes (depende del cultivar) el cultivo ha proliferado lo suficiente para transferir el nuevo crecimiento a medio de embriogénesis. El cultivo es pasado a través de un colador doméstico o de una malla de nylon. La fracción que pase por el colador se cultiva en medio líquido para embriogénesis (LEM, *liquid embryogenesis medium*). Si se desea, la fracción gruesa puede ser re-cultivada en medio con 2,4-D. Mantener los cultivos en oscuridad a 25°C.

Maduración

Cultivos líquidos: LEM

Estos son subcultivados cada 5-7 días. Los embriones son transferidos a medio I de maduración de mango (MMI, *mango maturation medium I*) conforme se desarrollan. La formación de embriones generalmente toma al menos un mes. Mantener los cultivos en oscuridad a 25°C.

Cultivos semisólidos: MMI

Los embriones son subcultivados cada mes o cuando la acumulación de fenoles alrededor del embrión sea evidente (oscurecimiento). Estos cultivos son mantenidos en oscuridad. Transferir a medio II de maduración de mango (MMII, *mango maturation medium II*) cuando los embriones formen raíces.

Germinación/Conversión

Cultivos semisólidos: MMII

Los embriones son subcultivados como se hizo para MMI, excepto que los cultivos son conservados bajo luces fluorescentes (fotoperiodo 16 h con 100-120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Medios

Todas las cantidades son para 1 L de medio. Todos los medios son ajustados a pH 5.8 antes de ser esterilizados en autoclave.

2,4-D		LEM	
B5+ (10x)	100 ml	B5+ (10x)	100 ml
MS micronutrientes (100x)	10 ml	MS micronutrientes (100x)	10 ml
MS vitaminas (100x)	10 ml	MS vitaminas (100x)	10 ml
sacarosa	60 g	sacarosa	60 g
glutamina	400 mg	glutamina	400 mg
2,4-D	1 mg	BA	50 μg
MMI		MMII	
B5+ (10x)	100 ml	B5+ (10x)	50 ml
MS micronutrientes (100x)	10 ml	MS micronutrientes (100x)	10 ml
MS vitaminas (100x)	10 ml	MS vitaminas (100x)	10 ml
sacarosa	40 g	sacarosa	20 g
glutamina	400 mg	glutamina	400 mg
Carbón activado	30 mg	Carbón activado	50 mg
Gel-Gro	2 g	Gel-Gro	2 g
Agua de coco (esterilizada por filtración)	200 ml	Agua de coco (esterilizada por filtración)	200 ml

Variables críticas

La regeneración de mango vía embriogénesis somática es afectada por varios factores. Hay diferencias importantes entre cultivares que no están relacionados con polyembrionía/monoembrionía.

Explante El uso como explantes, de la nucela o de embriones derivados de nucela, es crítico. Debido a la juvenilidad de la nucela, ésta tiene considerablemente más potencial morfo-genético que otros tejidos de árboles maduros. Ha sido necesario determinar el óptimo estado del desarrollo del óvulo para la remoción de la nucela. Al tiempo en el que el embrión cigótico de cultivares monoembriónicos ha llenado el saco embrionario, generalmente es difícil remover la nucela a partir del óvulo. Con cultivares polyembriónicos, los cultivos embriogénicos pueden ser inducidos ya sea de la nucela o de embriones adventicios nucelares. En el último caso, la población regenerada es probablemente una mezcla de plantas cigóticas y nucelares. Sin embargo, para aquellos cultivares de mango en los cuales aborta el cigoto, por ejemplo Carabao, Pico, Olour, Cambodiana y Strawberry (Singh, 1960), toda la población regenerada sería clonal.

Condiciones de Cultivo La composición del medio es importante. El uso de una concentración relativamente alta de sacarosa es benéfico. El regulador de crecimiento más efectivo para la inducción de callo embriogénico es el 2,4-D. La adición de un agente reductor, por ejemplo, ácido ascórbico, es necesario para reducir la cantidad de compuestos polifenólicos en el medio. El carbón activado también es efectivo; sin embargo, su presencia en cultivos en suspensión generalmente desencadena la maduración del embrión. El subcultivo regular es necesario. Para muchos cultivares los medios de crecimiento y de embriogénesis somática son más eficientes en forma líquida que en estado sólido.

Aguacate persea americana Mill.

Embriogénesis somática (Witjaksono & Litz, 1998a, b)

Obtención de Explantes e inducción. Como explantes se utilizaron bien nucelas de frutos inmaduros o bien embriones cigóticos inmaduros. El medio de inducción consiste en los macronutrientes del medio B5 (Gamborg *et al.*, 1968), los micronutrientes del MS (Murashige & Skoog, 1962) y suplementado con picloram 0.41 μM y (en mg l⁻¹) tiamina HCl (0.4), myo-inositol (100), sacarosa (30 000) y agar 8 g l⁻¹. El medio de cultivo debe repartirse en alícuotas de 10 ml en cajas de petri estériles desechables (60 x 15 mm), las cajas son selladas con Parafilm®. Los cultivos en medio semisólido son mantenidos en oscuridad a 25°C.

Mantenimiento. Los cultivos embriogénicos consisten de masas proembriónicas (PEMs), que pueden ser mantenidas en 80 ml de medio esterilizado por filtración en matraces Erlenmeyer de 250 ml, a 120 rpm, en penumbra por 14 días. La cantidad de inóculo es aprox. 300-400 mg/80 ml medio en matraces Erlenmeyer de 250 ml. El cultivo es pasado por un colador doméstico o por una malla de nylon. La fracción que pasa por el colador es cultivada en medio líquido para embriogénesis (LEM, liquid embryogenesis medium). Si se desea, la fracción gruesa puede ser re-cultivada en medio de 2,4-D. Mantener los cultivos en oscuridad a 25°C.

Maduración/germinación. Embriones somáticos globulares/PEMs (≥ 1.5 mm diam) se desarrollaron después de 1-2 meses a partir de cultivos embriogénicos en medio MS sin picloram y suplementado con agar para cultivo de tejidos (TC agar) 6.0 g l⁻¹ (Witjaksono, 1997). Después de 1-2 meses, embriones somáticos opacos (≥ 0.8 cm diam) son transferidos individualmente en medio MS semisólido suplementado con BA 4.44 μM y GA3 2.89 μM y subcultivado a intervalos de 2 meses (Witjaksono, 1997). El medio de maduración es repartido en alícuotas de 25 ml en tubos de ensaye de 25 x 150 ml que son sellados con tapas de plástico. Los cultivos son mantenidos en oscuridad a 25°C hasta la germinación.

Conversión. El brote que emerge de cada embrión somático es cortado 1-1.5 cm desde el ápice, cultivado en medio MS del cual el NH_4NO_3 fue eliminado y suplementado con BA $4.44 \mu\text{M}$ (Witjaksono, 1991) y subcultivado a intervalos de 8 semanas durante varios subcultivos. Los brotes, posteriormente son subcultivados en medio MS modificado conteniendo NH_4NO_3 800 mg l⁻¹, KNO_3 2200 mg l⁻¹, BA $4.44 \mu\text{M}$ y TC agar 8 g l⁻¹. Para la inducción de raíz, el procedimiento de Pliego-Alfaro (1988) puede seguirse, en el cual ápices de 1.5-2.0 cm son cultivados en medio MS semisólido sin NH_4NO_3 y suplementado con IBA $122.6 \mu\text{M}$ por 3 días, y entonces son transferidos a medio MS semisólido sin NH_4NO_3 ni reguladores del crecimiento y conteniendo carbón activado 1 g l⁻¹. Los brotes de aguacate son cultivados en tubos de ensaye de 25 X 200 mm sellados con Suncaps® (Sigma), y son mantenidos bajo un fotoperíodo de 16 h ($100\text{-}120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a 25°C.

Cultivo de ápices de tallo

Obtención de explantes y estados 1 y 2. Utilizando secciones nodales con yemas axilares de patrones IV-8 severamente podados, Pliego-Alfaro et al. (1987) obtuvieron la proliferación de brotes en medio MS 50%, semisólido, con BA $1.3 \mu\text{M}$. Para estimular la proliferación, los brotes son mantenidos en medio de doble fase con BA 2.8 y $0.4 \mu\text{M}$ en la fase líquida y sólida, respectivamente, sin embargo, la hiperhidratación incrementa con el subcultivo. Este método se ha utilizado también para multiplicar material adulto de 'Duke', 'Fuerte', 'Hass' and 'Topa-Topa' (Zirari y Lionakis, 1994). Para controlar la hiperhidratación, brotes de IV-8 deben ser cultivados durante 2 semanas en medio líquido B5 (Gamborg et al., 1968) con BA $1.3 \mu\text{M}$, seguido por 6 semanas en medio B5 doble fase con BA 2.8 and $0.4 \mu\text{M}$ en las fases semisólida y líquida, respectivamente. Se han mantenido brotes bajo estas condiciones por varios años (Barceló-Muñoz et al., 1999).

Brotos adultos de 'Gvar-am 13' se han mantenido como cultivos en proliferación por >2 años en la formulación de macroelementos de N45K con BA 4.44 μ M, aunque semanalmente es necesario un subcultivo para evitar necrosis apical (Pliego-Alfaro *et al.*, 1987). La hiperhidratación aumenta con el subcultivo bajo estas condiciones.

Para los cultivares de aguacates que son difíciles de establecer *in vitro*, el injerto de yemas axilares en plántulas germinadas *in vitro* (Pliego-Alfaro and Murashige, 1987; Barceló-Muñoz, 1995) puede ser utilizado para superar el problema. Brotos de plántulas germinadas *in vitro*, de 4 semanas, son decapitadas, sus yemas axilares removidas y yemas laterales son insertadas en una incisión en la parte que queda del tallo (*rootstock*). Aproximadamente 70% de los microinjertos se desarrolla con éxito, formando brotes después de 6-8 semanas. Los brotes generalmente presentan una rápida disminución en su tasa de crecimiento después de la separación del patrón o tutor *rootstock* (Barceló-Muñoz, 1995).

Estado 3. El potencial de enraizamiento de los brotes adultos es bajo y no aumenta con el subcultivo (Pliego-Alfaro *et al.*, 1987). Generalmente, el crecimiento del brote cesa, las hojas se desprenden y los brotes mueren después de su transferencia a medio de enraizamiento (Pliego-Alfaro y Murashige, 1988; Zirari y Leonakis, 1994). El enraizamiento puede mejorar después de injertar yemas de individuo adulto en plántulas germinadas *in vitro*. Pliego-Alfaro y Murashige (1988) obtuvieron 50% de enraizamiento de brotes adultos de 'Duke-7' después de un injerto, aunque el reinjerto (tantos como 3) no mejoraron el enraizamiento o el vigor del brote. Se logró hasta un 90% de enraizamiento de brotes adultos de 'Gvar-am 13' después de sucesivos injertos *in vitro* (tantos como 15) (Barceló-Muñoz, 1995). La competencia de enraizamiento restaurada es estable después de 9 subcultivos pero la proliferación es pobre.

Aproximadamente 30% de enraizamiento se ha obtenido con brotes derivados de plantas de IV-8 severamente podadas (Pliego-Alfaro *et al.*, 1987). El enraizamiento incrementa

hasta 72% si la fase de inducción (con auxina) es en medio líquido, y hasta 77% si las fases de inducción de raíz y de elongación son en medio líquido. Desafortunadamente, en el último caso, virtualmente todos los brotes resultan hiperhidratados, y una modificación medio líquido-sólido es preferible. Hasta 90% de enraizamiento puede ser obtenido con medio B5, demostrando el papel importante del medio sobre el enraizamiento (Barceló-Muñoz *et al.*, 1999).

Papaya Carica papaya L.

Cultivo de ápices de tallo (Litz & Conover, 1978, 1981)

Obtención de explantes y estado 1. Los ápices deben ser removidos de plantas cultivadas en campo durante el periodo de rápido crecimiento vegetativo. Si la planta es decapitada 1 ó 2 meses previamente, varios brotes laterales se habrán formado y podrán ser utilizados. Ordinariamente las yemas axilares contienen primordios florales. Lavar los ápices cuidadosamente con agua corriente por 1 h, y disectar, dejar ca. 0.5 cm³ de tejido basal. Esterilizar en blanqueador comercial 20% (v/v) durante 10-20 min. Enjuagar con agua desionizada. Colocar en tubos de ensaye conteniendo medio MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con kinetina 10 mg/L, ANA 2 mg/L, sacarosa 30 g/L y gellan gum 2 g/L.

Estado 2. Subcultivar después de ca. 1 a 1.5 meses en medio MS con BA 0.5 mg/l, ANA 0.2 mg/L, sacarosa 30 g/L y gellan gum 2 g/L. Cultivos en proliferación pueden ser subcultivados a intervalos de aproximadamente 3 semanas al disectar y transferir nudos individuales a la formulación de medio de proliferación. Puede ser difícil mantener la proliferación después de 6-10 subcultivos, lo cual puede depender del cultivar.

Estados 3 y 4. Subcultivar nudos individuales en medio MS suplementado con ANA o AIB 1-3 mg/L, sacarosa 30 g/L y gellan gum 2 g/L.

Embriogénesis somática

Obtención de explantes/inducción. Germinar semillas de papaya en una charola conteniendo sustrato comercial para maceta, esterilizado con vapor. Después de la germinación, cuando los cotiledones han emergido, colecte las pequeñas plántulas y lávelas cuidadosamente en agua corriente, 30 min. Decapitar las plántulas por debajo de los cotiledones y remueva la raíz. Esterilice superficialmente el hipocótilo en blanqueador comercial 20% (v/v), 10-12 min. Después, enjuagar con agua desionizada. Colocar en cultivo en cajas de petri, 110x15 mm con medio MS, suplementado con 2,4-D 1-2 mg/L, sacarosa 60 g/L, gellan gum 2.0 g/L. Incubar en oscuridad a 25°C.

Mantenimiento de cultivos embriogénicos. Inocular ca. 400 mg de cultivo embriogénico en 80 ml de medio líquido de la misma formulación (ver arriba) en matraces Erlenmeyer de 250 ml. Sellar con papel aluminio grueso (*heavy duty*), y mantener en una plataforma de agitación a 125 rpm, en oscuridad a 25°C. Subcultivar a intervalos de 3-4 semanas. Los cultivos también pueden ser mantenidos en medio semisólido conteniendo 2,4-D.

Maduración/germinación. Subcultivar los embriones somáticos a medio MS semisólido sin reguladores de crecimiento. Los embriones somáticos maduros, también germinarán en esta formulación del medio de cultivo.

Plátano/Plátano macho (*Musa* AAA, AAB, ABB)

Cultivo de ápices de tallo

Hay más plátanos siendo comercialmente micropropagados que ningún otro fruto, con cifras de producción anual estimadas en >20 millones MT. La micropropagación fue aplicada primero a 'Cavendish' (AAA) por Ma y Shii (1972) quienes utilizaron ápices de tallo disectados

de hijuelos, como una forma rápida de multiplicar material libre de *Fusarium*. La micropropagación desde entonces ha sido aplicada a un amplio rango de variedades (Vuylsteke, 1998), y esta lista sigue en expansión. Los ejes florales terminales también han sido usados para establecer cultivos de plátano (Cronauer y Krikorian, 1985). Los primeros plantíos importantes se establecieron en Taiwán y en Jamaica al inicio de los 1980's (Hwang *et al.*, 1984; Ogelsby y Griffis, 1986).

Estado 1. Remover los jóvenes hijuelos de la base de las plantas cultivadas en campo. Quitar las hojas más externas y diseccionar una sección de aproximadamente 1 cm³ que contenga el meristemo terminal y un grupo de hojas subtendidas. Corte la parte superior de las hojas y lave el material en agua corriente por media hora. Esterilizar la superficie en blanqueador doméstico 20% (v/v) al cual se ha agregado Tween, desinfectar por 10-15 min. Enjuagar cuidadosamente con agua esterilizada desionizada. Bajo condiciones asépticas, remueva las hojas más externas hasta que la hoja más interna quede expuesta. Remueva el exceso de tejido de cormo en la base del explante. Colocar el cultivo en tubos de ensaye en medio MS semisólido que ha sido suplementado con BA 1-2 mg/L. Mantener en luz (fotoperiodo 12 h) a 25°C.

Estado 2. Subcultivar los brotes en proliferación al mismo medio, pero en frascos de mayor tamaño, por ejemplo frascos Gerber o cajas (Magenta) GA7. El procedimiento común para evitar la acumulación de variantes somaclonales es limitar el número de subcultivos a 6. Por lo tanto, es importante que para una producción a gran escala, el lote original de plantas (*stock plants*) debe de conservarse *in vitro* en medio basal (sin BA). La variación somaclonal puede ser limitada a aprox. 5% de los regenerantes si ésto es seguido de manera escrupulosa. La mayoría de las plantas diferentes pueden ser identificadas *ex vitro* en el vivero.

Estados 3 y 4. Subcultivar brotes individuales a medio basal con carbón activado 0.5 g/L para inducir su enraizamiento. Los brotes regenerados *in vitro* pueden ser establecidos fácilmente bajo nebulización intermitente.

NB. El Cultivo de ápices de *Musa* también causa proliferación del tejido basal, el cual forma una masa semejante a callo. Este tejido tiene potencial morfogénico, y produce brotes adventicios que pueden ser genéticamente inestables.

Embriogénesis somática (Novak *et al.*, 1989)

Dos procedimientos se han utilizado para la inducción de cultivos embriogénicos: el uso de bases de hojas y de secciones de cormo de plántulas cultivadas *in vitro* y el uso de yemas florales inmaduras masculinas y femeninas. Dado que la mayoría de los cultivares hortícolas importantes son disponibles como cultivos de brotes, el primer protocolo (Novak *et al.*, 1989) es probablemente el más fácil de utilizar.

Obtención de explantes/inducción. A partir de plantas en almacenamiento (stock plants), utilizar plantas cultivadas *in vitro* que han sido transferidas a medio basal (sin BA). Decapitar las plantas aprox. 3 cm desde la base, y remueva cada hoja haciendo un corte limpio en la base de la plántula. Remover la parte superior de cada hoja, y utilizar como explante el último centímetro de la base. Secciones de tejido del cormo también pueden ser utilizadas como explantes.

El tejido debe ser cultivado en medio SH, suplementado con cisteína HCl 40 mg/L, sacarosa 40 g/L, dicamba 30 μ M y gellan gum 2 g/L.

Mantenimiento. Para establecer cultivos en suspensión, los PEM inicialmente deben ser inoculados en medio MS 50% líquido, con los mismos suplementos, pero sin dicamba. Debe haber aproximadamente 400 mg de inóculo en 80 ml de medio por matraz Erlenmeyer de 250 ml. Después de que los cultivos empezaron a crecer, pueden ser subcultivados a medio

SH líquido (como arriba) con sacarosa 20 g/L y dicamba 20 μ M. Los cultivos pueden ser conservados en medio semisólido con la misma formulación. Mantener los cultivos líquidos a 80 rpm en oscuridad a 25°C.

Maduración/Germinación/Conversión. Transferir los cultivos de medio de mantenimiento a medio MS 50% semisólido, suplementado con cisteína HCl 40 mg/L, carbón activado 1 g/L, zeatina 5 μ M, sacarosa 40 g/L y gellan gum 2 g/L.

Piña (*Ananas comosus* L.)

Cultivo de ápices de tallo

El desarrollo de la micropropagación para la rápida multiplicación de cultivares ha sido estimulado por la necesidad de desarrollar procedimientos de rápida propagación clonal y por la alta demanda de material vegetal para ser plantado. Los métodos tradicionales de propagación de piña usualmente producen hasta 10 plantas por año (a partir de una sola planta) usando hojas de la corona, secciones de la planta e hijuelos. Seccionando estos componentes, incluyendo el tallo, se pueden tener hasta 100 plantas. El Clorfurenol puede ser utilizado para aumentar la producción por secciones del SLIP de la planta (eje que soporta al fruto de la piña), con este procedimiento, puede incrementar la producción hasta 30 veces. De acuerdo con Pannetier y Lanaud (1976), teóricamente pueden ser micropropagadas un millón de plantas en dos años a partir de una sola yema axilar de piña.

Estado 1. El explante más comúnmente utilizado para iniciar cultivos es la yema axilar, la cual es disectada de las hojas de la corona. Fitchet (1990) utilizó las coronas (de hojas) de algunos cultivares, por ejemplo, 'Smooth Cayenne', y sugirió que debían ser desecadas primero por un corto periodo para romper la dormancia de yemas. Aunque la contaminación de los explantes es común, debido a la ajustada disposición de las hojas en la corona que atrapan

agua y toda clase de partículas del aire, suficientes yemas pueden ser obtenidas para asegurar el éxito del establecimiento de algunos explantes después de la desinfección superficial. De las plantas de almacenamiento (stock plants), remover con cuidado las hojas de la base hacia arriba. Notar que en la base de cada hoja, hay una yema nodal con forma triangular que está cubierta por una vaina y tejido basal. Esterilizar la superficie por 10-12 min con agua desionizada esterilizada. Si es posible, remover una o más de las vainas antes de la disección. Cultivar las yemas nodales en tubos de ensayo con medio MS suplementado con sulfato de adenina 80 mg/L, sacarosa 30 g/L y gellan gum 2 g/L. Mantener en luz (fotoperiodo de 12 h) a 25°C.

Estado 2. Cuando el brote emerja, subcultivar en medio MS líquido (como arriba, pero sin sulfato de adenina y con BA 0.5 mg/L, ANA 0.2 mg/L), en una plataforma de agitación a 50-60 rpm. Alternativamente, subcultivar en medio MS semisólido con BA 2 mg/L y AIA 0.5 mg/L. Separar periódicamente los hijuelos y cultivar de manera individual. Bajo estas condiciones, un cultivar como 'Smooth Cayenne' puede producir 10-15 plantas por mes.

Estados 3 y 4. Transferir los hijuelos individuales a medio MS semisólido sin reguladores de crecimiento para estimular la dominancia apical y la formación de raíces. Las plántulas pueden ser fácilmente establecidas en sustrato comercial para macetas, bajo nebulización intermitente.

NB. Durante la fase de proliferación la piña tiene una tendencia a formar un callo basal o una estructura semejante a un corno. Los brotes adventicios pueden desarrollarse de esta masa y ésto probablemente sea un factor para el grado relativamente alto de variación somaclonal observado en piña y otras especies de Bromeliaceae in vitro. Para minimizar este proceso, remover la masa basal en cada subcultivo.

Estado I	Estado II	Estado III	Estado IV	Referencias
Explantante: Yemas axilares y terminales de la corona. Medio: Nitsch con BA 0.4 μM y ANA 0.5 μM	Medio: MS con Kinetina 9 μM , AIB 10 μM y ANA 10 μM 8 plántulas/mes	Medio: MS con ANA 0.5 μM y AIB 2 μM	suelo'	Mathews et al. (1976)
Explantante: Yemas axilares de secciones de la planta e hijuelos.	Medio: MS con BA 10 μM y Kinetina 10 μM 50 plántulas/mes (callo involucrado)	no establecido'	'Gro-pots'	Drew (1980)
Explantante: Yemas axilares de la corona Medio: MS con 25% agua de coco	Medio: MS con BA 2 - 5 μM 3 plántulas/mes	Medio: 1/2 MS, sin hormonas	no establecido'	Zepeda and Sagawa (1981)
Explantante: Yemas axilares de la corona Medio: MS con BA 9 μM y ANA 10 μM	Medio: igual que para Estado I, pero cultivos en suspensión 17 plántulas/mes para 'Smooth Cayenne'; 76 plántulas/mes para 'Perolera'	sin raíces	'mezcla comercial de suelo' plántulas >2.5 cm	DeWald et al. (1988) Moore et al. (1992)
Explantante: Yemas axilares de la corona Medio: MS con BA 2 μM y AIA 1 μM	Medio: MS con BA 2 μM 'plántulas divididas o seccionadas en 4 durante el subcultivo' 10 plántulas/mes	Medio: MS, sin hormonas	'mezcla de Sphagnum/perlite' plántulas 2-3 cm	Cote et al. (1991)
Explantante: Yemas axilares de la corona Medio: MT con Kinetina 9 μM , AIB 10 μM y ANA 10 μM	Medio: MT con Kinetina 9 μM y ANA 10 μM 14 plántulas/mes	Medio: MT con ANA 5 μM y extracto de malta 500 mg/l	'Sphagnum/perlite/arena'	Fitchet (1990) Fitchet-Purnell (1993)
Explantante: Yemas axilares del tallo Medio: MS con BA 10 μM y ANA 3 μM	Medio: igual que para Estado I 8 plántulas/mes	Medio: MS con AIB 1.5 μM y AIA 0.6 μM	'no establecido'	Osei-Kofi and Adachi (1993)

Explant: Plántulas <i>in vitro</i> Medio: MS con ANA 10 μM en oscuridad.	Medio: N6 con Kinetina 23 μM y BA 20 μM 'brotes etiolados colocados horizontalmente en el medio' 60 plántulas/mes	Medio: MS, sin hormonas	'suelo' plántulas 8cm	Kiss et al. (1995)
Explant: Yema apical de la corona	Medio: igual que para Estado I, excepto BA 9 μM 'regeneración a partir de callo en proliferación en la base de plántulas' 56 plántulas/mes	Medio: MS con AIB 10 μM	no establecido'	Devi et al. (1997)
Medio: MS con BA 4.5 μM y ANA 0.5 μM				

Longan y litchi (*Dimocarpus longan* y *Litchi chinensis*)

Embriogénesis somática

Longan

Existen varios estudios que se han concentrado en la inducción de cultivos embriogénicos de plantas no elite, por ejemplo, formados a partir de semillas, tejidos de longan (Lai y Chen, 1998; Lai *et al.*, 1995; 1997a, b; 1998; 2000; Wei y Yang, 1981).

Inducción. Cultivos embriogénicos de longan han sido inducidos a partir de árboles de 'Kohala' y 'Selection 12' de 30 años de edad (Litz, 1988; Raharjo y Litz, datos no publicados). Los tejidos disectados consisten de la superficie completa de folíolos esterilizados de hojas compuestas de crecimientos vegetativos recientes. Desde el reporte original, el medio de inducción ha sido modificado y consiste en las sales principales (sin NH_4SO_4) del medio B5 (Gamborg *et al.*, 1968), los micronutrientes y compuestos orgánicos del MS, además de glutamina 400 mg litro⁻¹, sacarosa 60 g litro⁻¹, Kinetina 2.3-9.3 μM , ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) 2.3-4.5 μM y gellan gum 2.0 g litro⁻¹.

Los cultivos de tejidos son incubados en oscuridad a temperatura ambiente (25°C). Los cultivos embriogénicos aparecen primero aproximadamente 3–4 semanas después de la siembra de los explantes y tienen una característica apariencia blanca y una textura friable, consisten casi por completo de células y masas proembrionales (PEM). En el medio de inducción, se desarrollan los embriones somáticos globulares y etapas tempranas cotiledonarias a partir de los cultivos embriogénicos que están distales a la superficie del medio de cultivo. Para la inducción, mantenimiento, maduración y germinación en medio semisólido, los cultivos son rutinariamente mantenidos en cajas de petri estándar.

Mantenimiento. Para un mantenimiento efectivo de cultivos embriogénicos de longan, es esencial inocularlos en medio líquido (Lai *et al.*, 1995). Usualmente, 300 mg de cultivo

embriogénico son inoculados en 80 ml de medio de mantenimiento en matraces Erlenmeyer de 250 ml: este medio contiene los macronutrientes del B5; del MS los micronutrientes y los compuestos orgánicos, glutamina 400 mg litro⁻¹, sacarosa 60 g litro⁻¹ y 2,4-D 4.5 μ M. Los cultivos en suspensión son mantenidos a aprox. 100 rpm en una plataforma de agitación en penumbra a temperatura ambiente, y subcultivados a medio fresco de la misma formulación a intervalos de 2-3 semanas. La proliferación de los cultivos embriogénicos es por la inducción de células embriogénicas y embriones secundarios a partir del protodermo de PEM.

Desarrollo/maduración/conversión. El desarrollo y maduración pueden ser iniciados a partir de cultivos embriogénicos por subcultivo en medio de maduración semisólido. Este medio consiste en los macronutrientes del B5, micronutrientes del MS y compuestos orgánicos, glutamina 400 mg litro⁻¹, sacarosa 20 g litro⁻¹, 10% (v/v) agua de coco esterilizada por filtración y gellan gum 2.0 g litro⁻¹. Los embriones somáticos son capaces de desarrollarse hasta la madurez en este medio. Después del inicio de la germinación, los cultivos son rutinariamente transferidos a la luz (60 μ mol m⁻² s⁻¹) con un fotoperiodo de 16 h, suministrado por lámparas fluorescentes de luz blanca fría. La germinación ocurre aprox. 10-14 días después de la transferencia a condiciones de luz y precede por algunos días, la formación del brote. Las plántulas germinadas pueden ser transferidas a una mezcla de suelo y endurecidas bajo nebulización intermitente con pérdidas mínimas.

Litchi

Cultivos embriogénicos se han inducido a partir de plantas no elite, por ejemplo, embriones cigóticos de 'Xiafanzhi' (Yu y Chen, 1997; Yu *et al.*, 2000; Zhou *et al.*, 1996) y 'Brewster' (también conocido como 'Chen Zi') (A. Celo y R.E. Litz, 1996, Florida, comunicación personal) y a partir de individuos en fase madura (clonal) 'Brewster' (Raharjo y Litz).

Inducción. El medio de inducción consiste en los macronutrientes del B5 (Gamborg *et al.*, 1968), del MS (Murashige y Skoog, 1962) los micronutrientes y vitaminas, myo-inositol 100 mg l⁻¹, glutamina 400 mg l⁻¹, hidrolizado de caseína 200 mg l⁻¹ y sacarosa 30 g l⁻¹, y suplementado con ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) 4.52 μ M and kinetina 9.30 μ M. El medio fue solidificado con Gel-Gro™ gellan gum 3 g l⁻¹. Las citocininas fueron esterilizadas por filtración y adicionadas al medio de cultivo que fue esterilizado en autoclave y vertido en cajas de petri plásticas, estériles. Los explantes de folíolos son colocados en forma abaxial sobre el medio de cultivo. Las cajas de petri fueron selladas con Parafilm®. Los cultivos son incubados en oscuridad a 26 ± 1°C.

Mantenimiento. Los cultivos embriogénicos consistentes en células y masas proembrionales (PEM) son transferidas a medio semisólido MS con los macronutrientes al 50% y con los micronutrientes y vitaminas del MS, myo-inositol 100 mg l⁻¹, sacarosa 30 g l⁻¹, 2,4-D 4.52 mM, zeatin 0.91 μ M y Agargel (Sigma) 4 g l⁻¹. Las cajas de Petri son selladas con Parafilm® e incubadas en oscuridad a 26 ± 1°C. Las masas proembrionales son subcultivadas a medio fresco de la misma formulación a intervalos de 4 semanas.

Para iniciar cultivos embriogénicos en suspensión de 'Brewster', son inoculados 400 mg de PEMs de 14 días, en 40 ml de medio de mantenimiento líquido, en matraces Erlenmeyer de 125 ml. Los matraces son sellados con papel de aluminio y Parafilm®, y mantenidos en una plataforma de agitación a 125 rpm bajo condiciones ambientales de laboratorio a 26 ± 1°C con subcultivos a intervalos de 2 semanas. En cada subcultivo, las suspensiones son pasadas a través de una malla de filtración de nylon estéril (apertura de 1.6 mm), y un inóculo de ca. 400 mg de la fracción más gruesa (> 1.6 mm) es adicionado a cada matraz Erlenmeyer de 125 ml con 40 ml de medio fresco de mantenimiento.

Desarrollo/maduración/conversión. Cultivos embriogénicos a partir de medios semisólido y líquido pueden ser utilizados. Los cultivos en suspensión son pasados a través de una malla de filtración de nylon estéril (apertura de 1.6 mm) dos semanas después del subcultivo, y la fracción pequeña (< 1.6 mm diam) es usada. PEMs de cultivos embriogénicos, 4 semanas después del subcultivo en el medio semisólido de mantenimiento son plaqueados en medio MS semisólido con sacarosa 45 g l⁻¹, agua de coco 0, 5, 10, 15 y 20% (v/v) esterilizada por filtración y gellan gum 3 g l⁻¹, el medio es repartido en cajas de petri de 100 x 20 mm. El agua de coco es tomada de cocos inmaduros recién cortados y esterilizada por filtración antes de ser agregada al medio esterilizado en autoclave.

Aproximadamente 200 mg de PEM son plaqueados en cada caja de Petri y distribuidos uniformemente en la superficie del medio. Los cultivos son incubados en oscuridad a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, y el desarrollo de los embriones somáticos es registrado después de 8-10 semanas.

La recuperación de plantas a partir de embriones somáticos ocurre en medio MS 50%, con carbón activado 0.2 g l⁻¹ y GA3 14.4 μM bajo un fotoperíodo de 16 h provisto por lámparas fluorescentes de luz blanca fría (60-80 $\mu\text{mol sec}^{-1} \text{m}^{-2}$). Después de la emergencia del tallo y la raíz, las plántulas son transferidas individualmente en recipientes de vidrio estériles (90x55 mm) con 60 ml de medio MS basal, semisólido con sacarosa 30 g l⁻¹, carbón activado 100 mg l⁻¹ y Agargel 4 g l⁻¹. Las condiciones de cultivo fueron $26 \pm 1^\circ\text{C}$ con un fotoperíodo de 16-h (60-80 $\mu\text{mol sec}^{-1} \text{m}^{-2}$) provisto por lámparas fluorescentes de luz blanca fría. Después de 6-10 semanas, las plántulas con 3-5 hojas y sistemas radicales bien desarrollados pueden ser trasplantadas en macetas con Promix BX y Perlita (1:1, v/v) y aclimatizadas bajo nebulización intermitente por dos semanas en un invernadero a temperatura ambiente. Las plantas se aclimatizan de manera exitosa a una tasa de recuperación de 35% en el invernadero.

Guayaba (*Psidium guajava*)

Cultivo de ápices de tallo

La regeneración de guayaba a partir del ápice y de cultivos de nudos de plántulas y de árboles maduros ha sido reportada. La regeneración a partir de ápice y de segmentos de nudo de plántulas de 'Vietnamese Pear' fue descrita por Loh y Rao (1989). Las condiciones óptimas incluyeron al medio Murashige y Skoog (1962) (MS) suplementado con benciladenina (BA) $0.4 \mu\text{M}$. Un promedio de 3.2 brotes por nudo fue obtenido después de 8 semanas en medio con BA $1.4 \mu\text{M}$. Brotes regenerados enraizaron bien (100%) en medio MS basal. Los protocolos para la rápida producción de un gran número de plantas utilizando secciones a partir de plántulas también se ha descrito con otros cultivares de guayaba (Papadatou *et al.*, 1990; Mohamed -Yasseen *et al.*, 1995; Pontikis, 1996).

Estado 1. La propagación clonal *in vitro* de algunos cultivares hindúes de guayaba se han estudiado en detalle por Amin (1987), Amin y Jaiswal (1987; 1988; 1989a, b) y Jaiswal y Amin (1987). La excesiva exudación y oxidación de sustancias fenólicas ha sido superada con polivinilpolypyrrolidona (PVPP) 0.5% y 2-3 cambios de medio en los 10-15 días iniciales previos al cultivo. El sombreado de plantas en el huerto (18 meses de edad) ha reportado menor acumulación de compuestos fenólicos con un aumento en la sobrevivencia de explantes de meristemo apical (de 0 a 40%) y de explantes de yemas laterales (de 64 a 80%) (Leon De Sierralata *et al.*, 1997). Siddiqui y Farooq (1996) observaron la reducción en la exudación de compuestos fenólicos y una mayor sobrevivencia de explantes al incorporar PVPP 250mg litro⁻¹ en el medio de cultivo.

Estado 2. A partir de explantes de nudo de árboles maduros de los cultivares 'Banarasi' y 'Chittidar' se inició la formación de múltiples brotes en medio MS semisólido suplementado con BA $4.5 \mu\text{M}$ sólo o en combinación con ácido indolacético (AIA) $0.6 \mu\text{M}$ o con ácido indolbutírico

(AIB) $0.5 \mu\text{M}$ o con ácido giberélico (GA3) $0.3 \mu\text{M}$. La óptima tasa de multiplicación ($4.6 + 1.3$ brotes por cultivo) fue obtenida en medio con sólo BA. Por subcultivos repetidos de brotes en proliferación *in vitro*, es posible una tasa de multiplicación de brotes de 3-4 veces por subcultivo. Para el óptimo crecimiento y proliferación de brotes de guayaba *in vitro*, el medio es suplementado con: sacarosa 30-45 g l⁻¹, agar 8 g l⁻¹, pH 5, de acuerdo con Amin y Jaiswal, 1989a.

Estados 3 y 4. Los brotes pueden ser enraizados en MS 50% semisólido, con AIB $1.0 \mu\text{M}$ o ANA $1.1 \mu\text{M}$. 33% fue la frecuencia observada en los cultivos iniciales y 70-90% para brotes de los subcultivos quinto y subsecuentes. El fluoroglucinol (FG) ya sea solo y con AIB o ANA inhibieron el enraizamiento *in vitro* de microesquejes de guayaba. Con el aumento de la concentración de sacarosa de 25 a 45 g litro⁻¹ se aumentó el enraizamiento (88-90%), aunque la longitud de las raíces se vio afectada. El número de brotes que enraizaron fue significativamente más alto a pH 5.5 y 6 que a valores menores de pH. Hubo más raíces laterales en medio con pH 5.5 y 6 y fueron más vigorosas. La temperatura también afectó al enraizamiento; a 30°C 100% de los brotes produjeron raíces y la inducción y emergencia de raíces también ocurrió 7 días antes que a 20 y 25°C (Amin y Jaiswal, 1989b). Las plantas regeneradas pueden ser establecidas con éxito en suelo.

Granadilla (*Passiflora* spp.)

Cultivo de ápices de tallo

Existen varios reportes sobre la micropropagación de *Passiflora*. Éstos incluyen la propagación clonal a partir de brotes axilares (Moran Robles, 1978, 1979; Drew, 1991; Dornelas y Vieira, 1994; Faria and Segura, 1997a; Passos, 1999) y de secciones nodales (Kantharajah y Dodd, 1990). La micropropagación ha sido usada para la propagación clonal de especies de *Passiflora* (ver Drew, 1997), la preservación de germoplasma *in vitro*, así como fuente de protoplastos.

En general el medio basal Murashige y Skoog (1962) (MS) suplementado con benciladenina ha sido utilizado (Kantharajah y Dodd, 1990; Drew, 1991; Faria y Segura, 1997a; Passos, 1999).

El cultivar 'Norfolk Island' fue micropropagado con éxito en MS semisólido con sacarosa 2% y BA $8.88\mu\text{M}$, hasta por 4 semanas, seguido de 1-2 semanas en un medio similar sin reguladores de crecimiento y 5 semanas en un medio de inducción de raíces con ANA (ácido naftalén acético) $5.37\mu\text{M}$. Las plántulas fueron aclimatizadas en un medio ambiente húmedo por 4 semanas antes de su transferencia a un invernadero. Las plantas estuvieron listas para ser pasadas a campo después de 3 semanas (Kantharajah y Dodd, 1990).

Drew (1991) evaluó varios medios para micropropagación de E23, un híbrido F1 entre *P. edulis* y *P. edulis* f. *flavicarpa*. El crecimiento de yemas nodales fue promovido por incubación por una semana en oscuridad en medio basal MS semisólido con 2iP (N6-[2-Isopentenyl]adenina) $150\mu\text{M}$, sulfato de adenina $200\mu\text{M}$ y AIA (ácido indolacético) $17.1\mu\text{M}$. Se desarrollaron brotes en medio MS semisólido con 2iP $4.9\mu\text{M}$ y AIA $5.7\mu\text{M}$. En contraste, brotes juveniles de E23 y *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. edulis*, *P. alata*, *P. caerulea*, *P. mollissima*, *P. coccinea*, *P. herbertiana* y *P. suberosa* respondieron rápidamente en medio MS semisólido con kinetina $10\mu\text{M}$ y AIA $5\mu\text{M}$. La proliferación fue lograda en MS con BA $20\mu\text{M}$, kinetina $10\mu\text{M}$ y AIA $5\mu\text{M}$, y las raíces fueron iniciadas en MS con AIA $5\mu\text{M}$. Estos resultados fueron confirmados por Dornelas y Vieira (1994) con *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. mollissima*, *P. giberti*, *P. maliformis* y *P. amethystina*.

Indexación de Virus

La eliminación de virus en granadilla obtenida de manera clonal ha sido demostrada. Plantas de 'Tainong No. 1' (*Passiflora edulis* X *P. edulis* f. *flavicarpa*) derivadas de cultivos de tejidos, así como plantas enraizadas, vástagos injertados en plántulas patrón (de semilla) de *P. edulis* f. *flavicarpa* y vástagos injertados en el mismo patrón fueron evaluados. Las infecciones provocadas

por “passion fruit woodiness virus” y “passion fruit mottle virus” fueron menores y de corta duración en las plantas obtenidas por cultivos de tejidos, mientras que las infecciones de plantas injertadas fueron las más altas (Huang et al., 1997).

Organogénesis

Inducción. La inducción de cultivos organogénicos de brotes ha sido reportada para varias especies de *Passiflora*, por ejemplo, *P. amethystina*, *P. caerulea*, *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. foetida*, *P. giberti*, *P. maliformis*, *P. mollissima*, *P. nitida*, *P. quadrangularis* y *P. suberosa*. La anatomía de la organogénesis a partir de explantes de hojas ha sido descrita por Appezzato-da-Gloria et al. (1999).

La organogénesis puede ocurrir a partir de callo (Mourad-Agha y Dexheimer, 1979; Scorza y Janick 1980; Kantharajah y Dodd 1990; Monteiro et al., 2000a), y directamente del explante (Kawata et al. 1995; Faria & Segura, 1997b; Cancino et al., 1998; Otahola, 2000). Los cultivos obtenidos a partir de entrenudos (Moran Robles 1978, 1979; Biasi et al, 2000) muestran la proliferación de callo y de brotes adventicios ocurriendo de manera simultánea. Biasi et al. (2000) demostró que el desarrollo de brotes de la granadilla a partir de explantes es asincrónico y continuo. Dornelas y Vieira (1994) reportaron que ANA 5.37 μM inhibió la regeneración de brotes en medio que contenía BA 17.76 μM . Los efectos de diferentes fuentes de explantes, reguladores de crecimiento, agua de coco y luz, fueron evaluados con cultivos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Tabla 4). La óptima regeneración de brotes fue observada a partir de cotiledón, hoja y explantes de hipocótilo cultivados bajo condiciones de iluminación (22 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en medio de cultivo con al menos BA 4.44 μM . Varios autores han discutido la influencia de la irradiación de la luz sobre el potencial morfogénico de explantes de *Passiflora* (Moran Robles, 1978; Scorza y Janick, 1980; Kantharajah y Dodd, 1990; Appezzato-da-Gloria et al., 1999). Bajo condiciones

de oscuridad, cultivos de cotiledón también mostraron regeneración de brotes en medio suplementado con BA, mientras que la rizogénesis ocurrió en presencia de ANA $5.37 \mu\text{M}$

La regeneración de plantas sin una fase de callo ha sido demostrada con *P. mollissima* y ha sido optimizada para *P. edulis* flavicarpa y *P. giberti*. Segmentos de hoja y de raíz a partir de plantas de 4-5 semanas, derivadas de segmentos de nudo, fueron usadas para estudios de regeneración. Medio MS semisólido suplementado con BA y kinetina fue utilizado para inducir brotes (Cancino et al., 1998).

Monteiro et al. (2000a) reportaron la inducción de callo por BA en discos de hoja de *P. suberosa*, pero enfatizan que la organogénesis ocurre sólo después de la transferencia a MSM (Monteiro et al., 2000b) (Tabla 5) suplementado con ácido giberélico (GA3). El agua de coco ocasiona un incremento en la proliferación celular de *P. quadrangularis* (Mourad-Agha y Dexheimer 1979) y formación de brotes de *P. edulis* (Kantharajah y Dodd, 1990). De acuerdo con Dornelas y Vieira (1994), al menos la mitad de los cultivos de *Pasiflora* derivados de cotiledones forman brotes en medio MS con BA $8.88 \mu\text{M}$ y 10% (v/v) de agua de coco. Los porcentajes de explantes que produjeron brotes fueron 56 en *P. giberti*, 70 en *P. amethystina* y *P. mollissima*, 90 en *P. maliformis* y 96 en *P. edulis* flavicarpa en la cual la media del número de brotes para cada tipo de explante fue 57.3, 18.2 y 46.0, respectivamente, para cotiledón, hipocótilo y tejidos de hoja. Faria y Segura (1997b) y Barbosa et al. (2001) demostraron que el tiosulfato de plata (STS) $8.8 \mu\text{M}$ incrementa significativamente la diferenciación y desarrollo de brotes adventicios de la granadilla, derivados de hipocótilos y explantes de hoja al reducir el etileno en los frascos de cultivo.

Desarrollo

La elongación del tallo y el enraizamiento es iniciada si brotes de 1 cm de longitud son excisados y transferidos a medio MS 50%. Posteriormente es posible aplicar procedimientos convencionales para la aclimatización. Podrán presentarse diferencias en la sobrevivencia de plántulas bajo condiciones de invernadero dependientes de la presencia o no de folíolos en los regenerantes (Dornelas y Vieira, 1994).



UNACH

XIII.

THE MARKET FOR IMPORTED FRESH FRUITS AND VEGETABLES IN THE UNITED STATES

E. Evans

UNACH

GENERAL TRENDS OF IMPORTED FRESH FRUITS AND VEGETABLES

Imports of fresh and frozen fruits into the U.S. in 2005 were 8.1 million metric tons, worth \$4.6 billion, of which bananas and plantains accounted for 50.4% of the quantity and 24.7% of the value. U.S. imports of fresh and frozen vegetables for 2005 were 5.1 million metric tons and valued at \$4.5 billion. As illustrated in Table 1.1, imports of these products have increased significantly between 1990 and 2005, with an annual growth rate of 7.0% for fruits (excluding bananas and plantains) and 6.7% for vegetables (excluding fresh and frozen potatoes). The products driving imports' growth during this period are avocados, citrus, mangoes, pineapples and "other fruits" (mainly tropical and exotics) among fruits; and asparagus, lettuce, garlic, peppers (including pimientos), and "other vegetables", among vegetables.

Between 1990 and 2005 share of total fresh and frozen fruit imports (excluding bananas and plantains) increased for avocados, berries and strawberries, citrus, mangoes, pineapples and "other fruits," indicating that their imports grew at a faster rate than the imports of the whole fresh and frozen fruits' category during this period (Figure 1.1). The increasing share of imports for products not grown in the United States, such as mangoes, pineapples and "other fruits" directly reflects consumption trends in the U.S. market and consumers' increasing interest in these products. Share for the rest of the products decreased between 1990 and 2005, even though their imported volumes showed sustained growth as indicated in Table 1.1.

Share of imports between 1990 and 2005 in the fresh and frozen vegetables' category (excluding potatoes) increased for asparagus, beans, eggplant, garlic, lettuce, okra, peppers and pimientos, squash, and "other vegetables" (Figure 1.2). The introduction of new products to the pepper market, such as a variety of colored bell peppers and hot peppers, have diversified its market and improved the overall quality, thereby contributing to generating a growth in demand, which is being increasingly supplied with imports. The products grouped under "other vegetables" include the specialty vegetables and the roots and tubers demanded by the Hispanic and Asian populations; they reflect retailers' attempts to better service these rapidly growing segments of the market. Tomatoes maintained their share of imports during the period as consumption in the United States increased significantly, while share of imports for the rest of the products decreased between 1990 and 2005, in spite of their growing import volumes during that period (except for endive) as illustrated in Table 1.1.

Countries of origin of imported fruits and vegetables

Major origins for imported fresh and frozen fruits into the U.S. market are Mexico, Chile, Costa Rica, Guatemala, Honduras, and Canada. Between 1990 and 2005, imports from Mexico, Costa Rica, and Guatemala were particularly significant, given both their imports' volume in 2005 and their annual growth rates during this period. Other countries of origin are Nicaragua, Netherlands, China, Belize, Italy, Philippines, Greece, Ecuador, and Brazil (Table 1.2).

Origins of imported fresh and frozen vegetables are more concentrated than for fruits, with 54% of the volume in 2005 coming from Mexico and 33% from Canada (of which 65% correspond to fresh and frozen potatoes). Annual growth rates for imports from both of these sources between 1990 and 2005 were 3.4% for Mexico and 4.1% for Canada. During the same period, imports from Ecuador, Denmark, Peru, Poland, and Panama were comparatively

smaller in volume but experienced far greater growth than imports from Mexico and Canada (Table 1.2).

U.S. fresh fruit and vegetable consumption trends and the role of imports

Fresh fruit and vegetable consumption trends

Fresh fruit and vegetable per capita consumption in the United States increased from 257.16 lbs. in 1980 to 328.83 lbs. in 2004 (see Figure 2.1). The annual growth rate for per capita consumption of fresh fruits and vegetables during this period was 1.03%, with consumption of vegetables being more dynamic, at 1.22% per year, and fruit consumption growing at a rate of 0.74% per year. However, between 1990 and 2004, fruit consumption growth rate decreased to 0.59% per year, while that for fresh vegetable consumption was 1.30% per year.

Imports' share of consumption

When examining the role that imports of fruits and vegetables play in supplying the U.S. market, data on imports' share of consumption are key. According to ERS, except for products not normally grown domestically, over the long run, the proportion of domestic demand satisfied by imports reflects supply factors as well as relative consumer demand for imported and domestically produced products.

Imports' share of consumption, defined as the portion of food consumed domestically that is imported from foreign countries, has been increasing significantly for fruits and vegetables over recent years. Share of consumption for fresh fruits increased from 23.92% in 1980 to 39.70% in 2004 and for fresh vegetables from 8.41% to 12.11% (Figure 2.2).

Factors influencing consumption trends

Changes in consumption of fresh fruits and vegetables in the United States can be explained by several factors. Publication of the Food Pyramid Guidelines in the mid' 80s, and the implementation of the "5 a Day Program", along with an increasing consumer awareness of the benefits of consumption of fruits and vegetables for health, particularly among the aging population, have all played a key role. Recent research results indicating the positive effects of consumption of specific fresh fruits and vegetables on the prevention of certain diseases such as cancer and heart conditions, have created an increased demand for products such as broccoli, tomato and blueberries.

The present size and growth of the Hispanic and Asian populations in the United States, along with their increasing buying power, have also had a significant impact on food consumption trends. Fresh fruits and vegetables are an important part of the traditional consumption habits of these population groups. Since these groups spend more than the average U.S. consumer on this type of products, particularly on tropical and specialty produce, they have a significant impact on their demand and sales in the United States.

The increasing use of fruits and vegetables in food service (particularly pre-cut vegetables), the popularity of cooking shows on television and the incorporation of unique ingredients in recipes by innovative chefs, have also contributed to generating a higher consumption of fruits and vegetables, particularly for new and exotic products.

Imports of fruits and vegetables have also contributed significantly to the observed trend. Imports of off-season fruits to complement domestic production have allowed for year-round availability of many products with a positive impact on per capita consumption. Imports of tropical and specialty products have helped the U.S. industry in targeting ethnic consumer

groups within the country while, at the same time, allowing them to diversify and innovate the produce department for traditional consumer targets.

U.S. fresh fruit consumption trends

Per capita consumption of fresh fruits in the United States went from 106.51 lbs. in 1980 to 127.11 lbs. in 2004, with an annual growth rate of 0.74% during that period. Amongst the fruits with the highest per capita consumption levels, bananas were number one at 25.76 lbs. in 2004, only slightly above the consumption level of melons (24.70 lbs.) but significantly above that for apples, at 18.79 lbs. per capita that year (Figure 2.3a). And while consumption of bananas and melons, along with grapes, increased during the period under study, consumption of apples was relatively flat and that for oranges, plums and prunes, peaches and nectarines, and grapefruit exhibited a downward trend (Table 2.1). Consumption of most of the fruits in Figure 2.3b was much more dynamic between 1980 and 2004, than for those in Figure 2.3a. Strawberries, with a per capita consumption of 5.47 lbs. in 2004, is the leader in this group, while per capita consumption of mangoes, with an annual growth rate of 9.08% during this period, was the most dynamic (Table 2.1). The second most dynamic consumption growth rate in this group corresponds to limes (7.14%) followed by papaya (6.92%), pineapples (4.62%), strawberry (4.35%), blueberry (3.89%), grapes (2.84%), and lemons (2.08%).

The role of imports on U.S. consumption of fresh fruits

Among fruits, imports' share of U.S. consumption of citrus fruits has increased the most, from 1.81% in 1980 to 14.91% in 2004. Within this category, tangerines (mainly clementines) and lemons have been the two main products leading the observed trend (Figure 2.4).

Imports' share of consumption of non-citrus has always been significant. Moreover, its share increased from 31.08% to 45.09%, between 1980 and 2004. As shown in Figures 2.5a and 2.5b, several products in this category exhibited marked increases in their share of consumption during this period. Grapes and melons (Cantaloupe and Honeydew), among the products imported off season, and mango and papaya, among the imported tropical fruits, were the major products driving this trend.

Grapes and melons are now available year round through imports of good quality fruit during the off-season, mainly from Chile in the case of grapes, and from Mexico and Central America in the case of melons. The role of imports in boosting consumption of these two products has been widely acknowledged by the U.S. industry. Additionally, melon consumption has also been impacted by its success in the pre-cut fruit market, where consumer's desire for healthy foods that are convenient, has been addressed.

The growth in consumption of mango and papaya is directly linked to the expansion of the Asian and Hispanic populations in the United States. Increased availability and improved quality of these fruits have contributed to increasing demand among mainstream consumers too. Nearly all mangoes and a significant percentage of papayas are supplied from foreign sources. The improved eating quality and more attractive external appearance of this new variety, along with its incorporation to the pre-cut fruit category, have been the keys to its increased consumption, despite a much higher price.

U.S. fresh vegetable consumption trends

In the United States, per capita consumption of fresh vegetables went from 150.64 lbs. in 1980 to 201.72 lbs. in 2004, an annual growth rate of 1.22%. Figure 2.6a illustrates the consumption trend of five of the major fresh vegetables. Head lettuce with 22.50 lbs. per capita

in 2004 is the vegetable with the highest absolute consumption level, but, at the same time, it is the only one with a slightly decreasing consumption trend (-0.54% per year) between 1980 and 2004. The diversification of the lettuce category and incorporation of other varieties of lettuces into bagged salads, are the main reasons for this decline. Consumption of romaine, leaf and other specialty lettuces has gone up, at the expense of head lettuce. Between 1980 and 2004, consumption of sweet corn, tomatoes, onions and carrots increased (Figure 2.6a and Table 2.2).

Per capita consumption of vegetables included in Figure 2.6b, although lower than that for vegetables in Figure 2.6a, was much more dynamic between 1980 and 2004 (Table 2.2). The leading products in consumption within this group are bell peppers, broccoli, and garlic, with per capita consumption levels of 7.10 lbs., 5.87 lbs., and 2.56 lbs., respectively, for year 2004 and annual growth rates of 3.82%, 6.15%, and 4.65%, respectively, between 1980 and 2004 (Table 2.2).

Imports' role on U.S. consumption of fresh vegetables

Imports' share of fresh vegetable consumption in the United States increased from 8.41% in 1980 to 12.11% in 2004. As it can be seen in Figures 2.7a and 2.7b, tomato and asparagus have seen the greatest increase in imports' share of consumption among fresh vegetables. Imports' share of consumption for tomatoes increased from 25.96% in 1980 to 36.28% in 2004 and that for asparagus increased from 10.82% to 69.60% during this period. Additionally, imports' share of consumption for onions, broccoli, celery and cucumbers also increased significantly between 1980 and 2004 (Figures 2.7a and 2.7b). It is worth noting that, after decreasing between 1980 and 1992, pepper imports' share of consumption increased, from 13.48% in 1992 to 27.26% in 2004 (Figure 2.7b).

Imports of fresh vegetables from Mexico have for many years played an important role in the U.S. vegetable supply during the off-season. However, more recently, imports of greenhouse vegetables from Canada and Holland and the introduction of new varieties to the market have contributed significantly to boost vegetable consumption in the United States. This has been particularly true in the case of tomatoes, bell peppers and cucumbers.

Consumption of tomatoes has seen important increases with the introduction of many new varieties to the market as well as through the success of hothouse tomatoes, which are valued by consumers for their better taste, higher and consistent quality, improved food safety, and year-round availability. Therefore, diversification of the category, wider availability and better overall quality, where imports are playing a key role, are driving the trend of increasing tomato consumption in the United States.

The increase in consumption of peppers has been fueled by the introduction to the U.S. market of bell peppers in different colors and in mini-varieties in recent years, as well as by the popularity of a significant variety of hot peppers, mainly imported from Mexico. Imports of hothouse-grown bell peppers from Canada and Holland have played a significant role in the supply of these products in the U.S. market. So, once again, variety, quality and a year-round supply, aided by imports, have been the major driving forces in increasing per capita consumption of peppers in the U.S. market.

Likewise, consumption of cucumbers has been strongly influenced by the introduction of the hothouse-grown seedless variety, which has a totally edible bitterless peel with no wax. As with tomatoes and peppers, better and consistent flavor and overall quality, along with wider availability, have contributed to the increasing demand for this product.

Imports' share of consumption for asparagus, which increased the most during the period under study, is the direct result of the increase in its consumption in the United States. Domes-

tic production and exports of this product haven't changed much during the last decade, while per capita consumption increased from 0.59 lbs. in 1990 to 1.00 lbs. in 2004. The increasing demand, therefore, has been satisfied with increased imports.

In the case of broccoli, the increase of its imports' share of consumption from 0.21% in 1980 to 8.21% in 2004 has resulted from the impressive increase in overall consumption during the past decade as well as due to the rapidly increasing exports' business. Increase in per capita consumption in the United States is strongly related to the discovery of broccoli's cancer prevention properties. So, in spite of domestic production in 2004 having grown to almost twice that in 1990, imports increased at a faster rate during this period.

Sweet onions, for which consumers have developed a particular interest in the last years, have had a significant contribution to increasing consumption of overall onions in the United States. They are produced domestically and, in order to supply them on a year-round basis, they are imported from the Southern Hemisphere countries during the U.S. off-season.

Table I.1 Fresh and Frozen Fruits and Vegetables—Imported Volume for 2005 and Annual Growth Rates for the Period 1990-2005

Fresh and Frozen Fruits			Fresh and Frozen Vegetables		
Product	2005 (MTx000)	Annual growth rate 1990-2005	Product	2005 (MTx000)	Annual growth rate 1990-2005
Apple	123	1.0%	Asparagus	111	12.0%
Avocado	264	22.0%	Beans	65	8.0%
Berries & Strawberries	288	7.9%	Cabbage	52	1.8%
Citrus	522	11.6%	Carrots	95	3.4%
Grapes	677	3.3%	Broccoli & Cauliflower	334	5.1%
Kiwi	41	1.4%	Celery	27	2.5%
Mango	275	10.8%	Cucumbers	433	6.1%
Peaches	72	2.2%	Eggplant	54	8.3%
Pears	78	4.4%	Endive	2	-0.2%
Pineapples	586	11.4%	Garlic	70	9.5%
Melons	911	5.0%	Lettuce	78	12.5%
Other fruits	228	15.8%	Okra	51	7.1%
Total*	4,040	7.0%	Onions	295	3.7%
Bananas & Plantains	4,107	1.6%	Peas	60	3.0%
Total	8,146	3.7%	Peppers & Pimentos	489	8.9%
			Radishes	19	3.8%
			Squash	238	7.7%
			Tomatoes	952	6.7%
			Other Vegetables	600	8.8%
			Total**	4,024	6.7%
			Potatoes	1,103	7.5%
			Total	5,127	6.8%

* Excluding bananas and plantains.

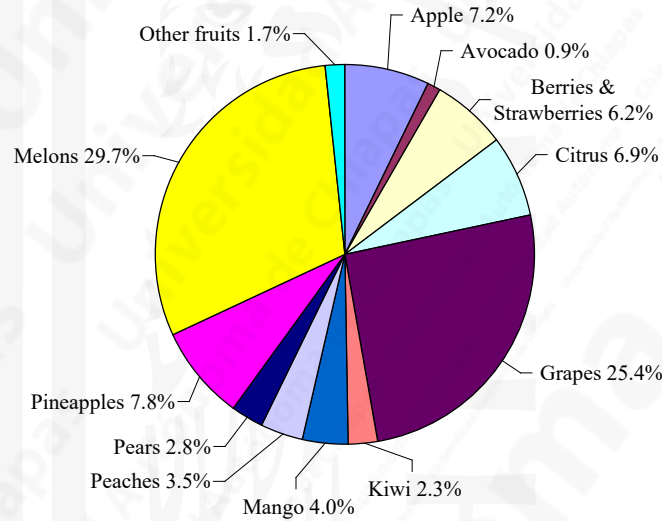
** Excluding fresh and frozen potatoes.

Source: Foreign Agricultural Trade of the United States (FATUS),

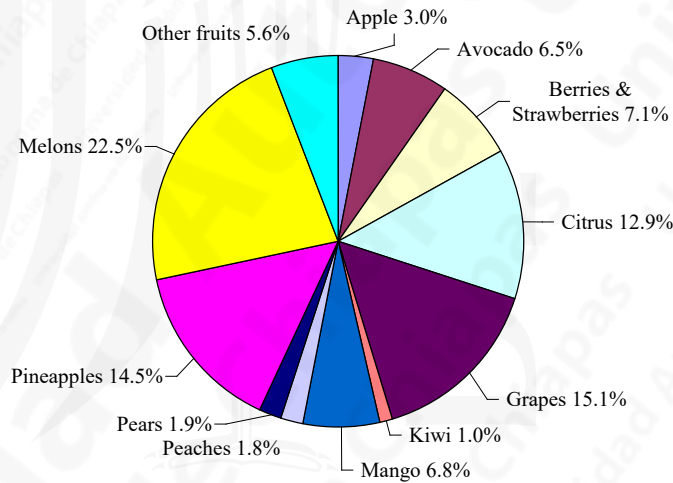
U.S. Agricultural Imports Data 1990 & 2005, www.fas.usda.gov/ustrade/USTImFatus.asp.

Calculations: Agricultural Economics Extension, Tropical Research and Education Center, University of Florida.

Figure 1.1 Fresh and Frozen Fruit Imports in 1990 and 2005, Percent of Total



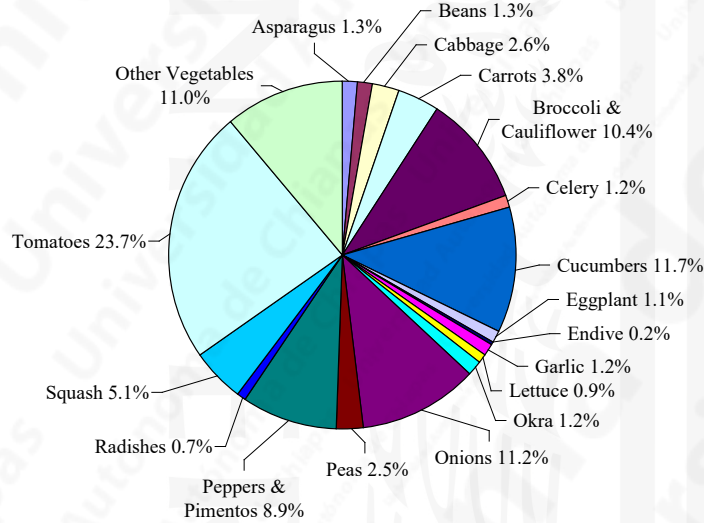
Fresh and Frozen Fruit Imports 2005 Percent of Total – 4.0 Million Metric Tons (Exclude Bananas and Plantains).



Source: Foreign Agricultural Trade of the United States (FATUS), U.S. Agricultural Imports Data 1990 & 2005, www.fas.usda.gov/ustrade/USTImFatus.asp.

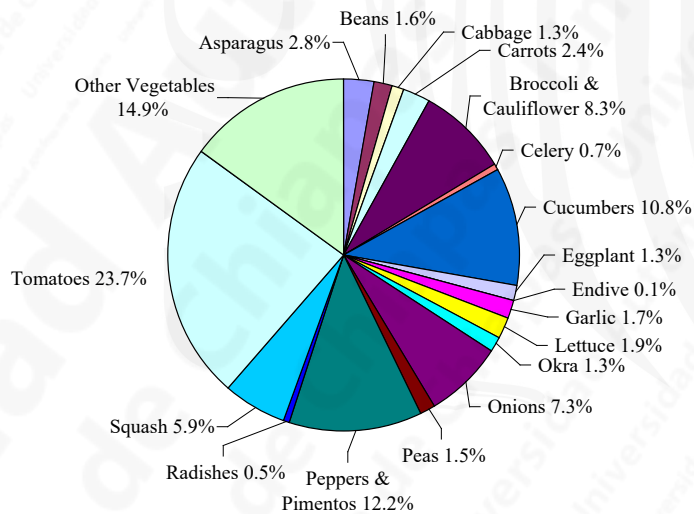
Calculations: Agricultural Economics Extension, Tropical Research and Education Center, University of Florida.

Fresh and Frozen Fruit Imports 2005 Percent of Total – 4.0 Million Metric Tons
(Exclude Bananas and Plantains)



Source: Foreign Agricultural Trade of the United States (FATUS),
U.S. Agricultural Imports Data 1990 & 2005, www.fas.usda.gov/ustrade/USTImFatus.asp.
Calculations: Agricultural Economics Extension, Tropical Research and Education Center, University of Florida

Figure 1.2 Fresh and Frozen Vegetable Imports in 1990 and 2005, Percent of Total
Fresh and Frozen Vegetable Imports 1990 Percent of Total – 1.5 Million Metric Tons (Exclude Potatoes).
Fresh and Frozen Vegetable Imports 2005 Percent of Total – 4.0 Million Metric Tons (Exclude Potatoes)



Source: Foreign Agricultural Trade of the United States (FATUS),
U.S. Agricultural Imports Data 1990 & 2005, www.fas.usda.gov/ustrade/USTImFatus.asp.
Calculations: Agricultural Economics Extension, Tropical Research and Education Center, University of Florida.

Table 1.2 Origins of Imported Fresh and Frozen Fruits and Vegetables to the U.S. Market

Fresh and Frozen Fruits*			Fresh and Frozen Vegetables**		
Country	2005 (MTx000)	Annual growth rate 1990-2005	Country	2005 (MTx000)	Annual growth rate 1990-2005
Major sources					
Mexico	1,423.3	4.2%			
Chile	842.5	2.3%			
Costa Rica	611.3	7.9%			
Guatemala	255.6	8.6%			
Honduras	195.6	4.6%			
Canada	142.0	1.5%			
Smaller but high growth sources					
Nicaragua	10.5	39.6%	Ecuador	29.2	24.8%
Netherlands	0.4	33.7%	Denmark	0.4	20.9%
China	23.2	28.7%	Peru	126.8	17.8%
Belize	27.7	18.5%	Poland	7.0	16.3%
Italy	11.7	17.9%	Panama	11.4	12.9%
Philippines	2.1	17.7%			
Greece	1.5	16.5%			
Ecuador	68.0	14.1%			
Brazil	39.0	13.7%			

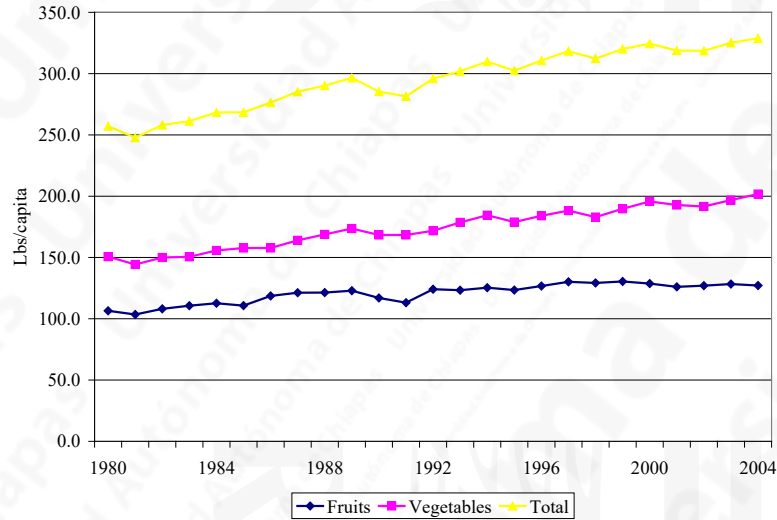
* Excluding bananas and plantains.

** Excluding fresh and frozen potatoes.

Source: Foreign Agricultural Trade of the United States (FATUS),
U.S. Agricultural Imports Data 1990 & 2005, www.fas.usda.gov/ustrade/USTImFatus.asp.

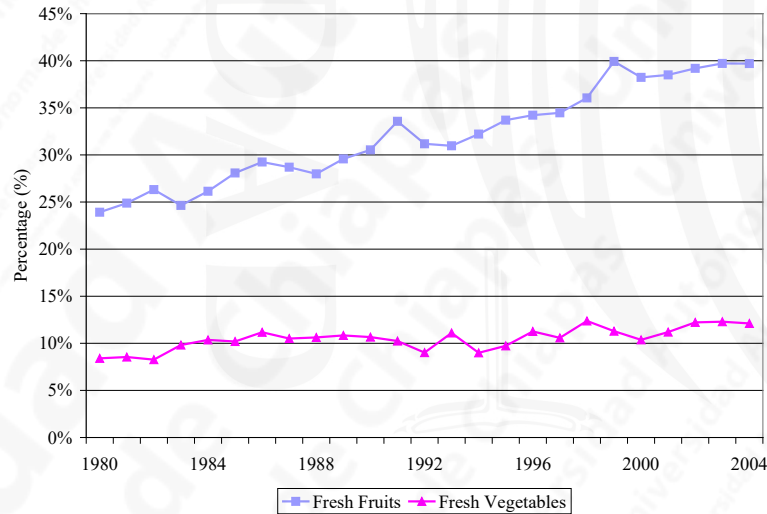
Calculations: Agricultural Economics Extension, Tropical Research and Education Center, University of Florida.

Figure 2.1 U. S. Per Capita Consumption of Fresh Fruits and Vegetables 1980-2004



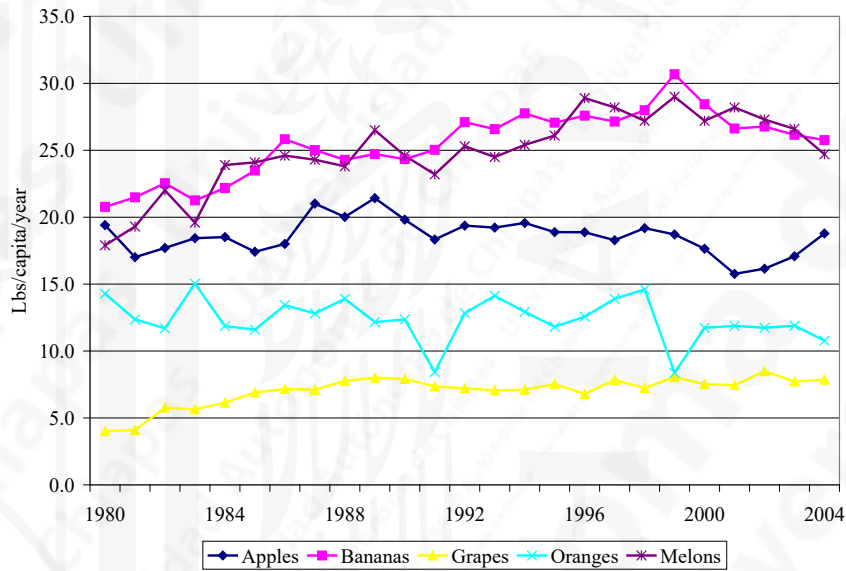
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.2 Imports' Share of U.S. Consumption Fresh Fruits and Vegetables 1980-2004



Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.3a U.S. Per Capita Consumption of Selected Fresh Fruits



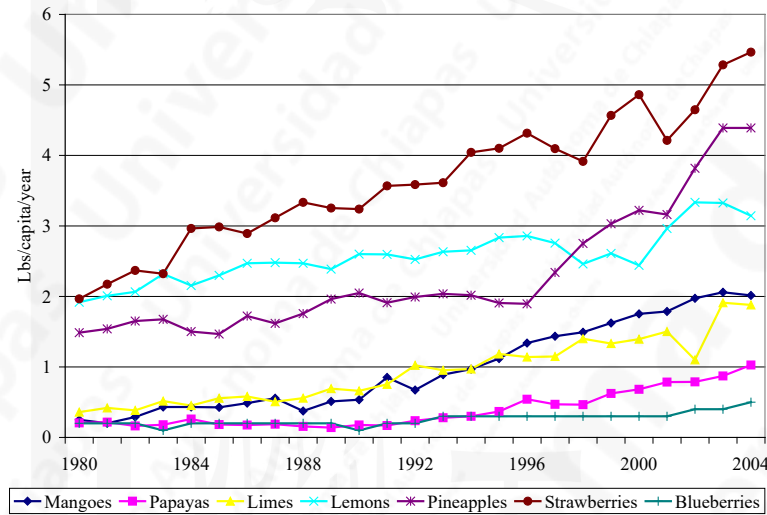
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Table 2.1 Annual Growth Rates in Per Capita Consumption of Selected Fresh Fruits between 1980 and 2004

Product	%
Total Fresh Fruits	0.74
Mangoes	9.08
Limes	7.14
Papayas	6.92
Pineapples	4.62
Strawberries	4.35
Blueberries	3.89
Grapes	2.84
Lemons	2.08
Cherries	1.54
Avocados	1.37
Melons	1.35
Tangerines	0.96
Bananas	0.90
Apricots	0.84
Pears	0.64
Apples	-0.14
Cranberries	-0.99
Oranges	-1.16
Plums and prunes	-1.28
Peaches and nectarines	-1.33
Grapefruit	-2.34

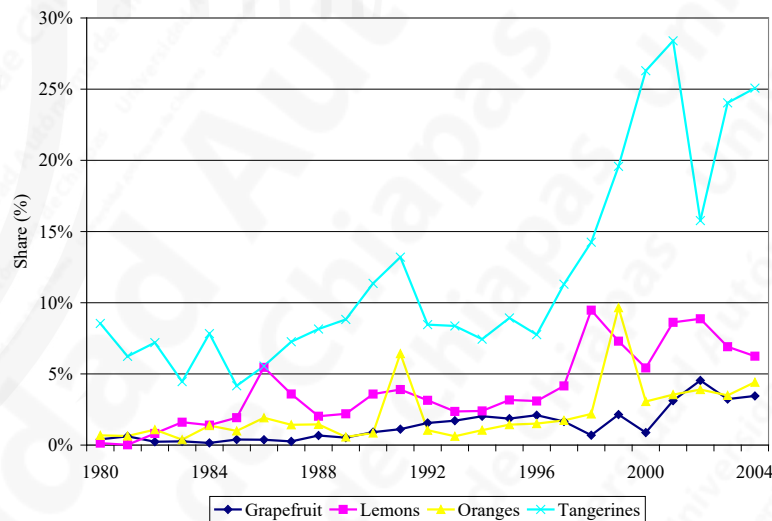
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>
 Calculations: Agricultural Economics Extension, Tropical Research and Education Center,
 University of Florida.

Figure 2.3b U.S. per Capita Consumption of Selected Fresh Fruits



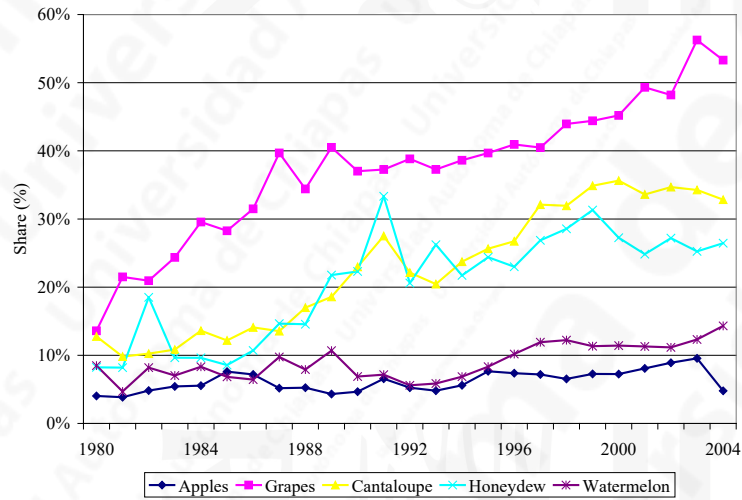
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.4 Imports' Share of U.S. Consumption Fresh Citrus Fruits 1980-2004



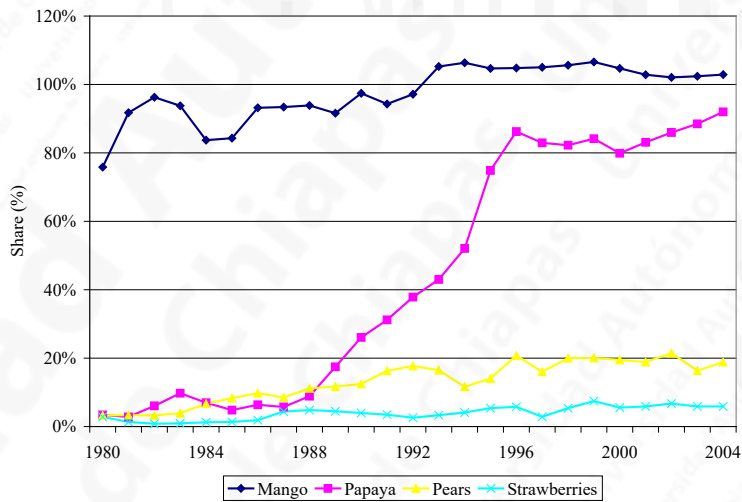
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.5a Imports' Share of U.S. Consumption-Selected Fresh Fruits 1980-2004



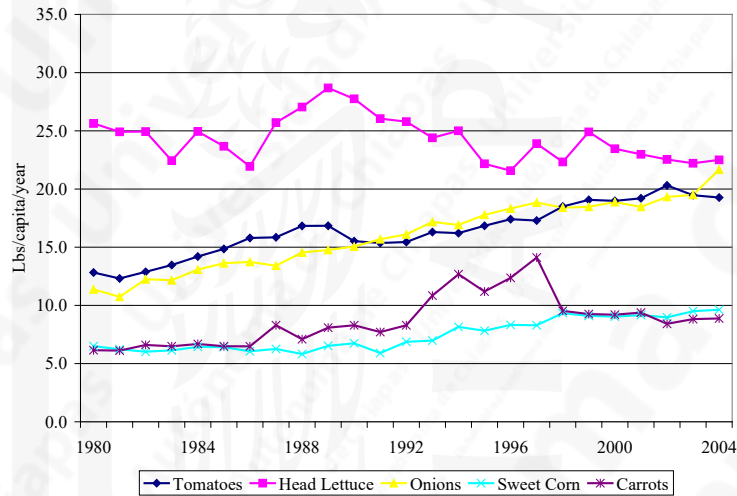
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.5b Imports' Share of U.S. Consumption-Selected Fresh Fruits 1980-2004



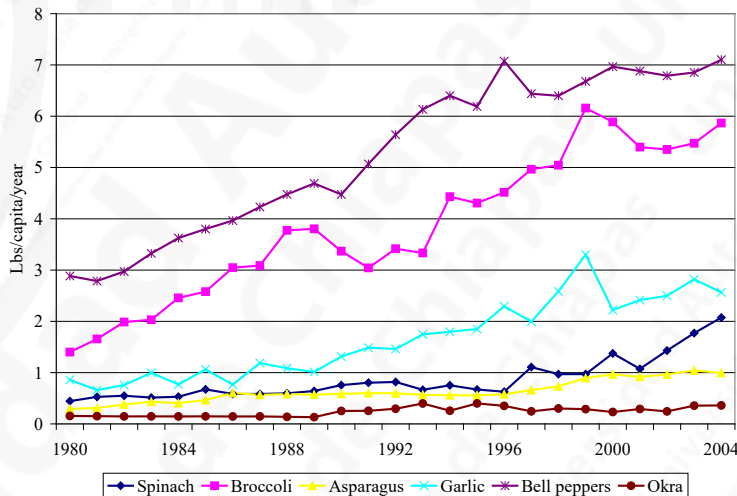
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.6a U.S. per Capita Consumption of Selected Fresh Vegetables 1980-2004



Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.6b U.S. per Capita Consumption of Selected Fresh Vegetable 1980-2004



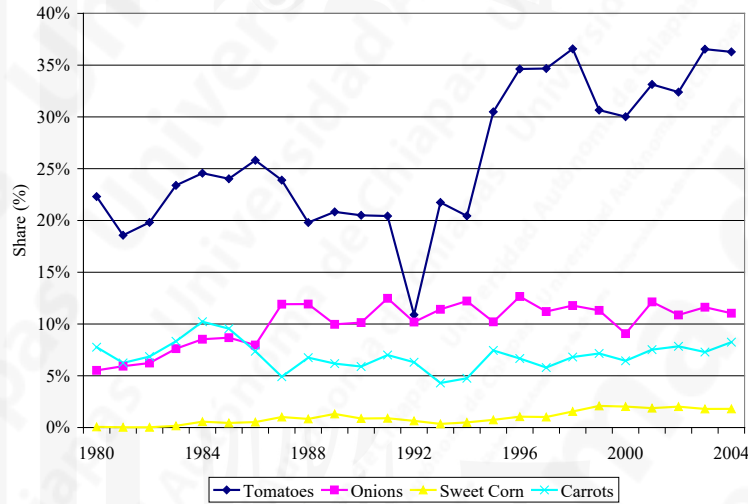
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Table 2.2 Annual Growth Rates in Per capita Consumption of Selected Fresh Vegetables between 1980 and 2004

Product	%
Total Fresh Vegetables	1.22
Spinach	6.63
Broccoli	6.15
Asparagus	5.22
Garlic	4.65
Bell peppers	3.82
Okra	3.60
Mushrooms	3.26
Squash	2.79
Onions	2.72
Eggplant	2.55
Cucumbers	2.06
Cauliflower	1.90
Tomatoes	1.71
Sweet corn	1.65
Artichokes	1.60
Snap beans	1.58
Carrots	1.54
Sweet potatoes	0.27
Cabbage	0.17
Potatoes	-0.39
Radishes	-0.46
Head lettuce	-0.54
Celery	-0.86
Brussels sprouts	-0.87
Escarole/endive	-1.78

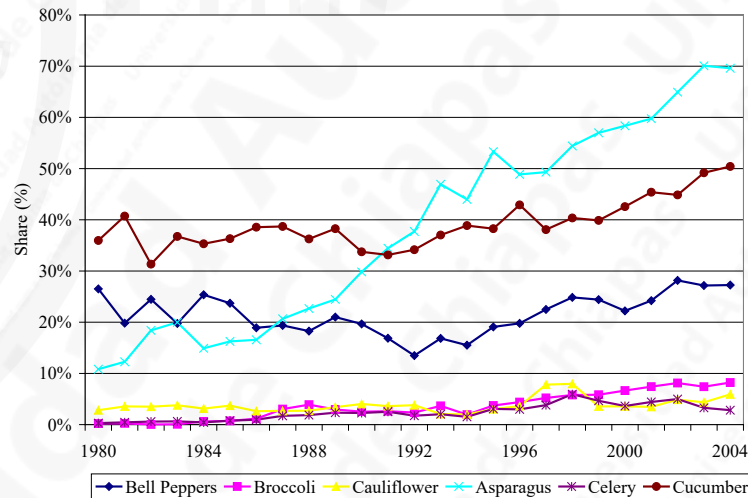
Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.7a Imports' Share of U.S. Consumption Selected Fresh Vegetables 1980-2004



Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

Figure 2.7b Imports' Share of U.S. Consumption Selected Fresh Vegetables 1980-2004



Source: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
<http://www.ers.usda.gov/data/foodconsumption/FoodAvailSpreadsheets.htm>

UNACH

XIII.
**EL MERCADO DE FRUTAS
Y VERDURAS FRESCAS
EN ESTADOS UNIDOS**

E. Evans

Artículo traducido por: José Noé Lerma Molina

UNACH

TENDENCIAS GENERALES DE LAS FRUTAS Y VERDURAS FRESCAS IMPORTADAS

Las importaciones de frutas frescas y congeladas hacia EU en 2005 fueron de 8.1 millones de toneladas métricas con un valor de US \$ 4600 millones, de los cuales los bananos y plátanos aportaron 50.4% en cantidad y 24.7% en valor. Las importaciones de verduras frescas y congeladas para 2005 fueron de 5.1 millones de toneladas métricas con un valor de 4 500 millones de USD. Como se ve en la Tabla 1.1 las importaciones de estos productos se han incrementado significativamente entre 1990 y 2005 con una tasa de crecimiento anual de 7.0% en el caso de frutas (excluyendo bananos y plátanos) y 6.7% en el de verduras (excluyendo papas frescas y congeladas). Los productos motores del crecimiento de las importaciones en este periodo son aguacates, cítricos, mangos, piña y “otras frutas” (principalmente tropicales y exóticas) entre las frutas y espárragos, lechuga, ajo, chiles (incluyendo los pimientos) y “otras verduras” entre las verduras.

Ente 1990 y 2005 la parte correspondiente del total de las importaciones de frutas congeladas y frescas (excluyendo plátanos y bananos) aumentó en el caso de aguacate, bayas y fresas, cítricos, mangos, piña y “otras frutas” lo que indica que el crecimiento de sus importaciones creció en una tasa más rápida que las importaciones de toda la categoría de “frutas frescas y congeladas durante este periodo. (ver fig. 1.1) La participación aumentada de importaciones

de productos no cultivados en EU, tales como mango, piña y “otras frutas” refleja directamente las tendencias de consumo en cuanto al aumento en su interés en estos productos. La participación del resto de los productos decreció entre 1990 y 2005, a pesar de que sus volúmenes de importación mostraron un crecimiento sostenido como lo indica la Tabla 1.1.

La participación de importaciones entre 1990 y 2005 en la categoría de verduras frescas y congeladas (excluyendo papas) se incrementó en el caso de espárrago, frijol, berenjena, ajo, lechuga, okra, chiles y pimientos, calabaza y “otras verduras” (Fig. 1.2). La introducción de nuevos productos al mercado de chiles, como por ejemplo diversos chiles (tipo poblano) de color y el chile picante, ha diversificado su mercado y mejorado su calidad total, contribuyendo así a la generación de un aumento en la demanda, la que se está cubriendo cada vez más con importaciones. Los productos agrupados bajo la categoría de “otras verduras” incluyen verduras de especialidad y las raíces y tubérculos demandadas por las poblaciones hispánicas y asiáticas; reflejan el deseo de los menudistas de dar mejor servicio a estos segmentos de rápido crecimiento del mercado. El tomate mantuvo su participación en las importaciones al aumentar significativamente su consumo en EU, mientras que la participación de las importaciones del resto de productos decreció entre 1990 y 2005, a pesar de sus volúmenes incrementados de importaciones durante este periodo (excepto endivia) como se muestra en la Tabla 1.1.

Países de origen de las verduras y frutas importadas

Los principales originarios de la importación de frutas y verduras al mercado de EU son: México, Chile, Costa Rica, Guatemala, Honduras y Canadá. Entre los años 1990 y 2005 fueron especialmente significativas las importaciones desde México, Costa Rica y Guatemala, considerando el volumen de sus importaciones en 2005 y sus tasas anuales de crecimiento. Durante

este periodo otros países de origen son Nicaragua, Países Bajos, China, Belice, Italia, Filipinas, Grecia, Ecuador y Brasil (Tabla 1.2).

Los orígenes de verduras frescas y congeladas importadas son más concentradas que los de frutas con 54 % del volumen de 2005, provenientes de México y 33% de Canadá (de los cuales 65% corresponden a papas frescas y congeladas). Las tasas de crecimiento anual para importaciones para ambas fuentes entre 1990 y 2005 fueron 3.4% para México y 4.1% para Canadá. Durante el mismo periodo las importaciones desde Ecuador, Dinamarca, Perú, Polonia y Panamá, fueron más pequeños comparativamente en volumen, pero registraron un crecimiento mucho mayor que las importaciones de México y Canadá (Tabla 1.2).

Tendencias de consumo y rol de importaciones de las frutas y verduras frescas en EU

Tendencias de consumo de frutas y verduras frescas

El consumo *per cápita* de frutas y verduras frescas en EU aumentó de 257.16 lb en 1980 a 328.82 lb en 2004 (Fig. 2.1), la tasa anual de crecimiento del consumo per cápita de frutas y verduras frescas durante este periodo fue de 1.03%, siendo el consumo de verduras más dinámico con 1.22% por año y creciendo el consumo de frutas a razón de 0.74% por año. No obstante, entre 1990 y 2004 la tasa de crecimiento en el consumo de frutas disminuyó hasta 0.59% por año, mientras que la de consumo de verduras frescas fue de 1.30% por año.

Participación de las importaciones en el consumo

Al examinar el papel que juegan las importaciones de frutas y verduras en surtir el mercado de EU son claves los datos en cuanto a la participación de las importaciones en el consumo. Según el ERSI, con excepción de los productos no cultivados normalmente y sobre el largo plazo, la proporción de la demanda doméstica que satisfacen las importaciones, refleja factores

de surtimiento así como la demanda relativa de los consumidores por productos importados y domésticamente producidos.

La participación de las importaciones en el consumo, definido como la porción de alimento que se consume domésticamente y que es importado de países extranjeros, ha estado incrementando significativamente en el caso de frutas y verduras en los años recientes. La participación del consumo de frutas frescas aumentó de 23.92% en 1980 a 39.7% en 2004 y, en el caso de verduras frescas, de 8.41% a 12.11% (Fig. 2.2).

Factores que afectan las tendencias de consumo

Los cambios en el consumo de frutas frescas y verduras en EU pueden explicarse con diversos factores. La publicación de las guías para la pirámide alimenticia a mediados de los 80 y la implementación del “programa de 5 días”, junto con la concientización aumentada del consumidor sobre los beneficios del consumo de frutas y verduras para la salud, especialmente entre la población mayor, ha jugado un papel clave. Resultados recientes de la investigación indican que los efectos positivos del consumo de frutas y verduras frescas específicas sobre la prevención de ciertas enfermedades como el cáncer y problemas del corazón, han creado una demanda incrementada de productos tales como el brócoli, tomate y la mora.

El tamaño presente y el crecimiento de las poblaciones hispánicas y asiáticas en EU juntos con su aumentado poder de compra han tenido también un impacto significativo en las tendencias del consumo alimenticio. Las frutas y verduras frescas son una parte importante de los hábitos tradicionales de consumo de estos grupos de población. Puesto que estos grupos gastan más que el consumidor estadounidense promedio en cuanto a este tipo de productos, y especialmente en cosechas tropicales y de especialidad, éstos tienen un impacto significativo sobre su demanda y ventas en Estados Unidos.

El uso en aumento de las verduras y frutas en los servicios alimenticios (especialmente las verduras precortadas), la popularidad de programas televisivos de cocina y la incorporación de ingredientes únicos en recetas confeccionadas por chef innovadores, también ha contribuido a generar un mayor consumo de frutas y verduras, especialmente de productos nuevos y exóticos.

Las importaciones de frutas y verduras también han contribuido significativamente a la tendencia observada. Las importaciones de frutas fuera de temporada para complementar la producción doméstica han permitido la disponibilidad, todo el año, de muchos productos con un impacto positivo en el consumo per cápita. Las importaciones de productos tropicales y de especialidad han ayudado a la industria estadounidense a dirigirse a grupos étnicos de consumidores dentro del país, mientras que al mismo tiempo les permite diversificarse e innovar el departamento de hortalizas hacia objetivos entre los consumidores tradicionales.

Tendencias del consumo de frutas frescas en EU

El consumo per cápita de frutas frescas en EU pasó de 106.51 lb en 1980 a 127.11 lb en 2004 con una tasa anual de crecimiento de 0.74% en ese periodo. Entre las frutas con los niveles más altos de consumo per cápita el banano fue el número 1 con 25.76 lb en 2004, mostrando un nivel de consumo ligeramente superior a nivel de melones 2 (24.70 lb) pero significativamente superior al de manzanas, con 18.79 lb per cápita en ese año (Fig. 2.3a), y mientras el consumo de bananos y melones junto con el de uvas incrementó durante el periodo en observación, el consumo de manzanas fue relativamente parejo y el de naranjas, ciruelas y ciruelas pasa, duraznos y nectarinas, y toronjas mostraron una tendencia a la baja (Tabla 2.1). El consumo de la mayoría de las frutas en la Figura 2.3b fue mucho más dinámico entre los años 1980 y 2004 que aquellos en la figura 2.3 a. La fresa con un consumo per cápita de 5.47

lb en 2004, es el líder en este grupo, mientras el consumo per cápita de mango, con una tasa anual de crecimiento de 9.08 % durante este periodo, fue el mas dinámico. La segunda tasa mas dinámica en el crecimiento de consumo en este grupo fue el de limas (7.14%) seguido por papaya (6.2%), piña 4.62%, fresa 4.35%, mora 3.89 %, uva 2,84% y limones 2.08%.

El papel de las importaciones en el consumo de frutas frescas en Estados Unidos

Entre las frutas la participación de las importaciones en el consumo estadounidense de frutas cítricas ha sido la de mayor crecimiento, de 1.81% en 1980 a 14.91% en 2004. Dentro de esta categoría las mandarinas (principalmente clementinas) y los limones son los dos productos principales de la tendencia observada (Fig 2.4).

La participación de las importaciones en el consumo de frutas no cítricas siempre ha sido significativa. Además, su participación incrementó de 31.8% a 45.09% entre 1980 y 2004, como se observa 2.5a y 2.5b, varios productos en esta categoría exhibieron incrementos destacados en su participación del consumo durante este periodo. La uva y el melón (Cantaloupe y Honey Deew) entre los productos de temporada y el mango y la papaya entre las frutas tropicales importadas, fueron los productos que mayormente dispararon esta tendencia.

La uva y el melón están hoy en día disponibles todo el año mediante importaciones de fruta de buena calidad durante la temporada baja principalmente provenientes de Chile en el caso de la uva, y de México y Centroamérica en el caso del melón. El papel de las importaciones en el impulso del consumo de estos dos productos ha sido ampliamente reconocido por la industria estadounidense. Adicionalmente, el consumo de melón también ha sido impactado por su éxito en el mercado de fruta precipada, en donde se ha dirigido el deseo del consumidor por alimentos sanos que son convenientes.

El crecimiento en el consumo de mango y papaya se ha ligado directamente a la expansión de las poblaciones asiáticas e hispanicas en EU. La disponibilidad aumentada y la calidad mejorada de esta fruta han contribuido a la creciente demanda de los consumidores comunes también. Casi todos los mangos y un porcentaje significativo de las papayas se surten de fuentes extranjeras. La calidad alimenticia mejorada y la apariencia externa más atractiva de esta nueva variedad así como su incorporación a la categoría de fruta precipada han sido las claves para su consumo precipado, a pesar de un precio mucho más alto.

Tendencias en el consumo estadounidense de verduras frescas

En EU el consumo per cápita de verdura fresca pasó de 150.64 lb en 1980 a 201.72 lb en 2004, a una tasa anual de crecimiento de 1.22%. La Fig. 2.6a muestra la tendencia en el consumo de 5 de las principales verduras frescas. La lechuga cabezona es la verdura con el nivel más alto de consumo absoluto con 22.50 lb per cápita en 2004; pero, a la vez es la única con una tendencia en el consumo ligeramente decreciente (-0.54%) por año entre 1980 y 2004. La diversificación de la categoría de lechugas y la incorporación de otras variedades de lechugas en ensaladas embolsadas son las razones principales de este decremento. El consumo de lechuga romana, de hoja y de otras lechugas especiales ha aumentado en perjuicio de la lechuga cabezona. Entre 1980 y 2004 el consumo de maíz dulce, tomate, cebolla y zanahoria incremento (fig 2.6a y Tabla a 27.26% en 2004 (Fig2.7b).

El consumo per cápita de las verduras incluidas en la Figura 2.6b, fue mucho más dinámico entre 1980 y 2004 (Tabla 2.2) no obstante ser más bajo que el de las verduras (Figura 2.6a). Los productos líder en el consumo dentro de este grupo fueron bell peeper, brócoli y ajo, con niveles de consumo per cápita de 7.10 lb, 5.87 lb y 2.56 lb respectivamente, para el

año 2004, y tasas anuales de crecimiento de 3.82%, 6.15% y 4.65%, respectivamente entre 1980 y 2004 (Tabla 2.2).

El papel de las importaciones en el consumo estadounidense de verduras frescas

La participación de las importaciones en el consumo de las verduras frescas en EU incrementó de 8.41% en 1980 a 12.11% en 2004. Como se puede observar en las figuras 2.7a y 2.7b el tomate y el espárrago han tenido el mayor incremento en la participación de las importaciones en el consumo entre las verduras frescas. La participación de las importaciones en el consumo del tomate aumento de 25.96% en 1980 a 36.28 % en 2004 y el de espárrago aumento de 10.82% a 69.60% durante este periodo. Además, la participación de las importaciones en el consumo de cebolla, brócoli, apio y pepino ha incrementado significativamente entre 1980 y 2004 (Fig.2.7a y 2.7b). Es de notarse que después de un decrecimiento entre 1980 y 1992 la participación de las importaciones en el consumo de chile aumento de 13.48% en Las importaciones de verdura fresca desde México ha jugado por muchos años un papel importante en la provisión de verduras en Estados Unidos durante la temporada baja. Sin embargo, recientemente las importaciones de verduras de invernadero desde Canadá y Holanda y la introducción de nuevas variedades al mercado han contribuido significativamente a impulsar el consumo de verduras a EU. Esto es especialmente cierto en el caso de tomates y chile dulce (bell peeper) y pepino.

El consumo de tomate ha observado incrementos con la introducción de muchas nuevas variedades al mercado, así como a través del éxito de tomates de invernadero que son apreciados por los consumidores debido a su mejor sabor, calidad más alta y consistente, seguridad alimenticia mejorada y disponibilidad todo el año. Por lo tanto la diversificación de la categoría,

una disponibilidad más amplia y una mejor calidad general, en donde las importaciones están jugando un papel clave, están impulsando la tendencia a incrementar el consumo de tomate a EU.

El incremento en el consumo de chile fue impulsado con la introducción al mercado estadounidense del chile dulce en diferentes colores y en diversas variedades en años recientes, así como por la popularidad de una variedad significativa de chile picante importado principalmente de México. Las importaciones de chile dulce de invernadero desde Canadá y Holanda han jugado un papel significativo en el surgimiento de estos productos en el mercado estadounidense. De manera que una vez más la diversidad, la calidad y la disponibilidad todo el año, ayudado por las importaciones han sido las principales fuentes impulsadoras de un consumo incrementado per cápita de chiles en el mercado de EU.

De la misma manera el consumo de pepinos ha sido influenciado fuertemente por la introducción de variedades sin semilla en invernadero, las cuales tienen una cáscara totalmente comestible, no amarga y sin cera. Así como en el caso de los tomates y los chiles, el mejor y más consistente sabor y la calidad general junto con una mayor disponibilidad, han contribuido a la demanda aumentada de este producto.

La participación de las importaciones en el consumo de espárrago, la cual incrementó mayormente durante el periodo en estudio, es el resultado directo del incremento en su consumo en EU, la producción doméstica y las exportaciones de este producto no han cambiado mucho durante la última década, mientras que el consumo per cápita aumentó de 0.59 lb en 1990 a 1.00 lb en 2004. Por lo tanto, la demanda aumentada ha sido satisfecha con el aumento de importaciones.

En el caso del brócoli, el incremento en la participación de las importaciones en el consumo de 0.21% en 1980 a 8.21% en 2004 ha dado como resultado un aumento impresionante en el consumo total durante la pasada década, debido también al rápido aumento del negocio

de exportación. El incremento en el consumo per cápita en EU se relaciona fuertemente con el descubrimiento de las propiedades del brócoli en la prevención del cáncer. Así, a pesar de que la producción doméstica creció casi al doble de lo registrado en 1990, las importaciones se incrementaron en una tasa más rápida durante este periodo.

La cebolla dulce, que ha despertado un interés particular entre los consumidores en los últimos años, ha tenido una contribución significativa en el aumento del consumo total de cebolla en EU. Se producen domésticamente y con el fin de surtirlos todo el año se importan de los Estados Unidos.



DE CHIAPAS

UNACH

XIV.

SHORT COURSE ON TROPICAL FRUITS

Jonathan H. Crane

UNACH

Mango (*Mangifera indica*) production

Regions of mango production

- Mediterranean, semi-arid, winter rainfall pattern areas (California, Chile, Israel).
- Humid subtropical areas with summer rainfall pattern (South Africa, Mexico, and Thailand).
- Semitropical/warm subtropical areas with summer rainfall pattern (India, Florida, Dominican Republic, Indonesia, and Taiwan).
- Hot, arid, desert, environments with little to no rainfall (Peru).
- Hot, dry, tropical areas with little/moderate rainfall (Mexico).
- Exposure to cool/cold non-freezing temperatures during fall/winter or drought (pronounced wet/dry area).
- Many well drained soil types, pH 4.5-7.5, with moderate to low fertility.

Botany

- Anacardiaceae
- Important fruit crops within the Anacardiaceae include cashew (*Anacardium occidentale*) and pistachio (*Pistacia vera*).
- Origin –subtropical northeastern Indian-Burmese region.
- Centers of diversification and evolution include Maylay Archipelago and southeast Asia.

- Secondary centers of diversification —south Florida, Mexico, Brazil, Southeast Asia because of commingling poly— and monoembryonic cultivars and subsequent crossing and selection for superior types.

Botany of *Mangifera indica* - 2 main types

1. Indian types – those mangos that evolved in the subtropics of the Indian subcontinent are monoembryonic and have one zygotic embryo per seed. Seedlings do not come true to seed. The fruit are usually highly colored and possess limited disease resistance.
2. Indochinese types – those mangos that evolved in the tropical climates of the Malay Archipelago developed nucellar embryony in which numerous embryos develop from nucellar (mother) tissue. The seed produces 1-13 genetically identical seedlings (the zygote may be suppressed). The fruit develop green to yellow color and possess better disease resistance than Indian types.

Botany – gross morphology

- Large trees to 9-31 m tall (non-pruned).
- Deep tap root system with the majority of the dense fibrous root system within 30-45 cm soil surface.
- Mostly evergreen – leaf abscission rate is influenced by climate, disease pressures, and flowering.
- Leaves are simple and long-lived (2-5 years) and take about 40 days to mature.
- Terminal flower/fruit bearing. The inflorescence is a many branched terminal panicle with 300-4 000 polygamous flowers. Flowers are either male or hermaphrodite. Flowers are

small, greenish yellow, with 5 stamens (1 fertile) and an aborted pistil in male flowers or bisexual with fertile stamens and a superior ovary. Anthesis occurs over a 3-8 week period.

- Mango fruit is a fleshy drupe with a thick, leathery exocarp (peel) and thick fleshy mesocarp surrounding a stony endocarp which contains a single seed which possesses one or more embryos. Fruit may be globose, oval, ovoid-oblong; the peel green to highly colored and weight from 60 g to 2.3 kg.

Climatic adaptations – optimum

1. Adapted to a wide range of subtropical and tropical climatic and edaphic conditions.
2. Shoot growth is optimum at 24-30°C (day/night); temperatures at or greater than 15°C are required for shoot growth; increasingly warm temperatures increase the number of flushes per unit time and reduces their time to maturation.
3. Root growth occurs at temperatures of or greater than 21°C.
4. For monembryonic types, floral induction occurs in response to cool nonfreezing temperatures (temperatures below about 15°C) along with a cessation of summer vegetative growth. The length of time of exposure to cool temperature necessary for floral induction varies with cultivar however, the longer the period of growth cessation the more likely flowering will commence when trees are initiated to grow. Drought during this period enhances the subsequent intensity of flowering response.
5. The major environmental signal for polyembryonic types under tropical conditions is drought stress which induces a period of vegetative growth cessation. The duration of low soil moisture necessary to induce trees to flower varies with cultivar however, the longer the period of growth cessation the more likely flowering will commence when trees are initiated to grow.

6. The period between initiation of growth and flowering may be as little as 3-4 weeks. Warming temperatures and soil moisture speed the time to subsequent flowering.
7. The base temperatures for flowering in subtropical climates are 12-15°C. Temperatures in excess 18°C are better.
8. In general, the proportion of perfect to male flowers varies from 2-75% and increases with temperature above about 13°C. So there are usually more perfect flowers as temperatures and the flowering period progresses.
9. Temperatures below 4-5°C during flowering result in reduced pollen viability and fruit set. Excessive temperatures (at or above 33°C) also reduces pollen viability.
10. Exposure to low temperatures below about 12°C or high temperatures above about 44°C results in ovule abortion. Fruit set at these temperatures are parthenocarpic (seedless) commonly called “nubbins”. Usually these fruit later split and/or abscise.

In summary, the optimum flowering and fruiting occurs in climates where vegetative growth ceases after summer vegetative flushing due to either cool temperatures and/or dry soil moisture conditions prior to flowering; followed by moderately warm temperatures and abundant soil moisture during the flowering period; followed by moderately high temperatures (30-33°C) during the fruit development period.

Orchard infrastructure

1. Land preparation may involve land clearing, leveling or sloping and/or bedding, and construction of ditches and/or canals.
2. Orchard layout – Generally a north-south row orientation is preferred for optimum duration of light exposure, however for some land parcels it is more efficient for equipment and

movement for rows to be oriented in an east-west direction. Orientation of the rows is less important for orchards near the equator.

3. Irrigation system installation for watering and possibly fertilizing. There are numerous types of irrigation including flood, high volume, and microsprinkler and drip.
4. The most important factor with any irrigation system is its management. This includes soil moisture monitoring and irrigation scheduling.
5. Irrigation systems designed to inject fertilizer must be designed properly to prevent contamination of the water source (e.g., well, river).

Cultivars, pollination, and fruit maturity

There are numerous cultivars and their use depends upon market demands and agricultural economics. Predominantly monoembryonic types are grown for international trade (e.g., 'Haden', 'Kent', 'Tommy Atkins', 'Keitt') although that is changing (e.g., 'Manila', 'Ataulfo').

The major mango pollinators include flies and bees. Generally, less than 0.1% of the flowers set fruit and carry it to maturity. Fruit maturity is determined by date, fullness of shoulders and cheeks, color development, fruit size. Internally, color development from white to yellow indicates ability to ripen. International standards have been agreed upon and may be found in the Codex Standard for Mangoes (Codex Stan 184-1993, AMD. 1-2005).

Cultivars – monoembryonic and polyembryonic

There are numerous mango cultivars and commercial cultivars vary with country and region of the world.

- 'Tommy Atkins' (M)
- 'Keitt' (M)
- 'Kent' (M)
- 'Van Dyke' (M)
- 'Palmer' (M)
- 'Irwin' (M)
- 'Glenn' (M)
- 'Florigon' (P)
- 'Saigon' (P)
- 'Nom Doc Mai' (P)
- 'Okrun' (P)
- 'Manila' (P)
- 'Ataulfo' (P)

Plant spacing

There are numerous factors which influence plant spacing including life expectancy of the orchard, climate, inherent tree vigor, ultimate tree size desired, presence and use of an irrigation system, equipment size, and cultural practices.

Typically plant spacing ranges from 4.5 m to 9 m in-row and 5.5 m to 9 m between-row. In general recommended spacings are 6 m to 7.5 m in-row and 6.5 m to 8 m between rows. As more dwarfing rootstocks are found or developed plant spacing will decrease.

Plant nutrition

Mangos produce well when grown in soils with low to moderate soil fertility. Highly fertile soils should be avoided because they may cause a bias for vegetative growth over reproductive growth. Fertilizer rates and types will vary with soil type, climate, and cultivar. In general, split the NPK application into 2-4 applications per year, e.g., prior to or at bloom, mid-season, at or just after harvest.

Leaf sampling is useful for monitoring plant nutrient levels. A key element in vegetative and reproductive growth is nitrogen (N). Nitrogen leaf levels should be kept at or below 1.4%. Over application of nitrogen may reduce the potential for flowering. Typical leaf nutrient levels for a particular region depend upon soil type, cultivar, leaves sampled, leaf analysis methods, time of year, and cultural practices. Secondary and minor elements should be applied on an as needed basis or maintenance level to maintain tree health.

Critical periods for irrigation

Irrigation of mango is beneficial at flowering and fruit set and during fruit development. Irrigation under extreme drought conditions may also be warranted. The irrigation rate (amount) varies with tree size, climatic demands, soil type and depth and should be determined with soil moisture monitoring.

In general, mature mango trees only need to be irrigated during prolonged, severe dry periods. Over irrigation may result in tree decline and increased disease problems on the leaves and fruit.

Tree training and tree size control

Architecturally mango is a polyaxial species with a synchronous growth pattern characterized by alternating root and shoot growth and the vegetative and reproductive growth is separated in time.

There are numerous reasons for tree size control including maintenance of canopy light levels and to maintain production in the lower canopy, improving crop production, improving fruit color development, increasing air movement in the canopy which reduces the potential for disease incidence and reduces potential wind damage.

In general, the warmer the climate the more vigorous tree growth is. Mango is a terminally bearing species and pruning of large diameter wood results in excessive and continuous vegetative flushing.

Training of young trees is common in some production areas (e.g., California, Israel, Peru, Taiwan, Hainan) and not in others (e.g., Florida, Mexico). However, tree training may be beneficial in promoting early fruit production and improving tree architecture. Heading back to force lateral development and removal of misplaced and V-crotched limbs will reduce problems later.

Trees size control may be by hand pruning and/or mechanically. A combination of the two is probably the most efficient in terms of time, labor, and production.

Suggested tree size varies with environment, plant spacing, available technology, frequency of hurricanes, and cultivar growth habit and harvest season.

Inherent tree vigor may be used to determine the ease in managing tree size

- Low vigor cultivars
 - ‘Neelum’
 - ‘Mallika’

- ‘Fairchild’
- ‘Julie’
- ‘Glenn’
- ‘Cogshall’

Potential to maintain trees 2-3 m tall.

- Medium vigor cultivars

- ‘Kensington’
- ‘Nam Doc Mai’
- ‘Phimsen Mun’
- ‘Golek’
- ‘Manila’
- ‘Ataulfo’
- ‘Tommy Atkins’
- ‘Keitt’
- ‘Kent’
- ‘Madame Francis’

Potential to maintain trees at 3-4.5 m tall.

High vigor cultivars

- ‘Alphonse’
- ‘Carabao’
- ‘Vallenato’

-'Haden'

-'Edward'

Potential to maintain trees at 4.5-7 m tall at most.

Pruning and shaping

Equipment needed includes pruning shears, loppers, hand or power driven pole saws, a plan and a little dedication (i.e., follow through). The time to start an intensive pruning program is immediately after planting a single stemmed tree. After trees are trained annual pruning is required if tree size is to be maintained.

Year 1 and 2 (single stem)

1. Clip the main shoot at about 1 m. This will begin the process of building the main and secondary branches.
2. This initial cut will stimulate new shoots below the cut.
3. Select 3 to 4 that are evenly spaced around the stem and remove the others.
4. Remove any strongly upright shoots.

Year 1 and 2 and 3

1. When the new shoots reach about 50-60 cm in length either pinch off the end of the shoot or prune it off. This in turn will stimulate more bud break (branching).
2. Again select only 3 or 4 new shoots, remove the rest. This process is repeated during the 1st and 2nd year.

Year 1 and 2 and 3

1. If the selected shoots have vertical orientation, weigh the shoots down for about 4 months and this will “train” these scaffold limbs to be more horizontal. This will stimulate more branching, increase branch strength, and promote early flowering and fruiting.

Year 2 and 3 and beyond

1. Fruiting may begin in year 2 or 3. Early fruiting will also slow tree growth.
2. Pruning should be done annually, immediately after fruit harvest.
3. As before, small upright branches should be removed and new shoots tip pruned after reaching about 50 cm in length.

Maintenance pruning

1. Eventually the canopy may become too crowded.
2. Eventually large structural limbs may form (in more vigorous cultivars).
3. Thinning out the canopy will be necessary.
4. Tree size and shape may be maintained by removing usually 1 entire major limb back to the center of the tree by a thinning cut. Continue to favoring horizontal limbs over vertical limbs and continue to shape and select limbs and new shoots annually.

Renewing the canopy may be accomplished by thinning cuts over a 1 to 2 year period to remove excessive vegetative and/or vigorous growth.

What do you do for medium to large trees that really have never been pruned?

1. Medium and high vigor mango trees may be kept at or below 5 m tall.
2. Begin an annual selective pruning program to reduce tree height and spread.
3. By using selective thinning cuts open the canopy to allow light and wind penetration.

4. Needed equipment includes pole saw (hand or power driven) and a plan.
5. Safety is the KEY if one is to attempt this by themselves – no climbing ladders with a chain saw.

Tree training and tree size control

The wider the spacing the longer it takes to require regular pruning. The closer the plant spacing the earlier a pruning program is required and the more frequently trees are pruned. In general, designing a pruning program for cultivars with a vigorous, upright growth habit is more difficult than for less vigorous, spreading growth habit cultivars. There is sufficient time for early season cultivars pruned immediately after harvest to mature the vegetative flushing after pruning than mid- and late season cultivars.

The pruning recommendation is cultivar dependent: prune early season cultivars immediately after harvest (some mid season cultivars too) and for mid- and late season cultivars design a program of periodic pruning, e.g., every third row canopy side every third year, top every third year. Selective pruning to thin-out inner canopy limbs will increase light penetration, help maintain lower productive canopy, improve fruit color development, and improve air movement to reduce fruit/leaf disease problems. Pruning timing and strategy changes for off-season fruit production.

Postharvest handling

1. Pick carefully and place bins in shade immediately.
2. If available hydrocool or force-air cool.
3. Sort and pack and place in cold storage immediately.
4. Optimum storage temperature varies with cultivar.
5. In general, 12.8°C and 90-95% RH; ripening at 21-24°C is best.

Harvest indices

Generally fruit are picked green mature stage based on fruit size and time of season, filling of the shoulders, rounded cheeks, and a blunting of apex. Internal flesh near seed goes from white to light yellow.

Major diseases of mango

There are numerous mango diseases including anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) which may be controlled by periodic fungicide applications from bloom to harvest, powdery mildew (*Oidium* sp.) which may be controlled by 1 to 2 fungicide applications during bloom, and mango scab (*Elsinoe mangiferae*) which may be controlled by periodic fungicide sprays during fruit set and early fruit development?

Mango malformation is caused by *Fusarium subglutinans* (syn. *F. moniliforme* var. *subglutinans*) and is spread mechanically (grafting) and infected nursery stock. Spread within and among trees not well understood.

Major insect pests of mango

There are numerous insect pests of mango including flower thrips and scales; scout for these pests and apply insecticide as needed. Allow "natural" predators to work, use least disruptive materials, and scout/monitor grove continuously.

Disorders of mango – Mango decline and Internal breakdown

Mango decline appears to be a complex and research to date suggests this is caused in part by manganese and iron nutrient deficiencies predisposing trees to attack by opportunistic fungi (*Botryosphaeria ribis* and *Physalospora* sp. and others). Symptoms include interveinal chlorosis,

stunting, terminal and marginal necrosis, dieback of young stems and limbs and tree death. Mango decline control includes frequent applications of iron, manganese, and zinc; however this may not always be successful. Maintaining tree health is the best way to avoid this problem.

The cause of internal breakdown of mango fruit pulp (mesocarp) has not been conclusively determined although the inherent genetic predisposition to the disorder and excessive nitrogen applications has been linked to the disorder. Symptoms include softening/breakdown of the fruit flesh at the distal fruit end, open cavity at the stem end, over-ripe flesh next to the seed, and spongy tissue with a grayish-black color in the flesh. Internal breakdown may be decreased but not eliminated by reducing nitrogen fertilizer rates and applying lime (addition of calcium) to the soil.

Environmental stress and management

Mango is subjected to numerous environmental stresses including:

1. Drought symptoms include young leaf wilting, chlorosis, desiccation, and abscission; fruit drop, reduced fruit size; stem and limb dieback; reduced crop yields; tree death. Solutions to prevent drought stress include wide plant spacing, deep rooting, mulching, and irrigation.
2. Flood symptoms include young leaf wilting; occasionally tree death. Solutions to prevent flooding stress include site selection, mounding, bedding, establishment of ditches, canals, and contouring the orchard, installation of subsurface drainage and hardpan disruption.
3. Freezing symptoms include leaf wilting, water soaking, desiccation, abscission; stem and limb dieback; limb breakage, trunk splitting and tree death. Solutions to prevent freezing stress include proper site selection, use of high volume irrigation and wind machines.

4. Salinity stress symptoms include marginal and tip necrosis on leaves, stem and limb dieback, reduced fruit size, fruit drop and tree death. Solutions to avoid or deal with salinity stress include proper site selection, use of good quality water and access to sufficient water for leaching (i.e., flushing soil profile periodically), and use of tolerant rootstocks (e.g., 'I3-I', '4-9').
5. Wind stress symptoms include leaf damage/deformation and abscission, stem and limb breakage, tree toppling, windthrow, stumping and tree death. Potential solutions to wind stress include proper site selection and use of wind breaks, growing tolerant cultivar, facilitating deeper rooting for improved root anchoring and implementation of a regular pruning program.
6. Mango trees growing in high pH, calcareous soils may develop nutrient deficiencies; especially iron, zinc, manganese, and magnesium. Potential solutions include use of tolerant rootstocks (e.g., 'I3-I', '4-9', 'No. 11'), frequent foliar applications of minor elements (Zn, Mn, Mg) and application of chelated Fe materials.

UNACH

XIV.
CURSO CORTO SOBRE
FRUTAS TROPICALES

Jonathan H. Crane

Artículo traducido por: Rodolfo Flores García, Martha Elena de Coss Flores
y Joel Corrales García

UNACH

Producción de Mango (*Mangifera indica*)

Regiones de la producción del mango

- Mediterráneas, semiáridas, áreas con patrón de precipitaciones en invierno (California, Chile, Israel).
- Áreas subtropicales húmedas con precipitaciones en verano (Sudáfrica, México y Tailandia).
- Áreas subtropicales cálidas con precipitaciones en verano (India, Florida (EE.UU.), República Dominicana, Indonesia y Taiwán).
- Caliente, árido, desértico, ambientes con poca a ninguna precipitación (Perú).
- Calientes, secas, áreas tropicales con precipitación poca o moderada (México).
- Exposición a temperaturas frescas/frías sin llegar al congelamiento durante el otoño/invierno o sequía (pronunciada humedad/área seca).
- Suelos bien drenados, pH 4.5-7.5, con moderada a baja fertilidad.

Botánica

- Anacardiaceae
- Las cosechas importantes de la fruta de la familia Anacardiaceae incluyen el marañón (*Anacardium occidentale*) y el pistacho (*Pistacia vera*).

- Originario del noreste subtropical de la región indio-birmana.
- Los centros de diversificación y de evolución incluyen al Archipiélago Malayo y Asia sur-oriental
- Los centros secundarios de la diversificación son el sur de Florida (EE.UU.), México, Brasil, Asia Sur-Oriental debido a la mezcla de cultivares poli y monoembriónicos y las subsecuentes cruces y selecciones para obtener variedades mejoradas.

Botánica de *Mangifera indica* - 2 tipos principales

1. Tipos indios - aquellos mangos que desarrollaron en los subtrópicos del subcontinente indico son monoembriónicos —tienen un embrión cigótico por semilla. Las plántulas no provienen de semillas verdaderas. La fruta es muy coloreada y posee poca resistencia a las enfermedades.
2. Tipos indochinos -aquellos mangos que se propagaron en los climas tropicales del Archipiélago Malayo, desarrollaron embrionía nucelar en la cual numerosos embriones proceden de tejido nucelar (madre). La semilla produce 1-13 plántulas genéticamente idénticas (el embrión cigótico se puede suprimir). La fruta desarrollada es de color verde a color amarillo poseyendo mayor resistencia a las enfermedades que los tipos hindúes.

Botánica – morfología general

- Árboles grandes de 9 a 31 m de alto (sin podar)
- Sistema profundo de la raíz con la mayoría del sistema fibroso denso de la raíz dentro de los 30-45 cm de profundidad.
- Árbol de hoja perenne - la caída de hoja y flores depende del clima, presencia de enfermedades y floración.

- Las hojas son simples y duraderas (2-5 años) y toman cerca de 40 días en madurar. Los frutos se producen en las partes terminales de las estructuras florales. La inflorescencia es una panícula terminal con 300-4 000 flores. Las flores son masculinas o hermafroditas, pequeñas, amarillas verdosas, con 5 estambres (1 fértil) y un pistilo abortado en las flores masculinas o bisexual con estambres fértiles y un ovario súpero. La antesis ocurre alrededor de la semana 3-8.
- La fruta del mango son drupas carnosas con un exocarpo grueso, coriáceo (cáscara) y un mesocarpo carnudo grueso que rodea un endocarpo pedregoso que contenga una sola semilla que posee uno o más embriones. La fruta puede ser globosa, oval, ovoide-oblongo; el verde de la cáscara cambia de color con la maduración y su peso a partir de 60 g y hasta 2.3 kilogramos.

Adaptaciones climáticas - grado óptimo

1. Adaptado a una amplia gama de condiciones climáticas y edáficas.
2. El crecimiento es óptimo en el rango de 24/30°C (día/noche); se requieren para el inicio del crecimiento las temperaturas superiores a 15°C; las temperaturas cada vez más calientes aumentan el número de brotes por unidad de tiempo y reducen el tiempo a la maduración.
3. El crecimiento de la raíz ocurre a temperaturas de 21°C o mayores.
4. Para los tipos monoembriónicos, la inducción floral ocurre en respuesta a las temperaturas frescas (temperaturas alrededor de 15°C) junto con el cese del crecimiento vegetativo de verano. La necesidad de temperaturas frescas varía con el cultivar, sin embargo, cuanto más largo es el periodo de la cesación del crecimiento, la floración comenzará cuando los árboles inicien nuevamente a crecer. La sequía durante este periodo intensifica la respuesta a la floración.

5. La principal señal ambiental para los tipos poliembriónicos bajo condiciones tropicales es la sequía, que induce el cese del crecimiento vegetativo. La duración del estrés hídrico necesario para inducir a los árboles a que florezcan varía con el cultivar, sin embargo, un período más largo del cese del crecimiento probablemente cercano a la floración comenzará cuando inicie el crecimiento.
6. El período entre la iniciación del crecimiento y la floración puede ser tan poco como 3-4 semanas. El aumento de temperaturas y en la humedad del suelo aceleran el tiempo a la floración.
7. Las temperaturas mínimas para florecer en climas subtropicales son 12-15°C, en tanto se prefieren las temperaturas mayores a 18°C.
8. La proporción de flores perfectas respecto a las masculinas varía generalmente a partir de 2 a 75% y aumenta con temperaturas mayores a 13°C. Las flores perfectas aumentan su presencia conforme avanza la floración debido a la coincidencia del aumento de la temperatura.
9. Temperaturas debajo de 4-5°C durante la floración afectan negativamente la viabilidad del polen y se reduce la formación de fruta. Las temperaturas excesivas (en o sobre 33°C) también reducen viabilidad del polen.
10. La exposición a las bajas temperaturas por debajo de 12°C o a las temperaturas altas sobre 44°C da lugar al aborto del óvulo. La consecuencia son frutos partenocárpicos comúnmente llamados “niños”. Esto ocasiona caída de frutos.

Resumiendo, la floración y el amarre ocurre en climas donde el crecimiento vegetativo cesa después del crecimiento vegetativo que se presenta durante el verano, debido a las

temperaturas frescas y/o al las condiciones de humedad del suelo, seguido de temperaturas moderadamente altas (30-33°C) durante el periodo del desarrollo de la fruta.

Infraestructura de la huerta

La preparación de la tierra puede implicar su limpieza, nivelado, y construcción de zanjas y/o canales.

Disposición de la huerta - Una orientación norte-sur de los surcos se prefiere generalmente para la duración óptima de la luz; no obstante, para algunos la huerta es más eficiente por el uso del equipo y el cambio de los surcos para orientarlos en una dirección este-oeste. La orientación de los surcos es menos importante para las huertas cerca de la línea del ecuador.

Instalación del sistema de irrigación para regar y posiblemente fertilizar. Hay tipos numerosos de irrigación incluyendo la inundación, alto volumen y microaspersión y goteo.

El factor más importante con cualquier sistema de irrigación es su manejo. Esto incluye la humedad del suelo que supervisa y la programación de la irrigación.

Los sistemas de irrigación donde se incluye la fertilización (fertirriego) se deben diseñar correctamente para prevenir la contaminación de la fuente de agua (por ejemplo pozo, río).

Cultivares, polinización y madurez de la fruta

Hay cultivares numerosos y su uso depende de demandas del mercado y de la economía agrícola. Los tipos predominantes del tipo monoembriónicos son los que se cultivan para el comercio internacional (por ejemplo Haden, Kent, Tommy Atkins, Keitt) aunque eso está cambiando (por ejemplo Manila, Ataúlfo). Los polinizadores principales del mango incluyen moscas y abejas. Generalmente, menos de 0.1% de las flores dan fruto y lo llevan a la madurez. La madurez de la fruta es determinada por la fecha, color y desarrollo adecuados, desarrollo

del color, tamaño de la fruta. Internamente, el desarrollo del color de blanco a amarillo indica la maduración. Los estándares internacionales se han convenido y se pueden encontrar en el Codex Index para los mangos (Codex Stan 184-1993, AMD. 1-2005).

Cultivares - monoembriónicos y poliembriónicos

Hay cultivares numerosos del mango y los cultivares comerciales varían con el país y la región del mundo.

- 'Tommy Atkins' (m)
- 'Van Dyke' (m)
- 'Keitt' (m)
- 'Palmer' (m)
- 'Kent' (m)
- 'Glenn' (m)
- 'Irwin' (m)
- 'Florigon' (p)
- 'Saigon' (p)
- 'Nom doc. Mai' (p)
- 'Okrun' (p)
- 'Ataulfo' (p)
- 'Manila' (p)

Espaciamiento de la planta

Existen varios factores que influyen en el espaciamiento de la planta incluyendo la esperanza de vida de la huerta, el clima, el vigor inherente del árbol, el tamaño deseado del árbol, la presencia y el uso de un sistema de irrigación, el tamaño del equipo, y las prácticas culturales.

El marco de plantación puede ser de 4.5 X 9.0 m y de 5.5 X 9.0 m. En general, los espaciamientos recomendados son de 6 X 7.5 m y 6.5X 8 m entre surcos. Si se emplean patrones enanizantes se puede aumentar la densidad de plantación.

Nutrición de la planta

Los mangos producen bien cuando se establecen en suelos de fertilidad baja a moderada. Los suelos altamente fértiles deben ser evitados porque pueden causar una tendencia hacia el crecimiento vegetativo por encima del crecimiento reproductivo. Las cantidades y los tipos de fertilizante variarán con el tipo, el clima y el cultivar del suelo. Partir generalmente el uso de NPK en 2-4 aplicaciones por año, por ejemplo, antes o en la floración, en la época de producción, y después de la cosecha.

El muestreo de la hoja es útil para supervisar niveles de nutrimento en la planta. Un elemento clave en el crecimiento vegetativo y reproductivo es el nitrógeno (N). Los niveles de nitrógeno de la hoja se deben mantener en o debajo de 1.4%. El uso excesivo del nitrógeno puede reducir el potencial para la floración. Los niveles de nutrientes indicados de la hoja para una región particular dependen del tipo del suelo, cultivar, hojas muestreadas, los métodos del análisis de la hoja, época del año, y las prácticas culturales. Los elementos secundarios y menores se deben aplicar en un nivel de mantenimiento, según sea necesario para conservar la salud del árbol.

Periodos críticos para la irrigación

El riego del mango es beneficioso en la floración y fructificación y durante el desarrollo del fruto. La irrigación bajo condiciones extremas de sequía puede también ser necesaria. La cantidad del riego (volumen) varía con tamaño del árbol, demandas climáticas, tipo del suelo y profundidad, y se debe determinar con la supervisión de la humedad del suelo. Los árboles de mango maduros necesitan en general solamente ser irrigados durante periodos secos prolongados, cuando la escasez de agua es severa. La irrigación excesiva puede dar lugar a la degeneración del árbol y a problemas progresivos de enfermedades en las hojas y la fruta.

Formación y control del tamaño del árbol

Arquitectónicamente, el mango es una especie poliaxial con una estructura de crecimiento característico que sincroniza alternando crecimiento de la raíz y el crecimiento de brotes, donde el crecimiento vegetativo y reproductivo se manifiestan separados en el tiempo. Hay numerosas razones para controlar el tamaño del árbol incluyendo el mantenimiento de los niveles de la luz de la copa y para mantener la producción en la copa más bajo, mejorando la producción del cultivo y el desarrollo del color de la fruta, aumentando el movimiento de aire en la copa, reduciendo la incidencia de enfermedades y también para reducir daño potencial del viento. En climas cálidos el crecimiento es más vigoroso. El mango es una especie que requiere de podas terminales que lleven al aumento del diámetro del tallo pero controlando el crecimiento de brotes.

La formación de árboles jóvenes es común en algunas áreas de la producción (por ejemplo, California, Israel, Perú, Taiwán, Hainan) y no en otros (por ejemplo, Florida, México). Sin embargo, la formación del árbol puede ser benéfica en promover la producción de la fruta temprana y mejorar la arquitectura del árbol. Dirigir el desarrollo lateral y eliminar las ramas

mal ubicadas podando en forma de V reducirá problemas más adelante. El control del tamaño de los árboles puede ser podando a mano y/o mecánicamente. Una combinación de los dos es probablemente la más eficiente en términos de tiempo, trabajo y producción. El tamaño sugerido del árbol varía con el ambiente, el espaciamiento de la planta, la tecnología disponible, la frecuencia de huracanes, el patrón del crecimiento del cultivar y la estación de la cosecha.

El porte natural del árbol se puede utilizar para determinar el manejo del tamaño del árbol.

Cultivares de bajo porte:

- 'Neelum'
- 'Mallika'
- 'Fairchild'
- 'Julia'
- 'Glenn'
- 'Cogshall'
- Con potencial para mantener árboles 2-3 m de alto.

Cultivares de porte medio

- 'Kensington'
- 'Nam doc. Mai'
- 'Phimsen Mun'
- 'Golek'
- 'Manila'
- 'Ataulfo'

- 'Tommy Atkins'
- 'Keitt'
- 'Kent'
- 'Madame Francis'

Con potencial de mantener árboles en 3-4.5 m de alto.

- Cultivars porte alto
- 'Alphonse'
- 'Carabao'
- 'Vallenato'
- 'aden'
- 'Edward'
- Con potencial para mantener árboles en 4.5-7 m de alto como máximo.
- Poda y formación

El equipo necesario incluye tijeras de poda, sierras de mano o motor, con un plan a seguir y un poco de esmero (es decir, darle seguimiento). La época para comenzar un programa de poda intensivo es inmediatamente después de plantar el primer árbol. Después de la cosecha los árboles deben podarse para darles forma y también para mantener el porte del árbol.

Años 1 y 2 (sólo vástago)

1. Sujete el tallo principal cerca de 1 m. Se iniciará el proceso de construcción de las ramas principales y secundarias.
2. Este corte inicial estimulará brotación nueva debajo del corte.

3. Seleccionar 3 a 4 que se espacien uniformemente alrededor del vástago y quitar los otros.
4. Quitar cualquier brote vigoroso con crecimiento vertical.

Años 1, 2 y 3

1. Cuando los nuevos brotes alcanzan cerca de 50-60 centímetros, retire o pódelos. Esto a su vez estimulará más brotación (ramificación).
2. Seleccionar otra vez solamente 3 ó 4 brotes nuevos, quitando el resto. Este proceso se repite durante el primer y segundo año.

Años 1, 2 y 3

1. Si los brotes seleccionados tienen orientación vertical, jalar los brotes hacia abajo para que en 4 meses, aproximadamente, cedan en su crecimiento hacia crecimiento horizontal. Esto estimulará más ramificación, aumentará la fuerza de la rama, y la estimulará a florecer y dar fruto de manera temprana.

Años 2, 3 en adelante

1. La producción puede comenzar en el año 2 ó 3. La producción temprana también retardará el crecimiento del árbol.
2. La poda se debe hacer anualmente, inmediatamente después de la cosecha de la fruta.
3. Como antes, las pequeñas ramas en posición vertical deben ser retiradas y los nuevos retoños podados después de llegar a unos 50 cm de longitud.

Poda de mantenimiento

1. Finalmente, la copa eventualmente puede llegar a estar muy tupida.
2. Las ramas estructurales grandes se pueden formar al final (en cultivares más vigorosos).

3. La reducción de la copa será necesario.
4. El tamaño y la forma del árbol pueden ser mantenidos quitando generalmente 1 rama, principalmente al centro del árbol, para abrir espacio. Continuar favoreciendo el crecimiento horizontal de las ramas y continuar formando, mediante selección, a las ramas y a los brotes nuevos anualmente.

La renovación de la copa puede ser lograda haciendo cortes en periodos de 1 a 2 años para quitar crecimiento vegetativo y/o vigoroso excesivo.

¿Qué hacer para los árboles medianos y grandes que nunca se han podado?

1. Los árboles de mango medios y altos del tipo vigoroso se pueden mantener en o debajo de 5 m de alto.
2. Comenzar un programa anual de poda selectiva para reducir altura del árbol y amplitud.
3. Usando cortes que sean selectivos para abrir la copa permitiendo la penetración de la luz y del viento.
4. El equipo necesario incluye la sierra (de mano o motor) y un plan.
5. La seguridad es la clave, se debe procurar esto siempre –no se debe subir con una escalera y sierra de cadena.

Arquitectura del árbol y control del tamaño

La formación de la arquitectura del árbol es proporcional al porte del árbol, entre más grande, más esfuerzo para su formación. Cuanto más cercanos se encuentren los árboles mas urgente es un plan de poda, los árboles se deben podar con más frecuencia. Generalmente se debe diseñar un programa de poda para los cultivares con porte vigoroso, el crecimiento vertical es más complicado para los cultivares menos vigorosos. Hay más tiempo para los cultivares

tempranos para ser podados inmediatamente después de la cosecha, reduciendo la posibilidad de que maduren los brotes. La recomendación de la poda depende del cultivar: para cultivares precoces se poda inmediatamente después de la cosecha (para los medianos también), y para cultivares medianos y tardíos se diseñará un programa de podas periódicas, por ejemplo, cada tercer surco la parte lateral de la copa, la parte de arriba cada tres años también. La poda selectiva de las ramas delgadas del dosel aumentarán la penetración de luz, ayudará a mantener una copa productiva más baja, mejorarán el desarrollo del color de la fruta, y mejorarán el movimiento de aire para reducir problemas de la enfermedad de la fruta/de la hoja. Sincronización y cambios de poda de la estrategia para la producción de la fruta fuera de temporada.

Manejo post-cosecha

1. Seleccione cuidadosamente y coloque los contenedores en sombra inmediatamente.
2. Aplicar hidrogenfriado o aire fresco disponible.
3. Clasifique, empaque y conserve en cámara frigorífica inmediatamente.
4. La temperatura óptima del almacenaje varía con el cultivar.
5. Generalmente 12.8°C y 90-95% HR; la maduración en 21-24°C es la mejor.

Índices de la cosecha

La fruta es generalmente recogida verde en etapa madura basándose en el tamaño de la fruta y la época de la estación. La pulpa interna cerca de la semilla va de blanco a amarillo claro.

Enfermedades importantes del mango

El mango tiene varias enfermedades entre las que destaca la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) que se puede controlar con aplicaciones periódicas del fungicida de la floración a la

cosecha, el moho polvoriento (*Oidium* sp.) que se puede controlar con 1 ó 2 aplicaciones de fungicida durante la floración.

La malformación del mango es causada por *Fusarium subglutinans* (syn. *F. moliniforme* var *subglutinans*) y se trasmite mecánicamente (injertos), se infecta el vivero completo. Su transmisión entre los árboles no es bien entendida.

Plagas importantes del mango

Hay numerosos insectos parásitos del mango incluyendo thrips; revisar la incidencia de estos parásitos y aplicar el insecticida según lo necesitado. Permitir que los depredadores “naturales” trabajen, se recomienda utilizar menos materiales agresivos al ambiente, y se debe revisar la huerta continuamente.

Problemas del mango- Muerte regresiva y pudrición interna del fruto

La muerte regresiva del mango parece ser compleja y la investigación, hasta la fecha, sugiere que ésta pueda ser causada en parte por las deficiencias de nutrientes como el manganeso y el hierro, que predisponen a los árboles para ser atacados por los hongos oportunistas (*Botryosphaeria ribis* y *Physalospora* sp. y otros). Los síntomas incluyen clorosis intervenal, retraso en el crecimiento, necrosis marginal y terminal, muerte regresiva de tallos y ramas jóvenes, y muerte del árbol. El control de la muerte progresiva del mango incluye usos frecuentes de hierro, manganeso, y zinc; sin embargo, esto puede no ser acertado siempre. El mantenimiento de la salud del árbol es la mejor manera de evitar este problema.

La causa de la pudrición de la pulpa de la fruta del mango (mesocarpio) no se ha determinado concluyentemente, aunque la predisposición genética inherente a esta anomalía y a los usos excesivos del nitrógeno han sido ligados al problema. Los síntomas incluyen ablan-

damiento/descomposición de la pulpa en el extremo distal de la fruta, la cavidad abierta al final del pedúnculo, la pulpa demasiado madura junto a la semilla, y el tejido esponjoso con un color grisáceo-negro en la pulpa. La descomposición interna puede ser disminuida, pero no eliminada, reduciendo las cantidades aplicadas de fertilizantes nitrogenados y aplicando cal (adición del calcio) al suelo.

Estrés ambiental y manejo

El mango se sujeta a las condiciones ambientales estresantes incluyendo:

1. Los síntomas de la sequía incluyen marchitez, clorosis, desecación, y la abscisión de la hoja; caída de la fruta, tamaño reducido de la fruta; muerte regresiva del tallo y de ramas; cosechas reducidas; muerte del árbol. Las soluciones para prevenir el estrés por sequía incluyen el espaciamiento amplio, enraizamiento profundo, acolchado y la irrigación de la planta.
2. Los síntomas del anegamiento incluyen marchitez de hojas jóvenes; a veces muerte del árbol. Las soluciones son: evitar inundación, seleccionar el sitio de plantación, formación de camas, establecimiento de las zanjas, canales, y drenado de la huerta, la instalación del drenaje sub-superficial.
3. Los síntomas del congelamiento incluyen la hoja marchita, rompimiento del tejido foliar, desecación, abscisión; muerte descendente del vástago y de ramas; fractura de ramas, rajadura del tronco y muerte del árbol. Las soluciones para evitar el congelamiento incluyen la selección de sitio apropiado, el uso de la irrigación de alto volumen y abanicos de aire.
4. Los síntomas del estrés por salinidad incluyen necrosis marginal y de las puntas de las hojas, muerte regresiva del vástago y de ramas, tamaño reducido de la fruta, caída de la fruta y muerte del árbol. Las soluciones para evitar este tipo de estrés incluyen la selección de sitio

apropiado, el uso de agua de buena calidad y acceso a suficiente agua para lixiviar (es decir, lavado del suelo con agua abundante y periódicamente), y el uso de los portainjertos tolerantes (por ejemplo, '13-1', del '4-9').

5. Los síntomas de estrés por viento incluyen daño de la hoja/deformación y abscisión, fractura del vástago y de ramas, vientos, caída del árbol y muerte del árbol. Las soluciones potenciales incluyen la selección de sitio y uso de rompevientos, cultivar tolerante, asegurar el enraizamiento de los árboles y la puesta en práctica de un programa de podas regular.
6. Los árboles de mango que crecen con alto pH, los suelos calcáreos pueden desarrollar deficiencias nutricionales; especialmente hierro, zinc, manganeso, y magnesio. Las soluciones potenciales incluyen el uso de los patrones tolerantes (por ejemplo, '13-1', del '4-9', del 'No 11'), usos foliares frecuentes de los elementos menores (Zn, Mn, Mg) y el uso de los materiales quelados de Fe.



DE CHIAPAS

UNACH

XV.

**SOILS AND NUTRIENT MANAGEMENT
FOR TROPICAL FRUIT TREES**

Yuncong Li

UNACH

INTRODUCTION

Tropical fruit trees grow on various soils in the tropical region. Nutritional problems associated with these soils are different. Specific nutrient management practices should be utilized. Calcareous soils, a predominated soil type for growing tropical fruit trees in South Florida are used as an example for discussing proper nutrient management program.

Global soils for tropical fruits and their fertility problems:

Tropical fruits are originated in tropical regions and grown on tropical soils. Tropical regions are defined as areas situated between the 23.5 degrees north and south of the equator. Some literature extends tropical regions to 30 degrees. The Tropical Research Center, Homestead, Florida is located at 25N which is not a typical tropical zone. However, most tropical fruits can be grown in South Florida.

Major soil types in the typical tropical region as US soil classification are Oxisols, Ultisols, Alfisols, Entisols, and Inceptisols (Table 1). Approximately 27.54% soils are Oxisols in the tropics. In the US, they can only be found in Hawaii. These soils are highly weathered with no more than 10 percent weatherable minerals, and less than 10 percent base saturation through soil profile. Oxisols are always a reddish or yellowish color, due to the high concentration of iron oxides. They also contain quartz and kaolin, small amounts of other clay minerals and organic matter. These soils are extremely acidic with low nutrients and water holding capacities. Plants

grown on these soils often show aluminum toxicity, nutrient deficiency, especially P. However, Oxisols can be productive with proper nutrient management, especially using lime.

Table 1. Major soils in tropical region.

Soil order	Area (x1,000 km ²)	% of Tropics	Fertility problem
Oxisols	9,586	27.54	Poor fertility, Al toxicity, Low CEC, Low organic matter, P deficiency
Ultisols	7,611	21.87	Relatively poor fertility, Al toxicity, Low CEC, Low organic matter, P deficiency
Inceptisols	6,068	17.43	Various fertility, Can be fertile
Alfisols	4,803	13.79	Good soils for crop production
Entisols	4,318	12.40	Often poor nutrient and water holding capacities, some soils very fertile

Ultisols are the second most common soils in the tropics with 7.6 million km² (21.87% of the tropics). The 'red clay' soils of the southeastern United States are examples of Ultisols. They have less than 10% weatherable minerals in the surface soil, and have less the 35% base saturation throughout the soil. Typically Ultisols are red to yellow in color and are acidic, often having a pH of less than 5. The red and yellow colors result from the iron oxide. Major nutrients, such as calcium, phosphorus and potassium, are typically deficient in Ultisols. Nutrient management is important for crops grown on these soils.

Alfisols occupy about 13.79% tropics are moderately leached with a greater than 35% base saturation. In the US, they account for ~13.9% of the land area. These soils are high in calcium, magnesium and potassium. The combination of generally favorable climate and high native fertility allows Alfisols to be very productive soils for agricultural use in tropics.

Entisols are about 12.4% of tropics and young usually without genetic horizons except an A horizon. Because they are less developed, they often are either sandy or rocky. Soils for tropical fruits in South Florida are typical Entisols.

Inceptisols occupy an estimated 17.43% of tropical region and exhibit minimal horizon development, but older or more developed than Entisols. They have no accumulation of clays, Fe, Al or organic matter.

Tropical fruits may also grow on other tropical soils with small acreage, such as Vertisols, Mollisols, and Histosols, and Spodosols.

Soils for tropical fruits in South Florida

The survey conducted several years ago shows eighty-seven percent of tropical fruit trees in South Florida are grown on Krome very gravelly loam, and Chekika very gravelly loam. Both soils are typical Entisols and mostly in the Miami-Dade County. Some tropical fruits are also grown on either marl or the complex of marl and gravelly soils. In Broward County, banana, carambola, lychee and papaya are grown on organic soils and some growers in Palm Beach County have carambola, lychee, and longan on Alfisols (Riviera sand).

For tropical fruit trees grown on rocky soils, fifty-nine percent of growers planted their trees in trenches, 26% planted without trenches and 15% planted some crops in trenches and some without trenches in Miami-Dade County. Almost all the acreage of avocado was trenched and over half of mango groves were trenched. The percentage of groves trenched is approximately 60% for carambola, 80% for lychee, 78% for longan, 50% for banana, 40% for mamey zapote, and 10% for papaya.

Calcareous soils:

The definition of calcareous soils by the Soil Science Society of America: soil containing sufficient free CaCO_3 and other carbonates to effervesce visibly or audibly when treated with cold 0.1M HCl. These soils usually contain from 0.1 to almost 100% CaCO_3 . Therefore, both Krome very gravelly loam and Chekika very gravelly loam are also classified as calcareous soils because they were derived from Miami limestone and usually contains from 30 to 90% CaCO_3 . The pH values of calcareous soils are greater than 7, usually in the range of 7.4-8.4. Textures of calcareous soils can be sandy, loamy or gravelly. Soil depths range from less than 10 cm to over a meter. These soils are important for production of tropical fruit in Florida. Over 85% of Florida's tropical fruits are grown on calcareous soils in the southern part of the state. This is done because of favorable temperatures, rather than favorable soil characteristics. Careful management of nutrients is critically important to the successful production of crops on calcareous soils.

Nutrient management for calcareous soils

Grow crop tolerant to calcareous soils:

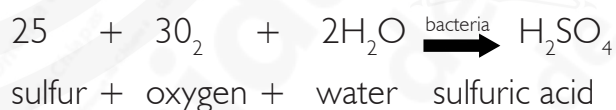
Growing high-pH tolerant crops is a useful management option for coping with calcareous soils. Plants show chlorosis usually on soils higher than 20% Ca content and has been a problem since the first commercial tropical fruit groves were established in South Florida. The chlorosis is mainly nutrient deficiency, especially Fe. Roots of Fe-efficient plants react to Fe-deficiency stress by strongly enhancing reductase activity, lowering the rhizosphere pH with excretion of H^+ , and releasing acids that act as chelates. Those characteristics make it possible to select Fe-efficient genotypes. So far there is no research report on this topic.

Table 2. Soil pH and percentage of calcium carbonate in calcareous soils from South Florida.

Soil	CaCO ₃ (%)	pH (H ₂ O)	Soil	CaCO ₃ (%)	pH (H ₂ O)
1	26	7.9	13	93	8.2
2	65	8.0	14	78	7.9
3	6	7.8	15	45	7.8
4	94	8.1	16	32	7.8
5	93	8.2	17	5	7.5
6	62	7.8	18	72	7.8
7	62	8.0	19	49	7.8
8	58	8.0	20	3	7.3
9	47	7.8	21	74	7.7
10	24	7.8	22	81	7.7
11	42	8.0	23	90	7.7
12	41	7.9	24	84	7.6

Acidification of calcareous soils: Soil acidulents such as elemental sulfur (S), sulfuric acid, trisulfate salts, etcétera. have been successfully used to acidify calcareous soils with less than 3% CaCO₃. Chemical reactions are showed as equations below. However, it does not work for soil with very high CaCO₃ such as soils in South Florida. To date no research data has been generated to establish a beneficial effect of applications of any acidic products on calcareous soils in Florida.

Elemental sulfur (S)



Triosulfate salts



Replace calcareous soil with acid soils

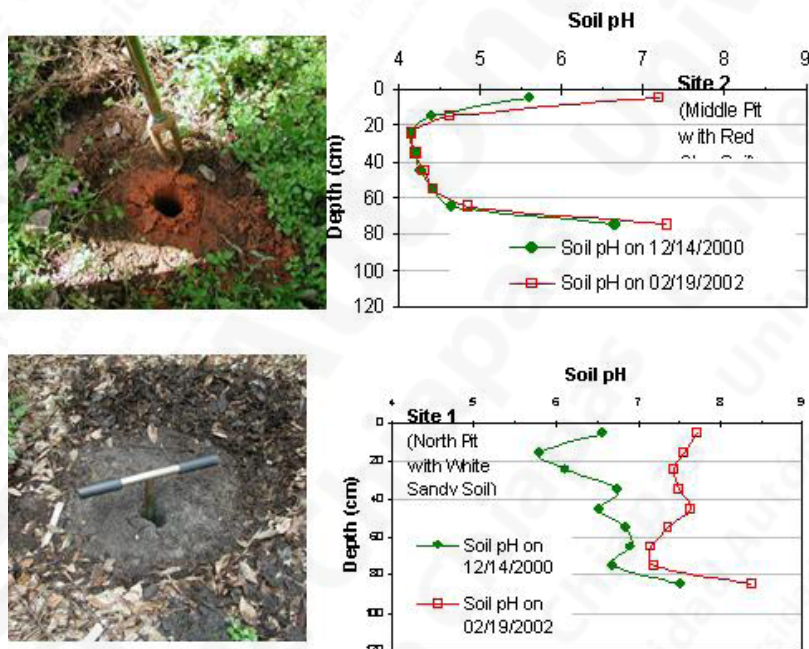
It is impossible to acidify soils that have high contents of calcium carbonate in South Florida. Replacing calcareous soils with acidic soils is an alternative. Unfortunately, acidic soils may eventually be neutralized by irrigation and ground water that is saturated with calcium carbonate. One of our experiments was to examine the acidity changes and buffering capacity of three types of acidic soils (silica sand soil, red clay soil and a mixed soil) used to establish tropical plants in a Tropical Garden, Florida. The three areas were excavated to remove native calcareous soil and filled with acidic soils. Various tropical plants were planted. Soil samples were collected vertically every 10 cm from soil surface to bedrock shortly after filling and one year later. Results showed that both silica sand and mixed soils have been neutralized and the soil pH values were over 7 in all soil depths after one year (Fig. 1). However, less than 10 cm surface and bottom soil layers of red clay sand were neutralized and the soil pH in the middle of soil profile were unchanged due to the higher buffering capacity. Column leaching study indicated that acidity in the red clay soil would be neutralized within four years by the irrigation water and capillary movement from groundwater with high concentration of calcium bicarbonate.

Soil organic amendment:

Using organic materials as soil amendments on Florida soils usually improves soil fertility, and generally, but does not always increase crop yields. Soil organic amendments are usually in the

form of cover crops, biosolids or municipal solid waste composts. Various research projects have demonstrated that biosolids, or composts, can serve as soil amendments to increase soil organic matter, improve soil microbial activities, provide nutrients, and ultimately improve plant growth and yield. However, high variability in the quality of operations between and within compost production facilities leads to unpredictable organic amendment quality. Often use of immature composts/biosolids can result in plant phytotoxicity. The introduction of viable weed seeds and high salt concentrations are also potential hazards of compost/biosolids utilization in cropping systems.

Figure. 1. Soil pH changes for acidic clay and sandy soils used to replace calcareous soils.



Optimizing nutrient management

In common with many plants, tropical fruit trees require 16 elements for growth, macronutrients (C, H, O, Ca, S, N, P, K, and Mg) and micronutrients (Fe, Zn, Mn, Mo, B, Cu, and Cl). Properly managing N, P, K, Mg, Fe, Zn, Mn, and Cu are important for calcareous soils. Iron deficiency is the most common symptom for plant grown on calcareous soils. If these nutrients are provided adequately to tropical fruit trees grown on calcareous soils, they can be as productive as grown on acidic soils.

Nitrogen (N): The loss of nitrogen through the volatilization of ammonia is significant for ammonium N fertilizer applied on calcareous soils. Ammonium N fertilizer should be incorporated or introduced into the soil through irrigation. Also, nitrate N fertilizer is readily leached through gravelly calcareous soils, as a result of over-irrigation or heavy rainfall.

Excessive nitrogen fertilizer is also reported to reduce some tropical fruit tree flowering and fruit sets. We evaluated relationship between nitrogen fertilization and lychee flowering and found that the timing and rate of nitrogen fertilizer significantly affected soil and leaf nitrogen status. High nitrogen concentrations in the leaves were associated with vegetative flushing and reduced flowering and yield (Table 3).

Phosphorus (P): Phosphorous fertilizers applied in calcareous soils are fixed by calcium carbonate (calcite) through adsorption and precipitation. Consequently the availability of P in calcareous soils is relatively low. However, repeated applications of large amounts of P fertilizer results in the accumulation of P in most cultivated calcareous soils. Accumulated P is slowly released into the soil solution to become available to plant roots. Therefore growers should use less P fertilizer if their soils already have high residual P.

Table 3. Effects of N fertilizer application on vegetative flushing, flowering and fruit yields of 'Brewster' and 'Mauritius' lychee trees

Treatment N (g tree-1 yr-1)	Vegetative flush (% of canopy)	Flowering	Fruit yield (kg tree-1)
	'Brewster'		
181	38d	60a	4.5a
362	80c	74a	2.6b
543	106b	40b	0.4c
724	140a	46b	1.8b
	'Mauritius'		
181	80b	82a	13.8a
362	66b	94a	10.1b
543	40b	40b	4.6c
724	134a	20b	3.1c

Potassium (K): Potassium deficiency is not common for crops grown in calcareous soils in Miami-Dade County. However, K is readily leached out of the root zone in sandy or gravelly soils. Therefore split applications of K fertilizer are recommended.

Calcium (Ca): Calcareous soils have an abundance of calcium available for plant uptake. Application of calcium fertilizer is not necessary.

Magnesium (Mg): Although Mg concentrations in calcareous soils are not low, crops grown on calcareous soils often show Mg deficiency symptoms. The high calcium concentrations in calcareous soils suppress Mg plant uptake and its translocation from the roots to the upper plant parts. Magnesium can be applied as a dry fertilizer or as a foliar application. Foliar applications of magnesium nitrate and magnesium sulfate have been shown to be efficacious.

Iron (Fe): Iron chlorosis is the most frequent nutritional disorder encountered in crops grown on calcareous soils. Inorganic forms of Fe in calcareous soils are largely or almost totally

unavailable for plant uptake. High concentrations of bicarbonate in the soil solution can prevent Fe uptake by the plant, as well as its translocation within the plant. Most tropical fruit crops are susceptible to Fe deficiency. Chelated Fe (Fe-EDDHA) is commonly used for fruit trees. Some iron-efficient crops release organic acids from their roots to neutralize the bicarbonate and to mobilize soil Fe. Other iron-efficient crops possess high Fe-reductase activity, or other superior physiological and biochemical characteristics. Application of EDDHA chelated Fe is commonly practiced to improve the Fe nutrition of both fruit and vegetable crops. Generally, it is applied as a soil drench (water plus iron) or through the microirrigation system (fertigation).

Zinc (Zn) and Manganese (Mn): The solubilities and availabilities of Zn and Mn are very low in calcareous soils. However most vegetable crops have the ability to take up sufficient quantities of both Zn and Mn. Applications of fungicides containing Zn and Mn also provide available Zn and Mn to plants. Nevertheless, deficiencies of Zn and Mn are very common in crops grown on calcareous soils. Foliar applications with Zn and Mn fertilizers can effectively correct these deficiencies.

Soil testing and plant analysis

It is impossible to diagnose plant deficiency accurately just based on visual evaluation, except for severe cases. Soil testing and plant analysis should be utilized for nutrient management. However, understating the limitations of these evaluation tools is very important for proper use. This will be discussed in detail in my lecture.

Summary:

1. Tropical fruits grow on various soils and face various nutritional problems. You have to design nutrient management program to deal with specific problems based on your specific situation.
2. Growers often apply too much fertilizer which not only wastes money but affects tree growth and fruit quality. Environmental impacts of over fertilizer trees are becoming more and more concerns.
3. Soil testing and plant analyses should be used to assist nutrient management. However, you have to use them properly.

Recommended readings

1. Plant Nutrient Disorders: Tropical Fruit and Nut Crops by Weir and Cresswell, Inkata Press, Melbourne, 1995
2. Mineral Nutrition of Higher Plants by Marschner, Academic Press, New York, 1995
3. Soil Fertility and Fertilizers by Havlin et al., Macmillan Publishing Co., New York, 1999
4. Handbook of Soil Science by Malcolm Sumner, CRC Press, Boca Raton, 2000

UNACH

XV.
**MANEJO DE SUELOS Y
NUTRIMENTOS PARA ÁRBOLES
FRUTALES EN EL TRÓPICO**

Yuncong Li

Artículo traducido por: Vicente Lee Rodríguez

UNACH

INTRODUCCIÓN

Los árboles frutales tropicales se desarrollan en varios tipos de suelo en las regiones tropicales. Los problemas nutrimentales asociados a estos suelos son diferentes, y deberían utilizarse prácticas específicas de manejo de nutrimentos. Un tipo de suelo predominante para el crecimiento de los árboles frutales tropicales en el sur de Florida, son los suelos calcáreos, usados como un apropiado ejemplo para la discusión de un programa de manejo de nutrimentos.

Los suelos en general para las frutas tropicales y sus problemas de fertilidad

Las frutas tropicales son originarias de regiones tropicales y se desarrollan en suelos tropicales. Estas regiones, son definidas como áreas situadas entre los 23.5 grados norte y sur del ecuador, algunas referencias extienden estas regiones hasta los 30 grados. El Centro de Investigaciones Tropicales, de Homestead, Florida está localizado a los 25 N, por lo cual no es una típica zona tropical; sin embargo, la mayoría de las frutas tropicales pueden desarrollarse en el sur de Florida.

Los principales tipos de suelos en las regiones tropicales, de acuerdo con la clasificación de EU son Oxisoles, Ultisoles, Alfisoles, Untisoles e Inceptisoles (Tabla 1), aproximadamente 27.54 de suelos en los trópicos son Oxisoles, y en los US sólo pueden ser encontrados en Hawai. Estos suelos son altamente intemperizados, con no menos de 10 % de minerales

intemperizables, y menos del 10% de saturación de bases a través del perfil del suelo. Los asíosles, son siempre de color rojizo o amarillento debido a las altas concentraciones de óxido de hierro, también contienen cuarzo y kaolin, pequeñas cantidades de arcillas minerales y materia orgánica. Estos suelos son extremadamente ácidos con bajo nivel de nutrimentos y baja retención de humedad; las plantas que se desarrollan en estos suelos frecuentemente muestran síntomas de toxicidad de aluminio, y frecuente deficiencia de nutrimentos especialmente fósforo; sin embargo los Oxisoles pueden ser productivos con un adecuado manejo de nutrimentos, especialmente usando cal.

Los Ultisoles son los segundos suelos más comunes en los trópicos con 7.6 millones de km² (21.87% de los trópicos); los suelos de arcillas rojas de el sureste de los Estados Unidos son un ejemplo de Ultisoles; tienen menos de 10% de minerales intemperizables en la superficie del suelo, y menos de 35% de saturación de bases. Típicamente, son de color rojo a amarillos y ácidos, frecuentemente tienen un pH menor de 5. El color rojo y amarillo resulta de los óxidos de hierro; los elementos mayores como el calcio, fósforo y potasio son típicamente deficientes, por lo que el manejo de nutrimentos es muy importante para el desarrollo de los cultivos en estos suelos.

Los Alfisoles ocupan alrededor de 13.79% de los trópicos, son moderadamente lixiviables, con más de 35% de saturación de bases En Estados Unidos representan aproximadamente 13.9 del área cultivable; son suelos que son altos en calcio, magnesio y potasio, la combinación general de un clima favorable y una fertilidad nativa alta, permiten a los Alfisoles, ser unos suelos muy productivos para el uso agrícola en los trópicos.

Los Entisoles representan 12.4% de los trópicos, usualmente jóvenes sin horizontes genéticos, con excepción del horizonte A; porque son menos desarrollados y frecuentemente

son arenosos o rocosos: Los suelos para los árboles frutales en el sur de Florida son típicamente Entisoles.

Los Inceptisoles ocupan aproximadamente 17.43% de las regiones tropicales, y muestran un mínimo desarrollo de los horizontes, pero son más viejos o más desarrollados que los Entisoles, no tienen acumulaciones de arcillas, hierro, aluminio o materia orgánica.

Las frutas tropicales pueden también crecer o desarrollarse en otros suelos tropicales con pequeñas superficies tales como Vertisoles, Mollisoles, Histosoles y Spodosoles.

Cuadro 1. Los principales órdenes de suelos en regiones tropicales.

Orden de Suelo	Área (x1 000 km ²)	% de los Trópicos	Problemas de Fertilidad
Oxisols	9,586	27.54	Pobre fertilidad, , toxicidad de Al, Baja CEC, Bajo en Materia Orgánica, deficiencia de P .
Ultisols	7,611	21.87	Relativamente pobre fertilidad, toxicidad de Al, Basja CEC, Bajo en Materia Orgánica, deficiencia de P.
Inceptisols	6,068	17.43	Various fertility, Can be fertile
Alfisols	4,803	13.79	Buenos suelos para la producción de cultivos
Entisols	4,318	12.40	Frecuentemente pobres en nutrientes y en capacidad de retención de humedad, algunos son muy fértiles.

Suelos para las frutas tropicales en el sur de Florida:

Un estudio realizado hace muchos años, mostró que 87% de los árboles frutales tropicales en el sur de Florida se desarrollaban en Krome y Chekika con suelos muy gravosos y limosos, ambos suelos son típicamente Entisoles, así como la mayoría en el condado de Miami-Dade. Algunas frutas tropicales, también se desarrollan en suelos MARL o en el complejo MARL.

Gravosos. En el condado de Broward plátano, carambola, litchi y papaya se desarrollan en suelos orgánicos, y algunos productores del Condado de Palm Beach tienen carambola, litchi y longan en Alfisoles (arenas de la riviéra).

Para los árboles frutales tropicales que se desarrollan en suelos rocosos, en el Condado de Miami-Dade, 59% de los productores plantan sus árboles en trincheras, 26% lo planta sin trincheras y 15% siembra algunos cultivos en las trincheras y algunos sin trincheras. Casi toda la superficie de aguacate estuvo en trincheras y más de la mitad de los productores de mango estuvo en trincheras. El porcentaje de productores con trincheras es de aproximadamente 60% de carambola, 80% de litchi, 78% de longan, 50% de plátano 40% de mamey – zapote y 10 % de papaya.

Suelos Calcáreos:

La definición de suelo calcareo por Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo; es el suelo que contiene suficiente CaCO_3 libre y otros carbonatos efervescentes y audibles, cuando es tratado con una solución fría de 0.1 M de HCL. Estos suelos normalmente contienen de 0.1 a casi 100% de CaCO_3 ; por lo que ambos suelos Krome y Chekika muy gravo limosos, son también clasificados como suelos calcáreos, porque fueron derivados de las piedras calichosas de Miami, que normalmente contienen de 30% a 90% de CaCO_3 , el pH de estos suelos calcáreos es mayor de 7, y el rango usual es de 7.4 a 8.4. La textura de estos suelos calcáreos puede ser arenosa, limosa o gravosa, el rango de su profundidad es menos de 10 cm a mayor del metro.

Estos suelos son muy importantes para la producción de frutas tropicales en Florida, arriba de 85% de las frutas tropicales de Florida, se desarrollan en suelos, calcáreos en la parte sureste del estado.; esto es posible por las temperaturas favorables que se tienen, más que a

las características favorables de los suelos, un manejo cuidadoso de los nutrientes, es crítico e importante para una producción exitosa de los cultivos en suelos calcáreos.

Manejo de nutrientes en suelos calcáreos

Cultivos tolerantes en suelos calcáreos

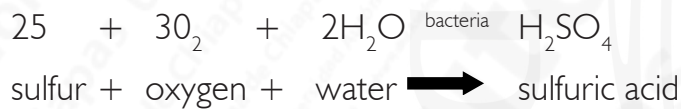
El desarrollo de cultivos tolerantes a altos valores de pH, es una opción de manejo muy usual para cubrir de plantas los suelos calcáreos; los suelos con contenidos de calcio mayores a 20%, usualmente muestran problemas de clorosis, lo cual ha sido un problema desde que los primeros productores de frutas tropicales comerciales se establecieron el Sur de Florida. La clorosis es la principal deficiencia nutricional, especialmente de Fe. Las plantas con sistema radical Fe eficientes, reaccionan al estrés de Fe-deficiencia, mediante la promoción de una fuerte actividad de la reductasa, bajando el pH de la rizosfera con excreciones de iones H^+ y liberación de ácidos que actúan como quelatos. Estas características hacen posible la selección de genotipos Fe-eficientes; a la fecha, en frutales tropicales no se han reportado investigaciones en este tópico.

Acidificación de suelos calcáreos: Los acidulantes del suelo tal como el azufre elemental (S), ácido sulfúrico, sales de tiosulfatos, etcétera. han sido utilizados con mucho éxito, para acidificar suelos calcáreos con menos de 3% de $CaCO_3$; las reacciones químicas se muestran en las siguientes ecuaciones; sin embargo estas reacciones no trabajan en suelos con contenidos muy altos de $CaCO_3$ tales como los suelos del Sur de Florida. A la fecha no han sido generadas investigaciones para establecer el efecto benéfico de las aplicaciones de cualquier producto ácido en los suelos calcáreos de Florida.

Cuadro 2. pH de Suelo y el porcentaje de carbonato de calcio en los suelos calcáreos del Sur de Florida

Suelo	CaCO ₃ (%)	pH (H ₂ O)	Suelo	CaCO ₃ (%)	pH (H ₂ O)
1	26	7.9	13	93	8.2
2	65	8.0	14	78	7.9
3	6	7.8	15	45	7.8
4	94	8.1	16	32	7.8
5	93	8.2	17	5	7.5
6	62	7.8	18	72	7.8
7	62	8.0	19	49	7.8
8	58	8.0	20	3	7.3
9	47	7.8	21	74	7.7
10	24	7.8	22	81	7.7
11	42	8.0	23	90	7.7
12	41	7.9	24	84	7.6

Azufre elemental (S)



Triosulfate salts



Reemplazar los suelos calcáreos con suelos ácidos

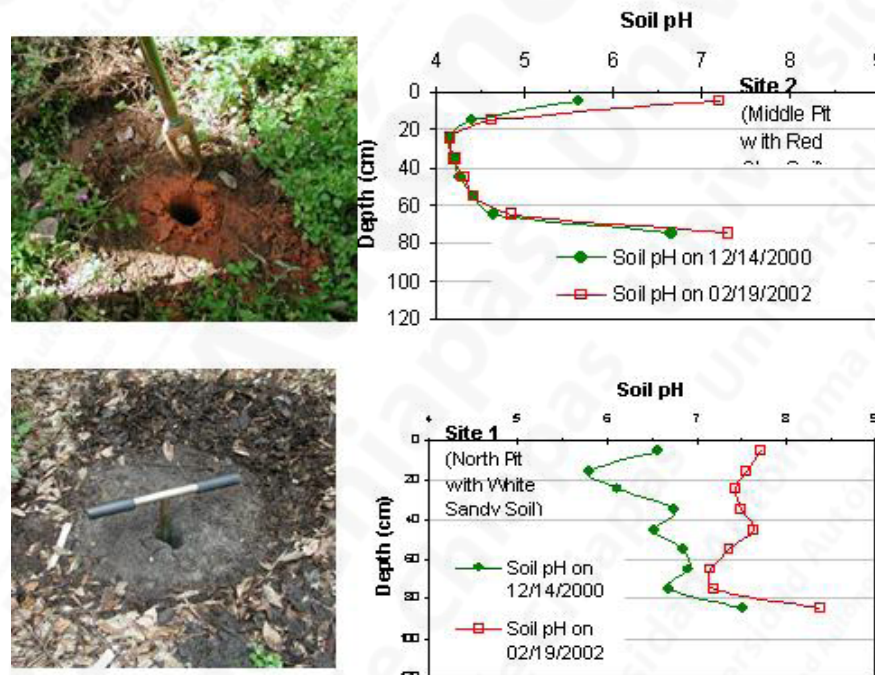
Es imposible acidificar los suelos que tienen altos contenidos de carbonatos de calcio en el sur de Florida; reemplazar los suelos calcáreos con suelos ácidos es una alternativa; desafortunadamente, los suelos ácidos eventualmente pueden ser neutralizados por el agua de riego y el agua de los pozos, que es saturada con carbonato de calcio. Uno de nuestros experimentos fue para examinar los cambios de acidez y capacidad *buffer* de tres tipos de suelos ácidos (arena silicatada, arcillas rojizas y suelos mezclados) usados para establecer plantas tropicales en un jardín tropical de Florida. Las tres áreas fueron escavadas para remover el suelo calcáreo nativo y rellenarlo con suelo ácido, varias plantas tropicales fueron plantadas, muestras de suelo fueron colectadas verticalmente cada 10 cm, de la superficie del suelo hasta la roca, después de rellenado y un año después. Los resultados mostraron que ambos suelos, la arena silicatada y el de las mezclas, fueron neutralizados, y el pH de los suelos estuvo sobre 7 en todas las profundidades del suelo después de un año (Fig. 1). Sin embargo, a menos de 10 cm de la superficie del suelo y en las capas inferiores de los suelos rojizos arcillo arenosos fueron neutralizados y el pH en la mitad del perfil, estuvo sin cambio debido a la alta capacidad *buffer*. Un estudio de columnas de lavado, indico que la acidificación de los suelos arcillosos rojizos, sería neutralizado hasta dentro de cuatro años por el agua de riego y el movimiento capilar de las aguas del subsuelo con altas concentraciones de bicarbonato de calcio.

Mejoradotes orgánicos del suelo

El uso de materiales orgánicos como mejoradores de los suelos de Florida, generalmente mejoran la fertilidad del suelo, pero no siempre incrementan los rendimientos de los cultivos. Los mejoradores orgánicos de suelos generalmente son en la forma de cubiertas de cultivos, bio-sólidos o compostas sólida, municipales (lodos orgánicos municipales). Algunos proyectos

de investigación han demostrado que los biosólidos o compostas, pueden servir como mejoradores del suelo para incrementar la materia orgánica, la actividad de la fauna microbiana del suelo aporta nutrientes y por último mejora el crecimiento y rendimientos de los cultivos. Sin embargo, la alta variabilidad de las operaciones entre y dentro de las facilidades para la producción de compostas, deja una impredecible calidad de los mejoradores orgánicos; frecuentemente, el uso de compostas o biosólidos inmaduros, pueden resultar en fitotoxicidad a los cultivos. La introducción de semillas de malezas viables y las altas concentraciones de sales, son un potencial muy peligroso en la utilización de las compostas o bioles en los sistemas de cultivos.

Figura. 1. Cambios en el pH del suelo, para suelos arcillosos y arenosos ácidos, usados para reemplazar suelos calcáreos.



Optimización del manejo de nutrimentos

Al igual que muchas otras plantas, los árboles frutales tropicales requieren de los 16 elementos para su crecimiento, macronutrimentos (C, H, O, Ca, S, N, P, K y Mg) y micronutrimentos (Fe, Zn, Mn, Mo, B, Cu y Cl). Manejados adecuadamente, el N, P, K, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu son los más importantes en suelos calcáreos; las deficiencias de Fe son los síntomas más comunes en las plantas que se desarrollan en suelos calcáreos; si este nutrimento es abastecido adecuadamente a los árboles frutales creciendo en suelos calcáreos, pueden ser tan productivos como los que se desarrollan en suelos ácidos.

Nitrógeno (N): Las pérdidas de nitrógeno a través de la volatilización de amoníaco es muy significativa cuando fertilizantes amoniacales son aplicados en suelos calcáreos, estos fertilizantes deben incorporarse o introducirse a través del agua de riego en el suelo; los fertilizantes nitrogenados a base de nitratos, son también rápidamente lixiviados a través de suelos gravosos calcáreos, como resultado de una sobreirrigación o una fuerte lluvia.

La aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados, también se reporta que reduce, en algunos árboles frutales, la floración y el amarre del fruto. Al respecto, evaluamos la relación entre la fertilización nitrogenada y la floración del litchi, y se encontró que el tiempo y la cantidad del fertilizante nitrogenado afectó significativamente el estado del nitrógeno en el suelo y el foliar. Altas concentraciones de nitrógeno en las hojas estuvieron asociadas a flujos vegetativos y reducción de flujos florales y rendimiento (Tabla 3).

Cuadro 3. Efecto de las aplicaciones de nitrógeno, en los flujos vegetativos, florales y rendimiento de fruto de árboles de litchi 'Brewster' y 'Mauritius'.

Tratamiento N(g árbol-1 año-1)	Flujo Vegetativo (% de sombreado)	Floración	Rendimiento de Fruto (Kg árbol-1)
'Brewster'			
181	38d	60a	4.5a
362	80c	74a	2.6b
543	106b	40b	0.4c
724	140a	46b	1.8b
'Mauritius'			
181	80b	82a	13.8a
362	66b	94a	10.1b
543	40b	40b	4.6c
724	134a	20b	3.1c

Fósforo (P): Los fertilizantes fosforados aplicados en suelos calcáreos, son fijados por los carbonatos de calcio (calcita) a través de la adsorción y precipitación, consecuentemente la solubilidad y disponibilidad del fósforo en suelos calcáreos es relativamente baja; sin embargo, las aplicaciones repetidas de grandes cantidades de fertilizantes fosforados, resultan en una acumulación de fósforo en la mayoría de los suelos calcáreos cultivados. El fósforo acumulado es liberado lentamente hacia la solución del suelo para que resulte disponible al sistema radical de los cultivos, por lo que los productores deberían usar menos fertilizante si sus suelos tienen alto fósforo residual.

Potasio (K): Las deficiencias de potasio no son comunes para los cultivos que se desarrollan en suelos calcáreos en el condado de Miami-Dade. Sin embargo, el potasio es rápidamente lixiviado fuera de la zona radical en suelos gravosos o arenosos, por lo que son recomendables las aplicaciones fraccionadas de fertilizantes potásicos.

Calcio (Ca): Los suelos calcáreos tienen abundancia de calcio disponible para la asimilación de las plantas, por lo que la aplicación de fertilizantes de calcio no son necesarias.

Magnesio (Mg): Aunque las concentraciones de magnesio en suelos calcáreos no son bajas, los cultivos que se desarrollan en suelos calcáreos frecuentemente muestran síntomas de deficiencias de Mg, las altas concentraciones de calcio en suelos calcáreos, inhiben la asimilación de Mg por las plantas y su translocación de las raíces hacia la parte superior de las plantas. El magnesio puede ser aplicado como fertilizante seco o como aplicación foliar. Las aplicaciones foliares de nitrato de magnesio y sulfato de magnesio han mostrado ser eficaces.

Hierro (Fe): La clorosis de hierro es el desorden nutrimental más frecuente que se encuentra en los cultivos que se desarrollan en suelos calcáreos, las formas inorgánicas de hierro en los suelos calcáreos son formas no disponibles para la asimilación de los cultivos. Altas concentraciones de bicarbonatos en la solución del suelo pueden prevenir la asimilación de fierro por las plantas, así como también su translocación dentro de la planta. La mayoría de los cultivos frutales tropicales son susceptibles a las deficiencias de hierro y los quelatos de Fe (Fe-EDDHA) son más comúnmente usados para árboles frutales. Algunos cultivos fierro-eficientes, liberan ácidos orgánicos de las raíces para neutralizar a los carbonatos y movilizar al Fe del suelo; otros cultivos Fe-eficientes poseen una alta actividad de la Fe-reductasa u otra característica fisiológica y bioquímica. Aplicaciones del Fe-quelato EDDHA es una práctica muy común para mejorar la nutrición de Fe tanto en cultivos frutícolas como vegetales, generalmente es aplicado en el agua de riego o a través del sistema de microirrigación (fertiirrigación).

Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn): La solubilidad y disponibilidad del cinc y manganeso es muy baja en suelos calcáreos, sin embargo la mayoría de los cultivos vegetales tienen la habilidad de tomar cantidades suficientes de zinc y manganeso, las aplicaciones de fungicidas que contiene zinc y manganeso disponible a la planta. Aunque las deficiencias de zinc y manganeso

son muy comunes en cultivos que se desarrollan en suelos calcáreos, aplicaciones foliares que contengan zinc y manganeso , pueden corregir en forma efectiva estas deficiencias.

Análisis de suelo y planta

Es imposible diagnosticar en forma precisa las deficiencias basadas solamente en la evaluación visual, excepto en casos muy severos. Los análisis de suelo y planta podrían ser utilizados para el manejo de los nutrimentos. Sin embargo, el entendimiento de las limitaciones de estas herramientas de evaluación, son muy importantes para un uso apropiado.

Sumario:

1. Las frutas tropicales que se desarrollan en varios suelos y enfrentan problemas nutrimentales; se debe diseñar un programa de manejo de nutrimentos, para trabajar con problemas específicos basados en su específica situación.
2. Los productores frecuentemente aplican mucho fertilizante, con lo cual no sólo desperdician su dinero, sino que afectan el desarrollo del árbol y la calidad de la fruta. El impacto ambiental de los fertilizantes aplicados a los árboles viene siendo cada más impactante.
3. Los análisis de suelo y planta deberían usarse para auxiliar el manejo de los nutrimentos, sin embargo deben usarse adecuadamente.

Literatura citada

- Plant Nutrient Disorders: Tropical Fruit and Nut Crops by Weir and Cresswell, Inkata Press, Melbourne, 1995.
- Mineral Nutrition of Higher Plants by Marschner, Academic Press, New York, 1995
- Soil Fertility and Fertilizers by Havlin et al., Macmillan Publishing Co., New York, 1999
- Handbook of Soil Science by Malcolm Sumner, CRC Press, Boca Raton, 2000

UNACH

XVI.
EL ZAPOTE MAMEY

Saúl Espinosa Zaragoza
Juan M. Villarreal Fuentes
Ángel Villegas Monter
Antonio Mora Aguilera
Carmen Rui Bello

UNACH

INTRODUCCIÓN

Dentro del grupo de las sapotáceas, el mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn), es considerado como una de las especies frutícolas con alto potencial comercial por su aceptable sabor y el elevado valor nutricional de la pulpa, además de las diferentes posibilidades de aprovechamiento agroindustrial de los frutos (Hall *et al.*, 1980; Alia *et al.*, 2007). El consumo se da principalmente a nivel familiar, en mercados locales y regionales; sin embargo, existe poca información en torno a la diversidad genética, manejo agronómico y postcosecha (Díaz-Pérez *et al.*, 2000, 2001; Alia *et al.*, 2005), disponibilidad de material de propagación, demanda real de los mercados, así como formas de aprovechamiento, lo que restringe su uso y cultivo (Morera, 1992).

Según el SIACON (2007), en 2005 los frutales tropicales de mayor importancia fueron el grupo de cítricos, mango, aguacate, plátanos y bananos, entre los que el zapote mamey representa sólo 0.2% de la superficie sembrada, que se concentra en Estados de Yucatán, Chiapas, Guerrero y Tabasco con más de 78% de la producción nacional y las mayores plantaciones provienen de semilla (Villegas *et al.*, 2005). Los rendimientos nacionales son bajos, con producción irregular y frutos en su mayoría con calidad heterogénea en cuanto a tamaño, forma, cantidad y color de pulpa. Aunado a lo anterior, el manejo durante la cosecha y postcosecha es errático, lo que se manifiesta en la comercialización de frutos con diferentes daños mecá-

nicos, diverso grado de madurez y por lo tanto diferente vida de anaquel, lo que se traduce en elevadas pérdidas del producto. En este contexto, la aplicación de la maduración acelerada mediante atmósferas de etileno, conservación frigorífica y tratamientos especiales para el control de microorganismos causantes de pudriciones o estados inmaduros de moscas de la fruta, además del diseño de sistemas de empaque y transporte, resulta poco eficiente y en ocasiones inútil, dadas las múltiples respuestas originadas por la diversidad genética y manejo de los frutos.

Por otro lado, la comercialización de los frutos de mamey es aún limitada, ya que se sitúa principalmente en el centro y sur de México, con diversidad en las preferencias en cuanto a color de pulpa y tamaño de fruto. Actualmente se carece de una norma de calidad debido a la dificultad para definir parámetros exactos y confiables, principalmente a consecuencia de la heterogeneidad de los frutos (Téllez, 2008).

Origen y distribución

El zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn] es originario de las tierras bajas de América Central, donde crece de preferencia en forma silvestre desde el nivel del mar hasta más o menos 1 000 m de altitud (Morera, 1992), aunque se puede cultivar hasta los 1 400 metros. Crece en regiones de lluvia moderada, con lluvias entre 800 y 2500 mm anuales (Morton, 1987), con temperaturas que oscilan entre 15 y 33°C. Su cultivo se extendió al Caribe, América del Sur, Hawai y las Filipinas, probablemente llevado por los españoles (Morera, 1992). Se tienen reportes de su desarrollo en Venezuela (Manzano, 2001), Brasil (Donadio y Durigan, 1995), México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, Nicaragua (Campbell et al., 1997) y Florida, EE.UU. (Popenoe, 1948; Lamberts y Crane, 1996; Moosler y Nesheim, 2002). El área más probable de disper-

sión original se ubica en Guatemala, Honduras, Costa Rica y el sur de México que comprende el Sur de Veracruz, Tabasco y Chiapas (Toral-Jarquín, 1988).

En México el zapote mamey se distribuye en todas las zonas tropicales, donde existe en forma silvestre como parte de la selva alta perennifolia o cultivado en monocultivo o con otros frutales. Se cultiva actualmente desde el Estado de Morelos hasta los de Chiapas y Yucatán (Toral-Jarquín, 1988; Penington y Sarukhán, 1998, Villegas-Monter et al., 2005). En la actualidad se le considera como una planta tropical con amplias posibilidades de explotación frutícola. Las características predominantes de las plantas de zapote mamey actualmente en producción es que son vigorosas y con amplia variabilidad en las características del árbol y del fruto, situación que limita el manejo del huerto y la comercialización de su producción, debido a que es común encontrar frutos con un exceso de fibra y de sabor poco aceptable (Toral-Jarquín, 1988).

El nombre de zapote o “mamey zapote” se originó de una confusión con el árbol de mamey (*Mammea americana* L.), cuya capa externa y color se parecen a los de *P. sapota*. Por ello en la mayoría de los sitios se le conoce con el nombre de “zapote” o “sapote”, nombre que deriva del náhuatl “tzapotl”, nombre colectivo que se aplica a varias especies de frutas esféricas, dulces y con grandes semillas (Morera, 1992).

Descripción botánica

El árbol de zapote mamey pertenece a la familia Sapotaceae (Morera, 1992). Existen otros frutos que también son llamados zapotes, entre los cuales están el zapote negro (*Diospirus dygina*) perteneciente a la familia Ebenaceae, y el zapote blanco (*Casimiroa edulis*) de la familia Rutaceae (Villegas-Monter et al., 2005).

Es un árbol de hasta 40 m de altura y 1.5 m de diámetro, aunque es más común que tenga 20 m de altura y 0.5 m de diámetro, con ramas gruesas horizontales. Su madera es de

color café rosa a grisáceo, dura y pesada (Barajas-Morales *et al.*, 1997), con copa simétrica o irregular, de tipo piramidal o esférico (Morton, 1987).

Su desarrollo vegetativo ocurre a manera de flujos, uno en junio y otro de diciembre a febrero. Las hojas se agrupan solamente en las puntas de las ramas y mudan una vez al año, generalmente de diciembre a febrero, poco antes del inicio del nuevo crecimiento (Toral-Jarquín, 1988). El cambio de follaje puede ocurrir en un periodo breve o prolongarse por varios meses; incluso la defoliación ha ocurrido diferencialmente según la exposición a la radiación solar, primero del lado donde la copa está expuesta y luego en la parte sombreada. Ibarra (2005), reportó que en Alpoyecá, Guerrero., México, el crecimiento vegetativo se presentó de enero a mayo una vez que el árbol renovó las hojas. Las ramas presentan crecimiento terminal de color café rojizo, debido a la abundancia de pelos ferruginosos; la corteza de las ramas es de 1 a 2 cm de espesor con cicatrices notorias que dejan las hojas caídas. La yema terminal es abultada y cubierta por numerosas estípulas con abundantes primordios foliares. La coloración de las ramas y tronco es gris o café en el exterior, cuenta con canales laticíferos y se caracteriza por presentar un profundo olor a almendra. Las hojas son ovoides o ovolanceoladas, de 14 a 30 cm de longitud y de 8 a 12 cm de ancho, son de color verde oscuro brillante en el haz y más claras en el envés (Toral-Jarquín, 1988; Morera 1992).

Forma numerosas flores en las ramas viejas y nuevas a lo largo de la región sin hojas. Las flores son hermafroditas, actinomorfas, presentes en las axilas de las cicatrices foliares, en grupos de 2 a 16 flores por inflorescencia. Las ramas donde se observan las flores tienen de uno hasta cinco años. Las ramas son de tipo braquiblastico por presentar entrenudos cortos que se identifican por las cicatrices foliares persistentes. Ocasionalmente se encuentran algunas flores solitarias en brotes del mismo año, que crecen de las yemas axilares de las hojas (nomófilos) (Domínguez, 2008). Cuando maduran constan de un pedúnculo de 3 a 5 mm de

largo con cáliz formado por 12 a 13 sépalos blanquecinos escamosos y pubescentes en los exteriores; la corola es gamopétala de 7 a 8 mm de largo, cuyos pétalos se insertan en la base de la corola y tienen dehiscencia longitudinal; los estaminodios son aciculiformes, varían de 4 a 5 y también se insertan en la base de la corola en alternancia con los estambres. El pistilo consta de un ovario súpero, de color brillante, pubescente y con cinco lóculos uniovulares; es tan largo como la corola; el estigma es pequeño y simple (Toral-Jarquín, 1988; Morera, 1992; Domínguez, 2008). El cuajado del fruto varía de 0.03 a 0.04% y el periodo de desarrollo de fruto en Alpoyecá, Guerrero, México, dura de 17 a 19 meses; por tanto, los frutos que cuajan entre julio y septiembre se cosechan durante los meses de enero a mayo dos años después (Villegas, 2008; Domínguez, 2008).

El fruto es ovoide o elipsoidal, con el cáliz basal permanente y restos del pistilo en el ápice. Mide de 8 a 20 cm de longitud y de 6 a 15 cm de ancho; algunos frutos alcanzan un peso de hasta 3 kg. La cáscara es dura y fuerte aunque delgada, rugosa e irregular por las escamas de las lenticelas, de color café. La pulpa es de color rojo, aromática, dulce y suave a la madurez, casi libre de fibras en las mejores selecciones, y puede comerse con una cuchara directamente del fruto. Por lo común contiene una semilla, pero en algunos casos es posible encontrar hasta tres (Toral-Jarquín, 1988; Morera 1992). Es un fruto carnosos indehiscente, polispermo como una baya típica (Pennington y Sarukhán, 1998), pero en su madurez es una baya monosperma de diferentes formas (ovoidea, fusiforme, alongada y asimétrica, o casi esférica). Los frutos tienen un patrón de crecimiento sigmoidal, con tres etapas: la primera es la de división celular general del ovario y rudimento seminal, seguida por la de crecimiento rápido o de expansión celular y finalmente, la tercera de maduración del fruto con crecimiento lento (García et al., 2007; Domínguez, 2008).

El mesocarpio es dulce, carnoso, de color naranja a rojo, con pequeñas cantidades de látex cuando esta inmadura (García *et al.*, 2007). Pennington y Sarukhán (1998), reportan que el peso del fruto de mamey se distribuye como sigue: 18% en cáscara, 62% en mesocarpio y 20% en semilla.

La semilla es elipsoide hasta de 10 cm de largo por 6 cm de ancho, comprimida lateralmente y aguda en sus extremos. Su testa es brillante, coriácea y lisa, de color negro o café oscuro, y cubre las dos terceras partes de la superficie de la semilla; el otro tercio está cubierto por el hilio de color blanco-amarillento. El embrión carece de endospermo, y los dos cotiledones son muy desarrollados y oleaginosos (Toral-Jarquín, 1988).

Importancia y usos

El zapote mamey es una de las más deliciosas y aceptables frutas del hemisferio occidental, aunque en muchas regiones es relativamente desconocida. En Florida, EE.UU., ha sido introducida y sembrada probablemente desde hace 100 años y recientemente incrementada por la cultura cubana y los migrantes centroamericanos (Morera, 1992; Pennington y Sarukhán, 1998).

En Florida, EE.UU., existe una industria pequeña pero estable, donde el producto comercializado es la pulpa deshidratada y cuyo precio promedio llega hasta los 22.04 dólares por kg (Morera, 1992; Balerdi *et al.*, 1996). Por otra parte, Mossler y Neshiem (2002) mencionan que éste cultivo en Florida EE.UU. genera aproximadamente entre 1.5 a 4 millones de dólares anuales.

En cuanto a sus características organolépticas y nutritivas, aporta vitaminas, sales, carbohidratos, etcétera, los cuales favorecen la digestión (Casas-Alencaster, 1977). En el Cuadro I se detalla el contenido nutrimental del zapote mamey.

Cuadro I. Contenido nutrimental en 100 g. de pulpa de zapote mamey maduro

Calorías	107-133.00 Kcal
Proteínas	1.70- 1.90 g
Grasas	0.50 g
Carbohidratos	28.00-34.00 g
Fibra	1.40-3.20 g
Vitamina A	60.00-90.00 U.I.
Tiamina	0.01-0.02 mg
Riboflavina	0.02-0.04 mg
Niacina	1.51-2.58 mg
Ácido ascórbico	20.00-40.00 mg
Triptófano	19.00 mg
Metionina	12.00 mg
Lisina	90.00 mg
Calcio	38.00-46.00 mg
Fósforo	28.00-121.00 mg
Hierro	1.00-2.62 mg
Sodio	6.00 mg
Potasio	226.00 mg
Ceniza	0.70-1.20 g

Fuente: Morton, 1987; Balerdi et al., 1996.

Los frutos de zapote mamey se consumen principalmente como fruta fresca (Morera, 1992; Pennington y Sarukhán, 1998) y la pulpa puede ser usada para hacer jaleas o conservas, helados y jugos. Países como El Salvador, Costa Rica, Nicaragua y Guatemala exportan pulpa congelada de zapote mamey a EE.UU. (Morera, 1992; Granados, 2007; comunicación personal¹). La semilla usualmente se utiliza para preparar tónico para la piel, un revitalizador del pelo

¹: Juan Carlos Granados Friely. Director Ejecutivo del Proyecto Desarrollo de la Fruticultura y Agroindustria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. República de Guatemala.

que evita su caída, y también se emplea contra dolores musculares y afecciones reumáticas. Del árbol se puede extraer látex de la corteza, mediante heridas en el tronco; a este látex se le conoce con el nombre de chicle, ingrediente principal de la goma de mascar (Morera, 1992).

La extracción del látex se hace mediante cortes profundos y oblicuos a lo largo del tronco hasta una altura de cuatro metros. El látex escurre y se colecta en un recipiente. Esta extracción puede repetirse a los 7 u 8 años después en los mismos cortes y a los 3 años en cortes nuevos. El látex se emplea también como cáustico para eliminar verrugas y crecimiento de hongos en la piel (Morera, 1992).

La corteza y las hojas cocidas se usan contra la arterioesclerosis y gozan de reputación para bajar la presión arterial. Las hojas de zapote mamey con frecuencia se usan para envolver las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) antes del trasplante para evitar daños de gusanos cortadores y de otras plagas de suelo (Morera, 1992).

Situación actual del mamey en México

En Yucatán, Chiapas, Guerrero y Tabasco se concentra más de 78% de la producción nacional de zapote mamey, pero sólo en Yucatán hay plantaciones injertadas con materiales seleccionados, entre los que destacan Magaña 1 y 2 obtenidos por el Sr. Carlos Magaña después de un largo proceso de selección efectuado en Akil, Yucatán, México. En general, es difícil encontrar plantaciones comerciales con más de 10 ha y menos aún, con plantas injertadas empleando materiales seleccionados (Villegas-Monter *et al.*, 2005). Debido a lo anterior, los rendimientos a nivel nacional son bajos, de calidad variable (debido a la heterogeneidad de los árboles). Este hecho desalienta el consumo porque no se oferta fruta de calidad homogénea, además de que esa calidad se ve afectada por prácticas de manejo post cosecha inadecuadas (Saucedo,

2008; comunicación personal²). En los otros estados, las plantaciones son principalmente de pie franco (Villegas-Monter *et al.*, 2005). Según el SIACON (2007), en el año 2005 los frutales tropicales de mayor importancia eran los cítricos, mango, aguacate, plátanos y bananos, y el zapote mamey representaba sólo el 0.2% de la superficie sembrada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie (ha) sembrada de frutales tropicales en México

Frutal	2003	2004	2005	Porcentaje 2005
Cítricos	417 005.48	425 562.32	413 549.35	51.4
Mango	171 890.24	176 781.49	173 769.49	21.6
Aguacate	97 786.80	101 881.82	112 250.59	13.9
Bananos y plátano	76 357.78	80 923.28	82 062.11	10.2
Papaya	21 697.79	22 171.48	22 053.60	2.7
Zapote mamey	1 021.25	1 284.00	1 338.20	0.2

La producción de zapote mamey presenta estacionalidad, lo que implica beneficios para quienes cosechan en los momentos en que escasea el producto; condición rentable, porque el kilogramo de fruta alcanza un valor de alrededor de 28 pesos. El valor mínimo del kg de fruta de zapote mamey puede ser de 5 pesos, valor superior al precio mínimo por kg de frutos como mango y algunos cítricos (Villegas-Monter *et al.*, 2005; SNIIM, 2008).

Materiales seleccionados de zapote mamey

La información disponible acerca de variedades de zapote mamey es limitada; las selecciones hechas se han basado en individuos destacados pero se han propagado poco. Uno de los

² Dr. Crescenciano Saucedo Veloz. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad. Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo. México.

factores que limitan la generación de variedades es que el zapote mamey se propaga principalmente por semilla y como es una especie de polinización cruzada, ocurre amplia variabilidad genética en formas y tamaños de fruto, colores de pulpa y de semilla, número de semilla por fruto, épocas de cosecha, arquetipos, entre otras características.

En la forma de la fruta varían de casi esféricos a muy ovalados y alargados. El peso del fruto varía de 0.25 a 3 kg, el color de la pulpa varía de anaranjado hasta rojo oscuro, aunque la corteza se mantiene corchosa y de color café (Morera, 1992).

En Costa Rica y Nicaragua hay numerosos árboles de zapote mamey obtenidos de semilla que producen fruta de alta calidad. Esos árboles podrían ser propagados vegetativamente para reducir el periodo de juvenilidad de los árboles y para uniformar las plantaciones y la calidad de fruto en el menor tiempo posible. En áreas tropicales de México y Centroamérica existen individuos no caracterizados y, dada su variabilidad genética, podrían tener características comerciales valiosas. En Cuba, Florida (EE.UU.), El Salvador y Costa Rica se han hecho importantes trabajos de selección con características agronómicas atractivas (Aguilar, 1999; Gazel *et al.*, 1999). Los estudios realizados en Costa Rica están basados principalmente en parámetros de calidad del fruto y en sus características organolépticas (Gazel *et al.*, 1999).

Las características deseables de los frutos de mamey para que sean seleccionados son: color de la pulpa (rojos intensos), contenido de fibra (sin fibra), forma y tamaño del fruto (elípticas y redondeadas, preferentemente con pesos entre los 300 y 600 g); peso y número de semillas por fruto (preferentemente con una semilla), nulo porcentaje de viviparidad (germinación de semillas dentro del fruto), rendimiento del árbol (más de 150 kg), época de cosecha y poca alternancia, así como el porte del árbol (4 a 7 m de altura). En este sentido, se han seleccionado más de 20 árboles en la Cañada de Huamuxtitlán, Guerrero, México, donde destaca por su tamaño Juanito con 819 g. y Risueño por el porcentaje de pulpa, la producción de

ambas selecciones se concentra de enero a marzo (Espinosa *et al.*, 2005); algunas características empleadas en la evaluación de materiales de zapote mamey se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Variables más utilizadas en la caracterización y selección de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn], en Turrialba, Costa Rica

CARACTERÍSTICAS

ÁRBOL	FRUTO	SEMILLA	HOJA	
Altura	Peso, longitud	Carbohidratos	No. de semillas	Largo
Diámetro de tronco y copa	Grosor de pulpa	Proteína	Longitud	Ancho
Hábito de crecimiento	Grosor de cáscara	Acidez	Diámetro	Color del haz
Disposición de ramas	Rendimiento de pulpa	Sacarosa	Peso	Color del envés
Floración	Forma, aroma	Glucosa	Color	
Fructificación	Textura de pulpa	Frutuosa		
Distribución de cosecha	Consistencia pulpa	Azúcares totales		
	Color externo	Azúcares reductores		
	Sólidos solubles	pH, Grados Brix		
	Fibras y ceniza	Índice de madurez		

Fuente: CATIE, 1985, tomado de Gazel *et al.*, 1999.

Campbell (1992), en un trabajo realizado en Florida, EE.UU., reportó a 'Danny' como una variedad originaria de la región de Yucatán, México, con alto potencial debido a su producción fuera de temporada (de mayo a junio), además de presentar buenas características de sabor y calidad de su fruto. En Florida, este árbol produjo frutos de 516 g en promedio, con una semilla. El color de su pulpa es rojo-naranja y su contenido de sólidos solubles fue de 29%.

Una de las variantes denominada "injerto" o "zapote verde", se encuentra en Guatemala y Costa Rica identificado como *Pouteria viridis*; crece sobre los 600 m de altitud y se caracteriza porque sus frutos tienen áreas sin lenticelas, en la madurez son de color amarillo verdoso, y de textura lisa y brillante (León, 1987).

Índice de cosecha

El zapote mamey es un fruto tropical de exquisito sabor cada vez más demandado por los consumidores pero cuya comercialización se encuentra limitada por la falta de técnicas de manejo (pre cosecha, cosecha y postcosecha), que permitan tener control sobre el proceso de maduración. La cosecha es diferente en dependencia del lugar donde se encuentre el zapote mamey, en Alpoyecá, Guerrero, se da de enero a mayo, mientras que en Guatemala y en Tapachula, Chiapas, México, la cosecha se realiza de noviembre hasta enero, lo que muestra el efecto de las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura, lluvia, etcétera.) (Villegas-Monter, 2008; Domínguez, 2008).

La cosecha del fruto con un grado de madurez adecuado para su comercialización varía según el genotipo, sin embargo, podemos señalar que esto ocurre alrededor de los 470 días después de la antesis (García *et al.*, 2007). Narciso y Franklin (1976) mencionan que los frutos tardan en madurarse 390 a 720 días, pudiéndose encontrar durante la cosecha frutos maduros

e inmaduros, flores, hojas y brotes. Sandoval *et al.*, (2006) determinaron que en Alpoyecá, Guerrero, el desarrollo desde flor a fruto fisiológicamente maduro, dura entre 540 a 600 días.

Para determinar el punto de corte del mamey, los productores usan el tradicional raspado de la cáscara, y cosechan al observar la coloración roja de la pulpa, índice que es empírico y apreciativo.

Arenas *et al.* (2002) mostraron que en frutos de zapote mamey desarrollados en Coatlán del Río, Morelos, el color de la pulpa cercana a la epidermis es un índice que correlaciona positivamente con el contenido de azúcares reductores y negativamente con la acidez titulable, mientras que la firmeza, peso, longitud y diámetro, humedad, azúcares totales, carotenoides y producción de CO₂ no presentaban dicha correlación. Estos resultados ponen en duda al método del rasguño de la cáscara del zapote mamey como un método confiable, además de que la herida afecta la calidad de fruto.

Calidad de fruto

En zapote mamey faltan normas que definan su calidad (Martínez *et al.*, 1999). Los mejores materiales por la calidad de la fruta se caracterizan por tener frutos con una sola semilla, sin deformaciones, color naranja a rojo, cáscara dura con fácil desprendimiento de la pulpa, sin fibras y aroma intenso (Galván y Núñez, 1994). Pero los consumidores asocian la calidad con el color de la pulpa, forma, tamaño y precio del fruto. Díaz *et al.*, (2003) asociaron la maduración del mamey con el ablandamiento de la pulpa y un incremento en SST (30%), cambio de color en pulpa de naranja y rojo (ángulo °Hue = 52; croma = 45; L = 60). Arce *et al.* (2000), reportaron 10-12%, y 20-22% de azúcares totales y Ergun *et al.* (2005), 23.4%. La firmeza disminuye al madurar, valores arriba de 50 N se han reportado en madurez fisiológica (Díaz

et al., 2000), y de 3-12 N en madurez comercial (Arce et al., 2000). La pulpa de la fruta es de sabor agradable, con valor nutritivo mediano pero rica en vitaminas A, C y B2 (Alix, 1999).

Maduración del fruto

El zapote mamey es un fruto climatérico (Arce et al., 2000; Alía et al., 2000; Saucedo et al., 2001; Martínez et al., 2006; Elsy et al., 2007) que madura rápidamente después de la cosecha, entre 3-10 d cuando se expone a una temperatura de 22°C (Balerdi y Shaw, 1998; Alia, 2003; Nava-Cruz y Ricker, 2004). Por su parte, Díaz et al. (2000), reportaron que el mamey madura en 3.5 d a 27°C, en 5 d a 25°C y en 7 d a 20°C, lo anterior indica que el zapote mamey es un fruto altamente perecedero (Díaz et al., 2000; Alia et al., 2002).

El mamey presenta un preclimaterio de CO₂ de aproximado 20 a 50 mL kg⁻¹ h⁻¹ en la madurez fisiológica (Díaz et al., 2000) y un máximo de entre 90 a 365 mL kg⁻¹.h⁻¹ (Saucedo et al., 2001; Alia et al., 2005; Martínez et al., 2006) y máximos de etileno entre 116 a 503 µl kg⁻¹ h⁻¹ (Saucedo et al., 2001; Alia et al., 2005; Ergun et al., 2005; Martínez et al., 2006).

El tiempo de maduración se puede acortar mediante tratamientos con etileno; por ejemplo, la dosis de 100 mg/L⁻¹ de etileno por 24 horas a 20°C adelanta y homogeniza la maduración de los frutos de mamey (USDA, 1987).

El zapote mamey en la cañada de Huamuxtitlán, Guerrero, México: presentación del caso

En la región de La Montaña, del estado de Guerrero (Figura 1), se han estudiado árboles seleccionados de huertos comerciales y de traspatio de las comunidades de Alpoyeca y Tlaquiltepec, municipio de Alpoyeca. La región se localiza a 196 km de Chilpancingo, 17°41' de latitud norte y 98°30' longitud oeste, a una altitud de 1 030 m.

Figura 1. Localización de Alpoyecá, Guerrero; México.



Los climas de la región son: cálido, cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo con una precipitación media anual de 800 mm (www.guerrero.gob.mx), temperaturas mínimas de 23.4°C y máximas 37.4°C así como humedad relativa promedio de 62.6% (Ibarra, 2005). Los meses más lluviosos son julio y agosto, y la distribución de la precipitación del año ocurre solamente en la estación lluviosa en verano; la estación seca es en invierno. El número de meses secos consecutivos varía de 5 a 8 en el periodo comprendido entre diciembre y mayo. La dirección de los vientos varía con la época del año; en primavera va de este a oeste principalmente, y en verano predominan los de Norte a Sur (García, 1988). La temperatura promedio que se presentó en el periodo desde abril de 2004 a marzo de 2005 fue de 23.40°C (Ibarra, 2005). Lo anterior muestra más de un grado de diferencia entre la temperatura promedio reportada por García (1988) y la encontrada por Ibarra (2005).

De acuerdo con el INEGI (2000), los suelos que predominan en la zona productora de mamey son de tipo chernozem o negros, fértiles con niveles moderadamente altos de materia orgánica. En general, 70% de los suelos del municipio son de tipo arcilla, 20% de tipo arenoso y 10% pedregoso y rocoso. Son excelentes para la agricultura en condiciones de riego.

Condiciones de producción

La producción de zapote mamey en la región se ubica en el trayecto del Río Tlapa, lo que permite tener condiciones ambientales favorables y facilita el establecimiento de comunidades y áreas de producción en la zona de vega del río (Figura 2).

El zapote mamey en la región se produce en huertos comerciales y de traspatio, establecidos a partir de semilla cuya procedencia se procuró de árboles seleccionados por su productividad y características organolépticas. Sin embargo, por ser árboles procedentes de semilla la variabilidad genética es amplia y la entrada a la etapa productiva puede llevar varios años —existen casos en los que el periodo juvenil de los árboles ha sido de 18 años—, aunque existe reportes de periodo juvenil de 7 a 10 años (Narciso y Franklin, 1976; Campbell *et al.*, 1998). Si la propagación es por injerto, los árboles comienzan a producir a los 4 años de plantados, y su máxima producción se espera a partir del séptimo año; la desventaja que presenta esta forma de propagación es que la vida de los árboles es 50 años, que sin embargo también dependerá del manejo (Ricker, 2001).

La selección previa de los materiales para el establecimiento de las huertas se ha basado en elegir frutos de color rojo, con poca fibra y pocas semillas. Las plantas se propagan en viveros rústicos, se germinan en almácigos y también en bolsas; sólo ocasionalmente se realizan tratamientos de escarificación. Estos viveros producen plantas derivadas de semillas de árboles sobresalientes que muestran las condiciones preferidas por los productores y que han sido descritas en el párrafo anterior. Las técnicas de propagación asexual han sido probadas en la región pero en general no son aceptadas por su baja eficiencia, y particularmente en el caso de injertos por suponer que las plantas así propagadas presentan baja productividad. En la región existe un huerto de zapote mamey que se estableció con plantas procedentes de otra región

y su producción ha dado mucho que desear, lo que ha influenciado negativamente a los productores respecto a las bondades de esta y otras técnicas de propagación.

Figura 2. Vista del río Tlapa desde la parte alta de la montaña; su cauce conforma la 'Cañada de Huamuxtitlán' Guerrero, México. Permite los asentamientos humanos y la consecuente actividad agropecuaria. La zona de vega se emplea para el establecimiento de huertos comerciales de frutales, incluido el zapote mamey. 1: Ixcatiopan, Gro.; 2: Alpoyecá, Gro.; 3: "La Huamuchilera", Alpoyecá, Gro.



Los árboles que se encuentran en huertos de traspacio generalmente son muy grandes y viejos, pero también hay plantaciones relativamente recientes en predios dentro de las comunidades. Los árboles establecidos en huertos con arreglos comerciales se ubican en diferentes condiciones: a) Huertos donde inicia el ascenso hacia la zona serrana, en las faldas de los cerros, donde la escasez de agua de lluvia es notoria se resuelve con la aplicación de riego procedente de un manantial ubicado en la parte alta de la cañada; b) Otros huertos son regados con agua procedente del mismo manantial pero con pocos árboles por huerto y, c) Huertos

ubicados en la vega del río que se riegan con agua procedente de un embalse construido en el cauce del río zona que en Alpoyecá, Guerrero, se conoce como “La Huamuchilera” (Figura 3).

Las condiciones particulares de la producción de traspatio permiten la identificación de los árboles con nombres propios; algunos de ellos son: ‘El Conejo’, ‘El Regalo’, ‘El Mexicano’, ‘El Risueño’, mismos que son reconocidos por los productores y algunos llegan a tener más de 100 años, cuyo porte, estructura y productividad implican condiciones de manejo diferentes; ello se debe principalmente a que crecieron prácticamente sin competencia, lo cual influyó en sus dimensiones y en su productividad.

Los productores, para reducir costos y riesgos al trepar los árboles, deciden cosechar todos los frutos en una sola vez, lo que representa pérdidas inmediatas de hasta 40% de la producción por cortar frutos aún inmaduros.

Por las características propias de la región hubo la necesidad de considerar los materiales disponibles y de los cuales los propietarios dieran las facilidades para la realización de este estudio. El interés general del proyecto al que pertenece este trabajo fue el mejoramiento del nivel de vida de los productores de mamey mediante la implementación de un sistema de manejo más eficiente y productivo de los árboles y los huertos.

En un trabajo realizado por Espinosa *et. al.* (2005) los materiales se eligieron con base en la opinión de los productores participantes acerca de los individuos sobresalientes en productividad, color, sabor y forma del fruto; además, se buscó variación en el periodo de producción entre los meses de enero a abril. La convocatoria de participación de los productores fue a través de Fundación Produce Guerrero, la Asociación de Productores de Mamey de Alpoyecá, Guerrero y el grupo de investigadores del Colegio de Posgraduados.

Figura 3. Plantación comercial de zapote mamey “La Huamuchilera” en Alpoyecá, Guerrero, México. Plantación de 15 años a partir de su establecimiento. Productor cooperante Sr. Alfonso Pardo.



Cosecha del zapote mamey

Los frutos se cosechan con ayuda de una pértiga larga provista de una canasta en su extremo para evitar que los frutos se golpeen o caigan al suelo (Figura 4), herramienta que se empleó a nivel del suelo o desde las propias ramas gruesas. Cuando no fue posible el empleo de la canasta por tratarse de árboles muy altos, los frutos se colectaron a mano directamente y fueron bajados del árbol en una bolsa de malla de plástico conocido como “ayate” (Figura 5) para evitar el maltrato de los frutos, o bien se “capotearon” los frutos. El “capoteo” consiste en amortiguar la caída de los frutos lanzados desde la copa del árbol a un costal, pero haciendo una onda para evitar daños físicos (Figura 6), para luego recogerlos y colocarlos en cajas.

En huertas jóvenes se pudo hacer la cosecha con escalera, previa revisión del color interno del fruto en la mayoría de frutos, lo que hizo más fácil y homogénea la cosecha (Figura 7). Cabe señalar que cuanto más difícil es cosechar por la altura de los árboles, es más común cortar frutos que aún no se encuentran en madurez fisiológica.

La cantidad de frutos cosechados dependió del experimento, y en la descripción de cada experimento se especifica la cantidad. La cosecha se hizo cuando los frutos llegaron al estado de madurez fisiológica determinada con el criterio empleado por los productores: realizar una incisión en la cáscara y encontrar el color rosado-carmesí característico. Los frutos en ese estado se cortaron y colocaron a la sombra al menos por 2 h para reducir el calor de campo, y luego se transportaron en cajas de plástico para su evaluación post cosecha al Laboratorio de Postcosecha del Campus Montecillo, Colegio de Posgraduados.

Genotipos seleccionados



Figura 4. Cosecha de zapote mamey mediante una pértiga con canasto, esta forma de cosecha es común en Alpoyecá, Guerrero, México. Árbol 'El Mexicano' de altura superior a 20 m.



Figura 5. Cosecha de zapote mamey con "ayate". El fruto se coloca dentro de él y se baja con ayuda de una cuerda. Esta forma de cosecha se observa en árboles altos en Alpoyecá, Guerrero, México. Árbol 'El Mexicano'. Cortador y "ayate" a más de 15 m de altura.

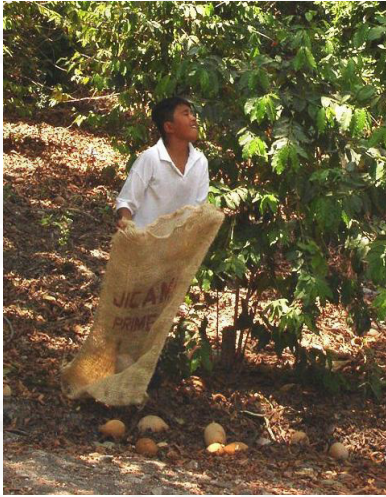


Figura 6. Cosecha de zapote mamey con apoyo de un costal de ixtle para amortiguar la caída del fruto. El “Capoteo” del fruto es una forma con la cual se cosechan frutos de árboles altos en Alpoyecá, Guerrero, México.

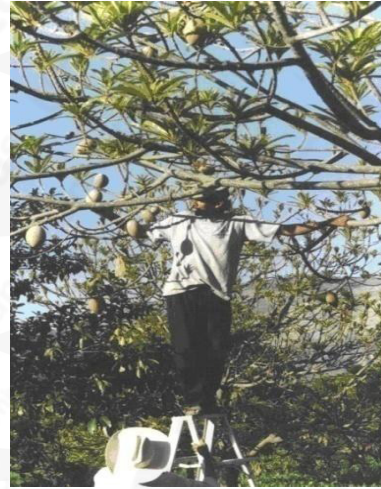


Figura 7. Cosecha con escalera. Árboles jóvenes de zapote mamey en plantación comercial en Alpoyecá, Guerrero, México.

Del total de árboles en producción en la región, se seleccionaron 11 genotipos (Cuadro 5) a los que se les identificó con sus nombres regionales o se les asignó uno basado en el apellido del productor cooperante. Según los productores, estos árboles presentan características sobresalientes: pulpa de color rojo, forma ovoide y una sola semilla, entre otras.

Cuadro 5. Genotipos de zapote mamey seleccionados en la “Cañada de Huamuxtitlán”, Guerrero, México.

Genotipo	Características de interés
Cid	Fruto alargado con pulpa roja, con periodo de cosecha de febrero a marzo, con alternancia no marcada. Árbol de más de 15 años, en plena producción.
Darío	Fruto alargado con pulpa roja, con periodo de cosecha de febrero a marzo, con alternancia no marcada. Árbol de más de 20 años en plena producción.
Díaz	Fruto ligeramente alargado con pulpa roja, periodo de cosecha de enero a febrero. Tercer año en producción. Árbol de más de 15 años en plena producción.
Genaro	Fruto de forma irregular, de pulpa roja, periodo de cosecha de enero a febrero. Árbol de más de 10 años en plena producción.
Juanito	Fruto de forma alargada de pulpa roja, que se cosecha en febrero. Árbol de más de 20 años de edad en plena producción.
Pardo I	Fruto ligeramente alargado de pulpa roja. Periodo de cosecha de enero a febrero. Árbol de 14 años de edad en plena producción.
Pardo II	Fruto ligeramente alargado de pulpa roja. Periodo de cosecha de enero a marzo. Árbol de 14 años de edad en plena producción.
Pardo III	Fruto ligeramente alargado de pulpa roja. Periodo de cosecha de enero a febrero. Árbol de 14 años de edad en plena producción.
Regalo	Fruto ligeramente alargado de pulpa roja. Periodo de cosecha de enero a febrero. Árbol de más de 80 años en plena producción.
Risueño	Fruto ligeramente alargado de pulpa roja. Periodo de cosecha de enero a marzo. Árbol de más de 100 años.
Rojo	Fruto ligeramente alargado de pulpa roja. Periodo de cosecha de enero a febrero. Árbol de 50 años.

Literatura citada

- Abbott, J A, Watada, AE and Massie D. 1984. Sensory and instrument Measurement of apple texture. J. Amr. Soc. Hort. Sci. 109 (2): 221-228.
- Aguilar, Ma.E. 1999. Mejoramiento genético y conservación de cultivos agrícolas y especies forestales, del zapote sub-línea 1.3 CATIE-Costa Rica.
- Disponible en línea: <http://216.109.117.135/search/cache?p=sublinea+1.3+mejoramiento+gen%a9tico+y+conservaci%c3%b3n+de+cultivos+agr%adcolas+y+especies+forestales+zapote&ei=UTF-8&vm=i&n=20&fl=0&url=5ejfD-0joNMJ>; www. catie.ac.cr/intranet/documentos/semana/pag 25-33 pdf. Julio de 2008.
- Agusti M. 2000. Crecimiento y maduración del fruto. In: Azcon-Bieto J y Talon M (eds). Fundamentos de Fisiología vegetal. MC Graw hill- Interamericana y Ediciones UNiversitat de Barcelona. España. P 419-433.
- Alia-Tejagal, I.; Colinas-León, M. T.; Martínez-Damián, M.T. y Soto-Hernández, M. R. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) durante poscosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura 8(2): 263-281
- Alia-Tejagal, I.; Colinas-León, M. T.; Martínez-Damián, M.T. y Soto-Hernández M.R. 2005. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn). I. Cambios en volátiles, firmeza y azúcares totales. Revista Fitotecnia Mexicana. 28 (1):17-24
- Alia-Tejagal, I.; Villanueva-Arce, R.; Pelayo-Zaldívar, C.; Colinas León, M.T.; López Martínez L. y Bautista-Baños, S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). Postharvest Biology and Technology 45: 285-297
- Alix, C. 1999. Frutales y condimentarias del trópico húmedo. UNAH-CURLA/ SAG-DICTA/ AFE-COHDEFOR/ACDI-PDBL. La Ceiba, Honduras. 345 p.
- Aprocede A.C. 2005. Estudio de mercado para identificar la potencialidad de exportación de Licor de Naranja “Moscos” en el mercado Hispano del Medio Oeste de los Estados Unidos de Norteamérica. 102 p.
- Arenas-Ocampo, M.L.; Evangelista-Lozano, S.; Arana-Errasquin, R.; Jiménez-Aparicio, A.R. y Dávila-Ortiz, A.G. 2003. Softening and biochemical changes of zapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different developmentand ripening stages. J. Food Biochem. 27: 91–107.
- Arenas M.L.; Corona M.L.; Sánchez, J.; Martínez R. del Villar, A.; Lozano, E. y Bermúdez K. 2002. El color de la epidermis: índice de maduración de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn). 53 Congreso Agronómico. SIMIENTE. Sociedad Agronómica de Chile. 72 (3-4): 54.
- Azurdia, C; Martínez E.; Ayala H.; Mejia L. y Nuño B. 1997. Zapote, *Pouteria sapota*. Injerto, *Pouteria Viridis* dos entidades taxonómicas de Sapotaceae en: Ciencia y Tecnología. Universidad de San Carlos 101 p.

- Bayuelo, J. J. S. e Ochoa, I. 2006. Caracterización morfológica de sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn) del Centro Occidente de Michoacán. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29 (1): 9- 17.
- Bin-bin, W.; Jing-ping, R.; Bai-yun, L.; Qin-yi, L. y Hai-yan, Z. 2008. Effect of harvest date on fruit quality and storage duration of kiwifruit. *Xibei Zhiwu Xuebao* 28 (4):788-792
- Brady, J. C. 1987. Fruit Ripening *Ann. Rev. Plant Physiol.* 8: 155-178.
- Campbell, C.W. y Lara, S.P. 1982. Mamey sapote cultivars in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 95: 114-115.
- Campbell, R.J. 1992. 'Danny', a new mamey sapote cultivar. *Proceedings of Interamerican Society Tropical Horticulture.* 36:36-39
- Campbell, R.J. 1996. South American fruits deserving further attention. 431-439. In: Janick, J. (ed.) *Progress in new crops.* ASHS Press, Arlington, VA, USA.
- Campbell, R.J., Zill, G.; Mahdeem, G. H. 1998. New mamey sapote cultivars from tropical America. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 41: 219-222.
- Cruz Pineda, E. y Deras Flores, H.R. 1999. Recolección y establecimiento de las colecciones de campo de especies frutales, La Libertad, El Salvador C.A. www.centa.gov.sv/documentos/frutales/boletines/zapote.pdf. mayo de 2008
- Cruz Pineda, E. y Deras Flores, H.R. 2002. Caracterización de variedades de zapote. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Boletín Técnico* No. 6. La Libertad, El Salvador C.A. 19 p
- Díaz, P.C.J.; Bautista, S.; Villanueva R. y López R.G. 2003. Modeling the ripening of sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn] fruit at various temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1): 199-202.
- Díaz-Pérez J C, S Bautista, R Villanueva (2000) Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage *Postharvest Biology and Technology* 18: 67-73
- Domínguez, O.L. 2008. Fenología de la floración y fructificación en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn (Sapotaceae)]. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México 186 p.
- Donadio, L.C. y Duringan, J. F. 1995. Evaluation of new fruit species in Sao Paulo, Brasil. *Proceedings of Interamerican Society of Tropical Horticulture* 39: 162-165.
- Elsy, T.E.S., Díaz, J., García, K., Vargas, L.; González, S. y Centurión, A. 2007. Calidad y vida útil de dos cultivares de mamey (*Pouteria sapota*) cosechados en Yucatán, México. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones.
- Ergun, M.; Sargent, A.S.; Fox, J.A., Crane, H.J., Donald, J. y Huber D.J. 2005. Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropene treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2): 127-134.

- Espinosa, Z. S.; Saucedo V.C.; Villegas M. A.; e Ibarra E.M.E. 2005. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq) H.E. Moore & Stearn) en Guerrero México. *Proceedings of Interamerican Society Tropical Horticulture*. 49:135-138
- FAO/OMS. 2008. Normas alimentarias. *Codex Alimentarius*. <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do> 859-862. Septiembre de 2008.
- Ferreira, A.; Aulheiro A.C.S.; Bernalte-García, M.J. y Riveiro M. G. 2005. Avaliação da qualidade da ameixa 'Rainha Cluadia verde' Métodos instrumentais vs avaliação sensorial. *Jornadas do ICAM (Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas. Inovação Tecnológica nos Sistemas Agrícolas Mediterrâneas. University of Evora, Portugal. T 3 Productos alimentares Mediterrânicos: Da tradição a inovação 02.*
- Galván, D.M. y Núñez, T.R. 1994. Selección de materiales sobresalientes de zapote mamey en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Interamerican Society for Tropical Horticulture XL Reunión Anual. Programa y Memoria de Resúmenes, Campeche, México, 155 p.*
- García V., E; Cautelán M., E. y Domínguez O., L. 2007. Mamey (*Pouteria sapota*), evidencias anatómicas acerca del tipo de fruto e implicaciones fisiológicas. *XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. 14 al 17 de agosto de 2007. Zacatecas, Zac. México, pp 90-91.*
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema Köppen-García (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Offset Larios. México, D.F. 219 p.*
- Gazel Filho, A.B.; Morera, P. J.; Ferreira, P; León, J. y Pérez, J. 1999. *Plant genetic Resources Newsletter 117:37-42*
- Goldschmit, E.E. 1986. *Maturation, ripening, senescence and their control: A comparison between fruit and leaves. Hand Book of Fruit Set and Development CRS Press Inc Boca Ratón, Florida. 586 p*
- Grange, R.J. 1993. Crecimiento del fruto. En: *Fisiología y Bioquímica vegetal. Azcon-Bieto y Talón (Eds). Interamericana-McGraw-Hill. Madrid, España. p 449 -462.*
- Grierson, D. 1987. Senescence in fruits. *Hortscience. 22(5): 31-39*
- Guerra, M. y Casquero, P. A. 2008. Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. *Postharvest Biology and Technology 47 : 325-332*
- Herrero, A. y Guardia, J. 1992. *Conservación de frutos manual técnico. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. 409 p*
- Hobson, G.E. 1993. Maduración de fruto. En: *Fisiología y Bioquímica vegetal. Azcon-Bieto y Talón (Eds). Interamericana-McGraw-Hill. Madrid, España. p 462 -478.*
- Huber, D. J. 1987. Postharvest Senescence: An Introduction to the symposium *Hortscience Vol 22 (5): 853-854*
- Hulme, A.C. 1971. The mango. In: *The biochemistry of fruits and their products. Hulme A.C. Vol. 2: Academic Press. London pp 233-254*

- Ibarra Estrada, M.E. 2005. Morfología de las hojas y fonología en selecciones de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) de Alpoeyca Gro., y Cazonas, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 60 p.
- ICUC. 2004. *Pouteria* fruits of the future. International Centre for Underutilized Crops. Factsheet No. 11. June 2004. Consulta Agosto de 2008.
- ICUC. 2005. Tres especies de zapote en America Tropical: *Pouteria campechiana*, *P. sapota*, *P. viridis*: Manual de campo para extensionistas y fruticultores. Manual práctico No. 6. Chichester UK. 41 pp.
- INEGI. 2000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del Estado de Guerrero, Anuario Estadístico del Estado de Guerrero año 2000, Aguascalientes, Ags., Manual " Los municipios de Guerrero", editado por CEDEMUN.
- Jiménez, F.G. 2007. Fertilización orgánica y mineral del zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 87 p.
- Journet, E.P.; Bligny, R. y Douce, R. 1986. Biochemical Changes during sucrose deprivation in higher Plant cell. The Journal of biological chemistry vol. 261 (7) 3193-3199.
- Kader, A.A. 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture. 88(11):1863-1868
- Lahav, E. y Lavi U. 2002. Genetics and classical breeding. In: The Avocado Botany, Production and Uses. Wiley A., Schaffer, B. y Wolstonholme B. (eds). Cab International. P 43.
- Lamberts, M. y Crane, J.H. 1996. Tropical fruits.. In: Janick, J y Simon J.E. (ed.) Advances in new crops. Proceedings of the first national symposium "New crops: research, development, economics". Timber press. Portland, Oregon, USA. P: 337-355
- Lee S. K., Young, R.E., Schiffman P.H. y Coggins C.W. Jr. 1983. Maturity studies of avocado fruit based on picking date and dry weight. J. Amr. Soc. Hort. Sci. 108 (3): 390-394
- Macheix, J.J.; Fleuriet, A. y Billot, J. 1990. Changes and metabolism of phenolic compounds in fruits. Fruits phenolics. CRC Press Inc. Boca Ratón Florida. Pp: 149-143
- Manzano, E.J. 2001. Caracterización de algunos parámetros de calidad de frutos de zapote mamey (*Calocarpum sapota* (Jacq.) Merr. En diferentes condiciones de almacenamiento. Proceedings of Interamerican society for Tropical Horticulture 43: 53-56
- Martínez M., A., Alía T., I.; Colinas L., M.T. 2006. Refrigeración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) cosechados en diferentes fechas en Tabasco, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 29(2): 51-57.
- Martínez T.; M.A., Pérez T. G.O.; Briceño, T.O.; Vargas A. I. y Díaz P., J.C. 1999. Actividad de polifenoloxidasas y peroxidasa en frutos de mamey sapote (*Pouteria sapota*). Revista Iber. Tecnología Postcosecha, 1(2): 120-125.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective measurements. HortScience 27(2):1254-1255.
- Medlicott, P.A. y Thompson, K. A. 1985. Analysis of sugar organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by High Performance Liquid Chromatography. J. Sci. Food Agric 36: 561-566

- Méndez, R. I.; Namihira G., D.; Moreno A., L y Sosa de M. C. 1990. El protocolo de la investigación: lineamientos para su elaboración y análisis. 2a. edición 1990, novena reimpresión 2004, editorial trillas 210 p.
- Minolta. 1994. Precise color communication. Tokio, Japan 49 p
- Morera, A. J. 1992. El zapote. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Costa Rica. 20 pp
- Morton, J. 1987. Fruits of warm climates. Miami, Florida, USA. Oktay, M.; Kûfrevioglu, I.; Kocalliskan, I.; Sakiroglu, H. 1995. Polyphenoloxidase from 'Amasya' apple. J. Food Sciences 60: 494-496.
- Mossler, M. y Nesheim, N. 2002. Florida crops pest management profile; mamey sapote y sapodilla. University of Florida. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. <http://edis.ifas.ufl.edu/PI054>. Septiembre de 2008.
- Narciso, A. y Franklin, W. M. 1976. Cultivation of neglected tropical fruits with promise Part 2. The Mamey sapote. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- <http://www.worldagroforestry.org/sea/Products/AFDbases/af/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=18001>
- Niembro Rocas, A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México: Naturales e introducidos. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques- LIMUSA. p 151-152.
- Pennington, T.D. y Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 518 pp
- Popenoe, W. 1948. Manual of tropical and subtropical fruit. Collier-McMillan publishers. New York.
- Remorini D.; Tavarini S.; Degl'Innocenti E.; Loreti F.; Massai R. y Guidi L. 2008. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. Food Chemistry 110: 361-367
- RHS. 2006. Color Chart in association with the Flower Council of Holland. The Royal Horticultural Society. London, England
- Sandoval, M.E.; Nieto A. E.; Alía T., I.; López M., V., Colinas L., M.T., Martínez D., M.T.; Acosta M., C.; Andrade R., M., Villegas T., O. y Guillén D.S. 2006. Crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en Morelos, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 29 (2): 59 – 62.
- SAS. 1999. The Statistical Analysis System. The SAS Institute.
- Saucedo V., C.; Martínez M., A.; Chávez F. S. H. y Soto H., M. R. 2001. Maduración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) tratados con etileno, Revista Fitotecnia Mexicana, 24 (2): 231-234.
- SIACON. 2007. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SIACON Ver I. I. México.
- SNIIM. 2008. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, Mercados nacionales, Productos Agrícolas, Resumen Mensual de precios al mayoreo de frutas y hortalizas precios por presentación comercial, www.secofi-sniim.gob.mx. Consulta junio de 2008.

- Tellez Palos, P. 2008. Tratamientos postcosecha para reducir daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn) en Alpoeyca Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 79 p.
- Torres, M.A.; Mau Lastovicka, T. y Rezaaiyan, R. 1987. Total phenolics and high Performance Liquid Chromatography of Phenolic Acids in avocado. *J. Agric. Fodd. Chem.* 35: 921-925.
- Tucker, G. A. 1993. Introduction. P 1-55. In Seymour G B, Taylos J E y Tucker G A (eds) *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman & Hall. London UK 454 pp
- Villanueva A., R.; Lozano E., S., Ocampo L., A.M.; Pérez C., D. J., y Bautista S. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 6 (1): 63.
- Villanueva-Arce, R.; Evangelista-Lozano, S.; Arenas-Ocampo, M.L., Díaz-Pérez, J.C.; Bautista-Baños, S. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y poscosecha de mamey (*Pouteria sapota* (Jacq) H.E. Moore & Stearn). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 63-72.
- Villegas-Monter, A. 2008. Introducción. En: *El zapote mamey en México: Avances de Investigación*. Alía-Tejagal, I.; Villegas-Monter, A.; López-Martínez, V.; Andrade-Rodríguez, M.; Acosta-Durán, C.M.; Villegas-Torres, O.G. y Guillén-Sánchez, D. (Eds). Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Villegas-Monter, A. y Mora-Aguilera, A. 2008. Propagación de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn)]. En: *El zapote mamey en México: Avances de Investigación*. Alía-Tejagal, I.; Villegas-Monter, A.; López-Martínez, V.; Andrade-Rodríguez, M.; Acosta-Durán, C.M.; Villegas-Torres, O.G. y Guillén-Sánchez, D. (Eds). Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. P 1-16
- Villegas-Monter, A., Ibarra-Estrada, M.E. y Espinosa-Zaragoza, S. 2005. Expectativas de las sapotáceas en México. XVIII curso de actualización frutícola. Del 5-7 de Octubre de 2005. Coatepec Harinas, México.
- Witham F.F.; Blaydes, D.F. y Devlin, R.M. 1971. *Experiments in plant physiology*, Van Nostrand Rteinhold Company. New York, USA 245 p



UNACH

XVII.
ÁCAROS EN CITRICOS

Josep Anton Jacas Miret

UNACH

ÁCAROS EN CÍTRICOS

La acarofauna asociada al cultivo de cítricos es diversa y abundante, y para nuestros fines podemos dividirla en tres grandes grupos:

1. Especies fitófagas cuyos daños hacen que a menudo sean consideradas plaga
2. Especies acarófagas, cuya actividad depredadora suele ser fundamental para asegurar que las especies fitófagas no alcancen la categoría de plaga, y
3. Resto de especies no plaga, que incluye a especies fungívoras y saprófagas, importantes en los ciclos de los nutrientes y de la materia orgánica, y que frecuentemente sirven de alimento alternativo para los ácaros depredadores

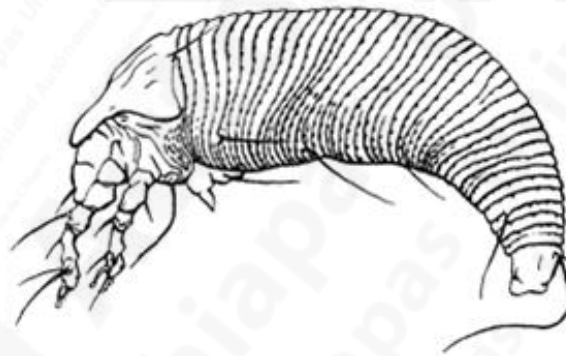
Ácaros fitófagos

Las especies de ácaros fitófagos más importantes para el cultivo de los cítricos pertenecen a las familias Eriophyidae, Tetranychidae, Tenuiplapidae y Tarsonemidae (Tabla 1), todas ellas incluidas en el orden Actinedida o Prostigmata. Estos ácaros se alimentan de células epidérmicas que vacían total o parcialmente a través de sus quelíceros transformados en estiletes. Las células atacadas pierden clorofila, por lo que es frecuente la aparición de manchas cloróticas (que conlleva una disminución de la actividad fotosintética), y, si las células se vacían totalmente, pueden originar decoloraciones plateadas más o menos mates en la zona atacada, que

más tarde puede pardear. En el caso de los Eriophyidae, los daños son debidos también a la inyección de sustancias tóxicas junto con la saliva al alimentarse. Estas sustancias pueden originar la aparición de agallas, vejigas o pelos hipertrofiados (eriosis), por lo que es frecuente que las plantas atacadas muestren órganos deformes con coloraciones alteradas.

Los ácaros de la familia Eriophyidae son de muy pequeño tamaño (0.1-0.3 mm), y se caracterizan por su cuerpo alargado, de apariencia anillada, que puede ir recubierto dorsal y ventralmente de microtubérculos o por placas, lo que les confiere un aspecto vermiforme, y la presencia de sólo dos pares de patas, que acaban en un empodio plumoso, en todos los estados de desarrollo (Figura 1). No presentan tráqueas, por lo que al respirar cutáneamente, son muy sensibles a productos que como el azufre, interfieren con el sistema captador de oxígeno. Los Eriophyidae suelen ser muy específicos y presentan un rango reducido de huéspedes.

Figura. 1a. Aspecto típico de un ácaro Eriophyidae (Fuente: www.ca.uky.edu).



(Fuente: www.ca.uky.edu).

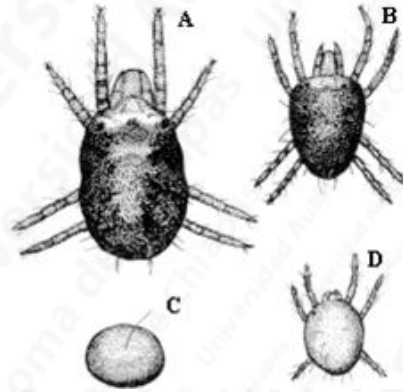
Figura. 1 b. *Aculus pelekassi*

(Fuente: Childers & Achor, 1999)

Esta familia incluye una docena de especies asociadas a los cítricos (Childers y Achor, 1999), de las que destacan tres de distribución mundial: el ácaro de las maravillas del limonero, *Aceria sheldoni*, el ácaro rosa *Aculus pelekassi*, y el ácaro del tostado, *Phyllocoptruta oleivora*, así como otras dos de importancia regional: *Calacarus citrifolii* en Sudáfrica y *Tegolophus australis* en Australia.

Tetranychidae y Tenuipalpidae forman parte de la superfamilia de los Tetranychoidae. Los ácaros de este grupo, con una talla alrededor de los 0.5 mm, presentan 3 pares de patas en el estado larvario y 4 en el resto. Son más móviles que los Eriophyidae y suelen presentar un claro dimorfismo sexual, ya que los machos suelen ser piriformes y de menor tamaño que las hembras, que son más redondeadas. Normalmente, reciben el nombre vulgar de arañas o arañuelas. Los Tenuiplapidae son muy parecidos a los Tetranychidae, pero su cuerpo es aplastado, con el tegumento reticulado y un surco medio (el surco seyugal) muy marcado (Figura 2).

Figura. 2a. Aspecto típico de un Tetranychidae: A: hembra adulta B: Macho adulto; C: huevo; D: larva



(Fuente: www2.ncsu.edu).

Figura. 2b. Aspecto típico de un Tenuipalpidae, con el cuerpo aplanado y dividido por el surco seyugal



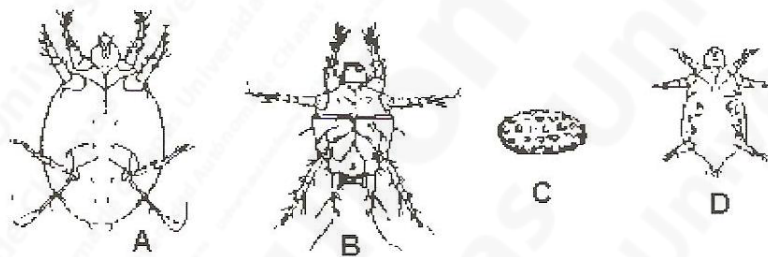
(Fuente: emu.arsusda.gov)

La familia Tetranychidae incluye géneros de distribución mundial y con importancia variable según zonas, como *Eotetranychus* spp. (con 7 especies citadas en cítricos, Jeppson et al. 1975), *Eutetranychus* spp. (con 6 especies citadas en cítricos, McMurtry, 1985), *Panonychus citri*, o *Tetranychus* spp.

Entre los Tenuiplapidae, encontramos un único género de interés: *Brevipalpus* spp., cuya importancia va ligada a la presencia en la zona del virus de la leprosis de los cítricos (CiLV), del que es vector.

Los Tarsonemidae son ácaros de pequeño tamaño (0.1-0.3 mm), por lo que son difícilmente visibles a simple vista. Presentan un gran dimorfismo sexual, ya que los machos son más pequeños que las hembras y presentan el cuarto par de patas engrosado y una placa genital al final del cuerpo, mientras que las hembras poseen un 4º par de patas muy fino (Fig. 3). Los Tarsonemidae inyectan sustancias tóxicas al alimentarse, por lo que suelen provocar crecimientos exagerados.

Figura. 3. Aspecto típico de un Tarsonemidae. A: hembra y B: macho adultos; C: huevo; D: larva



(Fuente: ipm.ncsu.edu)

Existe un solo Tarsonemidae de importancia citrícola: la araña blanca, *Polyphagotarsonemus latus*, que, por la polifagia a que alude su nombre, es plaga importante en otros muchos sistemas agrícolas.

1.1. Eriophyidae

1.1.1. *Aceria sheldoni*

Este es un ácaro cosmopolita que puede provocar la aparición de malformaciones en cualquier órgano del árbol. Aunque todas las especies y variedades de cítrico son sensibles a este fitófago, los daños de mayor importancia suelen ir asociados a los limoneros. Una hembra de esta especie puede llegar a poner hasta 50 huevos en las yemas de los árboles donde se encuentran sus colonias. Las ninfas que salen de estos huevos mudarán en dos ocasiones antes de alcanzar el estado adulto. La alimentación de todos los estadios provoca malformaciones en el órgano en desarrollo, ya sea éste una flor, un fruto, o un brote. La mayoría de los órganos afectados abortan y caen prematuramente, pero algunos prosiguen su desarrollo originando malformaciones vistosas que, en el caso de los brotes, pueden comprometer seriamente la formación del árbol. Las generaciones de este ácaro se solapan a lo largo del año, y su ciclo dura unos 10 días en verano pero puede alargarse hasta un mes en condiciones invernales.

Se trata de un ácaro con mayor importancia en zonas de clima mediterráneo. Aunque dispone de enemigos naturales que interesa respetar al máximo (pertenecientes a las familias Phytoseiidae, Cheyletidae y Stigmaeidae), en las zonas donde este ácaro es problema se suele emplear la lucha química con tratamientos específicos antes de la floración.

1.1.2. *Aculus pelekassi*

Este ácaro se parece mucho al ácaro del tostado, *P. oleivora*, aunque sus hábitos, como veremos, son algo distintos, y su importancia económica mucho menor que la de aquél. Tras pasar el invierno refugiados en las yemas, los adultos de esta especie, de color rosa frente al color más anaranjado-beige de *P. oleivora*, depositan sus huevos translúcidos al azar en la superficie hojas y frutos, contrariamente a *P. oleivora* que pone sus huevos opacos preferentemente a lo

largo de las nervaduras de las hojas o en depresiones del fruto. Los máximos poblacionales de esta especie se suelen dar en verano y cuando sus poblaciones son altas, su alimentación puede provocar la aparición de síntomas parecidos a los del tostado en fruto, aunque además, pueden provocar deformaciones en las hojas y, en casos extremos, incluso una caída prematura de las mismas.

En Japón, este ácaro tiene importancia económica en huertos donde se aplica control químico, especialmente desde la aparición de razas resistentes a ditiocarbamatos utilizados contra algunas enfermedades de los cítricos. Puesto que no se ha podido establecer la importancia de sus enemigos naturales, en ese país se recomienda utilizar productos dirigidos contra otras plagas con efecto sobre *A. pelekassi*.

1.1.3. *Phyllocoptruta oleivora*

Este es probablemente el Eriophyidae, y uno de los ácaros más importantes de los cítricos, desde el punto de vista económico. Se trata de una especie cosmopolita, presente en todas las regiones citrícolas del mundo, destruye las células epidérmicas de los frutos, que toman un aspecto entre plateado (los limones) a marrón tostado (las naranjas) que los deprecia totalmente si van destinados a consumo en fresco. Aunque su ciclo puede quedar interrumpido en invierno en zonas templadas, en condiciones óptimas, a unos 30°C, un huevo tarda sólo 6 días en completar su desarrollo, por lo que *P. oleivora* puede llegar a presentar hasta 20 ó 30 generaciones anuales. Las hembras de esta especie ponen unos 30 huevos en el mes a mes y medio que dura su vida. El ácaro suele preferir las zonas soleadas del árbol, aunque evita aquellas más calientes del exterior del mismo. Aunque *P. oleivora* puede vivir en cualquier órgano del árbol, los daños más temidos son los que afectan al fruto. En función del momento en que el fruto es colonizado, los daños pueden variar. Cuando el ataque empieza de forma

temprana, el resultado es un aspecto tostado, mientras que si el ataque es tardío origina manchas más oscuras. Además, cuando las poblaciones crecen rápidamente, se pueden producir acumulaciones de mudas (el ácaro sufre dos mudas antes de alcanzar el estado adulto) en el fruto que le confieren un aspecto polvoriento.

El ácaro del tostado posee numerosos enemigos naturales, que, salvo excepciones (Palevski *et al.* 2003), difícilmente pueden llegar a controlar sus explosivas poblaciones. No ocurre lo mismo con el hongo entomopatógeno *Hirsutella* sp., que bajo condiciones de alta humedad relativa puede llegar a controlar al ácaro. En general es recomendable respetar al máximo la fauna auxiliar de los huertos, proporcionándoles alimento alternativo (mediante la siembra de cubiertas con plantas productoras de polen, setos, etcétera), o utilizando productos selectivos contra otras plagas. En caso de ser necesario tratar químicamente esta plaga, se recomiendan los aceites u otros productos selectivos.

1.1.4. *Calacarus citrifolii*

Esta es una especie de origen africano, localizada en el sur del continente, que suele vivir en el envés de las hojas y que actúa como vector de la enfermedad del “concentric ring blotch” de los cítricos, que se caracteriza por la aparición de manchas necróticas en el haz de las hojas que crecen y acaban uniéndose. Esta enfermedad es importante en viveros y en plantaciones jóvenes y suele aparecer de forma errática.

1.1.5. *Tegolophus australis*

Este es un Eriophyidae circunscrito al continente australiano, donde constituye una plaga importante de todo tipo de cítricos. Los adultos de este ácaro, cuyos daños asemejan a los del ácaro de tostado, son más oscuros que los de *P. oleivora* y además poseen una silueta distinta, ya que mientras los adultos de *P. oleivora* tienen forma de puro (con los lados del cuerpo casi paralelos),

los de *T. australis* presentan la parte anterior ensanchada por lo que su forma es más parecida a un triángulo isósceles (con los lados convergentes en el pigidio). Aunque, como hemos dicho, los daños de este ácaro son muy parecidos a los del ácaro del tostado, *T. australis* tiene una marcada preferencia por las zonas más soleadas y cálidas del exterior del árbol. En condiciones normales, este ácaro está sometido a un excelente control biológico por parte de diversas especies de Phytoseiidae presentes en los huertos de forma natural, destacando *Euseius victoriensis* (Womersley), *Euseius elinae* (Schicha) y *Amblyseius herbicolus* (Chant). Hay que tener cuidado en los huertos para no tratar con productos que destruyan a estos valiosos aliados.

1.2. Tetranychidae

1.2.1. *Eotetranychus lewisi*

Este ácaro no se considera una plaga importante de los cítricos. Morfológicamente es muy parecido a *T. urticae*, aunque su tamaño es un poco menor y presenta un número variable de manchas laterales. Sus poblaciones se desarrollan sobre los frutos, normalmente en la zona estilar, donde se alimentan. Esta actividad origina la aparición de zonas plateadas en limones o herrumbrosas en naranjas. No suele requerir de tratamientos específicos.

1.2.2. *Eotetranychus sexmaculatus*

El ácaro de seis manchas es otra plaga secundaria de los cítricos. Es de color amarillo y normalmente presenta las 6 manchas negras a que alude su nombre vulgar. Al igual que *T. urticae*, esta especie se suele situar en el envés de las hojas, donde forma colonias protegidas por telaraña. Estas zonas suelen abombarse y se amarillean. Las hojas atacadas pueden caer prematuramente. Normalmente, los enemigos naturales de este ácaro impiden que sus daños sean importantes.

1.2.3. *Eotetranychus yumensis*

Se trata de una especie prácticamente circunscrita al SW de Estados Unidos y N de México, que va ligada al pomelo y al limón. Morfológicamente se parece a *P. citri*, pero su color es más rosado y, además, produce telarañas. Aunque sus poblaciones pueden alcanzar picos importantes en invierno y primavera, cuando invaden el envés de las hojas donde realizan la puesta protegida por las telarañas, el daño que provocan no suele justificar ningún tipo de intervención para su control.

1.2.4. *Eutetranychus banksi*

Este ácaro presenta muchas semejanzas, tanto morfológicas como de comportamiento, con *P. citri*, y sobre todo con *E. orientalis*. Su coloración es pardoverdosa, y presenta setas más cortas que las del ácaro pardo. El macho tiene unas patas extraordinariamente largas en comparación con otros Tetranychidae. Los huevos son lenticulares y suelen aparecer a lo largo de las nerviaduras de las hojas, en cuya cara superior, y de forma extendida, viven y se alimentan los adultos de esta especie, que pueden formar telarañas poco aparentes. Su alimentación provoca la aparición de zonas decoloradas, que pueden llegar a morir y necrosarse.

Aunque pueden pasar al fruto, los daños en éste suelen pasar desapercibidos. Cuando sus poblaciones son altas, puede ser necesario intervenir químicamente contra esta especie. Su ataque combinado con estrés hídrico puede provocar defoliaciones importantes.

1.2.5. *Eutetranychus orientalis*

Esta especie es muy parecida tanto en morfología como biología a la anterior (Figura 4), aunque su color es un poco más anaranjado. Para su separación hay que recurrir a preparaciones microscópicas que permitan observar su quetotaxia. Provoca la aparición del mismo tipo de daños que *E. banksi*. Esta especie suele producir problemas cuando su complejo de enemigos

naturales (formado principalmente por ácaros depredadores Phytoseiidae y Coccinellidae del género *Stethorus*) ha sido destruido por tratamientos inadecuados, especialmente tras la aplicación de piretroides.

Figura 4. Hembra de *E. orientalis*



Figura 4b. Macho de *E. orientalis*



1.2.6. *Panonychus citri*

Es ésta una especie cosmopolita, prácticamente restringida a los cítricos, cultivo al que puede producir graves daños, especialmente en naranjas del grupo de las Navel. La hembra es redondeada, de color granate y se caracteriza por las setas que surgen de unas protuberancias en su dorso. Los machos son piriformes y de menor tamaño. La puesta se realiza preferentemente cerca de las nervaduras foliares. El huevo es esférico y presenta un pelo en su polo superior al que la hembra une unas sedas para anclarlo en el sustrato. Aparte de estas sedas, esta especie apenas produce telaraña. La larva hexápoda que sale del huevo pasa por dos estadios ninfales antes de alcanzar el estado adulto. El ciclo se completa en alrededor de un mes, y puede completarse sobre cualquier órgano de la planta atacada. Las picaduras producidas al alimentarse producen una decoloración de la zona atacada, que toma un aspecto plateado. Los frutos dañados presentan una tonalidad mate que puede originar rechazo. Si el ataque es intenso, sobre todo si va acompañado de estrés hídrico, se pueden producir intensas defoliaciones.

Este ácaro posee numerosos enemigos naturales que son capaces de controlarlo por debajo de sus niveles de daño, tanto ácaros Phytoseiidae (*Euseius* spp.), como Coccinellidae (*Stethorus* spp.) y algunos Neuroptera (*Conwentzia* spp., *Semidalis* spp.). Por ello, es fundamental que los tratamientos que se apliquen en el huerto sean respetuosos con esta fauna. Es frecuente que los problemas con esta especie se presenten tras aplicaciones poco selectivas que han eliminado a estos aliados.

1.2.7. *Tetranychus urticae* (y *T. cinnabarinus*)

El complejo *T. urticae*-*T. cinnabarinus* es común en la mayoría de zonas citrícolas de clima mediterráneo. Hasta este momento, no hay unanimidad sobre la entidad de estas dos especies. Se atribuye a *T. urticae* la ocurrencia de diapausa invernal, mientras que *T. cinnabarinus* permanecería activa durante todo el año.

1.2.7. *Tetranychus urticae* (y *T. cinnabarinus*)

El complejo *T. urticae*-*T. cinnabarinus* es común en la mayoría de zonas citrícolas de clima mediterráneo. Hasta este momento, no hay unanimidad sobre la entidad de estas dos especies. Se atribuye a *T. urticae* la ocurrencia de diapausa invernal, mientras que *T. cinnabarinus* permanecería activa durante todo el año.

Aquí las trataremos como una sola especie a la que denominaremos *T. urticae*. Se trata de una especie muy polífaga, que causa graves problemas en numerosos cultivos. En cítricos, los daños más importantes se producen en variedades de mandarino y de limonero. Las hembras de esta especie tienen un color rojo vivo, con dos manchas oscuras a los lados y presentan setas que no salen de tubérculos dorsales (Fig. 5a), contrariamente a lo que ocurre con *P. citri*, por lo que ambas especies se pueden distinguir fácilmente. Esas dos manchas laterales también las presentan machos, de menor tamaño, y formas inmaduras, todos ellos de color amarillento.

Los huevos son esféricos y transparentes, y *T. urticae* los deposita libremente sobre el sustrato alimenticio, protegidos por las telarañas que esta especie produce en abundancia. Sus colonias en las hojas se suelen situar en el envés. La zona atacada se abomba y se muestra como una mancha clorótica por el haz (Fig. 5b). Los ataques intensos pueden provocar defoliaciones, pero el daño más temido es el que aparece en el fruto. Normalmente, *T. urticae* se sitúa en las zonas estilar y/o peduncular, donde sus picaduras provocan la aparición de cicatrices que al madurar el fruto pueden cubrir en mayor o menor grado la corteza, y que pueden suponer su rechazo cuando va destinado a consumo en fresco. En limón, estas cicatrices oscuras, que aparecen típicamente en la zona estilar, le valen el nombre de 'bigote'.

Figura 5a. Hembra de *T. urticae* e inmaduros en una colonia.



Figura. 5b. Manchas cloróticas típicas del ataque de *T. urticae* en clementino.



Aunque esta especie posee numerosos enemigos naturales de reconocida eficacia (Phytoseiidae, fundamentalmente), en cítricos, éstos no acaban de funcionar. Por ello, es fundamental llevar a cabo prácticas culturales en el huerto que no favorezcan su presencia (como el uso de cubiertas vegetales de gramíneas), garanticen la ocurrencia de brotaciones normales en verano y la utilización de productos fitosanitarios lo más respetuosos posible para con sus enemigos naturales.

1.3. Tenuipalpidae

Brevipalpus spp.

Las especies pertenecientes a este género suelen tener poca importancia para los cítricos. Son de colores anaranjados y se asemejan mucho a las Tetranychidae. En la mayoría de situaciones, estos ácaros se desarrollan lentamente y por ello no llegan a constituir problemas. Sin embargo, 3 de las 4 especies asociadas a los cítricos (Tabla 1) son vectores de la enfermedad

de la lepra de los cítricos. Esta grave enfermedad, que sólo se encuentra en América (Figura 6), hace que en aquellos lugares donde está presente el control de este ácaro tenga una gran importancia.

Esta enfermedad se traduce en lesiones no sistémicas, de aspecto redondeado, que aparecen en frutos, hojas y brotes, y cuya gravedad depende de la variedad atacada y de la zona. En las hojas, las manchas (de hasta 2 cm de diámetro) presentan un núcleo central oscuro de unos 2 a 3 mm de diámetro, rodeado de un halo clorótico con uno o más anillos concéntricos marrones. En los frutos, las lesiones se necrosan. Estas lesiones pueden unirse formando manchas de mayor tamaño que, a menudo, además, presentan exudaciones de goma. En caso de ataques graves, se pueden producir defoliaciones y caída de fruto.

La aplicación de tratamientos acaricidas nada más detectarse los primeros síntomas de la enfermedad es importante, tanto para evitar sus daños, como para impedir que el huerto se convierta en un reservorio desde donde la enfermedad prosiga su avance. La mayoría de los acaricidas de que se dispone en el mercado son efectivos contra *Brevipalpus* spp. Esta enfermedad es especialmente grave en Sudamérica, donde se producen brotes de forma cíclica: cuando se pagan buenos precios por la fruta, los citricultores tratan contra los ácaros y no hay mayores problemas, pero cuando los precios bajan y no se trata, la enfermedad se recrudece.

1.4. Tarsonemidae

Polyphagotarsonemus latus

Este ácaro se caracteriza por su especial morfología (Figura 3), que permite que los machos carguen a las hembras sobre su parte posterior, así como por la de sus huevos transparentes, típicamente adornados con unas tiras de tubérculos. Su ciclo es muy corto (entre 5 y 7 días en verano) y no se interrumpe durante todo el año. Una vez alcanzado el estado adulto, las hem-

bras, que viven unos 15 días, pueden poner hasta 5 huevos diarios, que depositan en hojas y frutos, normalmente aprovechando depresiones, como las que forman los nervios foliares. Este ácaro se alimenta preferentemente de órganos jóvenes en desarrollo en los que provoca la aparición de un manchado entre plateado y herrumbroso, semejante al producido por el ácaro del tostado, aunque de menor grosor que aquél. Las hojas atacadas se curvan y, si se trata de un plantón en formación, los daños pueden llegar a ser importantes. Todos los cítricos son sensibles a este ácaro, pero destacan los limones. Sus daños suelen ser más importantes en zonas con alta humedad ambiental (zonas costeras). Este Tarsonemidae posee numerosos enemigos naturales, tanto Phytoseiidae, como Coccinellidae (*Scymnus* spp.), que es importante respetar en caso de ser necesario intervenir químicamente contra este u otros fitófagos.

2. Especies depredadoras

La familia de ácaros más importante en cítricos es la de los Phytoseiidae. Estos depredadores son muy frecuentes en árboles no tratados químicamente o en aquellos donde se han utilizado productos selectivos. El género más ampliamente distribuido por la mayoría de regiones citrícolas del mundo pertenecen al género *Euseius*. Las especies pertenecientes a este género no suelen ser acarófagas estrictas, sino que se alimentan de otras fuentes, como p.ej. el polen, sobre el que pueden completar su desarrollo de forma satisfactoria. Por esta razón, su abundancia en el árbol no siempre responde a la de ácaros fitófagos. Sin embargo, es frecuente que estas especies sean las responsables del buen control biológico sobre algunos tetraníquidos, como *P. citri*, o *Eutetranychus* spp. Aunque *Euseius* spp. no penetra en el interior de las telarañas que producen algunas especies, como *T. urticae*, parece que la presencia de *Euseius* spp. puede evitar el establecimiento de nuevas colonias al alimentarse de ejemplares de araña inmigrantes. Además del género *Euseius*, se pueden encontrar también en cítricos otros géneros como *Amblyseius*, *Neoseiulus*, *Phytoseiulus*, o *Typhlodromus*, que pueden contribuir

también a mantener bajos niveles de ácaros fitófagos en los huertos. Otras familias importantes son los Stigmaeidae, los Cheyletidae y los Trombididae.

3. Especies no-plaga

En los cítricos encontramos numerosas especies no perjudiciales para el cultivo, que se alimentan de hongos, polen, o material en descomposición. A menudo las poblaciones de estas especies van ligadas a la presencia en el cultivo de cochinillas y otros hemípteros productores de melaza, sobre la que se desarrolla el hongo de la negrilla de la que se alimentan estos ácaros. Las principales familias son los Tydeidae y los Acaridae.

La familia de los Tydeidae está constituida por gran número de especies cosmopolitas, la mayoría de las cuales son omnívoras. Los Tydeidae tienen forma ovalada, presentan coloraciones pálidas blanco-amarillentas, se mueven rápidamente y pueden encontrarse tanto de forma aislada como formando agregaciones muy numerosas. Sus quelíceros están muy modificados y forman unos delgados estiletos con los que obtienen su alimento de hongos, otros microorganismos o material vegetal. *Tydeus californicus* (Banks) y *Lorryia formosa* Cooreman, han sido citadas como especies perjudiciales para los cítricos. Sin embargo, al menos *L. formosa* debe considerarse beneficiosa ya que puede alimentarse de hongos presentes en cítricos (Aguilar & Childers, 2000; Kazmierski, 1998; Krantz, 1978).

Los Acaridae son frecuentes en hojas y frutos, sobre todo en invierno. Suelen estar asociados a la presencia de negrilla y se caracterizan por su aspecto, que recuerda una lágrima, su coloración blanquecina-transparente, la frecuente presencia de dos manchas a ambos lados del cuerpo, su relativamente gran tamaño, y la lentitud de sus movimientos.

Literatura citada

- Aguilar, H. & C.C. Childers. 2000. Tydeidae (Acari: Prostigmata) on Florida citrus. IX International Citrus Congress, Orlando, Florida, EE.UU., 2: 751-753.
- Ashihara, W., A. Kondo, M. Shibao, H. Tanaka, K. Hiehata & K. Izumi. 2004. Ecology and Control of Eriophyid Mites Injurious to Fruit Trees in Japan. Japan Agric. Res. Quart. 38 (1): 31-41.
- Browning, H.W., R.J. McGovern, L.K. Jackson, D.V. Calvert & W.F. Wardowski. 1995. Florida citrus diagnostic guide. Florida Science Source, Inc. Lake Alfred, Florida, EE.UU.
- Childers, C.C. & D.S. Achor. 1999. The eriophyid mite complex on Florida citrus (Acari: Eriophyidae and Diptilomiopidae). Proc. Fla. State Hort. Soc. 112:79-87.
- Delucchi, V. 1975. The most important citrus pests. In "Citrus. Ciba-Geigy Agrochemicals Technical monograph no. 4" (E. Häfliger, ed.). pp. 24-27. Ciba-Geigy Ltd. Basilea, Suiza.
- EPPO [European and Mediterranean Plant Protection Organization]. 2006. Distribution Maps of Quarantine Pests for Europe. Citrus leprosis rhabdovirus. EPPO. 2 pp, Paris, Francia.
- EU [European Union]. 2006. Data Sheets on Quarantine Pests. Citrus leprosis 'rhabdovirus'. Prepared by CABI and EPPO for the EU. 6 pp, Paris, Francia.
- Garrido, A. & J.J. Ventura. 1993. Plagas de los cítricos. Bases para el manejo integrado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- Gerson, U. 2003. Acarine pests of citrus: overview and non-chemical control. Syst. Appl. Acarol. 8: 3-12.
- Jeppson, L.R., E.W. Baker & H.H. Keifer. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, California, EE.UU.
- McMurtry, J.A. 1985. Citrus. In: World crop pests. Spider mites, their Biology, natural enemies and control, Vol. 1B (W. Helle & M.W. Sabelis, eds.). pp. 339- 347. Elsevier Publishers B.V., Amsterdam, Países Bajos.
- Kazmierski A. 1998. Tydeinae of the world: generic relationships, new and redescribed taxa and keys to all species. A revision of the subfamilies. Pretydeinae and Tydeinae (Acari: Actinedida: Tydeidae) - part IV. Acta Zoologica Cracoviensia. 41(2): 283-455.
- Krantz, G.W. 1978. A manual of acarology. 2nd ed. Oregon State University Book Stores, Corvallis. 509 pp.

- Palevsky, E., Y. Argov, T. Ben David & U. Gerson. 2003. Identification and evaluation of potential predators of the citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora*, in Israel. *Syst. Appl. Acarol.* 8: 39-48.
- Smith, D., G.A.C. Beattie & R. Broadley (eds.). 1997. Citrus pests and their natural enemies. Integrated pest management in Australia. State of Queensland DPI and HRDC, Brisbane, Australia.
- Talhok, A.S. 1975. Citrus pests throughout the world. In "Citrus. Ciba-Geigy Agrochemicals Technical monograph no. 4" (E. Häfliger, ed.). pp. 21-23. Ciba-Geigy Ltd. Basilea, Suiza.
- University of California. 1991. Integrated pest management for citrus. 2ª ed. University of California Publication 3303. Oakland, California, EE.UU.

ÁCAROS DE LOS CÍTRICOS: especies fitófagas

Nombre científico	Nombre vulgar		Distribución	Importancia	Daños
	Español	Inglés			
Familia ERIOPHYIDAE					
Aceria sheldoni Ewing	Ácaro de las maravillas	Citrus bud mite	Mundial	I Variable	
Aculus pelekassi Keifer		Japanese citrus rust mite, pink citrus rust mite	Mundial	Variable	
Phyllocoptruta oleivora (Ashmead)	Ácaro del tostado	Citrus rust mite	Mundial	Importante a muy importante	
Tegolophus australis Keifer		Brown citrus rust mite	Australia		
Familia TETRANYCHIDAE					
Bryobia praetiosa Koch	Ácaro de la roña		Mediterraneo	Escasa	
Calacarus citrifolii Keifer					
			Sudáfrica		
Eotetranychus lewisi McGregor		Lewis spider mite	América e Israel	Variable	
Eotetranychus sexmaculatus Riley		Six-spotted spider mite	América	Variable	
Eotetranychus yumensis McGregor		Yuma spider mite	América	Escasa	
Eutetranychus annekei Meyer		Lowelt citrus mite	Sudáfrica		
Eutetranychus banksi McGregor		Texas citrus mite		Variable	

Familia TETRANYCHIDAE					
Eutetranychus orientalis (Klein)		Oriental spider mite		Escasa a media	
Panonychus citri (McGregor)	Ácaro pardo	Citrus red mite			
	Mundial	Variable			
Tetranychus urticae Koch	Araña roja	Two-spotted spider mite	Mundial	Variable	
Tetranychus cinnabarinus Boisduval		Carmine spider mite			
Familia TENUIPALPIDAE					
Nombre científico	Nombre vulgar		Distribución	Importancia	Daños
	Español	Inglés			
Brevipalpus californicus (Banks)		Citrus flat mite, scarlet mite, false spider mite	Mundial	Variable	
Brevipalpus lewisi McGregor		Citrus flat mite	Norteamérica	Escasa a media	
Brevipalpus obovatus Donovan		Privet mite			
Brevipalpus phoenicis Geijskes		Reddish black flat mite	Mundial	Escasa a media	
Familia TARSONEMIDAE					
Poliphagotarsonmus latus Banks		Broad mite, Citrus silver mite	Mundial	Escasa	
Familia TYDEIDAE					
Tydeus californicus				Nula	

UNACH

XVIII.
MANEJO ECOLÓGICO DE ÁCAROS
EN *CARICA PAPAYA* L

*Martha E. de Coss-Flores
Mario Cabrera-Alvarado
y Rodolfo Flores-García*

UNACH

INTRODUCCIÓN

Papaya, voz de origen caribe, que corresponde al fruto del papayo (*Carica papaya* L.), (Real Academia Española de la Lengua, 2001); nativo de las regiones bajas de México y Centroamérica, y Las Antillas (Crane y Campbell, 1990). En la actualidad el papayo se cultiva en forma comercial no solamente en América, sino en África, Asia y Oceanía (Plan Rector Sistema Nacional Papaya, 2005).

La producción de la papaya en México corresponde a áreas con clima cálido húmedo a subhúmedo que en conjunto forman la región conocida como “tierra caliente” (Rzedowisky, 2006). Incluye a los estados de Veracruz (9 635 ha), Chiapas (2 049 ha), Michoacán (1 515 ha), Oaxaca (1 309 ha), Guerrero (1 267 ha), Colima (985 ha) y Yucatán (984 ha). (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2007).

Se cultivan en total 22 623 ha, con una producción de 919 425 t, (FAO 2007); la media del rendimiento más alto corresponde a Chiapas de 73.44 t-ha, al contrastarla con la media nacional de 44 t-ha (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2007).

Plagas de ácaros

A nivel mundial, el papayo se considera hospedante de aproximadamente 134 especies de artrópodos, de las cuales 12 son especies de ácaros (Pantoja et al., 2002); en un censo más regional, Ochoa et al., (1991), reporta 13 especies de ácaros para Centroamérica, entre ellas a

las ya reconocidas en algunas partes de México. A continuación se muestra un cuadro comparativo de las especies de ácaros encontrados en *C. papaya* en diferentes regiones del mundo.

Se contabilizan 22 especies diferentes de ácaros colectados en papayero a nivel mundial, en seis familias diferentes, la mayoría de las especies, se reconocen formando parte de la familia Tetranychidae, las otras familias incluyen dos especies de ácaros cada una.

Aún cuando los ácaros son reconocidos como plagas en los trópicos, poco se sabe de los niveles de daño económico en los cultivos, la falta también de trabajos de biología y ecología de ellos alienta a los productores a usar productos químicos para su combate (Pantoja *et al.*, 2002). Es por eso que los esquemas de protección de los ácaros deberán estar soportados en estudios que permitan tener alternativas del manejo de ellos en forma más adecuada para el ambiente y de inocuidad para la fruta.

Ácaros identificados en el Soconusco

***Polyphagotarsonemus latus* (Banks)**

Llamado ácaro tropical, ácaro amarillo o ácaro del té, es una plaga importante en áreas húmedas y calientes; es considerado el factor más importante en la reducción del rendimiento del papayo en la isla de Reunión (Aubert *et al.*, 1990). En Chiapas, en la región del Soconusco, se ha encontrado *P. latus* en diferentes plantas hospedantes silvestres y en plantas cultivadas, como chile jalapeño y papaya maradol (Páez, 2002; De Coss, 2006).

Ciclo de vida

Como todos los miembros de la familia Tarsonemidae, *P. latus* pasa por los siguientes estadios de vida: huevo, larva, ninfocrisálida y adulto; los huevos son muy ornamentados en la superficie dorsal expuesta, mientras que la base ventral está firmemente adherido a la planta (Jeppson *et al.*, 1975).

Cuadro 1. Especies de ácaros registrados para C. papaya en diferentes regiones del mundo, incluyendo Centroamérica y México.

FAMILIAS	Nivel Mundial – Varios autores – (Pantoja et al. 2002)	Centroamérica (Ochoa et al., 1999)	México - Varios autores -
E S P E C I E S			
Eryophidae	<i>Calacarus citrifolii</i> Keifer		
	<i>Calacarus brionese</i> Keifer		
Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (De Coss, 2006)
		<i>Tarsonemus minutus</i>	
Tetranychidae	<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor)	<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor)	<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor) (Otero-Colina, G. Comunicación Personal)
	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval)	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval)	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval) (Plan Rector Sistema Nacional Papaya, 2005)
	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	<i>Tetranychus urticae</i> Koch (Deloya y Valenzuela, 1999), (Ishikawa, 2002)
	<i>Tetranychus tumidus</i> (Banks)	<i>Tetranychus tumidus</i> (Banks)	
	<i>Tetranychus truncatus</i> Ehara		
		<i>Tetranychus desertorum</i> (Banks)	
		<i>Tetranychus ludeni</i> Zacher	
		<i>Tetranychus marianae</i> (McGregor)	
		<i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor)	
		<i>Eotetranychus lewisi</i> (McGregor)	<i>Eotetranychus lewisi</i> (McGregor) en Papaya cv Maradol, (De Coss et al. 2009); var. <i>Hawaiana</i> , (Deloya y Valenzuela, 1999)
			<i>Tetranychus hydrangea</i> Pritchard y Baker (Deloya y Valenzuela, 1999)
			<i>Tetranychus merganser</i> Boudeaux (Deloya y Valenzuela, 1999)
Tydeidae	<i>Tydeus</i> sp.		
			<i>Pronematus</i> sp. (Deloya y Valenzuela, 1999)
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes)	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes)	
		<i>Panonychus citri</i> (McGregor)	
Tuckerellidae	<i>Tuckerella ornata</i> (Tucker)		
	<i>Tuckerella povoniformis</i> Ewing		

Los huevos tienen el mismo tiempo de eclosión a 25 ± 1 , 28 ± 1 y $31 \pm 1^\circ\text{C}$, con $67.5 \pm 2.5\%$ RH; sin embargo, el tiempo de desarrollo se alarga si la humedad relativa es menor (Cuadro 2). Las larvas se alimentan activamente y viven menos de un día a 28 ± 1 y $31 \pm 1^\circ\text{C}$, con $67.5 \pm 2.5\%$ RH; un poco más de un día si la temperatura es de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, con la misma humedad relativa. La ninfocrisálida, llamada también pupa, es un estado quiescente que puede durar aproximadamente un día (Cuadro 2), emerge de la cutícula como adulto, la sobrevivencia de los adultos es de 1.75 días, a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ y $67.5 \pm 2.5\%$ RH (De Coss, 2006).

Cuadro 2. Efecto de la temperatura y $67.5 \pm 2.5\%$ RH en el tiempo de desarrollo (días) de los estados inmaduros de *Polyphagotarsonemus latus* en *Carica papaya*

Temperaturas						
Estado	25±1°C		28±1°C		31±1°C	
	Media ± EE	Tiempos de Desarrollo	Media ± EE	Tiempos de Desarrollo	Media ± EE	Tiempos de Desarrollo
Huevo	1.48 ±0.19 a		1.48±0.15 a		1.7±0.13 a	
Larva	1.27±0.15 a		0.68±0.4 b		0.68±0.06 b	
Ninfocrisálida	2.18±0.22 a		0.65±0.10 b		0.73±0.06 b	
Total	4.93±0.57 a		2.81±0.33 b		3.11±0.25 b	

I Las medias presentadas en cada columna y seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). EE= Error Estándar.

El tiempo de desarrollo más corto, de 2.81 ± 0.33 días se encontró con la combinación $28 \pm 1^\circ\text{C}$ y $67.5 \pm 2.5\%$ RH, se postula como la óptima o cercana a ella, para el desarrollo de *P. latus* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la humedad relativa y $28 \pm 1^\circ\text{C}$ en el tiempo de desarrollo (días) de los estados inmaduros de *Polyphagotarsonemus latus* en *Carica papaya*.

Estado	Humedad Relativa (%)		
	55 \pm 2 Media \pm EE	67.5 \pm 2.5 Tiempos de Desarrollo Media \pm EE	97.5 \pm 2.5 Media \pm EE
Huevo	1.14 \pm 0.03 bI	1.48 \pm 0.15 ab	1.9 \pm 0.12 a
Larva	0.94 \pm 0.03 a	0.68 \pm 0.13 b	0.7 \pm 0.06 b
Ninfocrisálida	1.0 \pm 0.16 a	0.65 \pm 0.07 b	0.97 \pm 0.003 a
TOTAL	3.04 \pm 0.22 ab	2.81 \pm 0.33 b	3.57 \pm 0.19 a

Síntomas de daño de *P. latus* en *Carica papaya* cv. Maradol

Las manifestaciones del daño provocado por *P. latus* en papayo cultivar maradol se describen a continuación en los siguientes niveles: (De Coss, 2006)

1. Cambio de coloración, de verde brillante a verde opaco, la venación se torna sinuosa, en hojas formadas se presenta hundimiento del mesófilo y la venación es más aparente
2. Inicio de la reducción de la lámina foliar en hojas en formación, epinastia en pecíolos, rizado del borde foliar hacia abajo en hojas formadas, los pecíolos se observan abatidos
3. Venación con apariencia de cicatrices, el tejido del limbo se engruesa. Si hay primordios foliares, se deforman como muñones (pata de ganso)

4. Tejido del limbo limitado a nervaduras (mano de mono), supresión de dominancia apical, pecíolos cortos y oscuros, proliferación de brotes, pecíolos de hojas axilares con epinastia (Figura 1).
5. Necrosis de los tejidos apicales.

Figura 1. Reducción de la lámina foliar “mano de mono”.



Figura 2. Lámina foliar sana, en plantas de la misma edad.



Es importante hacer notar que la reducción foliar como efecto de la herbivoría de *P. latus*, llamada también “mano de mono”, se presentó como característica del daño ocasionado por el ácaro. Esta misma particularidad la observaron Aubert *et al.* (1981) y la atribuyeron al mismo ácaro, en plantas de papaya en la isla Reunión.

Téliz *et al.* (1991) mencionan que el Virus de la Mancha Anular de la Papaya (VMAP), se caracteriza por mosaico, amarillamiento, distorsión de hojas, manchas anulares en frutos y manchas acuosas en tallo y pecíolos del papayo. Por su parte, Pantoja *et al.* (2002) consideran que el daño de este ácaro es confundido con los síntomas del VMAP, pero puede ser distinguido por la ausencia de manchas acuosas y en forma de anillo sobre los tallos y frutos, los cuales son característicos de la infección por el virus.

Es importante hacer notar que el comportamiento de *P. latus* de abandonar las hojas dañadas ha propiciado que los síntomas se confundan con virosis; según Aubert *et al.* (1981), en el archipiélago de Hawai el virus del mosaico de la papaya (VMP) coexiste con los ataques de *P. latus*, aunque este último amenaza menos que el virus. Por otra parte, los mismos autores manifiestan que en la isla Reunión no existe ningún tipo de síntoma de virosis, por lo que la reducción foliar encontrada no se asocia a ningún virus, y por lo tanto, debe atribuirse al ataque de *P. latus*.

Síntomas de daño de *Eotetranychus lewisi* en *Carica papaya* cv. Maradol

Síntomas parecidos a los atribuidos a *P. latus* en las plantas de papaya maradol fueron registrados por López (2003) al daño de *E. lewisi* en la misma planta hospedante; éstos fueron: reducción moderada del área foliar sin llegar a “mano de mono”, pecíolos cortos, epinastia, bordes rizados de las hojas hacia abajo y necrosis.

El mismo autor estudió el daño causado por *E. lewisi* a nivel celular en tejido foliar en papaya maradol y consignó las siguientes estructuras alteradas:

1. El aparato estomático con las células oclusivas cerradas (Figura 3)
2. La epidermis foliar más gruesa (Figura 5)
3. Las células del parénquima en empalizada pierden su forma original y presentan menor contenido de clorofila (Figura 5)
4. Las células del parénquima esponjoso cambian la forma prismática por la globosa y se forman aglomeraciones celulares, dando la apariencia de “tumores” (Figura 5).

Figura 3. Estomas con las células oclusivas cerradas.

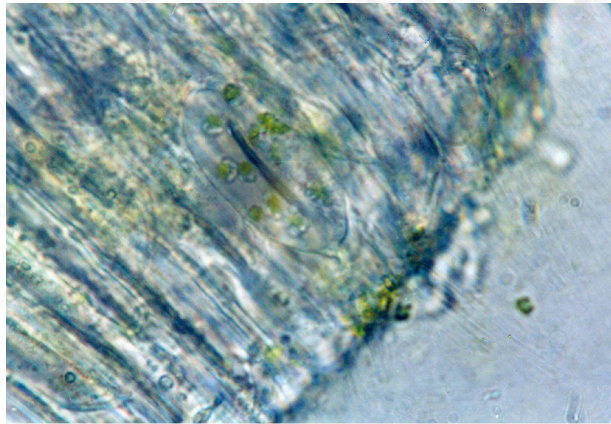


Figura 4. Estomas normales, con las células oclusivas abiertas.

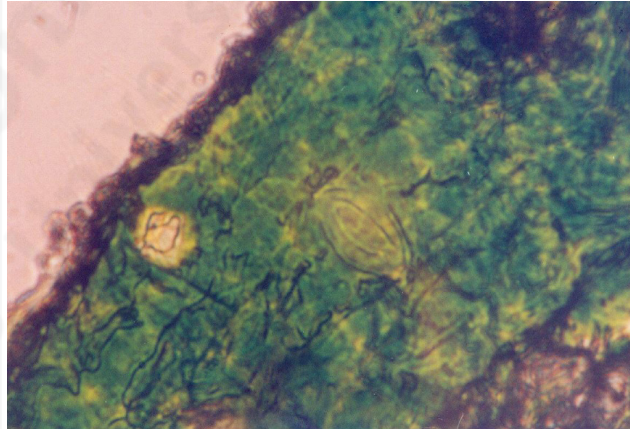
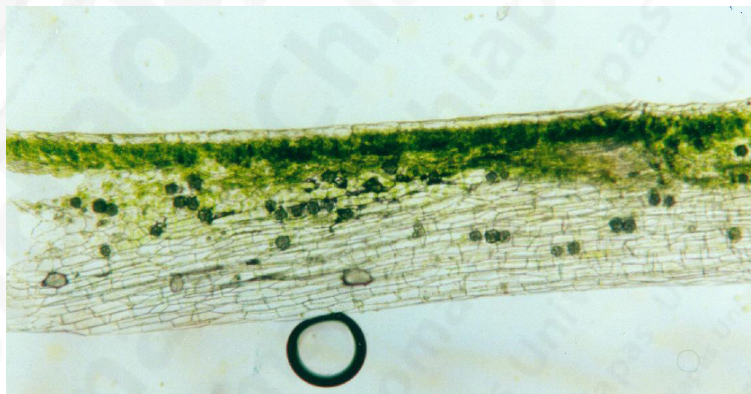


Figura 5. Tejido dañado: Epidermis engrosada, células del parénquima en empalizada con menor contenido de clorofila, células del parénquima esponjoso dando apariencia de “tumores”.



Figura 6. Tejido sano: Epidermis, células del parénquima en empalizada y esponjoso normales.



El daño de *E. lewisi* en el tejido foliar del papayo, puede ser similar al producido por *P. latus*, al ocasionarse el mismo engrosamiento de la epidermis, deformación y proliferación del tejido. Al parecer esta pudiera ser la causa de que el ácaro abandone el tejido dañado, puesto que sus apéndices bucales son muy cortos y no pueden penetrar las paredes gruesas de las células dañadas (De Coss, 2006).

Preferencia de plantas hospedantes

En el Soconusco, *P. latus* se encuentra altamente diseminado en la región, como lo prueba el hecho de que tiene una amplia gama de plantas hospedantes, tanto silvestres como cultivadas (Páez, 2000; De Coss, 1999, 2006).

Al estudiar las relaciones entre las poblaciones del ácaro tropical, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), y las plantas arvenses en un cultivo de chile jalapeño, se consignó la preferencia del ácaro *P. latus* por la amargosa, (*Parthenium hysterophorus* L), el saján blanco. (*Melanthera* cf. *aspera*) (Jacq.) Small), (Páez, 2003) y la yerba aguada *Melampodium divaricatum* (Cuadro 4).

La arañita roja *Tetranychus urticae* (Koch) en un cultivo de chile Jalapeño manejado con arvenses, se determinó su preferencia por *Parthenium hysterophorus*, *Melampodium divaricatum* y *Melanthera aspera*, plantas fácilmente reconocidas en la región. (Ishikawa, 2002). (Cuadro 4).

Los ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae en las mismas condiciones de estudio para el chile jalapeño, se reportó su preferencia por *Amaranthus hybridus*, *Melanthera aspera* y *Parthenium hysterophorus* (Ishikawa, 2002). (Cuadro 4).

A continuación se presentan once plantas arvenses y dos especies cultivadas reconocidas como muy atractivas, atractivas y poco atractivas a dos especies de ácaros fitófagos y a los fitoseídos.

Cuadro 4. Hospedantes silvestres y cultivadas reportadas por Ishikawa (2002), Páez (2003), Cansino (2005) y De Coss (2006), para ácaros fitófagos y depredadores.

Nombre común	Especie de Hospedante	Familia	<i>P. latus</i>	<i>T. urticae</i>	Phytoseiidae
Bledo o quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	xx	x	xxx
Pegajoso	<i>Desmonium canum</i> (JF Gemll) Shing	Fabaceae	xx	xx	xx
	<i>Eclipta prostrata</i>	Asteraceae	x	x	xx
Lechosilla	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	x	x	x
Cola de alacrán	<i>Asclepias urassavica</i>	Borraginaceae	xx		
Yerba aguada	<i>Melampodium divaricatum</i> (L. Rich)	Asteraceae	xxx	xx	x
Saján blanco	<i>Melanthera cf aspera</i> (acq) Small	Asteraceae	xxx	xx	xxx
Amargosa	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Umbelliferae =Amniaceae	xxx	xxx	xxx
Mozote	<i>Priva lappulacea</i> (L) Pers.	Verbenaceae	xx	x	xx
Yerba mora	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	x	x	x
Girasol	<i>Titonia grandiflora</i>	Asteraceae	xx		
Frijol escumite	<i>Phaseolus acutifolius</i> Asa Gray	Fabaceae	xxx		
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	x		

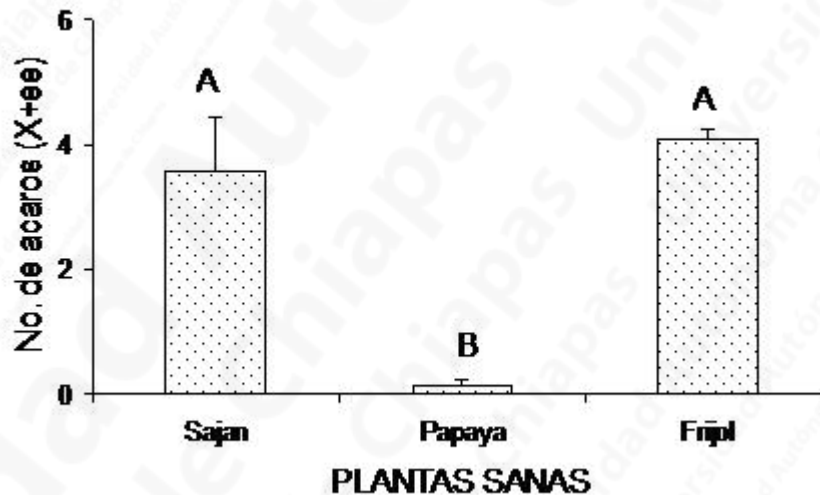
Xungen y Luqin (2006), afirman que, en la actualidad, es importante tener un claro entendimiento de la selectividad de los ácaros para plantas hospedantes y el estudio de estos mecanismos para la formulación de medidas de prevención y control.

Por lo anterior se hicieron estudios para conocer la preferencia del ácaro *P. latus* sobre el saján blanco, el papaya y el frijol escumite (*Phaseolus acutifolius* Asa Gray). Los experimentos

efectuados en el laboratorio, evaluaron la respuesta de los ácaros a hojas provenientes de plantas sanas, plantas dañadas mecánicamente y plantas dañadas por ácaros.

P. latus prefirió a las hojas de las plantas de saján y frijol escumite más que a las hojas de las plantas de papaya en las tres condiciones (Figura 7). Debido a que *P. latus* carece de un sistema visual desarrollado (Lindquist, 1986), es muy posible que la atracción hacia las plantas sea mediada por el sistema olfativo del ácaro (Xugen y Luqin, 2006). En estudios recientes se ha identificado el compuesto salicilato de metilo como componente volátil de hojas de saján (Cruz-López, L., comunicación personal). Lo anterior sugiere que este compuesto puede ser capaz de atraer a *P. latus*. La papaya fue menos preferida, probablemente por la presencia de sustancias volátiles como el isotiocianato de bencilo que se encontró como un inhibidor de oviposición de moscas de la fruta en papaya (Malavasi, *et al.*, 2004).

Figura 7. Preferencia del ácaro *P. latus* a plantas sanas (Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes) DMS $\alpha 0.01 = 0.6526$; $F = 8.58$; $df = 2, 24$; $P < 0.001$.



Medidas de control de los ácaros

En México, los ácaros eran considerados plagas secundarias durante la estación seca, pero en la actualidad se reconocen como plagas persistentes del papayo (Pantoja *et al.*, 2002).

Son controlados con azufre humectable y aceites minerales, sin embargo, la resistencia a plaguicidas se sospecha para *T. cinnabarinus*, la plaga más importante en las regiones secas de la costa Pacífica de México (Pantoja *et al.*, 2002).

En el Soconusco, Chiapas, un acaricida botánico a base de azadiractina fue efectivo contra huevecillos y larvas de *P. latus* en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Jamapa, pero no para los adultos (Ochoa, 2001). También se combate a los ácaros con abamectina, azufre, endosulfán y ocasionalmente dicofol (Flores García, R., comunicación personal).

Conclusiones

Con base en los estudios anteriormente presentados, a continuación se exponen algunas conclusiones que son importantes para el manejo ecológico de los ácaros en el cultivo del papayo:

Las ocho especies de ácaros reportadas para México, representan el 22% de las 22 especies de ácaros registrados a nivel mundial, en el Soconusco se reconocen a tres especies de ácaros como plagas del papayo: *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), *Eotetranychus lewisi* (McGregor) y *Tetranychus urticae* Koch.

P. latus se reproduce perfectamente en la zona, ya que prospera a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ y $67.5 \pm 2.5\%$ RH y produce el síntoma de la “mano de mono”, ataca las partes apicales de las plantas adultas y de almácigo, y debido a que sus poblaciones son fugaces, el daño puede observarse aún sin la presencia de las colonias del ácaro, por lo que muchas veces se le atribuye el daño al VMAP.

E. lewisi produce síntomas de reducción foliar, pero menos acentuados que *P. latus*; pero el daño causado a nivel celular está determinado por la oclusión de los estomas y menor contenido

de clorofila en el mesófilo del tejido foliar. Esto explica el daño severo que ocasiona a la planta y a la producción.

P. latus, *T. urticae* y los ácaros depredadores fitoseídos prefieren a las siguientes hospedantes silvestres: *Partenium hysterophorus* L, *Melanthera cf. aspera* (Jacq.) *Melampodium divaricatum* y *Amaranthus hybridus*.

Alternativas de manejo ecológico de los ácaros en el cultivo del papayo

Según las estadísticas, Chiapas produce 40% más toneladas de papaya por hectárea que las demás entidades productoras para esta misma fruta, sin embargo, esta producción se logra con la utilización intensa de agroquímicos y riego (Plan Rector del Sistema Nacional Papaya, 2005). Esta dependencia del control químico produce alta calidad de la fruta pero dispara las poblaciones de ácaros porque se impide el balance natural de las plagas, por lo que son considerados como plagas persistentes del papayo (Pantoja, et al. 2002).

A continuación se presentan algunas alternativas para el manejo de las plagas de ácaros en el papayo, basadas en estudios bioecológicos de los ácaros considerados plagas en la región.

1. Las plantas silvestres aquí registradas son fácilmente encontradas en la zona, por lo que es importante el manejo apropiado de las malezas en el cultivo, definiendo frecuencias de chapecos para mantener el porte de las plantas y por la producción de volátiles.
2. El frijol escumite (*Phaseolus acutifolius*) es una planta hospedante preferida de *P. latus*, la cual, por ser una planta domesticada, es susceptible de ser manejada más fácilmente que las plantas silvestres.
3. El compuesto volátil salicilato de metilo puede ser probado en campo, en combinación con las hospedantes silvestres para atraer a los insectos depredadores de organismos considerados plagas.

4. El enfoque de la fertilidad del suelo debe estar encaminado al uso de los biofertilizantes, como las compostas y los fermentos.

Las siguientes líneas de investigación son importantes para continuar aportando resultados para el manejo ecológico de los ácaros.

1. Niveles de daño económico de los ácaros
2. Acarofauna fitófaga y depredadora
3. Empleo de Control biológico
4. Estudio de los volátiles de atracción y de repulsión en plantas hospedantes silvestres
5. Estudiar la resistencia y toxicidad de los acaricidas, incluyendo al azufre y aceites minerales, en la acarofauna benéfica y fitófaga

REFERENCIAS

- Aubert, B., Lossois, P y Marchal, J. 1981. Mise en evidence des dégats causés par *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) sur papayers áîle de la Réunion. *Fruits*. 36:9-24.
- Crane, J.H. y Campbell, C.W. 1990. Origin and distribution of tropical and subtropical fruits. In: *Fruits of tropical and subtropical origin – composition, properties, uses*. S. Nagy, W.F. Wardowski, and P.E. Shaw (eds). Florida Sci. Source, Inc., Lake Alfred, Florida. Pp: 1-65.
- De Coss, M.E. (1999). Morfología externa de ácaros del género *Polyphagotarsonemus* (Actinedida: Tarsonemidae) procedentes de la región del Soconusco, Chiapas. Tesis Maestría en Ciencias, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, pp: 97.
- De Coss, M.E. (2006). Bioecología y herbivoría del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en *Carica papaya* L. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, pp: 126.
- De Coss, M.E., Otero-Colina, G., Peña, J.E., y Magallanes-Cedeño, R. 2009. Demographic and reproductive parameters of *Polyphagotarsonemus latus* in *Carica papaya*. *Proceedings of the XIIth International Congress of Acarology*.

- De Coss, M.E., Reyes, A.E., Cabrera, M.E., Flores, R. y Cruz, L. 2009. Resistance in *Carica papaya* L. Cv. Maradol to the mite *Eotetranychus lewisi* (McGregor) induced by the herbivory of *Estigmene acrea* (Drury). 2nd Meeting of IOBC/wprs Work Group 'Integrated Control of Plant Feeding Mites'. Florence, Italy, 9th-12th March 2009. (Abstract).
- Deloya, L.A.C. y Valenzuela G.J.E. 1999. Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Especiales # 1, México, 174 pp.
- Ishikawa, J.C. 2002. Dinámica Poblacional de *Tetranychus lewisi* (Koch) y Acaros Depredadores (Acari: Phytoseiidae) en Chile Jalapeño (*Capsicum annum* L) cv M, con Diferentes Manejos Agronómicos. Tesis Licenciatura, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, pp: 66
- Jeppson, L.R., Keifer, H.H. y Baker, E.W. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkeley, 614 pp.
- Lindquist, E.E. 1986. The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): a morphological, phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. Mem. Entomol. Soc. Can. 136: 1-517.
- López, G.S. (2003). Niveles de Herbivoría de *Eotetranychus lewisi* (McGregor) en Plántulas de *Carica papaya* L. Tesis Licenciatura, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, pp: 55.
- Malavasi, A., Uramoto, K. y do Nascimento, A. 2004. Latex Exudates of Papaya as Fruit Fly oviposición Deterrence Factor. 5th Meeting of the Working Group on Fruits Flies of the Western Hemisphere. Ft. Lauderdale, Florida, USA. May 16-21. (Abstract).
- Ochoa, R., Aguilar, H. y Vargas, C. 1991. Ácaros Fitófagos de América Central. Guía Ilustrada. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 225 p.

- Ochoa, V.D. 2001. Biología, caracterización del daño y control del ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) con una fórmula acuosa de *Nim Azadirachta indica* A. Juss en frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chiapas, 66 p.
- Páez, J.C, 2003. Poblaciones del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en Chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con Diferentes Manejos Agronómicos. Tesis Licenciatura, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, pp: 58
- Pantoja, A., Follet, P. y Villanueva-Jiménez, J. 2002. Pest of Papaya. In: Peña, J.E., Sharp, J. L., y Wysoki, M (eds). *Tropical Fruits pest and Pollinators*. CABI Publishing, pp. 131-157.
- Plan Rector del Sistema Nacional Papaya. 2005. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 46 p.
- RALE (Real Academia de la Lengua Española). 22a edición. 2001. <http://buscon.rae.es/draef/>
- Rzedowsky, J. 2006. Primera Edición digital. CONABIO. www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/vegetacion_de_mexico.html -
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2007. http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/
- Teliz, D., Mora, A., Nieto, D., Gonsalves, D., García, E., Matheis, L. y Avila, C. 1991. Papaya ringspot virus in Mexico. *Rev. Mex. Fitopatología* 9: 64-68
- Xugen, S. y Luqin, Q. 2006. Effect of volatiles from plants on the selectivity of *Tetranychus viennensis* for different host plants. *Frontiers of Forestry in China* 1: 105-108.

UNACH

FRUTAS DEL TRÓPICO

Edición digital:
Universidad Autónoma de Chiapas
Dirección General de Investigación y Posgrado
Proyecto Cactus PEMEX-UNACH
Área de Diseño y Edición

Tiraje: 300 CD's

UNACH



AUTÓNOMA

RECTORÍA

2014-2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



Facultad de
Ciencias Agrícolas

Dirección General de Investigación y Posgrado - Unidad de Divulgación Científica

ISBN: 978-607-8363-60-5

La Universidad de Chiapas, en el marco del Proyecto Académico 2014-

Textos Universitarios en su convocatoria **Libro Digital Universitario** General de Investigación y Posgrado.

La Colección de Textos Universitarios de Investigación y Posgrado de la UNACH, es un proyecto tecnológico enunciado en el Proyecto Académico con doble propósito editorial porque recurre a la producción, publicación y distribución; además de otros escenarios para el desarrollo académico y científico considerarse como una estrategia representativa de

Los contenidos presentes en el **Libro Digital** de investigación de los estudiosos activos en publicación, al mismo tiempo que dan a conocer a las Instituciones Educativas, que perciben los libros digitales nos permiten cruzar las fronteras en cualquier parte del mundo.

La Colección de Textos Universitarios de Investigación y Posgrado contribuirá a lograr los objetivos de docencia e investigación de los programas educativos.

Hoy más que nunca, la sociedad necesita personas con habilidades y competencias de capacidad crítica, que realicen investigaciones y generen sus propias respuestas; asimismo, que generen proyectos de investigación para contribuir al desarrollo social, económico y cultural. Es tiempo de brindar a los lectores las herramientas necesarias para que reflexivo, puedan transformarse a sí mismos

“Por la conciencia de

Carlos Eugenio
Rector de la Universidad

Mayo