




Línea de base de la diversidad de la papaya peruana con fines de bioseguridad



A photograph of a papaya tree in a sandy field. The tree has large, deeply lobed green leaves and several green papayas hanging from its trunk. The ground is sandy with some small green plants. In the background, there are more trees and a clear sky. The text is overlaid on the right side of the image.

**Línea de
base de la
diversidad
de la papaya
peruana
con fines de
bioseguridad**

Línea de base de la diversidad de la papaya peruana con fines de bioseguridad

Autor:

Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad
www.gob.pe/minam

Editado por:

© Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad
Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar, Lima – Perú
Primera edición, abril de 2023 material digital

Diseño y diagramación: Deivis Guevara Balcázar

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.° 2023-00322
ISBN n.° 978-612-4174-36-0

Abril, 2023

Todos los derechos de autoría y edición reservados conforme a la Ley. No está permitida la reproducción total o parcial de los textos y fotografías, por ningún medio, sin la autorización estricta de los autores y editores de la presente edición.



Equipo de edición temática

Verónica Cañedo Torres
Tulio Medina Hinostroza
César Palomino Ayquiipa
David Castro Garro
Jessica Amanzo Alcántara
José Álvarez Alonso

Revisión de contenidos

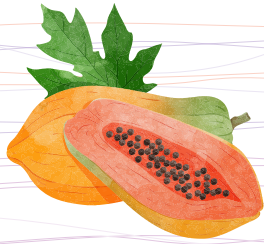
Freddy Leal Pinto
Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Aragua,
Venezuela

Kember Mejía Carhuanca
Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

Fernando Serna Chumbes
Consultor

Agradecimientos

A Luz Balcázar Terrones y Abrahán Cabudivo Moena por la información proporcionada sobre la diversidad de Caricaceas en el Perú, así como determinar los lugares para realizar las prospecciones.



Presentación

Nacer y vivir en el Perú, uno de los países megadiversos, nos hace sentir orgullosos, pero esta riqueza natural se tiene que conservar y transformar en bienes y servicios que generen beneficios a la población en todos los rincones del territorio nacional, y especialmente para los más de dos millones de familias indígenas y campesinas para quienes la biodiversidad constituye su principal fuente de alimentos y recursos económicos. Para hacer esto es indispensable invertir en el desarrollo de la ciencia y tecnología que permita aprovechar y agregarle valor a esta diversidad.

En estos tiempos, en que la innovación tecnológica es de suma importancia en todas las actividades, y ante la necesidad de impulsar el desarrollo con sostenibilidad y equidad, el Ministerio del Ambiente viene impulsando la conservación productiva de los recursos naturales bajo los enfoques de economía circular, desarrollo verde y adaptación al cambio climático. En esta línea, entre otras cosas, estamos promoviendo emprendimientos de ecorenegocios y bionegocios en alianza con otros sectores y la empresa privada, mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos, la puesta en valor de la biodiversidad al servicio de la población, fortaleciendo los sistemas de información e investigación al servicio del país.

Para proteger nuestro capital natural, tanto la diversidad genética como una especie o un ecosistema determinado, lo primero que necesitamos es conocer a fondo y detectar el grado de riesgo o los posibles impactos al ambiente o a la biodiversidad que pueda generar una actividad. Para ello necesitamos investigar y generar información sólida, la única herramienta que nos permite una correcta toma de decisiones en inversiones sostenibles a futuro, competitivas y ambientalmente responsables.

Es en este contexto que, con la finalidad de fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura adecuada y generar información sobre las líneas de base de la diversidad nativa potencialmente afectada por la liberación de los organismos vivos modificados (OVM) al ambiente, el Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección General de Diversidad Biológica está levantando información sobre la diversidad genética de cultivos priorizados. Todo ello en el marco de la Ley n.º 29811, modificada actualmente por la Ley n.º 31111, que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional hasta el 31 de diciembre de 2035.

La línea de base de la diversidad de la papaya peruana con fines de bioseguridad presenta información para el análisis de riesgo ante una posible liberación al ambiente de papaya genéticamente modificada. Esto permitirá en cualquier eventualidad garantizar el uso responsable y seguro de la biotecnología moderna, conociendo la distribución y concentración de Carica papaya en el territorio nacional entre otros aspectos.

Este documento presenta información base sobre las características biológicas, ecológicas, sociales, económicas y culturales tanto de la papaya como de los productores de papaya, y servirá como insumo clave para las propuestas de planes, programas y proyectos de los organismos sectoriales competentes, instituciones que promueven la bioseguridad, investigadores y empresas. Estamos seguros que con ello podremos garantizar la protección y conservación de este importante recurso a nivel nacional.

Índice

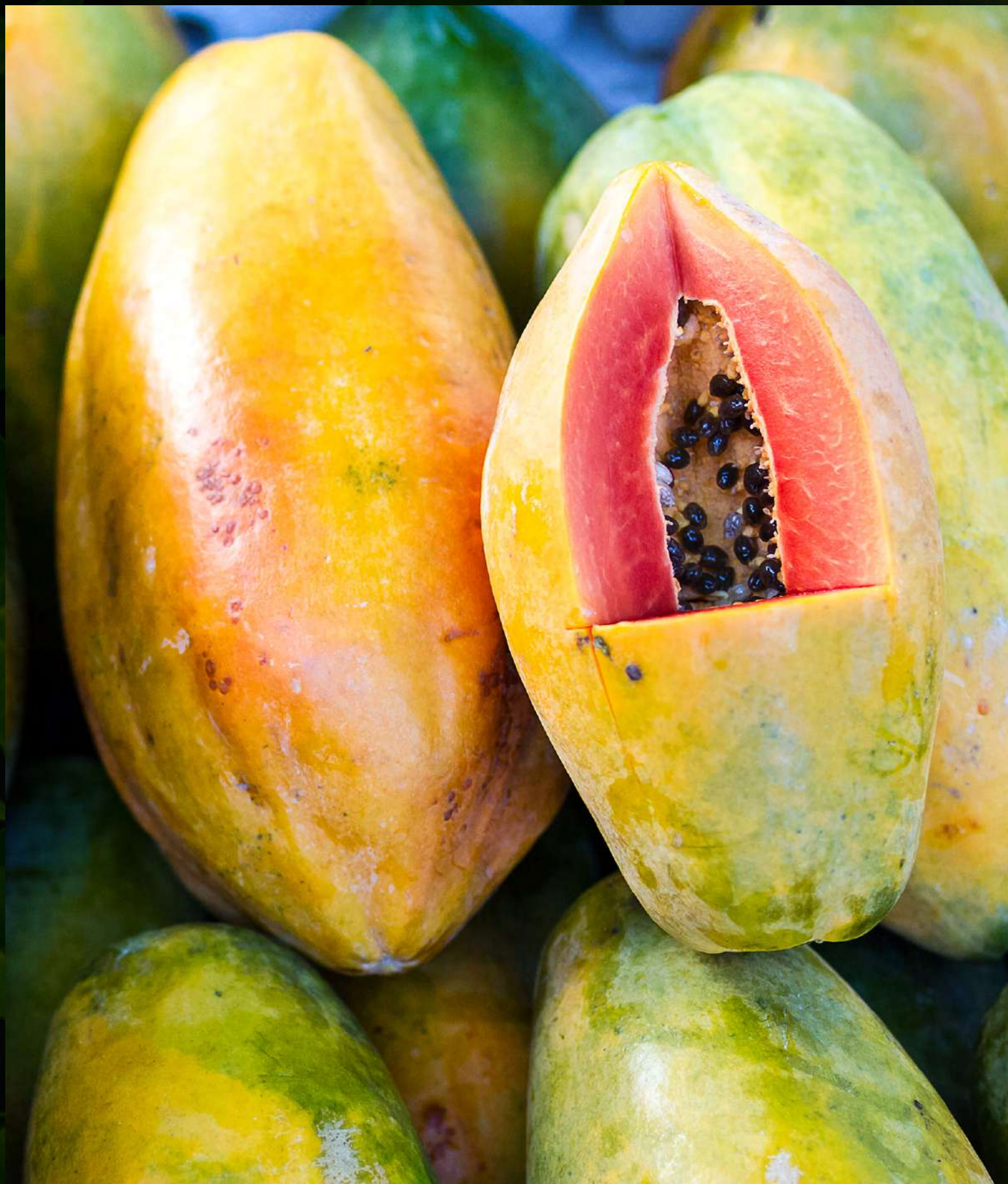
Presentación	5
1. Marco normativo asociado a los recursos genéticos y bioseguridad	8
1.1 Normas internacionales	11
1.2 Normas nacionales	12
2. Diversidad de la papaya y sus parientes silvestres	14
2.1. Clasificación taxonómica	17
2.2. Centros de origen y diversificación	18
2.2.1. Relaciones evolutivas entre los géneros de Caricaceae	19
2.2.2. Parientes silvestres de la papaya	21
2.3. Diversidad de las Caricaceae	22
2.3.1. Diversidad de especies de Caricaceae	22
2.3.2. Diversidad de Caricaceae en el Perú	28
2.3.3. Variabilidad morfológica	36
2.4. Biología floral	58
2.4.1. Morfología floral	59
2.4.2. Desarrollo fenológico	62
2.5. Flujo genético y propagación	74
2.5.1. Polinización	74
2.5.3. Dispersión del polen	81
2.5.4. Flujo de genes	82
2.5.5. Flujo de polen	83
2.5.6. Cruzabilidad	85
2.5.7. Flujo de semilla	87
3. Organismos y microorganismos asociados al cultivo de la papaya	88
3.1. Organismos y microorganismos blanco	92
3.2. Organismos y microorganismos no blanco	102

4. Aspectos ambientales y distribución geográfica de la papaya	104
4.1. Regiones naturales asociadas a la papaya cultivada	110
4.2. Agroecosistemas asociados con la papaya	116
5. Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo de la papaya	122
5.1. Caracterización socioeconómica y cultural del productor	125
5.2. Estado actual de los cultivos de papaya en el ámbito nacional	131
6. Propuesta para la gestión de la diversidad y bioseguridad de la papaya	133
6.1. Estado actual de la diversidad de papaya	135
6.2. Estrategias de conservación y monitoreo de la diversidad de papaya	136
6.3. La diversidad de la papaya frente al cambio climático	137
6.4. Impactos potenciales de los OVM en la diversidad de la papaya y sobre el ambiente	139
6.5. Propuesta de lineamientos para la gestión de la diversidad biológica	140
6.5.1. Incentivar la conservación <i>in situ</i>	141
6.5.2. Promover la conservación <i>ex situ</i>	142
6.5.3. Institucionalidad	142
6.5.4. Mercados alternativos	145
Glosario	146
Referencias bibliográficas	152
Anexos	160
Acrónimos	186



1

**Marco normativo
asociado a los
recursos genéticos y
bioseguridad**





El Perú es considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo, siendo uno de los centros mundiales más importantes en recursos genéticos, tanto cultivados como silvestres (especies de flora y fauna). Esta biodiversidad contribuye significativamente a la seguridad alimentaria de poblaciones rurales y urbanas, además de proveer otros múltiples beneficios. Conservar este patrimonio genético es clave para promover el desarrollo sostenible y competitivo, la resiliencia frente al cambio climático y para hacer frente a pandemias como la del COVID 19.

1. Marco normativo asociado a los recursos genéticos y bioseguridad

El Perú ha suscrito compromisos internacionales con la finalidad de conservar la diversidad biológica, para beneficio de las poblaciones presentes y futuras (tabla 1).

Tabla 1. Normativa internacional que reconoce la conservación y gestión de la diversidad biológica y los recursos genéticos

NOMBRE DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS	APROBACIÓN Y VIGENCIA PARA PERÚ
Convenio sobre la diversidad biológica (CDB), aprobado el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil.	El convenio señala la importancia de la conservación, mantenimiento y recuperación de la diversidad biológica <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> . Tiene como objetivos la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Asimismo, como parte de este convenio, dispone que los Estados respeten, preserven y mantengan los conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales de las comunidades, respecto a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, considerando, además, como patrimonio cultural, el conocimiento e innovaciones que están asociados a la biodiversidad.	El Perú suscribió el Convenio el 12 de junio de 1992, fue aprobado por el Congreso Constituyente Democrático, con Resolución Legislativa n.º 26181, promulgada por el presidente de la República el 11 de mayo de 1993, entrando en vigencia el 5 de setiembre de 1993.
Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, aprobada el 9 de mayo de 1992 en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos de Norteamérica.	La Convención reconoce la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, protegiendo en beneficio de las poblaciones presentes y futuras. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.	El Perú suscribió la Convención el 12 de junio de 1992, fue aprobada por el Congreso Constituyente Democrático, mediante la Resolución Legislativa n.º 26185 y promulgada por el presidente de la República el 12 de mayo de 1993, entrando en vigencia el 21 de marzo de 1994.
Régimen común sobre acceso a los recursos genéticos. Decisión 391 de la Comunidad Andina	La Decisión regula el acceso a los recursos genéticos y sus derivados de los Países Miembros, a fin de garantizar las condiciones para una participación justa y equitativa en los beneficios derivados del acceso. Asimismo, esta norma ha sentado las bases para el reconocimiento y valoración de los recursos genéticos y sus productos derivados y de sus componentes intangibles asociados en la región andina.	La Comisión del Acuerdo de Cartagena promulga la Decisión 391 en julio de 1996 en la Ciudad de Caracas, Venezuela.
Convención internacional de lucha contra la desertificación y la sequía, aprobada el 17 de junio de 1994 en París, Francia.	Tiene como objetivo luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados por sequía grave o desertificación, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, para contribuir al logro del desarrollo sostenible en las zonas afectadas.	Suscrita por el Perú el 15 de octubre de 1994, aprobada por el Congreso de la República mediante Resolución Legislativa n.º 26536 el 18 de setiembre de 1995, entró en vigencia el 26 de diciembre de 1996.
Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura	Adoptado por la Conferencia de la FAO el 3 de noviembre de 2001, tiene como objetivos: la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y para la seguridad alimentaria.	Ratificado por el Congreso peruano el 6 de junio de 2003.
Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del Convenio sobre diversidad biológica, aprobado el 29 de enero de 2000 en Montreal Canadá.	Este protocolo tiene como objetivo proteger la diversidad biológica de los riesgos potenciales que presentan los organismos vivos modificados (OVM) como resultado de la aplicación de la biotecnología moderna, centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos. Asimismo, establece la participación social en las decisiones relativas a la utilización de los OVM, fomentándose la concienciación, la educación y la participación del público respecto a la seguridad de la transferencia, manipulación y uso.	Perú, país miembro de este Protocolo, lo ratifica mediante Resolución Legislativa n.º 28170, promulgado por el presidente de la República mediante Decreto Supremo n.º 022-2004-RE, entrando en vigencia el 13 de julio de 2004.
Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la diversidad biológica.	Este protocolo tiene como objetivo compartir los beneficios provenientes del acceso a los recursos genéticos de manera equitativa, contribuyendo a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica. El Protocolo de Nagoya ofrece mayor seguridad jurídica y transparencia tanto a los proveedores como a los usuarios de recursos genéticos, ayuda a garantizar la participación en los beneficios, en particular cuando los recursos genéticos salen del país de origen, y establece condiciones más previsibles para el acceso a los recursos genéticos. Este Protocolo alienta la investigación y desarrollo basados en recursos genéticos, y crea incentivos para la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos, mejorando la contribución de la diversidad biológica al desarrollo y bienestar humano.	El Perú suscribió el Protocolo el 4 de mayo de 2011, el que fue aprobado por el Congreso de la República, mediante Resolución Legislativa n.º 30217 el 3 de julio de 2014, entrando en vigencia el 5 de julio del mismo año.

Normas nacionales

La biodiversidad del Perú está representada por una gran variedad de ecosistemas donde se desarrollan diferentes formas de vida, que incluyen un importante número de endemismos. Las personas juegan un rol importante en la conservación y protección de esta megadiversidad. Es por ello que el Estado peruano vela con principios rectores a través de la generación y aplicación de normas relativas a la diversidad biológica en general, y a los recursos genéticos en particular (tabla 2).

Tabla 2. Normativa sectorial nacional que reconoce la conservación y gestión de la diversidad biológica y los recursos genéticos

NOMBRE DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS	ENTRADA EN VIGENCIA
Constitución Política del Perú	Es la ley fundamental sobre la que se rigen el derecho, la justicia y las normas del país. Asimismo, determina la estructura y organización del Estado peruano, cautela nuestros recursos naturales como patrimonio natural de la nación, determina la Política Nacional del Ambiente y promueve la conservación de la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas en el territorio nacional, así como el desarrollo sostenible de la Amazonía. Establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la nación. Este mandato lo ejerce el Estado en forma multisectorial, a través de diversos sectores que incluyen, entre otros, al Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri), Ministerio de Salud (Minsa), Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (Midis), Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), así como a gobiernos regionales y gobiernos locales.	Promulgada por el Congreso de la República el 29 de diciembre de 1993 y entró en vigencia el 1 de enero de 1994.
Ley n.° 26834 Ley de Áreas Naturales Protegidas	El objetivo de la creación de las áreas naturales protegidas es conservar la biodiversidad en sus tres niveles (diversidad genética, de especies y de ecosistemas), garantizar el mantenimiento de los procesos ecológicos y evolutivos, y conservar a las especies silvestres nativas, restaurando los ecosistemas degradados.	La norma fue presentada por el Congreso de la República el 17 de junio de 1997, aprobada por el presidente de la República el 30 de junio de 1997 y publicada el 4 de julio del mismo año.
Ley n.° 26839 Ley sobre la Conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica	Esta ley tutela el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados, y regula los derechos otorgados sobre los recursos biológicos, enfatizando que la investigación, desarrollo, producción, liberación, introducción y transporte en todo el territorio nacional de organismos genéticamente modificados, deben contar con mecanismos de seguridad destinados a evitar los daños al ambiente y la salud humana. Privilegia la conservación de la biodiversidad <i>in situ</i> en áreas naturales protegidas y el manejo regulado de otros ecosistemas naturales, a fin de garantizar la conservación y el uso sostenible. Promueve el establecimiento de centros de conservación <i>ex situ</i> a través de herbarios, jardines botánicos y bancos de genes, y reconoce la necesidad de proteger los conocimientos tradicionales de las comunidades campesinas, nativas y locales asociados a la diversidad biológica, los cuales constituyen el patrimonio cultural.	Presentada por el Congreso de la República el 17 de junio de 1997, siendo aprobada por el presidente de la República el 8 de julio de 1997 y publicada el 16 de julio del mismo año.
Ley n.° 27104 Ley de Prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología	El objetivo de la norma es proteger la salud humana, el ambiente y la diversidad biológica. Promueve la seguridad en la investigación y el desarrollo de la biotecnología en sus aplicaciones para la producción y prestación de servicios. Regula, administra y controla los riesgos derivados del uso confinado y la liberación de los OVM. Regula el intercambio de OVM y la comercialización dentro del país y con el resto del mundo.	La norma fue presentada por el Congreso de la República el 19 de abril de 1999, aprobada por el presidente de la República el 7 de mayo de 1999, y publicada el 12 de mayo del mismo año.
Ley n.° 27811 Ley que establece el Régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos	Mediante esta norma se reconoce el derecho y la facultad de los pueblos y comunidades indígenas de decidir sobre sus conocimientos colectivos. Tiene por objeto promover el respeto, la protección, la preservación y el desarrollo de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas; así como promover la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de estos conocimientos colectivos asociados a recursos biológicos y evitar que se concedan patentes a invenciones obtenidas a partir de conocimientos colectivos de los pueblos indígenas del Perú sin autorización.	La ley fue presentada por el Congreso de la República el 24 de julio de 2002, aprobada el 8 de agosto de 2002 y publicada el 10 de agosto del mismo año.
Ley n.° 28216 Ley de Protección al acceso a la diversidad biológica peruana y los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas	La ley tiene por objetivo otorgar protección al acceso a la diversidad biológica peruana y a los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas.	La ley fue presentada por el Congreso de la República el 7 de abril de 2004, aprobada el 30 de abril y publicada el 1 de mayo del mismo año.

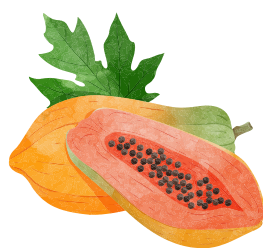
NOMBRE DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS	ENTRADA EN VIGENCIA
<p>Ley n.° 28245 Ley Marco del sistema nacional de gestión ambiental</p>	<p>El objeto de la norma es orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Asimismo, asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas, fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales, a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.</p>	<p>Norma aprobada por el Congreso de la República el 4 de junio de 2004 y publicada el 8 de junio del mismo año.</p>
<p>Ley n.° 28611 Ley General del Ambiente</p>	<p>Establece que toda persona tiene el derecho a la participación en la gestión ambiental, y que las acciones y decisiones ambientales deben ser concertadas entre el Estado y la sociedad civil. Por principio de sostenibilidad y de prevención, toda persona tiene la responsabilidad de vigilar y conservar la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.</p>	<p>La norma fue aprobada por el Congreso de la República el 13 de octubre de 2005 y publicada el 15 de octubre del mismo año.</p>
<p>Ley n.° 29811 Ley que establece la Moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años</p>	<p>Esta ley tiene por finalidad fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura y generar líneas de base respecto a la biodiversidad nativa, que permita una adecuada evaluación de las actividades de liberación de OVM al ambiente. El reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo n.° 008-2012- MINAM, el cual establece la generación, contenido y priorización de las líneas de base, dirigidas hacia la obtención de información científica y tecnológica, relativa al estado de la biodiversidad nativa, incluyendo la diversidad genética de las especies nativas que pueden ser potencialmente afectadas por OVM, todo ello con fines de bioseguridad.</p>	<p>Norma aprobada por el Congreso de la República el 17 de noviembre de 2011 y publicada el 9 de diciembre del mismo año.</p>
<p>Decreto Supremo n.° 019-2021-MINAM Reglamento de acceso a recursos genéticos y sus derivados</p>	<p>Regula y desarrolla las disposiciones contenidas en la Decisión 391 del Acuerdo de Cartagena, que aprueba el Régimen común de acceso a los recursos genéticos en concordancia con el Protocolo de Nagoya. Tiene por finalidad desarrollar los mecanismos para el acceso a los recursos genéticos y sus derivados, que prevean una participación justa y equitativa en los beneficios derivados de dicho acceso. Así como contribuir a la conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos y sus derivados, y promover e incentivar la investigación, desarrollo e innovación en el país, vinculadas a los recursos genéticos y sus derivados.</p>	<p>El Decreto Supremo fue aprobado el 24 de julio de 2021.</p>
<p>Decreto Supremo n.° 023-2021- MINAM Política Nacional del Ambiente al 2030</p>	<p>El objetivo de la norma es mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de manera responsable y congruente con el respeto de derechos fundamentales de la persona. Se establece como problema público la disminución de los bienes y servicios que proveen los ecosistemas que afectan el desarrollo de las personas y la sostenibilidad ambiental.</p>	<p>El Decreto Supremo fue aprobado el 25 de julio de 2021.</p>
<p>Ley n.° 31111 Ley que modifica la ley 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 15 años, a fin de establecer la moratoria hasta el 31 de diciembre de 2035</p>	<p>Esta ley amplía hasta el 31 de diciembre de 2035 la moratoria establecida por la Ley n.° 29811, que impide el ingreso y producción en el territorio nacional de OVM con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, para ser liberados en el ambiente.</p>	<p>Ley presentada por el Congreso de la República el 5 de enero de 2021 y publicada el 6 de enero del mismo año.</p>

The background of the image consists of several large, green leaves with prominent veins. The leaves have irregular, jagged holes, characteristic of being eaten by insects. The lighting is somewhat dim, giving the leaves a dark green appearance.

2

**Diversidad de
la papaya y
sus parientes
silvestres**





La papaya, *Carica papaya*, es la especie cultivada a nivel nacional y la de mayor representatividad dentro de la familia Caricaceae a nivel internacional. Se encuentra distribuida en todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo, debido a su extendido hábito de consumo, por sus buenas cualidades nutricionales y a los múltiples beneficios que brinda esta especie a la población.

2.1 Clasificación taxonómica

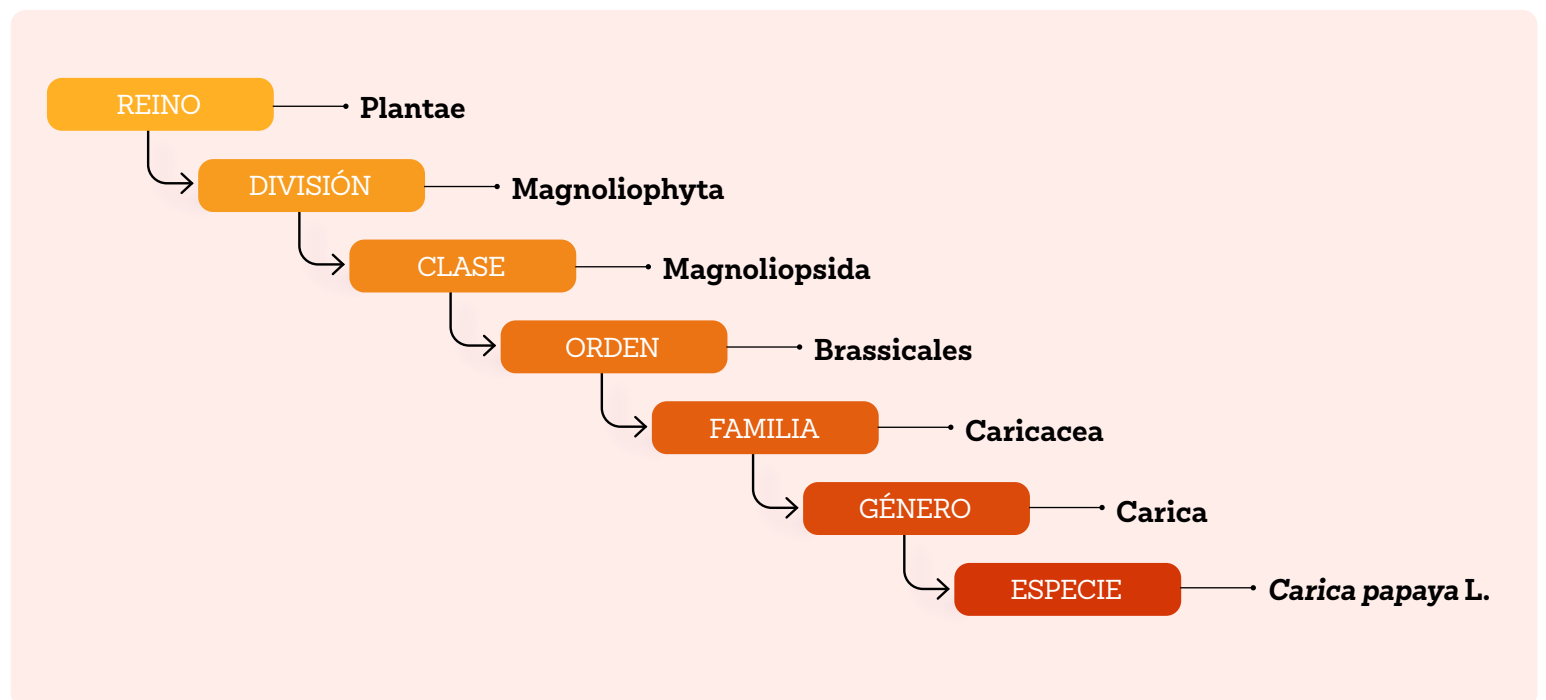
La papaya es una planta dicotiledónea de la familia Caricaceae, la cual está representada a nivel mundial por 35 especies y seis géneros: *Cylicomorpha*, *Horovitzia*, *Jarilla*, *Jacaratia*, *Vasconcellea* y *Carica*.

Según el estudio de Dumortier, Barthélem y Charles Joseph (1829) sobre la clasificación taxonómica de la familia Caricaceae (figura 1), esta se ubica en el orden Brassicales, superorden Rosanae, subclase Magnoliidae, clase Magnoliopsida (APG IV, 2016).

El género *Cylicomorpha* cuenta con dos especies: *C. solmsii*, distribuida en África occidental, y *C. parviflora*, en África oriental. El género *Horovitzia* tiene una sola especie, *H. cnidoscoloides*, distribuida en bosques submontanos de la sierra de Juárez, Oaxaca, en el sur de México. El género *Jarilla* tiene tres especies caracterizadas como hierbas perennes endémicas, que se encuentran en México y Guatemala. El género *Jacaratia* tiene siete especies distribuidas en las tierras bajas de América del Sur y Central, donde dos se adaptan a áreas secas (*J. mexicana* y *J. corumbensis*) y cinco a bosques tropicales (*J. dolichaula*, *J. spinosa*, *J. digitata*, *J. heptaphylla* y *J. chocoensis*). El género que tiene un mayor

número de especies es *Vasconcellea*, con 20 especies y un híbrido, donde la mayoría de especies se encuentran en el norte de los Andes, haciendo de esta región el centro de diversidad de la familia Caricaceae. El género *Carica* tiene una sola especie (es monoespecífico), *C. papaya*, siendo esta especie la económicamente más importante de la familia Caricaceae, con un amplio rango de adaptabilidad y de distribución en las zonas tropicales y subtropicales en el mundo. La forma silvestre de la *C. papaya* se encuentra en Mesoamérica, desde el sur de México hasta Costa Rica (Carvalho & Renner, 2012).

Las bases para la clasificación taxonómica de las especies de la familia Caricaceae fueron establecidas por Badillo, Horovitz, Jiménez y un equipo de técnicos de la Universidad Central de Venezuela, quienes realizaron ensayos experimentales estableciendo relaciones entre los géneros *Vasconcellea* y *Carica*. El aporte importante en la clasificación de la familia Caricaceae por Badillo (1971) fue la agrupación del género *Cylicomorpha*. Asimismo, Badillo (2000) propuso que algunas especies, inicialmente dentro del género *Carica*, pasen a ser parte del género *Vasconcellea*, por la imposibilidad de producir híbridos naturales.



2.2 Centros de origen y diversificación

La familia Caricaceae es de origen americano, de la zona tropical, principalmente de América Central y la Costa Occidental de América del Sur, y de los valles húmedos de la cordillera de los Andes (Norato & Nieto, 1984).

El centro de origen y domesticación de la especie *Carica papaya* se encuentra en América Central, siendo

las primeras civilizaciones de México y América Central (Olmecas, Mayas y Aztecas) las que primero consumieron los frutos de la papaya (figura 2). Esta información fue corroborada por estudios y trabajos de campo, quedando demostrado que las poblaciones silvestres de papaya se encuentran en Centroamérica (Candolle, 1886).

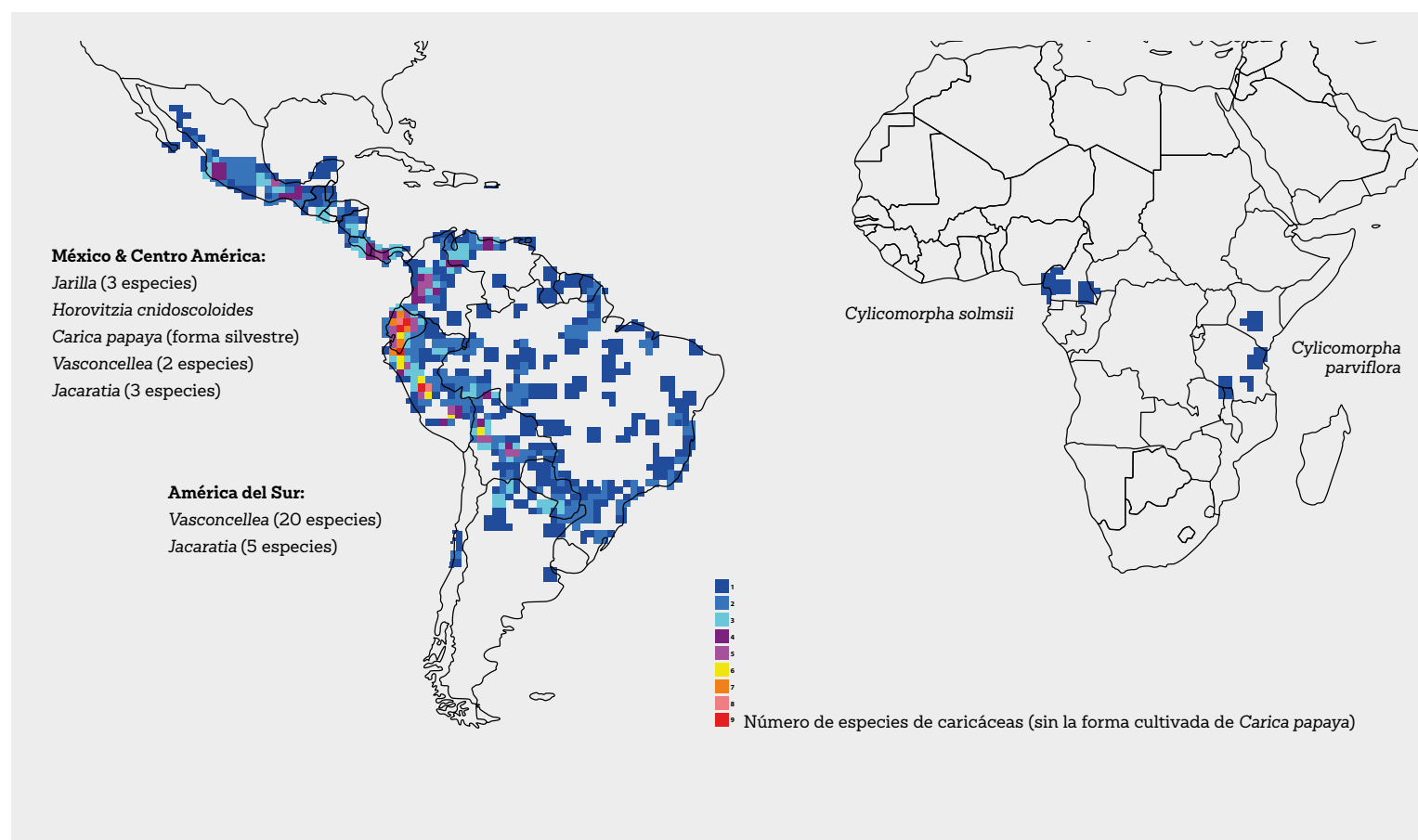


Figura 2. Distribución geográfica de los géneros de la familia Caricaceae
Fuente: Carvalho, 2013.

2.2.1. Relaciones evolutivas entre los géneros de Caricaceae

La descripción de las relaciones filogenéticas de Caricaceae está basada en la revisión del cladograma de angiospermas que establece las relaciones de plantas con flores, rasgos morfológicos, anatómicos, fitoquímicos, de orden y familia. La identificación taxonómica está basada en los sistemas de información molecular y filogenética, los cuales han demostrado que todos los géneros con más de una especie

son monofiléticos (evolucionaron a partir de una población ancestral común). Las especies de Caricaceae africanas son del clado hermano de las Caricaceae de Centroamérica (figura 3). En el Neotrópico los géneros *Vasconcellea* y *Jacaratia* forman un clado hermano bien apoyado de los tres géneros restantes, *Carica*, *Jarilla* y *Horovitzia* (Carvalho & Renner, 2012).

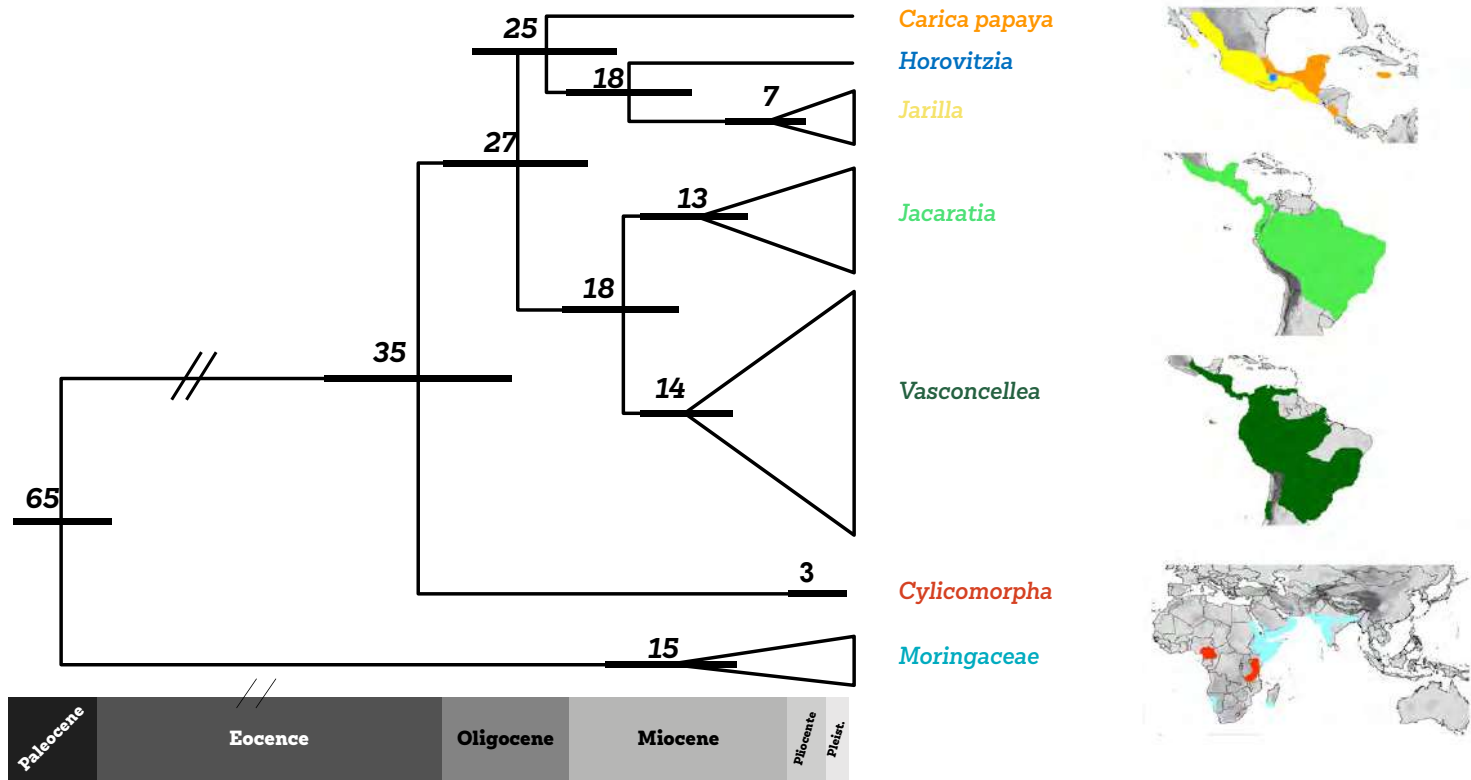


Figura 3. Relación evolutiva entre los géneros de Caricaceae
Fuente: Carvalho & Renner (2012)



La familia hermana de Caricaceae es Moringaceae. Las sinapomorfías (características evolutivas) que las sitúan como hermanas son: plantas leñosas, tallo grueso, cambium estratificado, nudos multilacunares, venación palmada, coléteres en peciolo o lámina, estípulas como glándulas, inflorescencias tirso, flores blanquecinas, ovario longitudinalmente sulcado, placentación parietal, muchos óvulos por carpelo, estilo hueco, y mesotesta más/menos lignificada (Udelar, 2017).

Sobre la base de los trabajos de Jobin-Décor et al. (1997) y Aradhya et al. (1999) citados por Badillo (2000), que fueron los primeros en analizar las relaciones genéticas entre especies de *Vasconcellea* y *C. papaya*, los autores concluyeron que *C. papaya* se encuentra lejanamente relacionada con *Vasconcellea*. Posteriormente, Badillo (2000) propuso la rehabilitación de *Vasconcellea* como género.

Asimismo, Van Droogenbroeck et al. (2002) y Peña, Villena, Aguirre & Jiménez (2017) evaluaron las relaciones genéticas de *C. papaya*, *Vasconcellea* y *Jacaratia* mediante técnicas de marcadores moleculares AFLP¹ y RAPD², obteniendo resultados similares a Badillo (2000): que *C. papaya* es muy distinta de *Vasconcellea* por la gran distancia genética observada entre ambos géneros. Además, demostraron que *Jacaratia digitata* y *Jacaratia spinosa* presentan un mayor nivel de similitud con *Vasconcellea* que con *C. papaya*.

¹ "Amplified fragment length polymorphism" o "polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados"

² "Random Amplified Polimorphic DNA" o "fragmentos polimórficos amplificados al azar".

2.2.2. Parientes silvestres de la papaya

Durante mucho tiempo se pensó que los parientes más cercanos de la *C. papaya* eran las papayas de montaña andina de las especies *Vasconcellea*, sin embargo, estudios basados en la información de contenidos y secuencias de ADN demostraron que los parientes más cercanos de la papaya son los géneros de *Horovitzia* y *Jarilla*, con cuatro especies dioicas que se encuentran distribuidas en México, Guatemala y El Salvador. El género *Horovitzia* está representado por la especie *H. cnidoscoloides* (endémico de la sierra de Juárez - Oaxaca al sur de México) y el género *Jarilla*, que tiene tres especies: *J. heterophylla* y *J. caudata* (ubicadas en el centro de México) y *J. chocola* (distribuida a lo largo de la costa del Pacífico desde el norte de México hasta Guatemala y El Salvador) [Carvalho, 2013].

La separación de los géneros *Carica* y *Vasconcellea* se confirmó con estudios moleculares posteriores, y ahora se reconoce que, a pesar de la similitud morfológica, el género *Vasconcellea* no es el pariente más cercano del género *Carica* (Badillo, 2000).

Por otro lado, los parientes silvestres y la papaya se diferencian en características tales como altura de la planta, tamaño de fruto y tipos de flores, y frutos muy pequeños (figura 4) con muy poca pulpa y sabor menos dulce que la papaya cultivada. Asimismo, las plantas silvestres son dioicas (individuos con flores masculinas o femeninas), mientras que, en las plantas cultivadas pueden existir individuos hermafroditas (individuos con flores masculinas y femeninas). Por otro lado, las plantas cultivadas son de tamaño bajo, debido al manejo agronómico que se realiza a través de la poda, para facilitar la cosecha de los frutos, mientras que los parientes silvestres pueden llegar a medir entre 4 y 5 m de altura.

Es de suma importancia conservar y proteger los parientes silvestres de la papaya porque representan un reservorio natural de la diversidad genética de la especie, a diferencia de las cultivadas, que van perdiendo su acervo genético durante el proceso de domesticación (Chávez, 2018).



Figura 4. *C. papaya* silvestre: a) Flor femenina, b) Inflorescencia masculina, c) Frutos, d) Tronco con frutos. Fuente: Chávez (2018)

2.3. Diversidad de las Caricaceae

La familia Caricaceae es pequeña y comprende seis géneros y 35 especies. Los géneros *Jacaratia*, *Carica*, *Jarilla*, *Horovitzia* y *Vasconcellea* se distribuyen en las zonas tropicales y subtropicales de América, y el género *Cylicomorpha* se localiza en el África occidental y oriental (tabla 3). Las características morfológicas de las Caricaceae se han descrito sobre la base de los descriptores para la papaya publicados por el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR por sus siglas en inglés, ahora Bioversity International).

Las plantas de la familia Caricaceae son especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Pueden ser dioicas y monoicas, y el sexo se determina al momento de la floración. El tronco es liso, con látex y sin ramificación. Las hojas son alternas, pecioladas, partidas o compuestas, y a veces pueden ser simples, enteras o lobadas. Las flores son unisexuales, rara vez son hermafroditas. El cáliz es corto 5-lobado. Las flores masculinas están dispuestas en cimas o panículas, por lo general axilares, y la corola es infundibuliforme 5-lobada, con diez estambres en dos series alternas insertos en la garganta corolina y gineceo ausente o reducido. Las flores femeninas son solitarias o en cimas paucifloras, con la corola campanulada, ovario súpero, unilocular o 5-locular, y presentan cinco estigmas sésiles o sobre un estilo corto, y óvulos numerosos sobre placentas parietales. El fruto es una baya de numerosas semillas, de forma ovoide a elipsoide, con la superficie externa mucilaginoso y la inmediata endurecida, ornamentada o lisa, endosperma abundante y embrión recto. Finalmente, las hojas son ligera a profundamente lobuladas, glabras, más de cinco venas

basales, peciolo fistuloso que puede superar los 60 cm de longitud. Los filamentos de los estambres son glabros y con ovario unilocular. La baya presenta pericarpo liso, de color amarillo a anaranjado (Cortez & Alvarado, 2017).

Badillo (1993) señala que la variabilidad foliar es muy amplia, sobre todo en algunas especies, por lo que, como ejemplo, utilizan lobos, lóbulos y lobulillos para las divisiones del limbo de primero, segundo y tercer orden. Los géneros de la familia Caricaceae poseen características distintivas, las cuales son utilizadas, a través de las claves, para identificar los géneros (Leal, 2003; Badillo, 1993, 2000).

2.3.1. Diversidad de especies de Caricaceae

La mayoría de las especies de la familia Caricaceae son nativas de la región tropical del continente americano, sin embargo, hay algunas especies que se encuentran en lugares específicos fuera de este ámbito, como *Vasconcellea chilensis*, que se ubica en Chile, *Jacaratia heterophylla*, que se encuentra en México, y dos especies del género *Cylicomorpha*, que se encuentran en África ecuatorial. Por otro lado, las especies del género *Vasconcellea* en su mayoría se encuentran distribuidas en laderas orientales de los Andes. El género *Carica* se localiza originalmente en México y América Central, el género *Jarilla* entre Guatemala y México, y *Jacaratia* se encuentra en México hasta el norte de Argentina (excepto en Colombia y Venezuela, probablemente por barreras ecológicas) [Badillo & Leal, 2020].



• Tabla 3 • Géneros y especies de la familia Caricaceae

Género	Especie	Distribución
Cylcomorpha Urban	<i>C. parviflora</i> Urban	Tanzania, Malawi, Kenia
	<i>C. solmsii</i> (Urban) Urban	Nigeria, Camerún, República Centroafricana
Jacaratia A. DC.	<i>J. heptaphylla</i> (Vellozo) A. DC.	Brasil suroriental
	<i>J. digitata</i> (Poeppig & Endl.) Solms-Laubach	Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia
	<i>J. spinosa</i> (Aublet) A. DC.	Argentina, Paraguay, Brasil, Perú, Ecuador, Bolivia, Panamá, Costa Rica, Honduras, Nicaragua
	<i>J. corumbensis</i> Kuntze	Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay
	<i>J. dolichaula</i> (J. D. Smith) Woodson	Panamá, hasta el sur de México
	<i>J. chocoensis</i> A. Gentry & Forero	Colombia
	<i>J. mexicana</i> A. DC.	México, Nicaragua, El Salvador
Carica L.	<i>Carica papaya</i> L.	Sur de México, norte de Centro América, América de Sur
	<i>V. stipulata</i> (Badillo) Badillo	Ecuador, Perú
	<i>V. x heilbornii</i> (Badillo) Badillo	Ecuador
	<i>V. parviflora</i> A. DC.	Ecuador, Perú
	<i>V. cundinamarcensis</i> Badillo	Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela
	<i>V. weverbaueri</i> (Harm.) Badillo	Perú
	<i>V. goudotiana</i> Triana & Planchon	Colombia
	<i>V. monoica</i> A. DC.	Ecuador, Perú, Bolivia
	<i>V. glandulosa</i> A. DC.	Perú, Brasil, Bolivia, Argentina
	<i>V. quercifolia</i> Saint-Hil.	Perú, Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay, Uruguay
	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	Perú
	<i>V. chilensis</i> (Planch. Ex A. DC.) A. DC.	Chile
	<i>V. horovitziana</i> (Badillo) Badillo	Ecuador
	<i>V. crassipetala</i> (Badillo) Badillo	Colombia
	<i>V. acauliflora</i> (Jacq.) A. DC.	Desde el sur de México hasta el norte de Sur América, incluyendo Trinidad y Tobago
	<i>V. longiflora</i> (Badillo) Badillo	Colombia
	<i>V. pulchra</i> (Badillo) Badillo	Ecuador
	<i>V. sprucei</i> (Badillo) Badillo	Ecuador
	<i>V. sphaerocarpa</i> (Garc. Barr. & Hern.) Badillo	Colombia
<i>V. omnilingua</i> (Badillo) Badillo	Ecuador	
<i>V. microcarpa</i> (Jacq.) A. DC.	Ecuador, Venezuela, Colombia, Panamá, Perú, Bolivia, Brasil, Guayana Francesa	
<i>V. palandensis</i> (Badillo), Badillo, Van den Eynden & Van Damme	Ecuador	
Horovitzia Badillo	<i>H. cnidoscoloides</i> (Larence & Torres) Badillo	México
	<i>J. chocola</i> Standley	México, Guatemala
Jarilla Rusby	<i>J. caudata</i> (Brandegge) Standley	México
	<i>J. heterophylla</i> (Cerv.) Rusby	México

Fuente: Leal (2003)

a. *Jacaratia* A. DC.

Este género está conformado por siete especies. Son plantas arbóreas caducifolias de 15 a 20 m de altura. Los tallos son monopódicos, cónicos, armados o inermes, de 15 a 80 cm de diámetro, la corteza puede ser lisa o rugosa, cubierta de pequeñas espinas de coloración grisácea o parda, y exuda una secreción lechosa blanquecina. Las hojas son alternas, palmaticompuestas, con 6 a 11 folíolos de 10 a 20 cm de largo y de 2 a 4 cm de ancho, elípticas u oblanceoladas, con márgenes enteros finamente revolutos. Los folíolos son ligeramente blancos o grisáceos en el envés y tienen la nervadura central amarillenta. Los

peciolos son rojizos, y tienen desde 2 a 22 cm de largo y 5 mm de diámetro, y los pedúnculos tienen cerca de 1 cm de largo. Las especies son dioicas con flores estaminadas, tirsiformes o racemosas, con un raquis aproximadamente de 1.5 a 2 cm, de color verde pálido o blanco verdoso. Los frutos son bayas piriformes u oblongo-elipsoides, de color anaranjado, de 12 cm de largo por 5 cm de ancho, con numerosas semillas pequeñas en su interior de color negro (Lomeli, 1998; Araujo, 2018). Esta especie se encuentra distribuida en Centroamérica principalmente (figura 5). En el anexo 1A se presenta la clave de identificación de las especies de *Jacaratia* propuesta por Badillo (1993).



Figura 5. Distribución modelada del género *Jacaratia*
Fuente: Romero (2013)

b. *Cylicomorpha Urban*

Son plantas dioicas, arbóreas, armadas de acúleos. El tallo principal es predominante y fistuloso con ramas delgadas. Las hojas son palmatilobas, glabras, con inflorescencias axilares. Las flores masculinas están dispuestas en inflorescencias paniculadas con diez estambres y anteras de dos tecas. Las flores femeninas están dispuestas en inflorescencias cortas y paucifloras, con la corola de lóbulos aparentemente libres, sobre cubriéndose bastante en floración. Ovario 5-locular, casi esférico, estilo ausente y óvulos numerosos. Los frutos son ovoideos de cinco lobos poco profundos, con semillas numerosas y esclerotesta con crestas laminares meridianas. Este género se compone de dos especies, que se distribuyen en zonas de trópico lluvioso del continente africano (anexo 1B).

c. *Horovitzia V.M. Badillo*

El género está conformado por una sola especie *Horovitzia cnidoscoloides* y se la ubica en el noroeste de la sierra de Juárez (Oaxaca, México), distribuida en el bosque mesófilo de Ixtlán y Tuxtepec, Oaxaca a 1250 m s. n. m. Son plantas herbáceas, dioicas, perennes; eventualmente al corte brota un látex blanco. El tallo es monopódico simple y hueco, de 2 a 6 m de alto, con corteza suave y esponjosa, la base hinchada, al principio densamente cubierto con tricomas aciculares. En tallos adultos las cicatrices de las hojas son semicirculares. Las hojas se encuentran concentradas distalmente en el ápice del tallo y son heteromórficas. Las hojas de plantas estaminadas generalmente no poseen lobos, mientras que las hojas de plantas pistiladas son lobadas (Kubitzki & Bayer, 2003).

Las inflorescencias estaminadas axilares se encuentran en forma de tirso y tienen de 8 a 16 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho. Cada inflorescencia se compone de 15 a 30 flores, poseen numerosos tricomas aciculares como en el tallo, así como ejes y flores bracteolados, de bractéolas verdes y triangulares. Las flores estaminadas se encuentran en pedicelos, con el cáliz glabro, 5-lobos, deltoide, de corola verde-amarillo y con contorno aerodinámico en el brote durante la antesis. Las flores pistiladas se encuentran solitarias, glabras o con tricomas aciculares, frecuentemente con bractéolas deltoides; con el cáliz 5-lobado, glabro, lobos deltoides de 0.5 a 0.6 mm de longitud y 0.5 mm de ancho.

La corola es verde-amarilla, glabra, casi dividida en la base, con lobos ligeramente ovado-elípticos a linear-elípticos, torneados, de 9 a 10 mm de largo y de 1 a 1.5 mm de ancho. El pistilo es ovoide, de 2 mm de longitud, incluyendo el estigma, obtusamente 5-angulado, glabro, unilocular, estigma sésil, entero, subcapitado y ligeramente cóncavo. Los frutos son pendulares con longitud del pedúnculo de 4-6 cm, elipsoides-cilíndricas, de 6 a 8 cm de longitud y 2 a 2.5 cm de diámetro. La superficie externa cuenta con diez alas longitudinales prominentes de 2 a 4 mm de ancho, rígidas, con tricomas aciculares urticantes, y el ápice prolongado y ligeramente curvado. Las semillas son numerosas y poseen exotesta pulposa de 4 a 5 mm de longitud y 2.5 a 3 mm de diámetro. Cuando se encuentra deshidratada la mesotesta tiene de 10 a 12 surcos longitudinales en la parte externa (Lorence & Torres, 1988).

d. *Jarilla Rusby*

Se encuentran en forma esporádica y en ocasiones tienden a comportarse como malezas. Son plantas herbáceas, dioicas, perennes y glabras. Pueden ser rastreras a erguidas, de aspecto delicado y generalmente de raíz tuberosa. El tallo brota en época de lluvia, es ramificado, hueco, algo pulposo, con una parte subterránea de color blanco amarillenta, un poco más delgada que la parte aérea. Los peciolo son largos, con láminas foliares simples, enteras o lobadas, a menudo de forma variable (pudiendo darse en la misma planta), palmatinervadas. Las flores masculinas están en cimas largamente pedunculadas, cáliz corto, unido en la base, corola infundibuliforme, con el tubo aproximadamente tan largo como los lóbulos, diez estambres con los filamentos pubescentes, inserto en la garganta de la corola, cinco de ellos son largos y la antera correspondiente tiene una sola teca; los otros cinco son cortos y su antera tiene dos tecas, gineceo rudimentario presente. Las flores femeninas por lo común se encuentran en menor número que las masculinas, son solitarias o dispuestas por pocas en cimas axilares escasas, pedúnculos delgados, cáliz corto, caedizo, corola campanulada de pétalos unidos, estigmas algo alargados, pubescentes, sésiles o sobre un estilo corto. El fruto es pendular, unilocular, subgloboso a elipsoide, con cinco apéndices en la base y en ocasiones con alas longitudinales, con semillas numerosas, ovoides y dispuestas sobre cinco placentas parietales provistas de un arilo mucilaginoso (Calderón & Lomelí, 1993) [anexo 1C].

e. *Carica Linnaeus*

Este género es monoespecífico (una sola especie), *Carica papaya*, la cual es ampliamente cultivada a nivel global y con alta demanda en el mercado nacional e internacional. Es una especie de importancia económica debido al hábito de consumo muy extendido, por sus propiedades nutritivas, digestivas y medicinales.

Las plantas de *Carica papaya* presentan una altura de fuste que va desde los 2 a los 8 m, con el tallo liso y/o fibroso, fistuloso y escasamente ramificado. El diámetro del fuste puede llegar hasta los 25 cm en ejemplares longevos. La corteza es ligeramente lisa y/o estriada (figura 6) [Cortez & Alvarado, 2017].



Figura 6. *Carica papaya*. A) Planta de papaya, B) hoja palmatilobada, C) flor masculina, D) corte de flor masculina con pistilo reducido, E) estambres en dos hileras, F) vista lateral y frontal de flor femenina, G) flor femenina sin perianto detalle del estilo y corte del ovario, H) fruto en maduro. Fuente: NYBG Herbario Steere, 2015

Las hojas se caracterizan por presentar peciolo huecos que van desde 20 a 60 cm de largo, y muchas veces pueden llegar hasta 1 m. Las láminas son ligeramente orbiculares a profundamente lobadas, divididas en 3 a 4 lóbulos, con el ápice acuminado, base ligeramente sagitada a hastada, con nervaduras impresas en el haz y prominentes en el envés.

Respecto a la inflorescencia masculina, presenta panículas de flores numerosas, con pedúnculos de 10 a 20 cm de largo. Los sépalos tienen de 0.5 a 1 mm de largo y 0.5 a 0.7 mm de ancho. Los deltoides muestran ápice agudo a ligeramente apiculado, margen entero, unido en la base del tubo de la corola, de 1 a 2 cm de largo, con lóbulos de 1 cm y 2.8 a 3.5 mm de ancho, y el ápice agudo a ligeramente obtuso. Los filamentos de los estambres de la serie inferior son de 0.5 a 0.6 mm de largo, serie superior 1.7 (2) a 2.2 mm de largo, ambos glabros o pubescentes. Las anteras de la serie inferior (1.8) 2 a 2.27 mm de largo y serie superior (1.25) 0.55 y 1.55 a 1.65 mm de largo, y pistilodio de 4 a 4.2 mm de largo.

Las flores femeninas son solitarias, con la corola de colores blanco a amarillo, pedúnculos de 2 cm de largo, y pediceladas, con (0.3) 2 a 5 mm de largo. Los sépalos son deltoides a lanceolados, 1.6 a 3.5 mm de largo, 1.5 a 2.3 mm de ancho, ápice agudo y margen entero. La corola tiene pétalos largamente elípticos, de 4 a 7 cm de largo, y de 12.2 a 13.5 mm de ancho, ápice ligeramente

agudo, libres entre sí. El ovario 2 ovoide, 1-ocular, ápice deprimido en un estilo angosto, de 20-30 mm de longitud, cinco ramas estigmáticas, cada una con varias ramificaciones irregulares.

Los frutos son ovoides, esféricos, periformes, desde pequeños (2 - 10 cm por 1.5 - 6 cm) hasta muy grandes (en cultivos comerciales), de pulpa succulenta, carnosa, amarilla o anaranjada. A veces el fruto es elipsoidal, de tamaño variable, de hasta 20 - 30 cm por 12 - 19 cm. Semillas de color marrón a negro, de 5 a 7 mm de largo, 3 a 4 mm de ancho, con sarcotesta mucilaginoso y esclerotesta menudamente verruculada dentada.

f. *Vasconcellea A. Saint-Hilaire*

Este género cuenta con 20 especies y un híbrido. Es el género de la familia Caricaceae que posee el mayor número de especies. Se encuentra distribuido en América tropical desde México hasta Argentina y Chile; sin embargo, tiene mayor concentración de biodiversidad en la región norandina (Colombia, Ecuador y Perú), pues se adapta a temperaturas de climas más fríos en los Andes ecuatoriales (Carvalho, 2013). El centro de origen y diversidad se encuentra en las tierras altas desde Colombia hasta el norte del Perú. En el Ecuador se han registrado 16 especies de *Vasconcellea*, siendo el país con mayor riqueza de este género (Scheldeman et al., 2007) [figura 7, anexo 1D].



2.3.2. Diversidad de Caricaceae en el Perú

Para determinar la diversidad de la papaya y sus parientes silvestres en el Perú, se realizaron prospecciones durante setiembre de 2019 a febrero de 2020 en 18 departamentos (Amazonas, Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali), 69 provincias y 256 distritos (figura 8), haciendo un total de 1145 prospecciones. Para la identificación del área geográfica territorial de prospección (distrito) se utilizó la metodología de la máxima representatividad geográfica (anexos 2 y 3).

Los datos registrados durante las prospecciones realizadas nos proporcionaron información sobre la diversidad de las especies, la variabilidad existente en *Carica papaya*, la distribución exacta en los departamentos evaluados, así como las características de su entorno.

Podemos agrupar la información recabada de acuerdo a la ubicación geográfica (departamento, provincia, distrito, centro poblado, sector, ubigeo, coordenadas geográficas y altitud); características e identificación de la parcela; caracterización vegetal (fenología, hábito de crecimiento, morfología vegetativa y reproductiva de la planta); identificación del nombre local de la especie, variedad o cultivar y características de los ecosistemas y agroecosistemas donde se encuentran.

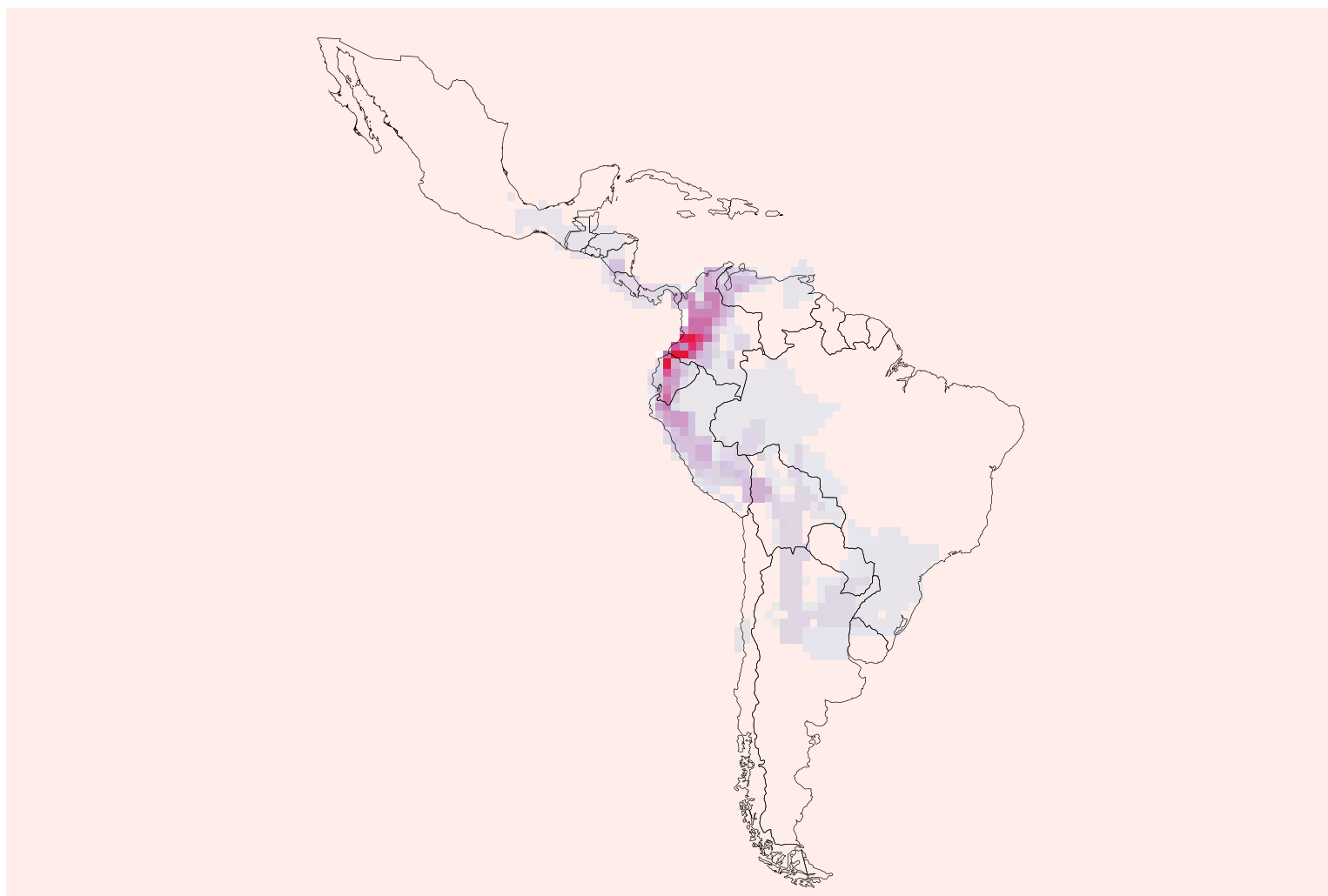


Figura 7. Distribución modelada del género *Vasconcellea*, riqueza de especies en América Latina. Las áreas más oscuras indican riqueza potencial más alta
Fuente: Scheldeman, et al. (2007)

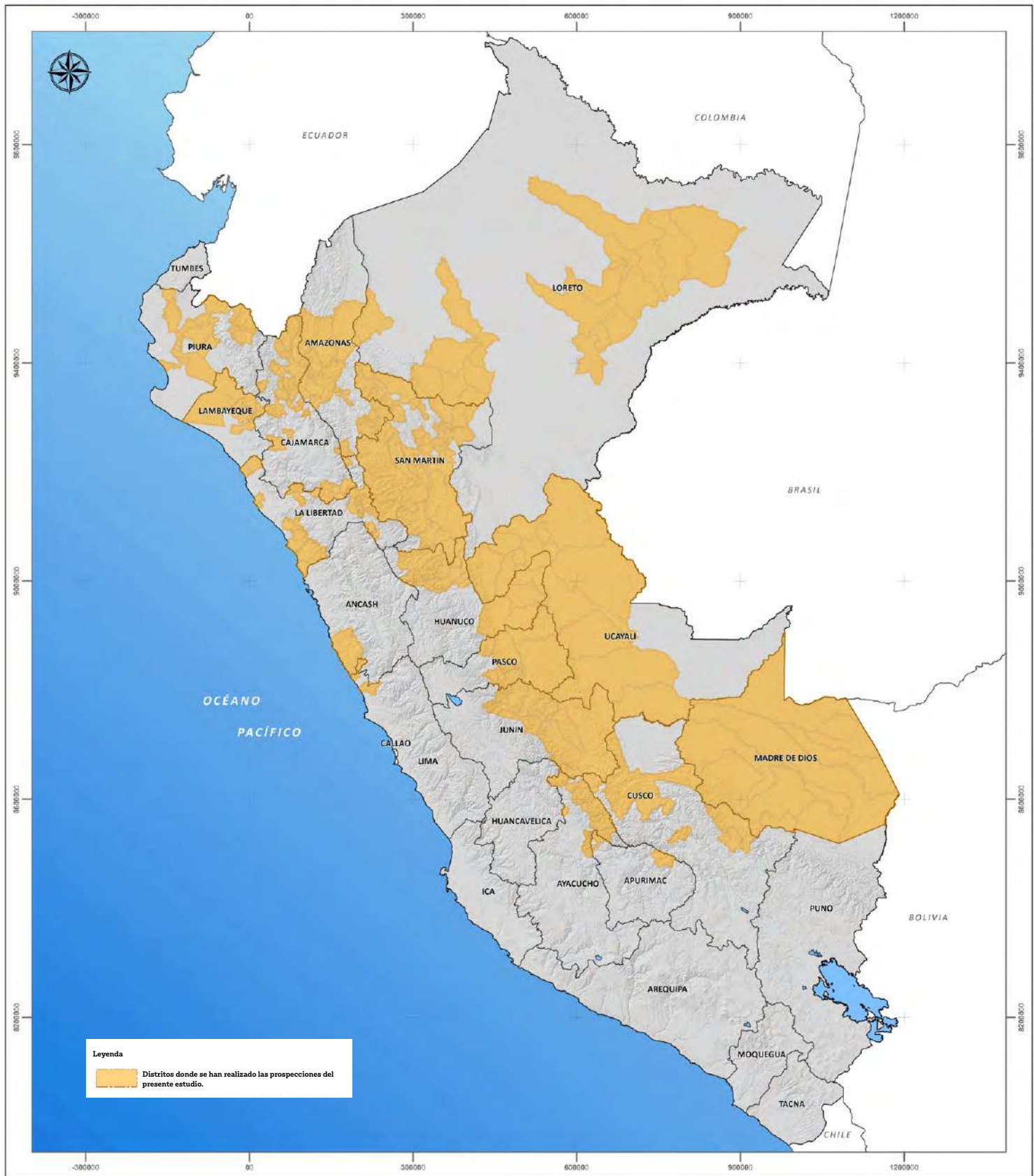


Figura 8. Distritos donde se han realizado las prospecciones del presente estudio.

En las prospecciones realizadas se evidenció la presencia de tres géneros de la familia Caricaceae: *Vasconcellea*, *Jacaratia* y *Carica*, cuyas especies fueron determinadas por Freddy Leal Pinto³, especialista en este grupo. El género *Vasconcellea* se encuentra en la vertiente occidental de los Andes peruanos, en los departamentos de Piura, Lambayeque y Cajamarca cercanas al Ecuador. El género *Jacaratia*, que se encuentra distribuido en la selva baja y la ceja de selva. El género *Carica* está distribuido en casi todo el territorio nacional, extendiéndose desde el nivel del mar hasta los 2535 m s. n. m.

a. *Carica* L.

El género *Carica*, al ser ampliamente cultivado y siendo monoespecífico, presenta diversidad de cultivares. En el territorio peruano se han introducido cultivares de papaya como Tainung, Red lady, Known you, Maradol, entre otros. Las semillas son adquiridas en tiendas comerciales, que las presentan como semillas resistentes al virus (PRSV); esto motiva a los agricultores a adquirirlas y sembrarlas. Estos cultivares fueron registrados en los departamentos de Piura, Huánuco, San Martín, Cajamarca, Ucayali y Madre de Dios. Sin embargo, otros agricultores sólo realizan

la práctica y manejo agronómico con cultivos agrícolas asociados. En el caso particular de los parientes silvestres, como la *Vasconcellea* y *Jacaratia*, son preferidos porque son resistentes a plagas y enfermedades.

Destaca además la presencia de los cultivares criollo nativo, criollo amarillo y criollo morado. El primero es nativo, y los otros dos fueron señalados como mejorados, los que están distribuidos en las regiones naturales de rupa (selva alta), omagua (selva baja), chala y yunga (tabla 4).

Asimismo, en los diferentes cultivares se ha evidenciado que hay variabilidad en la forma, el tamaño y el color de fruto. Esta expresión del genotipo contribuye a caracterizar los principales rasgos de la especie o fenotipo. Las evidencias de la variabilidad genética se dan en las especies cultivadas que se utilizan para crear cultivares de papaya. En las zonas prospectadas los agricultores y pobladores le dan diferentes denominaciones a la especie *C. papaya* como wawa papaya, sandía, ayllu y papái, paipai y papaya, las mismas que poseen variabilidad morfológica (tabla 4).

•Tabla 4• Cultivares de *Carica* papaya registradas en las prospecciones

Cultivar	Nombre local	Distribución	Región natural
Criollo amarillo	Papái	Amazonas, Loreto y San Martín	Selva alta y selva baja
	Papaya	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali.	Selva alta, selva baja, yunga y chala
	Paipai	Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Loreto, San Martín y Ucayali	Selva alta, selva baja y yunga
	Wawa papaya	Loreto y San Martín	Selva baja
	Ayllu	Amazonas	Selva alta
Criollo morado	Papái	Amazonas, Loreto y San Martín	Selva alta y selva baja
	Papaya	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali.	Selva alta, selva baja, yunga y chala
	Paipai	Amazonas, Cajamarca, Huánuco Loreto, San Martín y Ucayali	Selva alta, selva baja y yunga
	Wawa papaya	Loreto y San Martín	Selva baja
	Sandía	Amazonas	Selva baja
Criollo nativo	Papái	Amazonas, Loreto y San Martín	Selva alta y selva baja
	Papaya	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali.	Selva alta, selva baja, yunga y chala
Híbrido	Papaya	Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali.	Selva alta, selva baja, yunga y chala

³ Facultad de Agronomía, Departamento de Horticultura, Universidad Central de Venezuela

b. *Vasconcellea Saint-Hilaire*

La distribución de la *Vasconcellea* en el Perú es muy amplia. Se puede encontrar de manera natural en diferentes ecosistemas, en zonas secas áridas de la yunga situadas en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes (yunga marítima), así como en los bosques estacionalmente secos de los valles interandinos de la yunga en la vertiente oriental (yunga fluvial), en las regiones templadas de la quechua, en los bosques húmedos subtropicales de la selva alta y en los bosques siempre verdes de la región natural de selva baja, con algunas excepciones adaptadas a las zonas secas de la costa como *V. candicans*.

Las especies adaptadas a las zonas secas de la costa y valles secos interandinos son *V. candicans* y *V. parviflora*. En las zonas subtropicales húmedas y el bosque siempre verde se encuentran las especies *V. heilborni* var. *pentagona*, *V. monoica*, y *V. cauliflora*. Por otro lado, la *V. pubescens* y *V. stipulata* están adaptadas a zonas templadas más frías, encontrándose a una mayor altitud.

En las prospecciones realizadas durante el 2019 y 2020 se han registrado nueve especies de *Vasconcellea*, en las regiones naturales de yunga y quechua, principalmente en

los Andes próximos al Ecuador: *V. candicans*, *V. x heilborni* var. *pentagona*, *V. pubescens*, *V. stipulata*, *V. monoica*, *V. cauliflora*, *V. parviflora*, *Vasconcellea x sp.* y *V. quercifolia*. Las cuatro primeras son de importancia económica, siendo *V. heilborni* var. *pentagona* la especie con mayor demanda en el mercado.

Los agricultores de las diferentes zonas prospectadas en el Perú utilizan sus propias denominaciones para las diferentes especies de *Vasconcellea* como: babaco, papaya silvestre, toronche, papayita, hualacongo, papaya de monte, chicope, shambor, terrenche, papaya de zorro y chacramama (tabla 5).

Recientemente, mediante los avances de la biotecnología y el uso de técnicas moleculares, utilizando marcadores de cloroplasto (*trnL-trnF*, *rpl20-rps12*, espaciadores intergénicos *psbA-trnH*, genes *matK* y *rbcL*) y marcadores nucleares (ITS), se ha realizado un estudio integrador que incluye la morfología, filogenia multilocus, distancia genética y métodos de coalescencia, logrando describir cinco nuevas especies para el norte de Perú: *V. badilloi* sp. nov., *V. carvalhoae* sp. nov., *V. chachapoyensis* sp. nov., *V. pentalobis* sp. nov. y *V. peruviensis* sp. nov. (Tineo, et al., 2020).

• Tabla 5 • Especies de *Vasconcellea* registradas en las prospecciones

Especie	Nombre local	Departamento (región natural)
<i>V. candicans</i> A. DC.	Chicope, papaya del monte	La Libertad, Lambayeque, Piura (y)
<i>V. cauliflora</i> A.DC.	Hualacongo	Cajamarca (y)
<i>V. monoica</i> A. DC.	Chacramama	Amazonas, Junín (y)
<i>V. parviflora</i> A. DC.	Papaya de zorro	Lambayeque, Piura (y)
<i>V. pubescens</i> A.DC.	Hualacongo, papaya silvestre, papayita, toronche	Cajamarca, Lambayeque, Amazonas, Cusco, Huancavelica (y,q)
<i>V. stipulata</i> (V.M. Badillo)	Chicope, toronche	Piura (y)
<i>V. x heilbornii</i> var. <i>pentagona</i> Badillo	Babaco	Cajamarca, Piura (y,q)
<i>Vasconcellea</i> sp.	Shambor, terrenche	Amazonas, Cajamarca (y)

y = yunga, q = quechua

c. *Jacaratia* A. DC.

En las prospecciones realizadas se reportó a la especie *Jacaratia spinosa* (especie nativa silvestre), ubicada en la región natural omagua (selva baja) en los departamentos de Madre de Dios (distrito de Fitzcarrald) y Ucayali (distrito de Irazola). Los agricultores de dichas zonas la denominan sachá papaya.

Distribución potencial de Caricaceae en el Perú

A partir de las prospecciones realizadas en campo, se elaboró el mapa de distribución potencial y concentración de diversidad de la papaya y sus parientes silvestres, a través de tres procesos: i) elaboración de la matriz de densidad potencial de la especie, que se calcula utilizando el modelo de densidad de Kernel, teniendo como resultado las áreas con mayor densidad representativa de la especie en función a los puntos georreferenciados de las prospecciones; ii) determinación de la matriz de probabilidad de máxima entropía, la cual fue modelada con los puntos georreferenciados de las prospecciones y las variables climáticas, atmosféricas y orográficas; y iii) realización del análisis espacial de estos dos resultados, utilizando el cuartil superior de cada resultado para realizar una matriz única, en la cual se describe qué especies pueden tener alta probabilidad de ocurrencia y densidad en un espacio determinado (figura 9).

Además, en la figura 10 se presenta la distribución de las variedades registradas a nivel nacional obtenida en las prospecciones realizadas. Se puede observar una mayor concentración de variedades cultivadas en el departamento de San Martín, seguido de La Libertad, Cajamarca, Amazonas y Piura.



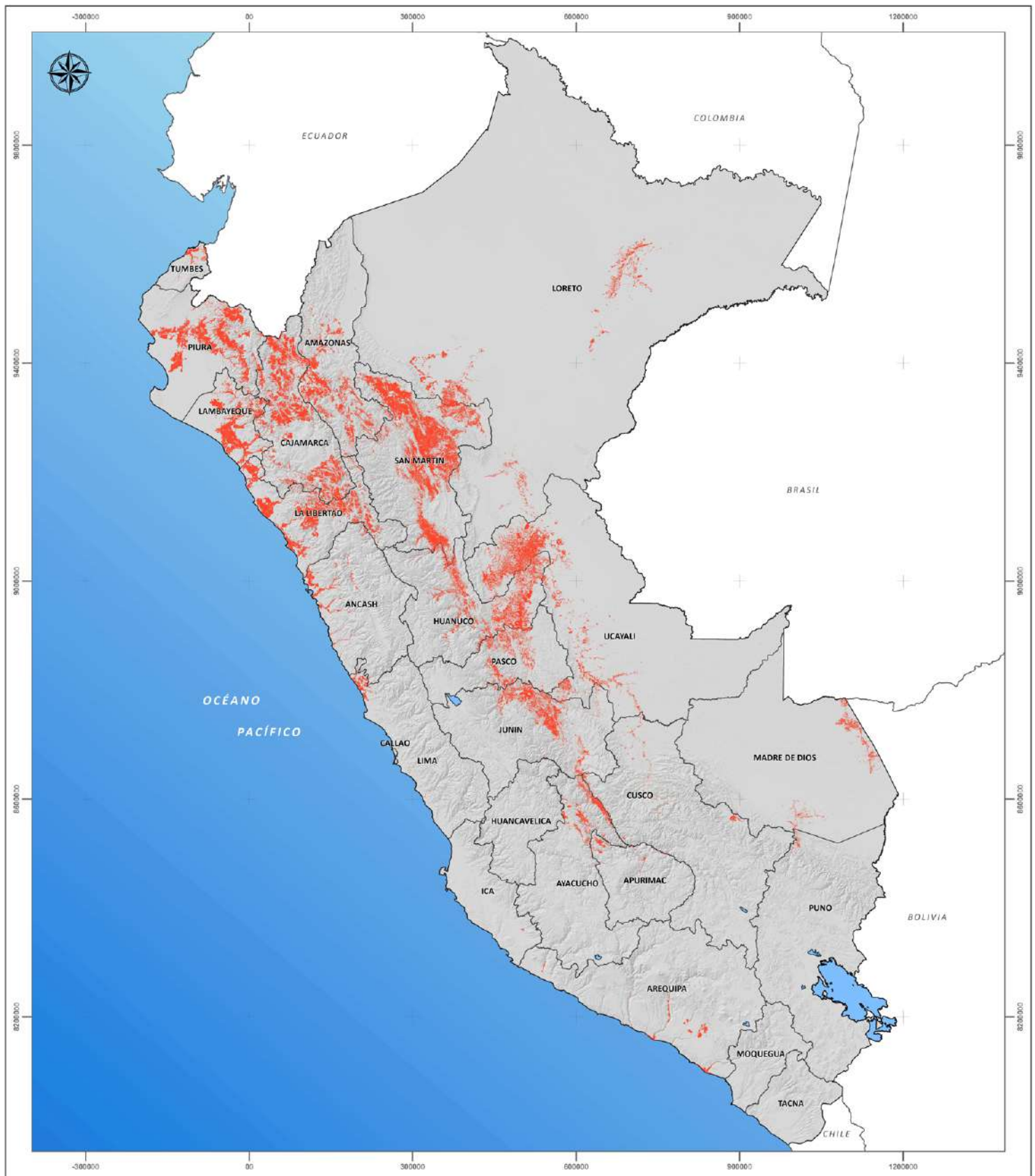


Figura 9. a) Mapa de distribución potencial de *Carica papaya* en zonas agrícolas.

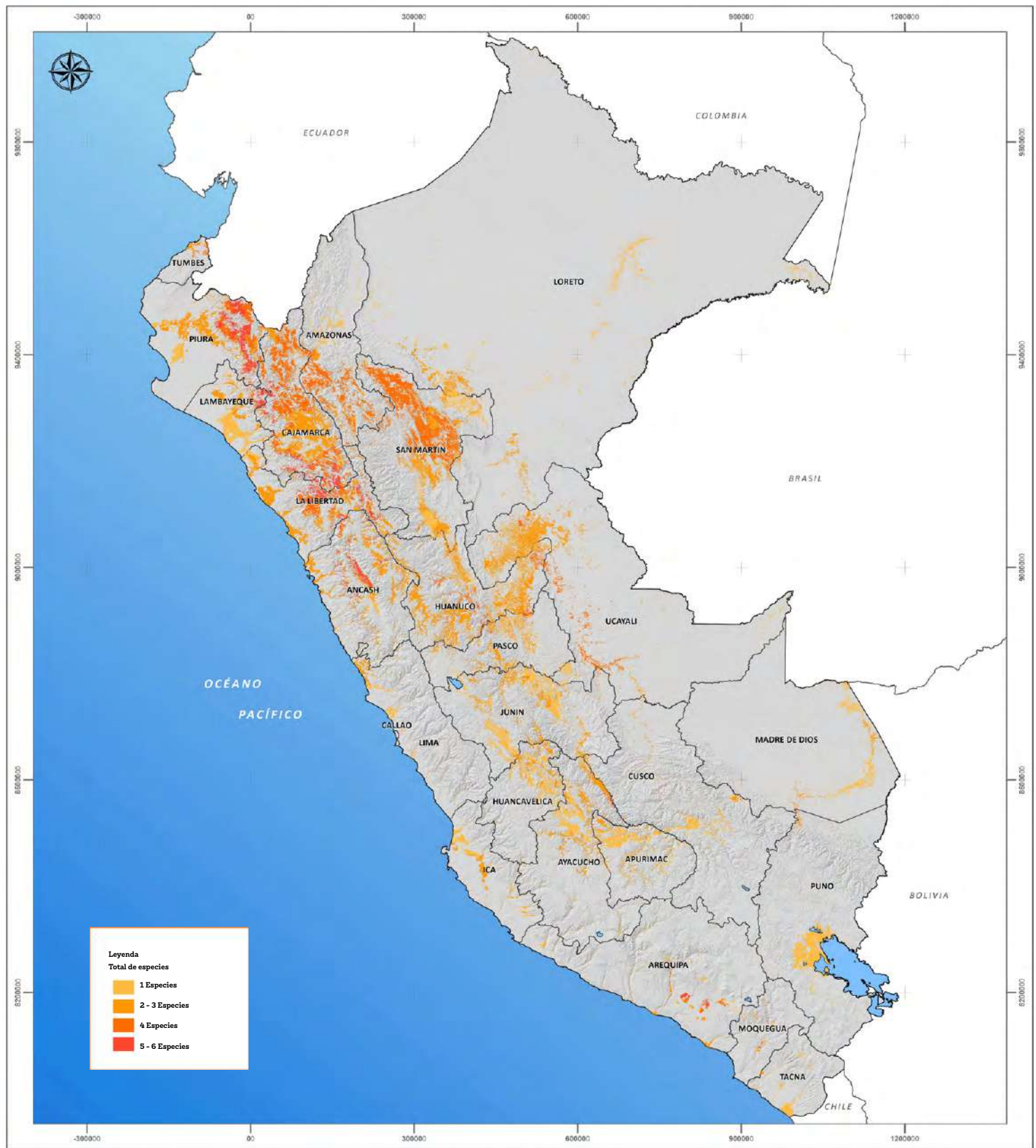


Figura9. b) Mapa de concentración de diversidad de *C. papaya* y sus parientes silvestres en zonas agrícolas

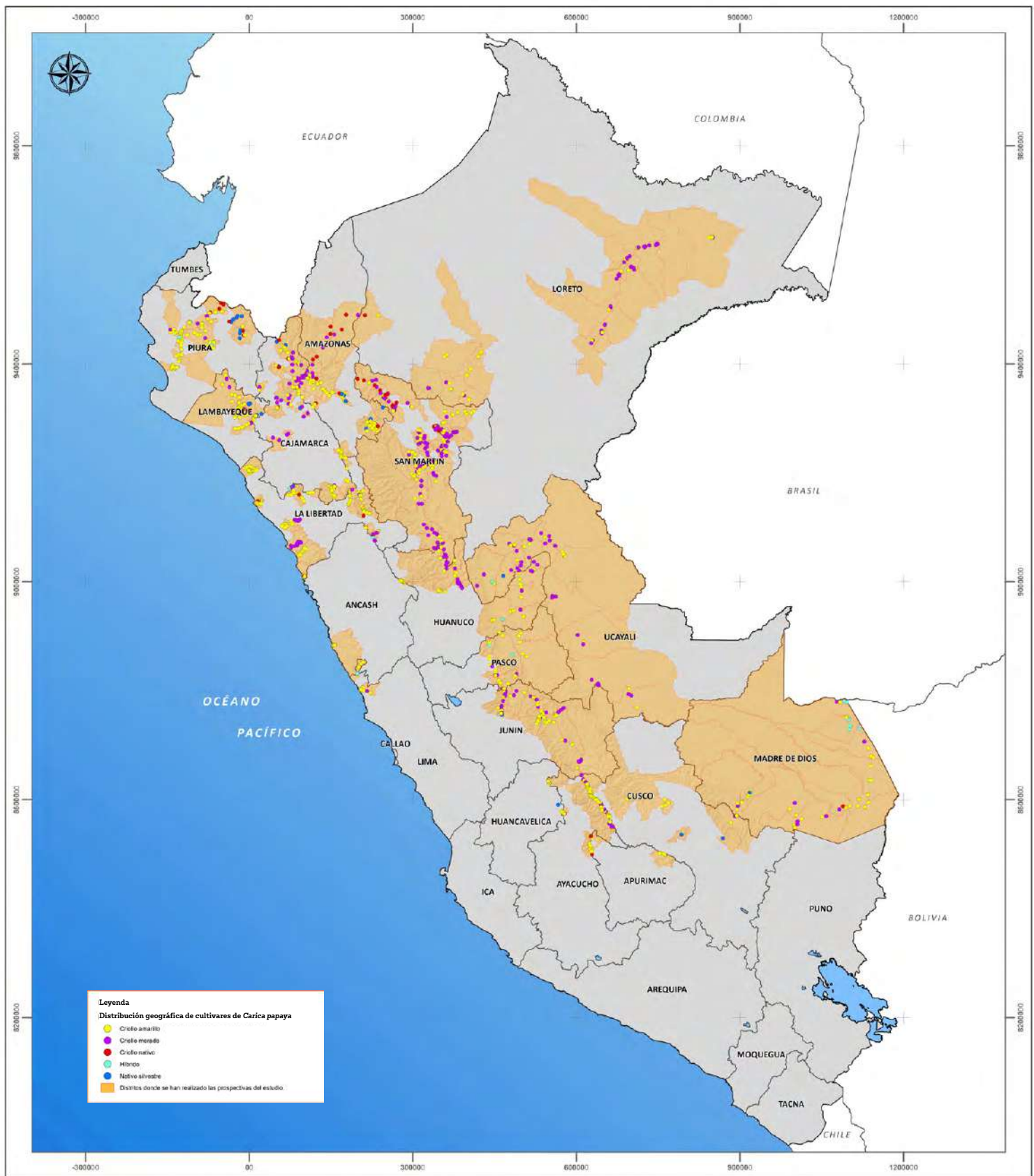


Figura 10. Distribución geográfica de cultivares de *Carica papaya* en los distritos evaluados

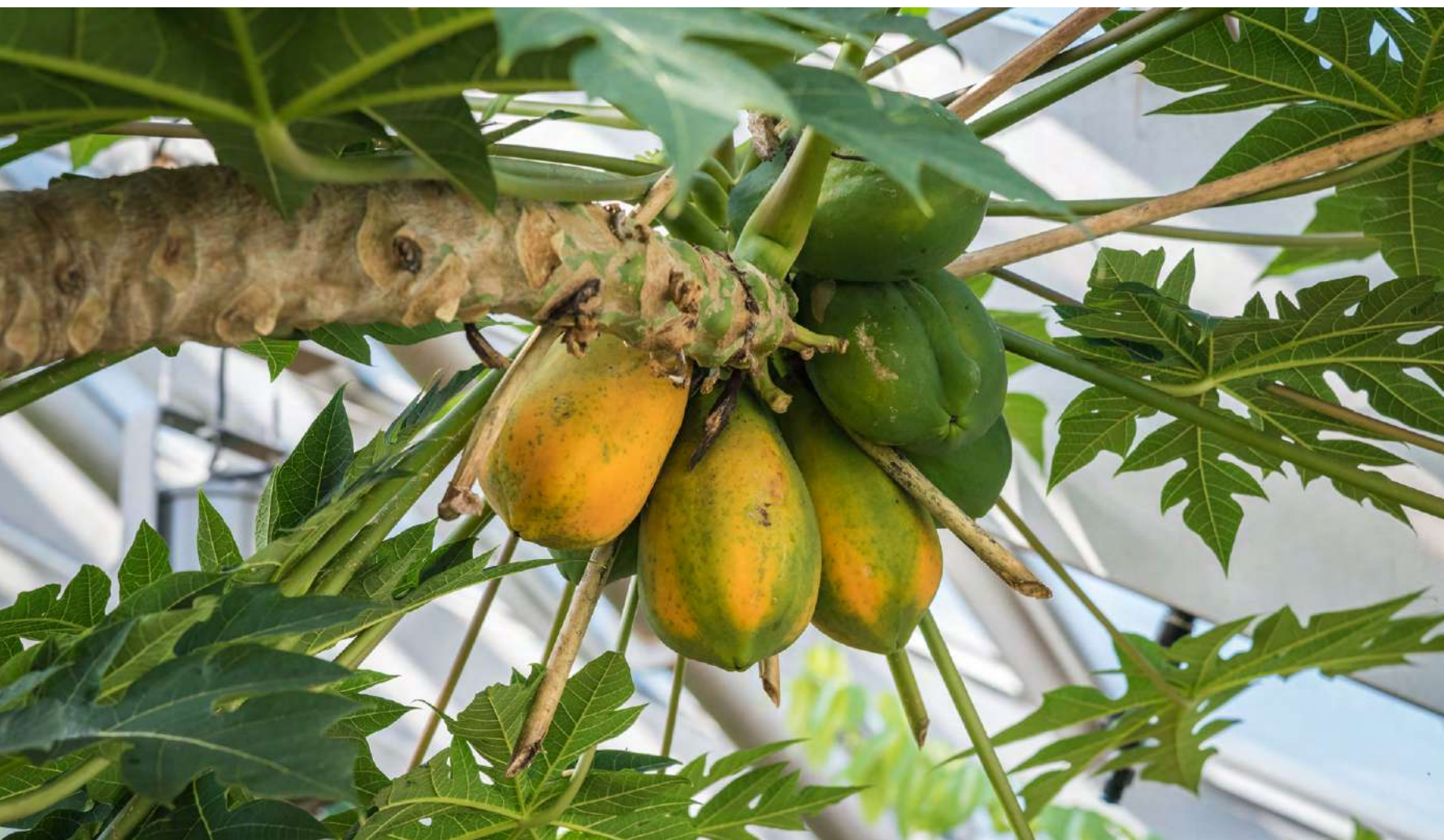
2.3.3. Variabilidad morfológica

La variabilidad morfológica se refiere a las diversas variaciones en atributos (diversidad fenotípica) como forma, tamaño, textura, color, entre otros, que se pueden evidenciar entre individuos de una misma población o de diferentes poblaciones. El papayo tiene polinización cruzada a través de los insectos que transportan el polen de una planta masculina a otra femenina, lo que genera una gran diversidad en la forma del fruto, tamaño, calidad, sabor y color (Singh et al., 2010 citado por Salinas, 2019). El sexo de las plantas está determinado genéticamente, aunque el ambiente también modifica la expresión sexual, y el tipo de flor que dará origen a las formas de fruto diferentes (Moore, 2014).

Se ha evidenciado que las características del fruto de *C. papaya* varían dentro de cada cultivar, originando dificultades para la identificación. Esto es debido a la

interacción del genotipo-ambiente, el cual se encuentra influenciado por diferentes factores como el clima, el suelo, la edad y los polinizadores. La variación morfológica, además de en el fruto, se comprueba en la forma de la hoja, del tallo, del peciolo y de la flor, que presentan diferencias en tamaño, color y forma. Dicha caracterización juega un rol importante en la agricultura, razón por la cual los agricultores previamente seleccionan la variedad para el cultivo de acuerdo a las preferencias del mercado consumidor.

Los cultivares encontrados de *C. papaya* son criolla amarilla (figura 11), criolla morada (figura 12), criolla nativa (figura 13) y la papaya híbrida (figura 14). En las diferentes zonas prospectadas a estos cultivares pueden recibir diferentes denominaciones como wawa papaya, sandía, ayllu y papái, paipai y papaya. Las descripciones que se presentan fueron obtenidas del trabajo de campo y corroboradas mediante información de García (2010), Senasa (2020) y Jiménez (2002).



Características morfológicas y ecológicas del cultivar ‘criolla amarilla’

Descripción botánica

Es una especie arbórea y arbustiva de 3 a 8 m de altura. Presenta cicatrices foliares notorias. Normalmente es una planta dioica, pero también puede ser monoica o polígama. Las hojas son alternas, palmatilobadas, con lóbulos a veces pinnatífidos hasta 60 cm de longitud. El envés presenta prominente nerviación y el peciolo es fistuloso de 50 a 100 cm de longitud. Las flores masculinas se encuentran en racimos con péndulos de color crema amarillento, mientras que las flores femeninas son solitarias o de corta inflorescencia, de color crema amarillento, y tienen pétalos de 4 a 5 cm de longitud. El fruto generalmente es ovoide o esférico piriforme, de 10 a 30 cm de longitud, con pulpa amarilla y contiene numerosas semillas de color negro (figura 11).

Características físicas del medio

El papayo requiere una temperatura mínima de 17 °C y máxima de 38 °C, con una humedad relativa de 50 a 95 %. La especie es propia de zonas tropicales y subtropicales, siendo importante tener en cuenta que en las zonas con excesiva humedad y baja temperatura los cultivos no prosperan, produciéndose ataque de enfermedades fungosas.

Propagación y manejo

El poder germinativo de las semillas del papayo es corto, y estas pierden rápidamente la viabilidad. Las semillas son seleccionadas en campo cuando el fruto está recién cosechado. La siembra se realiza a campo definitivo en forma directa, o también se preparan almácigos con buen sustrato (turba) protegidos con plástico negro para mantenerlos húmedos. Cuando las plántulas alcanzan el tamaño de 10 a 15 cm de altura se trasplantan a campo definitivo.

El sistema de plantación se realiza en terreno definitivo al tresbolillo, con distanciamiento de 3 x 3 m. El abonamiento se realiza con fertilizante líquido, la falta de abono origina amarillamiento en la planta, y caída de hojas y flores. El riego debe ser moderado y se realiza cada 3 o 4 días.



Figura 11. Cultivar criolla amarilla (*Carica papaya*). a) Planta, b) hoja, c) fruto, d) corte transversal del fruto. Fotografías tomadas en el distrito El Dorado de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto

Características morfológicas y ecológicas del cultivar papaya ‘criolla morada’

Descripción botánica

Es una especie arbórea y arbustiva, que tiene un tallo blando herbáceo con un fuste entre 3 a 8 m de altura y presenta cicatrices foliares notorias. Es dioica, aunque a veces puede ser monoica o polígama. Las hojas son alternas, palmatilobadas con 60 cm de longitud, con nerviación prominente en el envés. El peciolo es fistuloso de 50 a 100 cm de longitud de color morado. Las flores masculinas están dispuestas en racimos con péndulos de color crema amarillento, mientras que las flores femeninas son solitarias y presentan inflorescencias cortas de color crema, con pétalos de 4 a 5 cm de longitud. El fruto es ovoide o esférico piriforme, de 10 a 30 cm de longitud, la pulpa de color anaranjado; contiene numerosas semillas de color negro (figura 12).

Características físicas del medio

Requiere de suelos de texturas livianas (franco a franco arenosos) con buena profundidad. La temperatura varía entre 17 y 38 °C. Las zonas con las mejores condiciones agroclimáticas para el cultivo son las que se encuentran ubicadas en suelos aluviales. La especie no tolera encharcamiento ni periodos largos de heladas.

Propagación y manejo

El porcentaje de poder germinativo de las semillas es bajo. La propagación se realiza mediante almácigos, llevándose a campo definitivo las plántulas con tamaño de 15 a 20 cm. El sistema de cultivo es la siembra al tresbolillo, con distanciamiento de 3 x 3 m. Es necesaria la eliminación de malezas, debido a que las hojas son largas y anchas, y realizar un buen abonamiento.



Figura 12. Cultivar criolla morada (*Carica papaya*). a) Planta, b) hojas, c) flores, d) corte del fruto
Fotografías tomadas en el distrito de Inambari, provincia de Tambopata, departamento de Madre Dios

Características morfológicas y ecológicas del cultivar 'criolla nativa'

Descripción botánica

Especie arbórea o arbustiva de crecimiento rápido, con un tallo de 2 a 15 m de altura, de tronco recto, cilíndrico, suave, esponjoso, fibroso, suelto, hueco, de color gris o café grisáceo y endurecido por la presencia de cicatrices grandes y prominentes causadas por la caída de hojas e inflorescencias, de 10 a 30 cm de diámetro. Las plantas adultas son ramificadas y altamente productivas. Los frutos son de tamaño mediano. La inflorescencia masculina se encuentra en racimos axilares, con flores de color amarillo verdoso sobre pedúnculos largos, con diez estambres dispuestos en dos series. Las flores femeninas se encuentran individuales o en pequeños grupos, de color amarillo verdoso, con cinco pétalos carnosos. El fruto es ovoide, ligeramente apiculado, subpentágono, de 10 a 18 cm de largo por 8 a 12 cm de ancho y semillas ovoides numerosas (figura 13).

Características físicas del medio

Requiere de suelo suelto y profundo, con buen drenaje. Las temperaturas por la noche no deben bajar de los 4°C y durante el día no debe superar los 25° C. Resisten largos períodos de sequía, pero son muy sensibles al exceso de humedad.

Propagación y manejo

Se multiplica por semillas. El poder germinativo de las semillas es muy alto. Generalmente la siembra es directa sobre el terreno, pero en algunas comunidades hacen semilleros. Su fruto es comestible y muy agradable, aunque de poca importancia comercial por su tamaño, solo se consume en el mercado local. En lugares con buenas condiciones las plantas tienen larga duración. Los agricultores locales sostienen que pueden durar entre 2 a 12 años.



Figura 13. Cultivar criolla nativa (*Carica papaya*). a) Planta, b) hojas, c) frutos, d) corte del fruto
Fotografías tomadas en el distrito de Wawico de Imaza, provincia de Bagua, departamento de Amazonas

Características morfológicas y ecológicas de la papaya híbrida

Descripción botánica

Es una especie arbustiva de crecimiento acelerado, con un tallo sencillo de 1.5 a 3 m de altura, de tronco suave, recto, cilíndrico, hueco de color gris, con un diámetro de 10 a 18 cm, que presenta cicatrices notables. El peciolo es redondo fistuloso, de color verde amarillento, y con dimensiones de 25 a 100 cm de largo y 0.5 a 1.5 cm ancho. La especie tiene alta producción de frutos de tamaño uniforme y lustroso, con pulpa gruesa, de textura dura y con pocas semillas (figura 14).

Características físicas del medio

La especie requiere suelos de textura liviana (franco a franco arenosos), con profundidades no menores a 1.20 m y buen drenaje. No tolera el encharcamiento, teniendo moderada resistencia al frío y resistencia al virus de PRSV. Durante el periodo de la floración requiere de abonamiento estricto, y la falta de fertilización produce amarillamiento y caída de hojas inferiores y flores. El riego debe ser moderado, realizándose cada 3 a 4 días.

Propagación y manejo

La propagación de la especie es por semillas, que tienen que ser sembradas en almácigos. Cuando las plántulas alcanzan el tamaño de 10 a 15 cm de altura, son trasplantadas a campo definitivo. El sistema de plantación es rectangular, con un distanciamiento 2 x 3 m entre planta y planta. Los hoyos deben tener una profundidad de 80 cm y 50 cm de ancho. Esta variedad requiere de cuidado y manejo adecuado.



Figura 14. Cultivar papaya híbrida (*Carica papaya*). a) Planta, b) hoja, c) frutos, d) corte del fruto
Fotografías tomadas en el distrito de Agua Dulce de Iberia, provincia de Tahuamanu, departamento de Madre de Dios

En cuanto al género *Vasconcellea*, cada especie encontrada es diferente morfológicamente. Los agricultores las conocen como babaco, papaya silvestre, toronche, papayita, hualacongo, papaya de monte, chicope, shambor, toronche, papaya de zorro y chacramama. Algunas especies de *Vasconcellea* producen frutos pequeños de sabor y aroma muy agradable, los cuales son consumidos localmente. En las zonas donde crecen estas “papayas silvestres”, como Piura (Ayabaca), Cajamarca (Colasay), Amazonas (Vista alegre, Limabamba), Junín (Vitoc), entre otras, los pobladores utilizan el fruto para la elaboración de dulces y postres (*V. monoica*), mates y mermeladas (*V. stipulata*, *V. candicans*) y como fruta (*V. cauliflora*, *Vasconcellea* x sp., *V. quercifolia* y *Jacaratia spinosa*). La única especie que no se aprovecha es *V. parviflora*.

Características morfológicas y ecológicas del chicope o papaya de monte hembra (*Vasconcellea candicans*)

Descripción botánica

Árbol pequeño, deciduo, de 6 m de altura, con el tallo ramificado, grueso y carnoso. De hojas alternas, caducas, pecioladas, anchamente ovadas, truncadas o subcordadas, palmadamente, de 3 a 5 nervadas, de 12 a 20 x 10 a 15 cm, enteras o ligeramente dentadas o sinuadas en el borde, y pueden tener de 3 a 4 dientes laterales, verdes en el haz y finamente blanco-tomentosas en el envés. Las flores son unisexuales (plantas dioicas), dimorfas, las flores femeninas son solitarias, verdosas, sobre pedicelos de 2 a 2,5 cm de longitud. El cáliz con dientes lanceolado-acuminados, de unos 3 mm de largo con corola verdosa o pardo-verdosa, con 5 pétalos soldados inferiormente, lóbulos lanceolado-lineares, reflexos, de unos 2.5 cm de longitud. El ovario es oblongo, 5 angulado, glabro, con estilo corto y cinco ramas estigmáticas bifidas. El fruto bayo, amarillo-verdoso, sobre pedicelos de 5 a 7 cm de longitud, ovoide elongado, atenuado en la base y el ápice, oscuramente 5 angulado, de 10 a 20 cm de largo por 3 a 5 cm de diámetro, con numerosas semillas ovoides de unos 8 mm de longitud, sin sarcotesta (cáscara externa viscosa), de capa interna de color marrón y casi lisa cuando seca (Franco, 2013) [figura 15].

Características físicas del medio

Especie nativa adaptada a lugares xerofíticos (puede vivir bajo condiciones extremas con deficiencia de agua), que disponen del recurso hídrico cuando el ecosistema de las lomas costeras está cubierto por la densa neblina que cubre la costa durante los meses de julio a octubre. Estas lomas se extienden por pampas y colinas hasta las primeras estribaciones de los Andes, hasta los 800 m s. n. m. (Franco, 2013). En el presente estudio se reportó hasta los 1953 m s. n. m. en el distrito de Ayabaca, y a 1995 m s. n. m. en el distrito de Incahuasi, ambos ecosistemas húmedos.

Propagación y manejo

Muchas fuentes indican que tiene un bajo poder germinativo. Soto (1999) obtuvo 5 % de poder germinativo en cámara de germinación. El cultivo de tejidos *in vitro* usando ápices y meristemos ha tenido mayor éxito para propagación. Chilón (1988) indica que la especie solo rebrota y crece durante la época de lluvia (Belli, 2018).

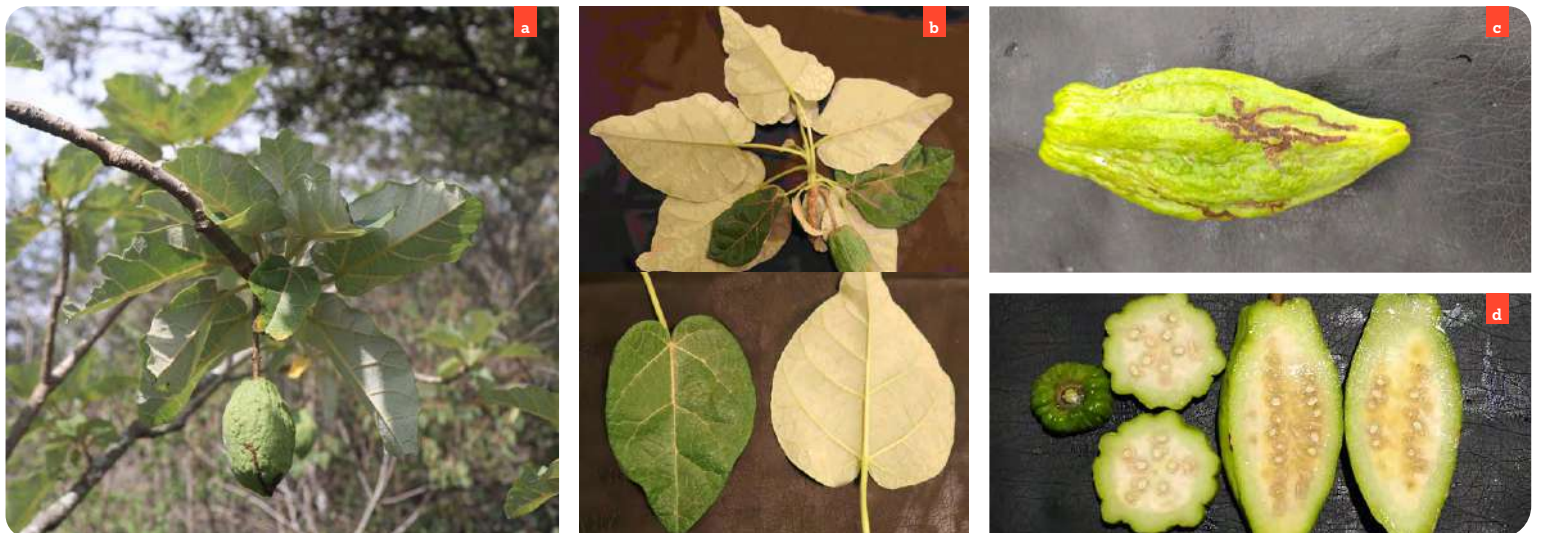


Figura 15. Chicope o papaya de monte hembra (*Vasconcellea candicans*). a) Planta, b) hojas, c) fruto, d) corte del fruto. Fotografías tomadas en el distrito de Yerbabuena de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque

Características morfológicas y ecológicas del chicope o papaya de monte macho (*Vasconcellea candicans*)

Descripción botánica

Árbol pequeño deciduo que puede tener hasta 6 m de altura. Los tallos son ramificados, gruesos y carnosos. Las hojas son alternas, caducas, pecioladas (peciolos más cortos que los pedúnculos florales), anchamente ovadas, truncadas o subcordadas, palmadamente 3(-5) nervadas, de 12 a 20 cm x 10 a 15 cm, enteras o ligeramente dentadas, o sinuadas en el borde, y que pueden presentar de 3 a 4 dientes laterales, verdes en el haz y finamente blanco tomentosas en el envés. Las flores son unisexuales (plantas dioicas) y dimorfas. Las flores masculinas son blancas verdosas, con pedicelo corto reunidas en racimos, pedúnculos de 2 a 25 cm de largo, cáliz 5 a 7 lobado, tubo de la corola de 12 mm de longitud y con 5 a 7 lóbulos (figura 16) [Franco, 2013].

Características físicas del medio

Especie nativa adaptada a lugares xerofíticos, puede crecer en condiciones con deficiencia de agua, que en las lomas costeras solo está disponible cuando están cubiertas por densa neblina durante los meses de julio a octubre. Las lomas se extienden por pampas y colinas de la zona central del Perú hasta las primeras estribaciones de los Andes hasta los 800 m s. n. m. (Franco, 2013). En el presente trabajo se reportó hasta los 1953 m s. n. m. en el distrito de Ayabaca, y a 1995 m s. n. m. en el distrito de Incahuasi en ecosistemas húmedos.

Propagación y manejo

Muchas fuentes indican que tiene un bajo poder germinativo. Soto (1999) obtuvo 5 % de poder germinativo en cámara de germinación. El cultivo de tejidos *in vitro* usando ápices y meristemos ha tenido mayor éxito para propagación. Chilón (1988) indica que la especie solo rebrota y crece durante la época de lluvia (Belli, 2018).



Figura 16. Chicope o papaya de monte macho (*Vasconcellea candicans*). a) Planta, b) hojas, c) inflorescencia, d) pedicelo y flor. Fotografías tomadas en el distrito de Araypite Alto de Ayabaca, provincia de Ayabaca, departamento de Piura

Características morfológicas y ecológicas de babaco (*Vasconcellea x heilbornii* Badillo var. *pentagona*)

Descripción botánica

Es una especie arbórea y arbustiva; el tamaño va desde los 2 a 6 m de altura. Cuando es cultivada por el hombre no sobrepasa los 2 m de altura. Las hojas poseen cinco lóbulos, con el central a su vez trilobulado, glabras, con largo peciolo. Las estípulas de la base foliar son espiniformes. Todas las flores son femeninas y usualmente solitarias sobre el final de un péndulo largo que se desarrolla en cada axila foliar. Los frutos son elipsoideos, de 50 cm de longitud, con cinco lados destacados de color amarillento, con pulpa blanca y carente de semillas. No necesitan polinización para desarrollarse, pues son partenocárpicos y no presentan semillas. La especie *heilbornii* del género *Vasconcellea* es un híbrido natural, el cual es el resultado de la hibridación interespecífica de las especies *V. stipulata* Badillo y *V. pubescen* Lenné & Koch, cuyo centro de origen radica en los valles interandinos de la provincia de Loja, Ecuador (Badillo, 2001). El fruto es comestible y cultivado en muchas partes del mundo, con pulpa de sabor subácido y refrescante. Se consume en fresco, extractos, compotas y pasta de frutas (figura 17).

Características físicas del medio

La textura ideal de suelo es franco o franco arenoso arcilloso, rico en materia orgánica, aproximadamente el 5 % se adapta también a suelos limosos de fácil drenaje. El pH adecuado para el desarrollo del cultivo y asimilación de nutrientes es de 5.8 a 8.2. Es importante controlar el riego de las plantas, ya que el exceso puede originar pudriciones. La temperatura adecuada para el desarrollo de estas plantas está entre los 14 y 27 °C, y la humedad relativa se encuentra en el rango de 70 al 80 % (INIAP, 1992).

Propagación y manejo

Esta especie se propaga por vía asexual mediante estacas, brotes tiernos, injertos y cultivo *in vitro*, los frutos no tienen semillas (Montenegro, 2009). La especie necesita humedad y poca exposición solar.

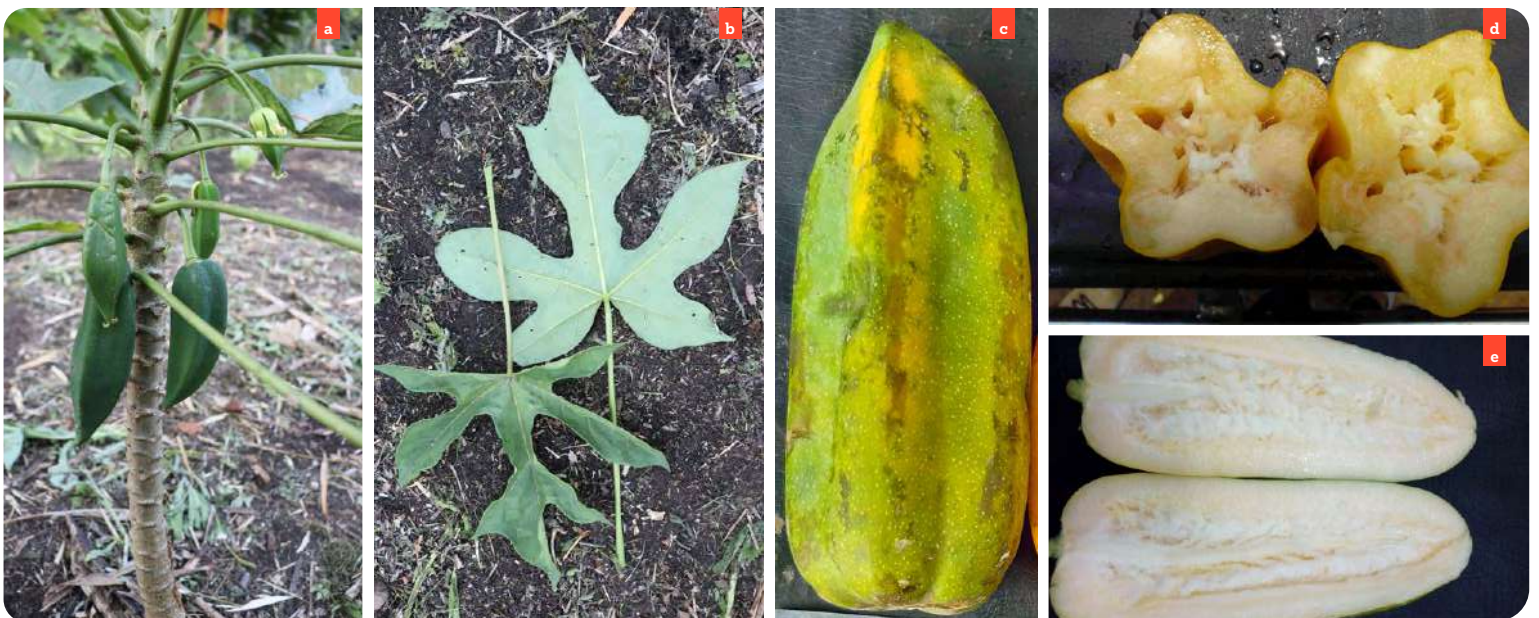


Figura 17. Babaco (*Vasconcellea x heilbornii* Badillo var. *pentagona*). a) Planta, b) hojas, c) fruto, d) corte transversal del fruto, e) corte longitudinal del fruto. Fotografías tomadas en el distrito de Naranja de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca

Características morfológicas y ecológicas de chacramama roja (*Vasconcellea monoica*)

Descripción botánica

Son plantas arbustivas o herbáceas, de 1 a 3 m de altura, raramente ramificadas. Los troncos pueden ser gruesos en la parte inferior (hasta 10 cm de diámetro). Las hojas están agrupadas hacia el ápice o a lo largo del tallo, de base ancha cordiforme, trilobadas hasta la mitad o hasta los dos tercios de su ámbito, a veces 5 lobadas, con 3-(5) nervias; los lóbulos son anchos, ovados, acuminados, los laterales claramente ascendentes; los ápices a veces torcidos y el lóbulo central frecuentemente 3-lobulados o 5 a 7 lobulados, glabras, verde oscuro y brillantes en el haz, verde más claro en el envés; el peciolo mide de 10 a 25 cm de longitud. La inflorescencia contiene ambos sexos, estacionalmente solo con flores masculinas, con pedúnculo corto, contraídas, frecuentemente con hojas enteras o lobadas más pequeñas en la base, usualmente pauci-pluriflora, con pocas flores femeninas y rodeadas de flores masculinas de color blanco cremoso, blancas o amarillo pálido. Fruto erguido, péndulo, ovoide (7.5 cm x 5 a 5.5 cm) hasta globoso (6 cm diámetro), liso, brillante, ápice y bases redondas (ápice raras veces corto cuspidado), carnoso, insípido, amarillo hasta casi rojo, grueso-pedunculado, y con pedúnculo de 4.5 a 5 cm x 9 a 10 mm diámetro (Badillo, 1993) [figura 18].

Características físicas del medio

Especie de trópicos húmedos. Se encuentra en elevaciones que van desde los 500 a 2000 m s. n. m. Crece mejor en áreas con altas precipitaciones y temperaturas suaves. La planta es semileñosa a los dos años de cultivada y produce frutos de color rojo de 7 a 10 cm de largo.

Propagación y manejo

La propagación es por semilla botánica. Se siembran en almácigos bajo sombra. La germinación puede ser lenta y difícil, demorando aproximadamente 30 días. Las plántulas se siembran cuando tienen entre los 4 y 6 meses. Es tolerante a la enfermedad Bunchy top (producida por el virus BTV, cogollo arrepollado). Las hojas son utilizadas como verdura en algunos países de América del Sur (Nakasone & Pauli, 1998)



Figura 18. Chacramama roja (*Vasconcellea monoica*). a) Planta, b) hojas, c) flores, d) fruto, e) corte transversal del fruto
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Luz de Limabamba, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas

Características morfológicas y ecológicas de chacramama amarilla (*Vasconcellea monoica*)

Descripción botánica

Son plantas arbustivas o herbáceas, de 1 a 3 m de altura, raramente ramificadas. Los troncos pueden ser gruesos en la parte inferior (hasta 10 cm de diámetro). Las hojas están agrupadas hacia el ápice o a lo largo del tallo, de base ancha cordiforme, trilobadas hasta la mitad o hasta los dos tercios de su ámbito, a veces 5 lobadas, con 3-(5) nervias; los lóbulos son anchos, ovados, acuminados, los laterales claramente ascendentes; los ápices a veces torcidos y el lóbulo central frecuentemente 3-lobulados o 5 a 7 lobulados, glabras, verde oscuro y brillantes en el haz, verde más claro en el envés y el peciolo mide de 10 a 25 cm de longitud. La inflorescencia contiene ambos sexos, estacionalmente solo con flores masculinas, con pedúnculo corto, contraídos, frecuentemente con hojas enteras o lobadas más pequeñas en la base, usualmente pauci-pluriflora, con pocas flores femeninas y rodeadas de flores masculinas de color blanco cremoso, blancas o amarillo pálido. Fruto erguido, péndulo, ovoide (7.5 cm x 5 a 5.5 cm) hasta globoso (6 cm diámetro), liso, brillante, ápice y bases redondas (ápice raras veces corto cuspidado), carnoso, insípido, amarillo hasta casi rojo, grueso-pedunculado, y con pedúnculo de 4.5 a 5 cm x 9 a 10 mm de diámetro (Badillo, 1993) [figura 19].

Características físicas del medio

Especie de trópicos húmedos. Se encuentra en elevaciones que van desde los 500 a 2000 m s. n. m. Crece mejor en áreas con altas precipitaciones y temperaturas suaves. La planta es semileñosa. A los dos años de cultivada produce la mayor cantidad de frutos de color amarillo, de 7 a 10 cm de largo.

Propagación y manejo

La propagación es por semilla botánica. Se siembran en almácigos bajo sombra. La germinación puede ser lenta y difícil, demorando aproximadamente 30 días. Las plántulas se siembran cuando tienen entre los 4 y 6 meses. Es tolerante a la enfermedad Bunchy top (producida por el virus BTV, cogollo arpeollado). Las hojas son utilizadas como verdura en algunos países de América del Sur (Nakasone & Paull, 1998)



Figura 19. Chacramama amarilla (*Vasconcellea monoica*). a) Planta, b) hojas, c) fruto, d) corte del fruto. Fotografías tomadas en el distrito de San Emilio de Vitoc, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín

Características morfológicas y ecológicas de hualacongo (*Vasconcellea cauliflora*)

Descripción botánica

Planta arbustiva o arbórea, foliosa en el ápice o a lo largo del tallo, a veces caducifolia. Tronco grueso de hasta 6 m o más de altura y hasta 10 cm de diámetro en la base, ramificado o no desde la base. Ramas frecuentemente muy cortas formando entrenudos muy próximos (braquiblastos). Hojas de forma circular de 30 a 40 cm de diámetro, o bien hasta 41 cm de largo y 54 cm de ancho, 5 nervias, palmatilobadas o palmatífidas, con base ancha cordiforme, ápice de dos lóbulos o de sus divisiones acuminados; con el envés verde oscuro, escabroso por presencia de abundantes emergencias epinervias; con el haz verde más claro, escabroso, con emergencia de epinervias laxas. Pecíolo de 15 a 37 cm de largo, fistuloso, superficie con emergencias a modo de bandas transversales u oblicuas, angostas, poco prominentes. Inflorescencia masculina densa de 3 a 3.5 cm de largo, con el pecíolo casi ausente o corto, a veces 2 mm de largo, glabro, corola blanco verdosa, blanca nívea o crema, tubo de 16 a 25 mm de largo. Inflorescencias femeninas racemosas, raquis principal evidente, a veces solamente desarrolla una flor; pedúnculo grueso, diámetro de 1.5 a 5 cm partiendo de los braquiblastos, otras veces simplemente axilar de 2.5 a 5 cm; pecíolo de 2 a 5 cm de largo, glabro, brácteas generalmente inconspicuas, frutos amarillos, pedúnculos ovoides, subpentágonos o casi esféricos y redondos, o bien elipsoides con cinco leves surcos y numerosas semillas sin sarcostema (Badillo, 1993) [figura 20].

Características físicas del medio

Planta de trópicos húmedos. Se encuentra en elevaciones que van desde los 500 a 2000 m s. n. m. Crece mejor en áreas con altas precipitaciones y temperaturas suaves, y suelos con bastante materia orgánica (Badillo, 1993).

Propagación y manejo

Se propaga por semillas botánicas que se siembran en contenedores individuales o en almácigos, en viveros bajo sombra. La germinación es lenta, demora aproximadamente 30 días. Las plántulas se pueden instalar a campo definitivo cuando tienen entre 4 y 6 meses. También se puede propagar vegetativamente por medio de esquejes; necesita humedad y poca exposición solar.



Figura 20. Hualacongo (*Vasconcellea cauliflora*). a) Planta, b) hojas, c) inflorescencia, d) flor
Fotografías tomadas en el distrito de El Paraíso de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca

Características morfológicas y ecológicas de la papaya de zorro hembra (*Vasconcellea parviflora*)

Descripción botánica

Árbol pequeño de 3 m de altura, hojas glabras o pubescentes de 10 a 30 cm de longitud, de 6 a 25 cm de ancho y peciolo de 8 a 20 cm. Hoja ligera a profundamente lobada, de 3 a 7 lóbulos, caducas y de ápice agudo. Inflorescencia femenina corta, pauciflora, con pedúnculo de 2 a 4 cm de largo, y flores femeninas rosadas, con pedicelo de 4 a 7 mm, cáliz corto 5 denticulado, corola glabra, pétalos de 20 a 25 mm de largo, y estigma de 3 mm largo. Frutos pequeños anaranjados hasta casi rojos con superficie sulcada, grandes crestas, piriforme, color vino o violeta, de 10 a 18 cm de largo y de 3 a 4 cm de ancho. Semillas fusiformes, de superficie suave con proyecciones redondeadas, de 1.7 a 5.1 mm de longitud y de 1 a 3 mm de ancho (Badillo, 1993) [figura 21].

Características físicas del medio

Se distribuye en ecosistemas de bosques secos o muy secos, hasta bosques húmedos tropicales de transición y muy secos en las laderas de los Andes hacia el Pacífico, a elevaciones que van desde los 100 a 1800 m s. n. m. Estas especies tienen buena adaptación en las laderas y quebradas próximas a los afloramientos rocosos asociados a vegetación xerofítica (Badillo, 1993).

Propagación y manejo

La propagación es por semilla botánica. En campo se observó plántulas de 15 a 20 cm de altura. Las plantas adultas desarrollan la raíz principal napiforme, bulbosa, gruesa a manera de reserva. En el Perú no hay estudios sobre su propagación y manejo.

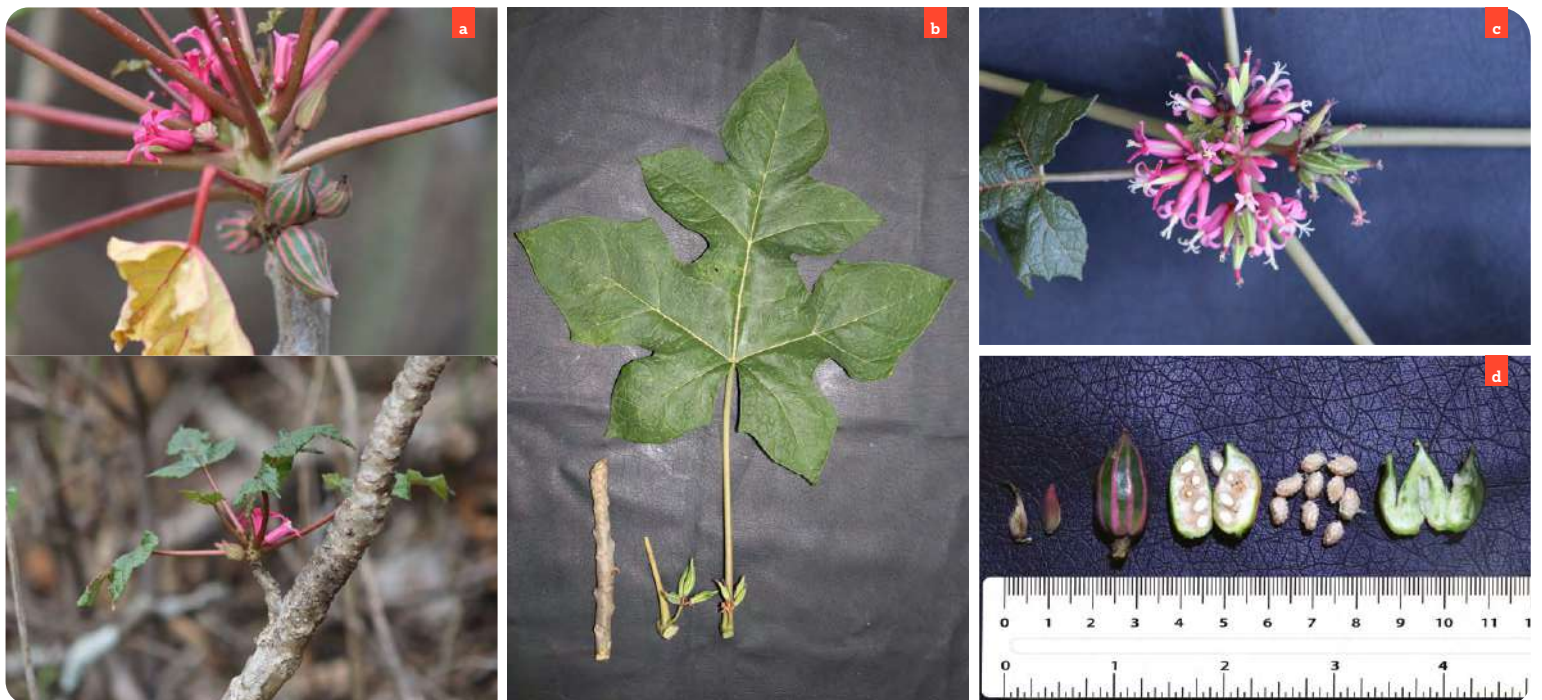


Figura 21. La papaya de zorro hembra (*Vasconcellea parviflora*). a) Planta, b) hojas, c) inflorescencia, d) frutos. Fotografías tomadas en el distrito de Salas, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque

Características morfológicas y ecológicas de la Papaya de zorro macho (*Vasconcellea parviflora*)

Descripción botánica

Árbol pequeño de 3 m de altura, con hojas glabras o pubescentes de 10 a 30 cm de longitud, de 6 a 25 cm de ancho, y peciolo de 8 a 20 cm. Hoja ligera a profundamente lobada, de 3 a 7 lóbulos, caducas y de ápice agudo. Inflorescencia masculina densa y contraída hasta laxa, una o varias inflorescencias apicales o subapicales, pedúnculo de 1 a 12 cm con ramificaciones rosadas y glabras, o a veces más o menos denso pubérulas. Flores masculinas sésiles o con pedicelos muy cortos, cáliz y corola rosados. Tubo del cáliz corto (0.4 mm) y lobos de 0.3 a 0.6 mm. Corola pequeña, el tubo delgado de 13 mm y 0.9 mm de diámetro, glabro por fuera y piloso o abundantemente piloso en su interior, lóbulos de 4 mm de largo y 1.7 mm de ancho. Estambres superiores con filamentos de 1.8 a 2 mm, glabros o muy esparcidos y pilosos, con anteras de 1.2 mm de largo elipsoideas, glabras, el conectivo no prolongado o rematado en porción ancha, redonda, muy corta que cubre el ápice de la antera. Estambres inferiores subsésiles, con anteras glabras de 1.8 a 2 mm de largo, angosta elipsoideas, el conectivo prolongado en el apéndice inmediatamente atenuado en porción triangular aguda de 0.4 mm de largo. Pistilodio delgado, de 3 mm de largo, de base tímica (hinchada) de 0.5 mm (Badillo, 1993) [figura 22].

Características físicas del medio

Se distribuye en ecosistemas de bosques secos o muy secos, hasta bosques húmedos tropicales de transición y muy secos en las laderas de los Andes hacia el Pacífico, a elevaciones que van desde los 100 a 1800 m s. n. m. Estas especies tienen buena adaptación en las laderas y quebradas próximas a los afloramientos rocosos asociados a vegetación xerofítica.

Propagación y manejo

La propagación es por semilla botánica. En campo se observó plántulas de 15 a 20 cm de altura. Las plantas adultas desarrollan la raíz principal napiforme, bulbosa, gruesa a manera de reserva. En el Perú no hay estudios sobre su propagación y manejo.



Figura 22. Papaya de zorro macho (*Vasconcellea parviflora*). a) Planta, b) hojas, c) flores. Fotografías tomadas en el distrito de Pacaipampa, provincia de Ayabaca, departamento de Piura

Características morfológicas y ecológicas de la papayita (*Vasconcellea pubescens*)

Descripción botánica

Plantas arbustivas, con tallos ramificados de 2 a 3 m de altura, aunque en algunos sitios reportan hasta 10 m de altura. Pueden ser dioicas o monoicas (especialmente árboles con flores masculinas y unas pocas flores femeninas). El tronco es ancho hacia la base, con crecimiento ramificado. Las hojas son anchas y grandes (hasta de 65 cm de ancho), envés de color verde más claro y pubescente, lóbulos fácilmente distinguibles, pero no muy divididos de 3 a 7 lóbulos. Inflorescencia masculina corta pedunculada, con flores verdes o verdes claras, también verdes con tonos amarillos y pubescentes. La inflorescencia femenina tiene pocas flores, de color verde, verde claro y también con tonos amarillentos pubescentes. Frutos oblongos, ovoides, con lóbulos fácilmente distinguibles, algunos lisos y otros profundamente divididos con número de lóbulos de 5 a 8, de color amarillo y fragancia particular y aromática. Los frutos que proceden de plantas monoicas pueden presentar deformidades en su conformación circular, debido a una aparente carpeloidia (Fuentes, 2019) [figura 23].

Características físicas del medio

Requiere suelos agrícolas, de preferencia de textura franco-limosa, orgánicos, bien drenados y sueltos, de estructura granular, con pH ligeramente ácido, con bajo nivel nutricional, en contraste con sus parientes del género *Vasconcellea*. Las papayitas de altura que se encuentran en pisos altitudinales mayores, creciendo desde los 1500 hasta los 3000 m s. n. m. Prefieren suelos ácidos con moderado contenido de materia orgánica, con una cantidad baja de fragmentos gruesos (Scheldeman, 2002). Esta especie es tolerante a heladas, la media óptima de amplitud térmica anual es de 12 °C a 14 °C.

Propagación y manejo

Se propagan por semilla botánica. Su cultivo es mínimo, la propagación y cosecha se realizan en huertos familiares. Se cultiva como planta ornamental y para consumo de frutos a nivel familiar.



Figura 23. Papayita (*Vasconcellea pubescens*). a) Planta, b) hojas, c) flores, d) fruto, e) corte transversal del fruto. Fotografías tomadas en el distrito de Barrio Amazonas de Valera, provincia de Bongará, departamento de Amazonas

Características morfológicas y ecológicas de toronche (*Vasconcellea stipulata*)

Descripción botánica

Se trata de una planta glabra, arbórea de 10 m de altura. El tronco tiene 50 cm de diámetro, ramificado en el ápice superior, presenta cicatrices foliares, y tiene una espina cónica dura y aguda de 4 a 7 mm de longitud. Las hojas son glabras, de 30 a 40 cm de diámetro, todas profundamente 5-lobuladas, 5-nervias. Los lóbulos son anchos en su origen y agudos hacia su ápice, siendo el central más ancho y a su vez trilobulado; los dos intermedios enteros o a su vez trilobulados, los dos inferiores enteros o con un lóbulo externo próximo o subencubriéndose. El haz es de color verde oscuro, y el envés es más claro con las nervaduras prominentes y robustas. El peciolo es de aproximadamente 15 cm de largo, de 5 a 6 mm de diámetro, con estípulas espiniformes una a cada lado que pueden alcanzar una longitud de 1 a 3 mm, lo cual es característica fundamental para diferenciar a esta especie. La inflorescencia masculina es densa, sésil o subsésil, de color anaranjado y hacia abajo verdosa. Las flores femeninas son cortas, paucifloras, con pedúnculo de aproximadamente 1 cm de longitud, con flores de 17 a 20 mm de largo de color verde claro brillante. El fruto es amarillo de olor agradable, 5 locular, elipsoide, de 8 a 10 cm de largo y de 4 a 6 cm de diámetro, trunco en la base y atenuado desde su mitad hasta el ápice, con diez surcos más o menos profundos, cinco de ellos menos acentuados (Badillo, 1971, 1993) [figura 24].

Características físicas del medio

Su hábitat natural se encuentra en altitudes entre 2500 a 3000 m s. n. m. con precipitación de 600 a 2500 mm. Esta especie se desarrolla mejor en suelos francos y francos arcillosos, con alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5.5 a 6.8. Se evidenció su presencia en huertos familiares (Remuzgo, 2011).

Propagación y manejo

Se propaga por semillas botánicas. La siembra es directa en cada bolsa (de 3 a 5 semillas). La germinación se inicia a partir de los 14 días en zonas bajas y a los 24 días en zonas de mayor altitud. El excesivo riego de las plántulas puede originar pudrición. La siembra y cosecha se realiza de forma tradicional en huertos familiares. Se cultiva con fines ornamentales y uso alimenticio a nivel familiar (Remuzgo, 2011).



Figura 24. Toronche (*Vasconcellea stipulata*). a) Planta, b) hoja, c) frutos, d) corte transversal del fruto
Fotografías tomadas en el distrito de Asiayacu de Ayabaca, provincia de Ayabaca, departamento de Piura

Características morfológicas y ecológicas de *terrenche* (*Vasconcellea* x sp)

Descripción botánica

El tronco es recto, cilíndrico, no leñoso, ramificado desde la base, de color verde cuando la planta es joven para tornarse de tono castaño grisáceo en la edad adulta. Las hojas están insertadas al tronco alternadamente, poseen un limbo lobulado con 5 a 7 lóbulos, nervadura marcada, peciolo largo que cambia de tonalidades según la fase de desarrollo. Las flores aparecen de manera continua en las axilas de las hojas; las femeninas son de forma acampanada en forma de racimos de 3 a 7, de pétalos blanco-amarillento-verdoso y sépalos verde-oscuros, y el fruto es una baya con semilla [figura 25].

Características físicas del medio

Su hábitat natural se encuentra en altitudes entre 1000 a 2500 m s. n. m. Se desarrollan mejor en suelos francos y francos arcillosos, con alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5.5 a 6.8. Se encuentran en agroecosistemas de huertos familiares.

Propagación y manejo

Se propaga por semillas y esquejes, que necesitan de humedad y poca exposición solar. El fruto es comestible y cultivado por los pobladores, cuya pulpa tiene sabor subácido y se consume como fruta.

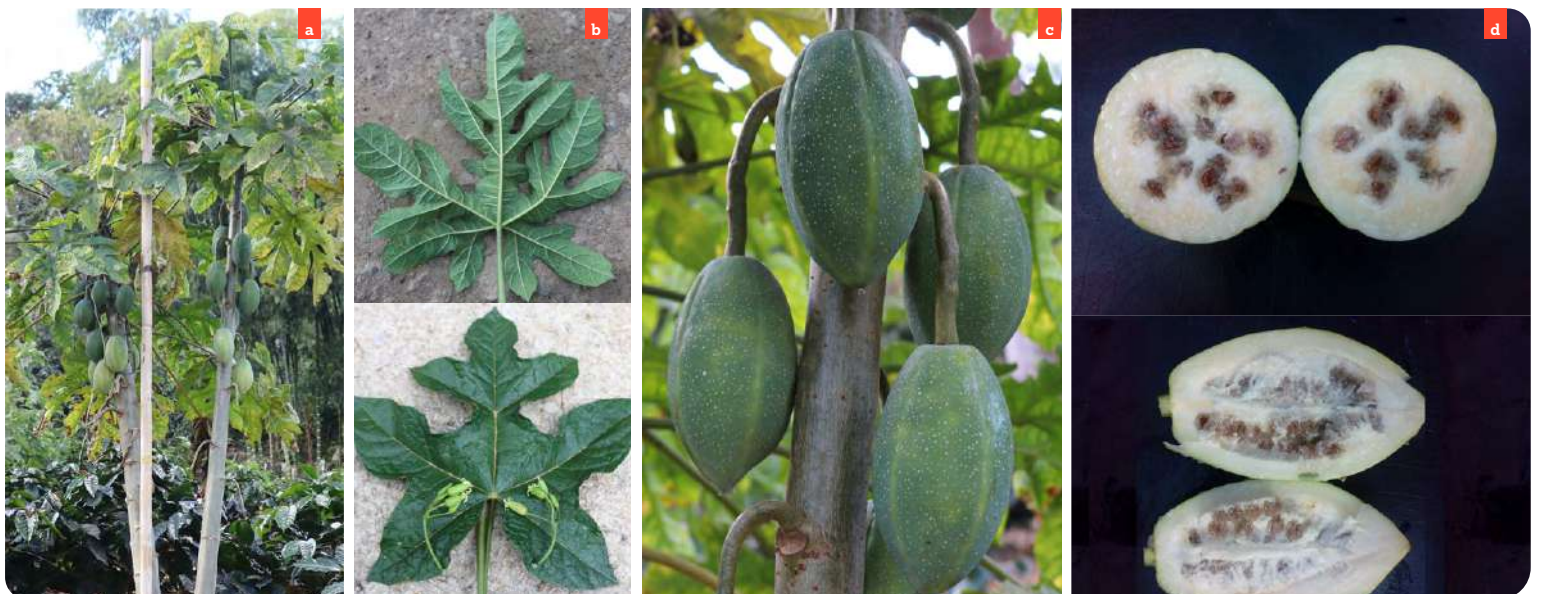


Figura 25. Terrenche (*Vasconcellea* x sp). a) Planta, b) hojas, c) frutos, d) corte del fruto
Fotografías tomadas en el distrito de Mirador de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca

Características morfológicas y ecológicas de pati macho (*Vasconcellea quercifolia*)

Descripción botánica

Porte arbustivo o arbóreo, variando entre 3 a 15 m de alto, con pocas ramificaciones, y mostrando las cicatrices foliares. El tronco tiene hasta 60 cm de diámetro, algunas veces presentándose en forma cónica, con el peridermis lisa y exfoliaciones. Las hojas presentan heterofilia (altamente variable), caducas regularmente, glabras, con el nervio central de mayor desarrollo en relación con los nervios secundarios, de ámbito variable; hacia el ápice son acuminadas, o agudas u obtusas, hacia la base truncas o redondas o subcordiformes; algunas veces hastiformes, pinatífidas, y otras veces enteras, raramente con dos lóbulos pequeños y estrechas. Las inflorescencias masculinas son péndulas, contraídas, multifloras, de 4 a 6 cm de largo, presentando algunas veces braquiblastos. La flor masculina es amarilla-verdosa, pequeña, de 10 a 15 mm de largo. Las flores femeninas tienen de 10 a 18 mm de largo, con sépalos subpatentes o extendidos de 2 a 7 mm de largo, caedizos, amarillo verdosos, con ovario atenuado hacia la base y redondeado hacia el ápice, con los ángulos salientes y levemente 5 costulados. El fruto tiene una superficie angulada, piriforme, de color amarillo o naranja, con franjas blancas de 2 a 8 cm de largo y 1.5 a 4 cm ancho (Badillo, 1993) [figura 26].

Características físicas del medio

Especie característica de valles secos interandinos y bosques estacionalmente secos entre 200 y 2800 m s. n. m. Se desarrolla en suelos de poca profundidad, rocosos y duros, frecuente en los remanentes del bosque primario y en arbustales más o menos densos.

Propagación y manejo

Su propagación es por semilla botánica, florece en los meses de octubre a diciembre. Fructifica en los meses de enero a marzo y los frutos inmaduros contienen papaína, sustancia muy utilizada en la industria alimenticia y en curtiembres. Esta especie es valorada en la medicina tradicional y es comestible, aunque de calidad es muy inferior a la papaya.



Figura 26. Pati macho (*Vasconcellea quercifolia*). a) Planta, b) tronco, c) inflorescencia y fructificación. Fotografías a) y b) tomadas en el distrito de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho; c) distrito de San Miguel, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho. 2019

Características morfológicas y ecológicas de la sacha papaya (*Jacaratia spinosa*)

Descripción botánica

Árboles dioicos de 8 a 25 m de altura, con hojas alternas, y espinas cónicas presentes en toda la planta, inclusive en el pedúnculo de la inflorescencia. Las hojas digitadamente compuestas, con folíolos de 5 a 12, de 8 a 14 cm por 2 a 3 cm, elípticos (rara vez angostamente obovados), la base es cuneada o decurrente, el ápice atenuado, el envés generalmente blanco y el peciolo de 9 a 15 cm. Las inflorescencias masculinas tienen el pedúnculo de 3 a 6 cm. Las flores masculinas tienen el cáliz verde con márgenes más claros, glabro, la corola blanca o verde, el tubo de 8 a 11 mm, pistilodio de 5 a 9 mm, casi tan largo como el tubo de la corola, estambres íferos cortamente pedicelados, los filamentos densamente pelosos, las anteras de 1.6 a 2 mm. El conectivo densamente piloso, brevemente alargado, el ápice redondeado a obtuso. Los filamentos de los estambres súperos de 1.3 a 2.5 mm, densamente pelosos, las anteras de 1.2 a 1.7 mm, el conectivo densamente peloso, no alargado o solo muy brevemente alargado. Las flores pistiladas son solitarias, verdes o blanquecinas, con pedicelo de 70 a 95 mm, cáliz de 2 a 3.5 mm, con márgenes enteros. Los pétalos tienen 20 a 25 mm, ovario liso, los estigmas de 7 a 9 mm, el ápice entero. Los frutos en bayas de 7 a 10 por 2.3 a 3.5 cm, de forma ovoide a oblata, de color anaranjado, con las semillas de 6 a 7 por 4 a 5 mm, y la testa con estrías longitudinales e irregulares (figura 27) [Badillo, 1971].

Características físicas del medio

En el Perú se distribuye en la selva baja y selva alta perennifolia (bosques húmedos tropicales), pues está adaptada a altas precipitaciones. Prefiere suelos de textura franco-limosa con buena presencia de materia orgánica, bien drenados y sueltos.

Propagación y manejo

Su propagación es por semillas. En la actualidad no es objeto de ningún manejo, debido a que no es una especie de importancia económica. Sus frutos son aprovechados de manera esporádica por algunas comunidades nativas.

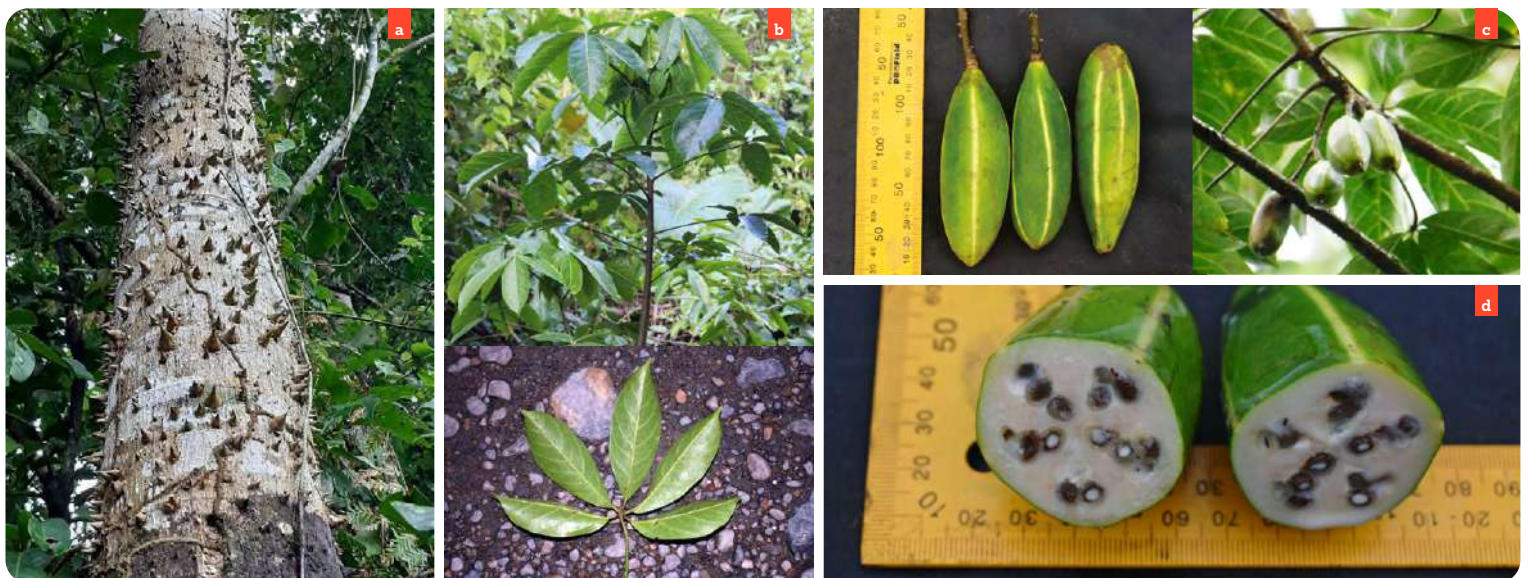


Figura 27. Sacha papaya (*Jacaratia spinosa*). a) Planta, b) hojas, c) frutos, d) corte transversal del fruto. Fotografías tomadas en el distrito de Fitzcarrald, provincia de Manu, departamento de Madre de Dios



Nuevas especies descritas por Tineo *et al.*, 2020 para la provincia de Chachapoyas.

Investigaciones realizadas en el año 2020, basadas en cuatro métodos de ADN, dos de ellos se basan en la distancia genética [Statistical Parsimony Network analysis (SPN) y Automatic Barcoding Gap Detection (ABGD)], y dos se basan en la coalescencia [método Generalized Mixed Yule Coalescent (GMYC) y Bayesian phylogenetics and phylogeography (BPP)]; así como metodologías basadas en morfología (usando claves taxonómicas) y filogenia multilocus (uso de varios genes), han permitido la descripción de cinco nuevas especies de *Vasconcellea* para el norte del Perú: *V. badilloi* sp. nov., *V. carvalhoae* sp. nov., *V. chachapoyensis* sp. nov., *V. pentalobis* sp. nov. y *V. peruviana* sp. nov. (Tineo, *et al.*, 2020).

Estas cinco nuevas especies que crecen entre los 1500 y 3000 m s. n. m. en la sierra y ceja de selva norte del Perú, con las ocho especies de *Vasconcellea* ya conocidas, aportan evidencia al Perú como país centro de origen de estas especies. Además, permite que estas especies no conocidas puedan conservarse, domesticarse e incrementar sus poblaciones, las cuales incrementan el acervo genético, al tener resistencia a patógenos, soportar cambios bruscos de temperatura y adaptación a las alturas de los Andes, contribuyendo con la seguridad alimentaria.

Vasconcellea badilloi D. Tineo & D.E. Bustam., sp. nov.

Árbol dioico de hasta 6 m de altura; corteza marrón clara cubierta con cicatrices de hojas; estípulas ausentes. Látex blanco lechoso. Hojas de textura rugosa, alternas, agrupadas en la parte superior del árbol con peciolo hasta 75 cm de largo. De 5 a 7 folíolos, glabros y de color verde brillante (haz) y verde más claro (envés). Inflorescencias femeninas axilares, cimosas. Flores femeninas con sépalos verdes, triangulares, y pétalos verde amarillentos por fuera, verdes por dentro, libres, oblongos-obtusos, con sépalos y pétalos alternados. No se encontraron inflorescencias masculinas en el estudio. Fruto ovoide, de color amarillo anaranjado a rosado, base redondeada para emarginar, ápice agudo (60–75 × 4–5,5 mm). Semillas de color café oscuro, con protuberancias cónicas dispuestas en cinco grupos rodeadas por pulpa amarillenta (figura 28).

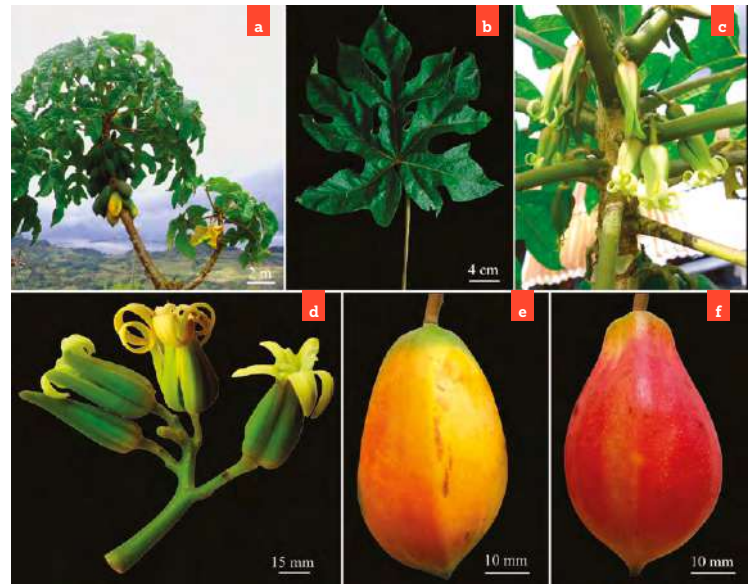


Figura 28. *Vasconcellea badilloi* sp. nov. a) Planta, b) hoja, c) flores, d) inflorescencia femenina, e) y f) frutos maduros

Vasconcellea carvalhoae D. Tineo & D.E. Bustam., sp. nov.

Árbol dioico de hasta 4 m de altura; corteza de color marrón claro, cubierta con cicatrices de hojas. Látex blanco lechoso. Hojas membranosas, alternas, agrupadas en la parte superior del árbol con peciolo hasta 60 cm de largo. De 5 folíolos, glabros y de color verde brillante (haz) y verde más claro (envés). Inflorescencias femeninas axilares, cimosas. Flores femeninas con sépalos verdes y pétalos verde-amarillentos por fuera, verdes por dentro, libres, oblongos-obtusos, con sépalos y pétalos alternados. Fruto ovoide, amarillo, base redondeada para emarginar, ápice agudo (60–80 × 42–56 mm). Semillas de color café claro, con protuberancias cónicas, dispuestas en cinco grupos rodeadas por pulpa amarillenta (figura 29).



Figura 29. *Vasconcellea carvalhoae*. a) Planta, b) hoja, c) inflorescencia femenina, d) y e) flores femeninas, f) fruto inmaduro, g) fruto maduro

Vasconcellea chachapoyensis D. Tineo & D.E. Bustam., sp. nov.

Árbol dioico de hasta 12 m de altura; corteza marrón clara cubierta de prominentes cicatrices de hojas; estípulas ausentes. Látex blanco lechoso. Hojas membranosas, alternas, congregadas en la copa del árbol, palmeada compuesta, profundamente lobulada, peciolo de 50 a 70 cm de largo. De 5 a 7 folíolos, glabros y de color verde brillante (haz) y verde más claro (envés) con rayas rojo púrpura y estípulas en las nervaduras. Inflorescencias femeninas axilares, cimosas, con pocas flores. Flores femeninas con sépalos verdes, triangulares y pétalos verde amarillentos por fuera, verdes por dentro, libres, oblongos-trianguulares, con sépalos y pétalos alternados. Inflorescencias masculinas axilares, panículas con muchas flores, pubescentes; Flores masculinas con sépalos marrones, triangulares y corola verde amarillento, con sépalos y pétalos alternados, con 10 estambres en dos series. Fruto ovoide, de color amarillo anaranjado, base emarginada y ápice acuminado (75–85 × 35–45 mm). Semillas de color marrón claro, elipsoidales, con numerosas protuberancias cónicas, dispuestas en cinco grupos rodeadas de pulpa de color naranja. Cavidad central estrellada (figura 30).

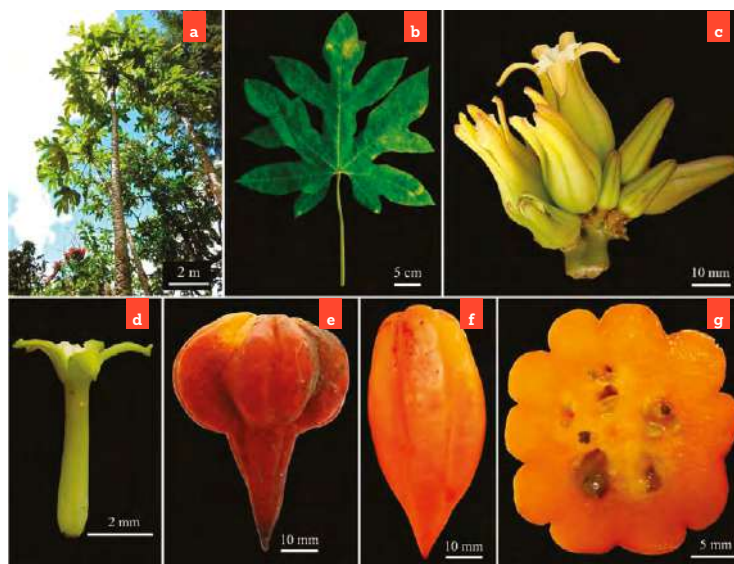


Figura 30. *Vasconcellea chachapoyensis* sp. nov. a) Planta, b) hoja, c) inflorescencia femenina, d) flor masculina, e) y f) frutos maduros con el ápice acuminado, g) lóculos del ovario

Vasconcellea pentalobis D. Tineo & D.E. Bustam., sp. nov.

Árbol dioico de hasta 8 m de altura; corteza marrón clara cubierta con cicatrices de hojas; estípulas ausentes. Látex blanco lechoso. Hojas membranosas, alternas, ligeramente congregadas en la parte superior de árbol, con peciolo de 40 a 50 cm de largo. De 5 a 6 folíolos, glabros y de color verde brillante (haz) y verde más claro (envés) con las nervaduras primarias a menudo verdes. Inflorescencias femeninas axilares, cimosas, de pocas flores. Flores femeninas con sépalos verde rojizos, triangulares y pétalos amarillentos, libres, oblongo-trianguulares, con sépalos y pétalos alternados. No se encontraron inflorescencias masculinas. Fruto globoso, amarillo verdoso con puntos blancos, base ligeramente aplanada y ápice redondeado. Semillas de color marrón claro, elipsoidales con pequeñas y numerosas protuberancias cónicas, dispuestas en cinco grupos rodeadas de pulpa de color naranja intenso (figura 31).



Figura 31. *Vasconcellea pentalobis* sp. nov. a) Planta, b) hoja, c) y d) flor femenina, e) fruto inmaduro, f) fruto maduro

Vasconcellea peruviana D. Tineo & D.E. Bustam., sp. nov.

Árbol monoico de hasta 4 m de altura; corteza marrón clara y glabra, levemente cubierta de cicatrices de hojas. Látex blanco lechoso. Hojas membranosas, alternas, concentradas en la parte superior del tallo con peciolo hasta 35 cm de largo. De cinco folíolos, glabros y de color verde brillante (haz) y verde más claro (envés). Inflorescencias femeninas y masculinas axilares agrupadas en panículas con pocas flores. Flores femeninas con sépalos verdes, triangulares y pétalos amarillos-blancos, libres, oblongos-triangulares; con sépalos y pétalos alternados. Flores masculinas con sépalos verdes, triangulares, de corola blanco-amarillenta y con sépalos y pétalos alternados, con diez estambres en dos series. Fruto globoso, amarillo-naranja, redondeado con el ápice agudo. Semillas de color café oscuro, elipsoidales, con numerosas protuberancias grandes y cónicas, dispuestas en cinco grupos rodeadas de pulpa de color amarillo-blanco (figura 32).

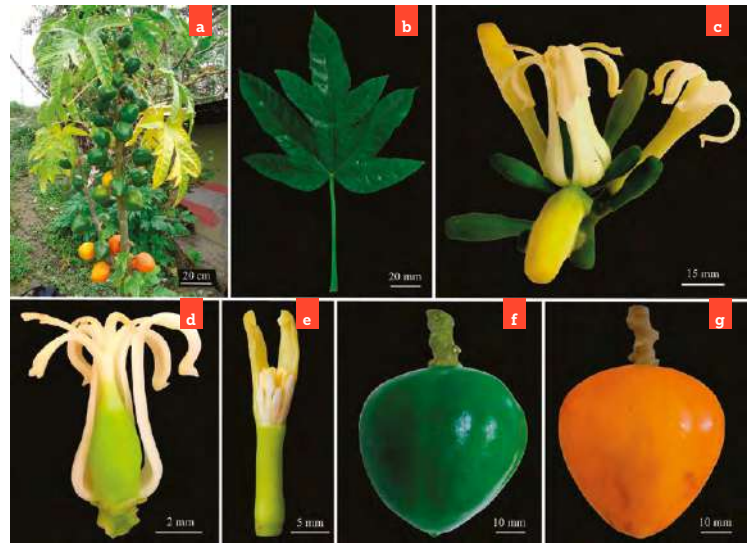


Figura 32. *Vasconcellea peruviana*. a) Planta, b) hoja, c) inflorescencia femenina, d) flor pistilada, e) flor estaminada, f) fruto inmaduro, g) fruto maduro

2.4 Biología floral

Comprende los procesos de polinización y fecundación de la planta, siendo importante conocer la función de los órganos florales mediante el análisis de la morfología floral y el comportamiento de los agentes polinizadores (Mansilla, López, Flores & Espejo, 2010).

Con la finalidad de obtener información sobre la biología floral de la especie *Carica papaya*, se ubicó parcelas de

observación en las regiones naturales yunga fluvial, rupa rupa (selva alta), omagua (selva baja) y chala en cinco departamentos: Ayacucho, Cusco, La Libertad, Lambayeque y Ucayali para tener una mayor representatividad. Se evaluó la biología floral en los cultivares criollo morado y criollo amarillo (tabla 6). Las evaluaciones se realizaron en un periodo de 52 días (del 4 de noviembre al 23 de diciembre del 2019).

• **Tabla 6** • Ubicación de parcelas de observación para la evaluación de la biología floral de los cultivares de *Carica papaya*

Cultivar	Ubicación		Región natural	Coordenadas UTM	
	Departamento	Distrito		Este	Norte
Criollo morado	Lambayeque	Olmos	Chala	625598	9363537
	Cusco	Pichari	Rupa rupa	628585	9618313
	La Libertad	Virú	Chala	736681	9067725
Criollo amarillo	Ucayali	Campo Verde	Omagua	513217	9074077
	Ayacucho	Concepción	Yunga Fluvial	628572	8499378



2.4.1. Morfología floral

La morfología floral estudia la diversidad de las estructuras y formas que presenta la flor. Las flores emergen de las axilas de las hojas y nacen agrupadas con una inflorescencia cimosa modificada. El tipo de flor depende del sexo de las plantas, que pueden ser hermafroditas o unisexuales, de flores masculinas o femeninas. En esta especie se reconocen seis tipos bien diferenciados de flores: uno femenino, tres hermafroditas y dos masculinos. Las flores son designadas comúnmente como los tipos I, II, III, IV+, IV y V. De acuerdo a la presencia de estos tipos florales pueden agruparse en diversas formas sexuales o genomas: forma ginoica con flores únicamente femeninas (tipo I), y la forma sexual andromonoica, que presenta flores hermafroditas de los tipos II, III, IV, además de flores masculinas (IV+) y forma androica, que presenta flores masculinas (tipo V) (Parés-Martínez, Linárez, Arizaleta & Meléndez, 2004).

Plantas con flores femeninas

El órgano femenino de la flor es el pistilo. La inflorescencia contiene de 3 a 5 flores con pedúnculos cortos, en las axilas que forman los peciolos de las hojas con el tallo. La flor femenina presenta el ovario semiesférico, funcional, grande y súpero, y corola con cinco pétalos libres (figura 33). Estas flores son las más grandes de todas, producen frutos oblongos o semiesféricos y son de productividad estable, teniendo un buen rendimiento. Si no hubiese plantas masculinas o hermafroditas cerca de la flor femenina para proporcionarles el polen, estas no producirían frutos. Sin embargo, las flores femeninas no polinizadas producen frutos partenocárpicos sin semillas (Jiménez, 2002).

En los cinco campos monitoreados, se observó que las flores femeninas tienen cáliz corto de cinco sépalos. Los cinco pétalos son de color blanco, están completamente libres y no hay estambres. El pistilo está constituido por un ovario elipsoidal liso, formado por cinco carpelos unidos. El estigma es muy grande y recortado (figura 34).



Figura 33. Flor femenina de la *Carica papaya*
Fotografía tomada en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho

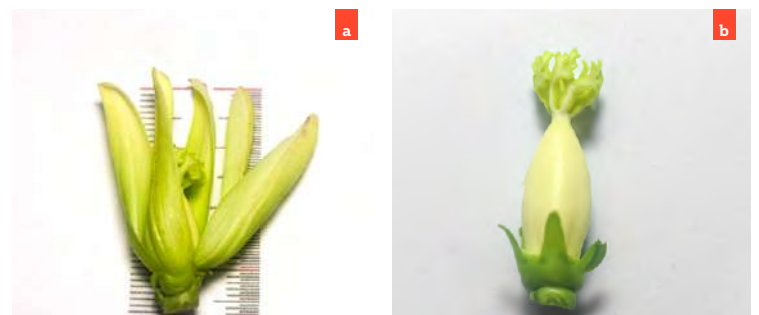


Figura 34. Estructura floral femenina.
a) Flor con cinco pétalos; b) ovario semiesférico; c) estigma floral
Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho



Figura 35. Planta masculina de la *Carica papaya*
Fotografías tomadas en el distrito de El Condor de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali

Plantas con flores masculinas

Se caracterizan por la producción de inflorescencias en racimos, conocidas como cimas, que cuelgan de largos pedúnculos (figura 35). Eventualmente producen algunos frutos por la presencia de flores hermafroditas, que no tienen valor comercial. En los cultivares criollos su función principal es la producción de polen. Las flores masculinas pueden ser del tipo IV+ (funcional masculina) y del tipo V (masculina típica). Las flores masculinas son delgadas y largas, con tubo corolar delgado que termina en cinco pétalos cortos, presenta diez estambres y un pistilo monocarpelar rudimentario (Jiménes, 2002).

En las parcelas de observación evaluadas se evidenció que las flores masculinas no presentan variación diferenciada en su estructura de acuerdo a los cultivares criollo amarillo y criollo morado. Se observó que las flores estaminadas son delgadas y largas, con el tubo muy elongado y cinco pétalos cortos con diez estambres y un pistilo rudimentario (figura 36).

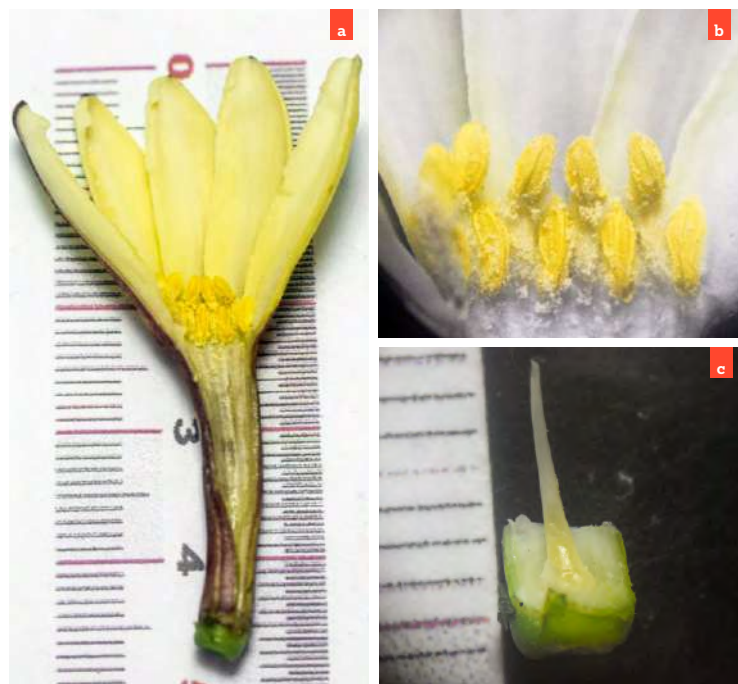


Figura 36. Estructura floral masculina. a) Apertura del botón floral masculino; b) flor masculina con 10 estambres; c) pistilo rudimentario
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco



Figura 37. Planta hermafrodita de la *Carica papaya*
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

Plantas con flores hermafroditas

En la flor hermafrodita se encuentran los órganos masculinos (estambres) y femeninos (pistilo), pueden tener flores machos, flores hermafroditas o ambas (figura 37). El clima cálido y seco puede ocasionar supresión de ovarios y, consecuentemente, producción de flores hembras estériles, o sea, masculinas. Esta es la razón por la que ocasionalmente algunas plantas hermafroditas no producen fruta. Las flores masculinas de las plantas hermafroditas salen de pedúnculos cortos.

Las plantas hermafroditas pueden tener hasta tres tipos de flores, que se distinguen por el número y distribución de los estambres, forma del ovario y características de la corola, produciendo frutos de forma alargada, oblonga e irregular, predominando los frutos alargados. Las flores aparecen en inflorescencias axilares, con pedúnculos de tamaño intermedio (Jiménez, 2002).

Los tres tipos de flores son: hermafrodita pentandria (tipo II), hermafrodita intermedia o irregular (tipo III) y hermafrodita elongata (tipo IV), siendo esta última la más común según Gil & Miranda (2005).

Hermafrodita pentandria (tipo II): Tiene cinco pétalos y ovario redondo surcado en la base, achatado, con diez estambres.

Hermafrodita intermedia o irregular (tipo III): Tiene ovario funcional y un número irregular de estambres, algunos de los cuales tienen adheridos sus filamentos carnosos al ovario (carpelos pegados al ovario) lo que ocasiona frutos deformes (carpelódicos).

Hermafrodita elongata (tipo IV): Tiene ovario funcional, alargado, con diez estambres situados al final del tubo de la corola. Sus pétalos están unidos en aproximadamente un tercio de la corola. Producen frutos largos, cilíndricos o aperados.

En las parcelas evaluadas en los distritos de Pichari (Cusco), Concepción (Ayacucho) y Virú (La Libertad) se observó que las flores predominantes son del tipo elongata; mientras que en los distritos de Campo Verde (Ucayali) y Olmos (Lambayeque) presentaban las flores del tipo pentandria con una mayor frecuencia (figura 38).



Figura 38. Estructura floral hermafrodita. a) Flor hermafrodita pentandria, b) flor hermafrodita intermedia, c) flor hermafrodita elongata. Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

2.4.2. Desarrollo fenológico

El desarrollo fenológico comprende el estudio de las etapas del desarrollo reproductivo de la planta. La floración de la papaya depende de la zona agroecológica y de la aplicación de prácticas agronómicas (Hoyos & Hurtado, 2017). La aparición del botón floral de la papaya es un factor que determina el inicio de la producción del cultivo, y si la floración se produce en menos tiempo, habría un retorno rápido de la inversión del cultivo (Alves, 2003). El desarrollo de la flor se da en tres etapas: crecimiento lento en los primeros estados de formación, rápido crecimiento con mayor elongación, y un crecimiento lento en la última etapa (Rojas & Rovaldo, 1985).

El estudio de la biología floral llevado a cabo en los campos seleccionados (tabla 7) se inició con la aparición del botón floral hasta la antesis, registrándose la longitud del botón floral, longitud del pedúnculo, número de botones florales y antesis. Las evaluaciones realizadas en campo evidenciaron que el crecimiento de las estructuras florales al inicio es lento, luego hubo un mayor crecimiento y después fue mínimo. Por lo tanto, se asume que el crecimiento del botón floral y del pedúnculo floral en los tres tipos de flores adquiere la forma sigmoideal. El número de botones por inflorescencia femenina y hermafrodita pueden aumentar o disminuir antes de la antesis, mientras que en las plantas de flores masculinas se incrementan de manera progresiva.

Biología floral del cultivar criollo amarillo

Las parcelas de observación evaluadas con este cultivar se ubicaron en los distritos de Virú, Concepción y Campo Verde, correspondientes a las regiones naturales de Chala, Omagua (selva baja) y Yunga fluvial. El periodo de evaluación en cada una de ellas fue de 40, 48 y 52 días (tabla 8). Las variables evaluadas fueron la longitud del botón floral, longitud del pedúnculo y número de botones florales por inflorescencia. Se observó que hubo un desarrollo progresivo desde la aparición de la estructura floral, polinización y la posterior formación del fruto.

• Tabla 7 • Tasa de crecimiento de la estructura floral del cultivar criollo amarillo en tres distritos del Perú

Región Natural	Distrito	Tipo de planta	Crecimiento del botón floral / día (cm)	Crecimiento de la longitud del pedúnculo / día (cm)	N.º botones florales / inflorescencia (und.)			
					Día 1	Día 40	Día 48	Día 52
Chala	Virú	Masculino	0.13	0.59	15	38		
		Femenino	0.2	0.05	2	1		
		Hermafrodita	0.16	0.08	3	2		
Yunga fluvial	Concepción	Masculino	0.12	0.26	4		51	
		Femenino	0.13	0.04	2		1	
		Hermafrodita	0.12	0.1	3		4	
Selva baja	Campo Verde	Masculino	0.12	0.86	12			72
		Femenino	0.1	0.06	4			2
		Hermafrodita	0.11	0.04	7			3

En el distrito de Virú el modelo lineal es el que mejor explica el crecimiento de la longitud del botón floral y longitud del pedúnculo (figura 39). Sin embargo, el parámetro de longitud de botón floral de la flor femenina y hermafrodita se ajusta a un modelo cuadrático (anexo 4A). La evaluación fue realizada durante 40 días con intervalos de 4 días y los coeficientes de determinación (R^2) de las variables mencionadas varían de 0.95 a 0.99. Por otro lado, el promedio del incremento diario de la longitud del botón floral fue de 0.19 cm en los botones florales femeninos, de 0.12 cm en los botones florales masculinos y de 0.16 cm en los botones florales hermafroditas. Además, el pedúnculo presenta un promedio de incremento diario de 0.05 cm en la flor femenina, 0.59 cm en la flor masculina y en la flor hermafrodita 0.08 cm (tabla 7).



Figura 39. Medición de los botones florales del cultivar criollo amarillo en el distrito Virú: a) primera medición del botón floral masculino, b) primera medición del botón floral femenino, c) primera medición del botón floral hermafrodita
Fotografías tomadas en el distrito de Santa Cecilia de Virú, provincia de Virú, departamento de La Libertad

En el distrito de Concepción el modelo cuadrático es el que mejor explica el crecimiento de la longitud de los botones florales y la longitud del pedúnculo, a excepción de la longitud del pedúnculo de la flor hermafrodita que presenta un modelo de crecimiento lineal. Los coeficientes de determinación de las variables mencionadas varían de 0.96 a 0.99, las que fueron evaluadas durante 48 días con intervalos de cada 4 días. La longitud del pedúnculo es la variable mejor explicada por el modelo con coeficientes de determinación ($R^2 = 0.99$). El promedio del incremento diario de la longitud del botón floral fue de 0.13 cm en los botones florales femeninos, 0.12 cm en el botón floral masculino y 0.12 cm en los botones florales hermafroditas. El incremento diario de la longitud del pedúnculo fue de 0.04 cm en la flor femenina, de 0.26 cm en la flor masculina y de 0.10 cm en la flor hermafrodita (figura 40)

En el distrito de Campo Verde el modelo cuadrático es el que mejor explica el crecimiento de la longitud del pedúnculo en todas las estructuras florales; un caso excepcional ocurre en la longitud del botón floral (figura 41), el cual es explicado por los dos modelos: lineal (flor femenina y hermafrodita) y cuadrático (flor masculina). Los coeficientes de determinación de las variables mencionadas varían de 0.96 a 0.99. La longitud del pedúnculo es la variable mejor explicada por el modelo cuadrático con coeficiente de determinación 0.99, siendo evaluados durante 52 días con intervalos de cada 4 días. El promedio del incremento diario de la longitud del botón floral fue de 0.12 cm en los botones florales masculinos, de 0.10 cm el botón floral femenino, y de 0.11 cm en las hermafroditas. El crecimiento del pedúnculo presentó un promedio del incremento diario en la flor masculina de 0.86 cm, en la flor femenina de 0.06 cm, y en la flor hermafrodita de 0.04 cm (tabla 7).

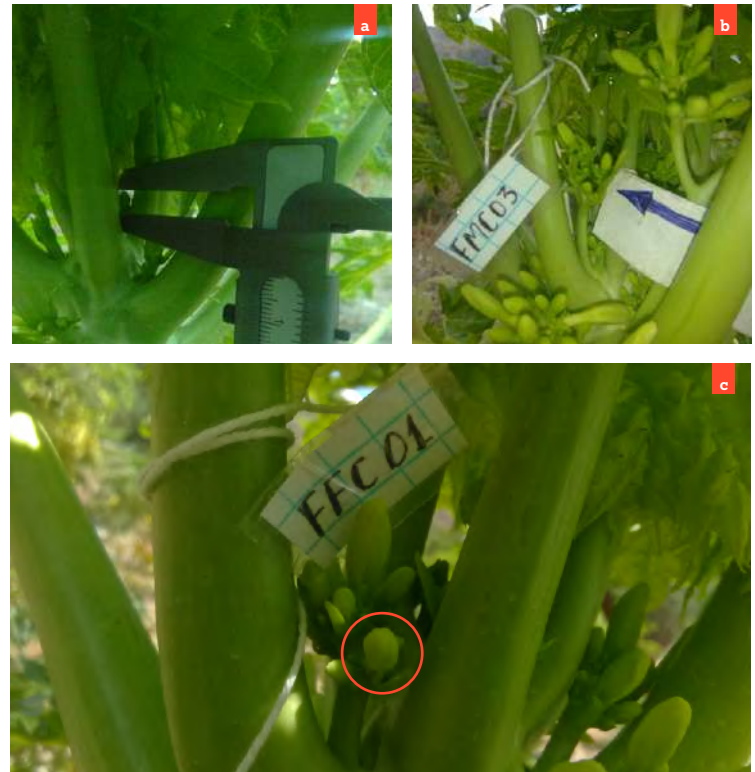


Figura 40. Medición de los botones florales del cultivar criollo amarillo en el distrito de Concepción: a) primera medición del botón floral femenino, b) primera medición del botón floral masculino, y c) primera medición del botón floral hermafrodita. Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho

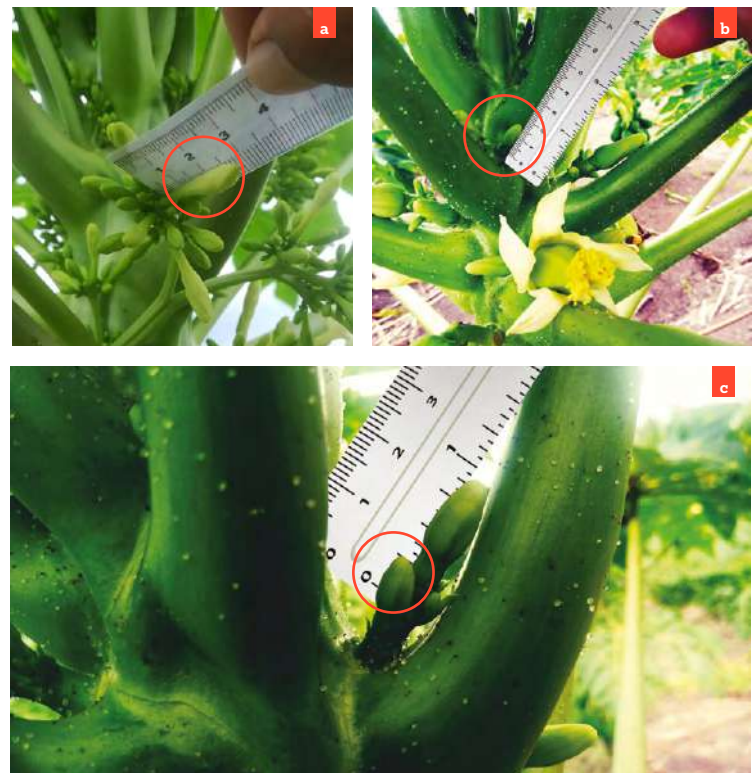


Figura 41. Medición de los botones florales del cultivar criollo amarillo en el distrito de Campo Verde: a) primera medición del botón floral masculino, b) primera medición del botón floral femenino, y c) primera medición del botón floral hermafrodita. Fotografías tomadas en el distrito de El Cóndor de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali

Longitud del botón floral

El crecimiento máximo de los botones florales en los distritos de Virú, Concepción y Campo Verde se alcanzó en un lapso de 40, 48 y 52 días respectivamente, hasta llegar a la antesis de las flores evaluadas. A pesar de las diferencias medioambientales y el tiempo de crecimiento del botón floral, este parámetro no presentó diferencias significativas en los tres distritos evaluados. La diferencia del número de días de llegar a la antesis en las flores del cultivar criollo amarillo probablemente fue debido a las diferentes condiciones climáticas de cada distrito y por el material genético utilizado. Asimismo, en el distrito de Virú se reportó la mayor longitud de botón floral, seguido del distrito de Campo Verde y finalmente en Concepción (figura 42, anexo 4B).

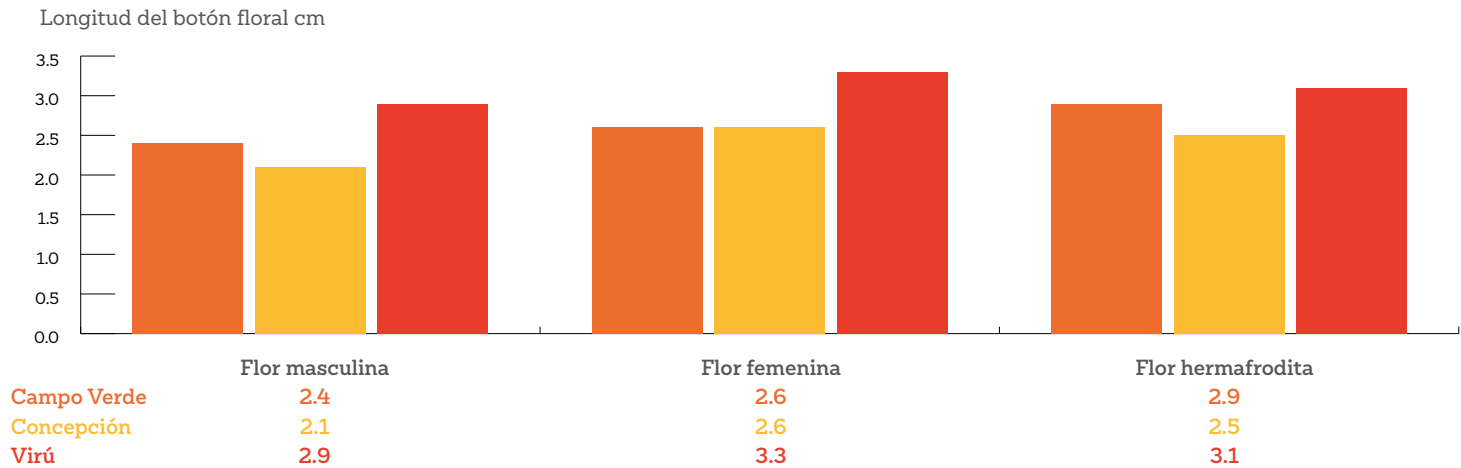


Figura 42. Crecimiento del botón floral del cultivar criollo amarillo en tres distritos del Perú.

Longitud del pedúnculo floral

La longitud del pedúnculo floral presentó diferencias significativas en el tipo floral masculino por haber registrado mayores longitudes, frente a los tipos florales hermafroditas y femenina. Esta diferencia puede atribuirse a la estructura genética de este tipo floral, tal como manifiesta Jiménez (2002): que las flores masculinas salen de un pedúnculo largo. El pedúnculo floral de la flor masculina alcanzó una longitud promedio de 15.1 cm, a diferencia de la hermafrodita con 4.5 cm y la flor femenina con una longitud promedio de 2.8 cm (figura 43, anexo C).

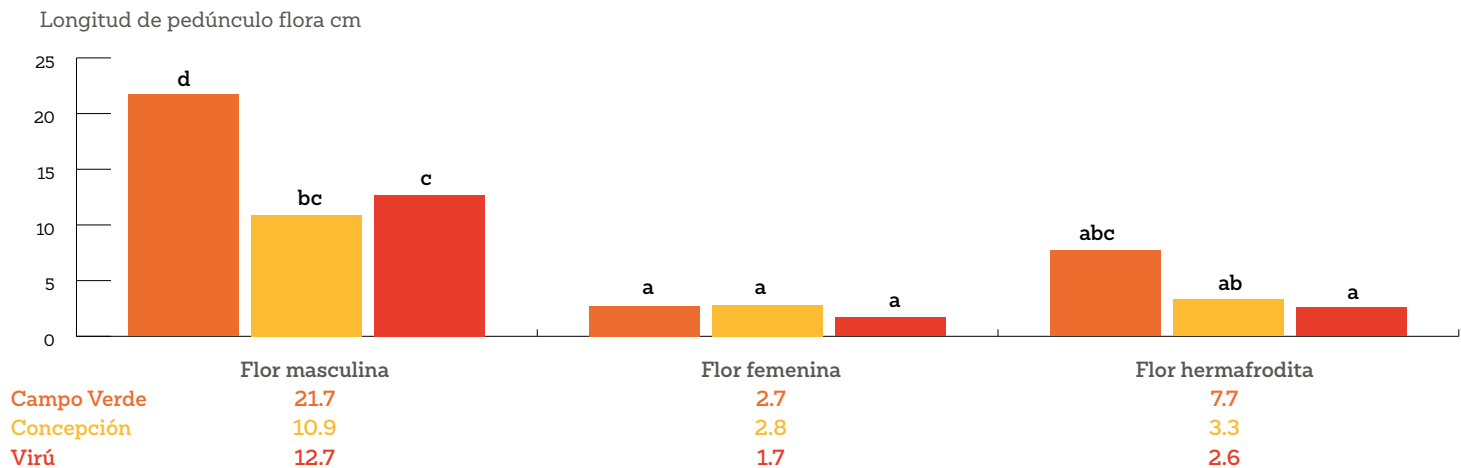


Figura 43. Crecimiento del pedúnculo floral del cultivar criollo amarillo en tres distritos del Perú. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba ANOVA ($P < 0.05$)

Número de botones por inflorescencia

El número de botones florales por inflorescencia presentó diferencias significativas en el tipo floral masculino (en los tres distritos), pues registró mayor número de botones florales frente a los tipos florales femenina y hermafrodita, pudiendo atribuir esta diferencia a la estructura genética de este tipo floral (figura 44, anexo 4D).

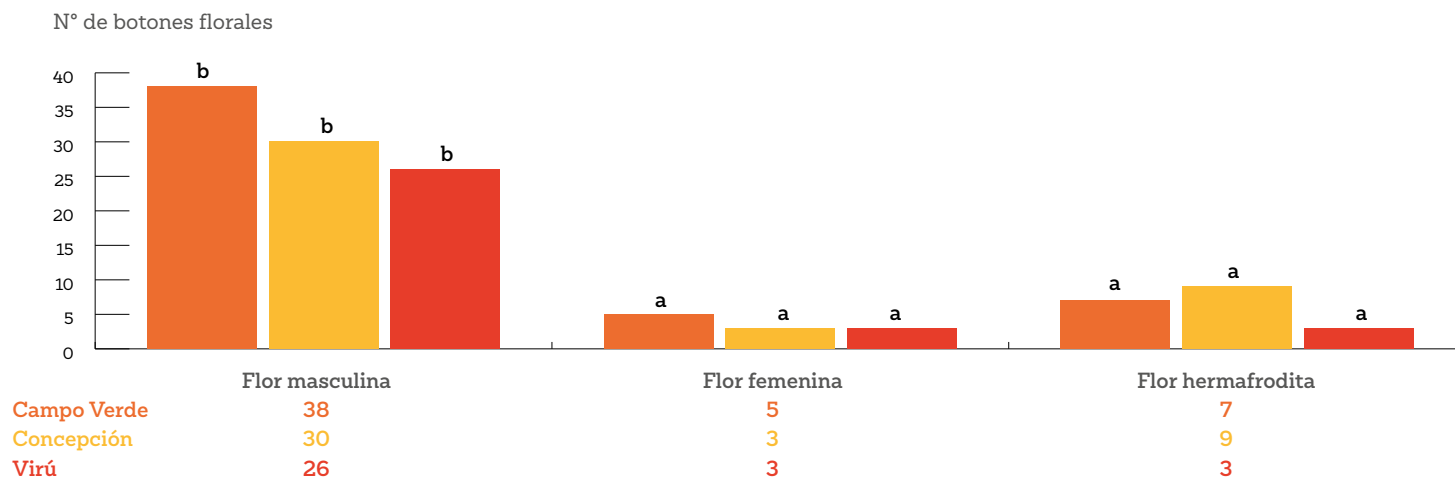


Figura 44. Número de botones florales por inflorescencia del cultivar criollo amarillo en tres distritos del Perú. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba ANOVA ($P < 0.05$)



Evaluación de la antesis

La antesis es el período de la apertura de las flores, es decir, es el tiempo de expansión de la flor hasta que esté completamente desarrollada y en estado funcional, durante el cual ocurre el proceso de polinización. La antesis de la especie *C. papaya* del cultivar criollo amarillo en el distrito de Virú se reportó a los 40 días, en el distrito de Concepción a los 48 días y en el distrito de Campo Verde a los 52 días. Por otro lado, existen diferencias significativas entre los distintos tipos florales para alcanzar la antesis, desde la emergencia del botón floral hasta la antesis.

Respecto a las preferencias de horas de la apertura floral, en los tres distritos evaluados la antesis se dio en horas de la noche. En las plantas del tipo floral femenino la antesis se reportó entre las 18:00 hasta las 22:00 horas. En el caso del tipo floral masculino la apertura floral fue entre las 20:00 hasta 01:00 horas, y para las plantas hermafroditas entre las 19:00 hasta las 23:30 horas. Además, las flores masculinas y hermafroditas también reportaron la antesis en horas de la mañana, entre las 06:00 a 10:00, pero en menor frecuencia (tabla 8, figura 45, figura 46 y figura 47).

• **Tabla 8** • Evaluación de la hora y días de la antesis del cultivar criollo amarillo

Distrito	Tipo de planta	Antesis de la primera flor	Antesis de la última flor	Hora aproximada de la antesis	Color inflorescencia
Virú	Masculino	37 días	40 días	06:00 - 09:00 20:00 - 23:00	Amarillo/crema
	Femenino	32 días	37 días	18:00 - 21:00	
	Hermafrodita	32 días	38 días	09:00 - 10:00 19:00 - 22:00	
Concepción	Masculino	34 días	36 días	22:00 - 01:00	Amarillo/crema
	Femenino	37 días	39 días	18:00 - 22:00	
	Hermafrodita	42 días	48 días	22:00 - 23:00	
Campo Verde	Masculino	42 días	44 días	21:30 - 23:00	Amarillo/claro
	Femenino	46 días	48 días	19.30 - 21:00	
	Hermafrodita	51 días	52 días	22.00 - 23:30	

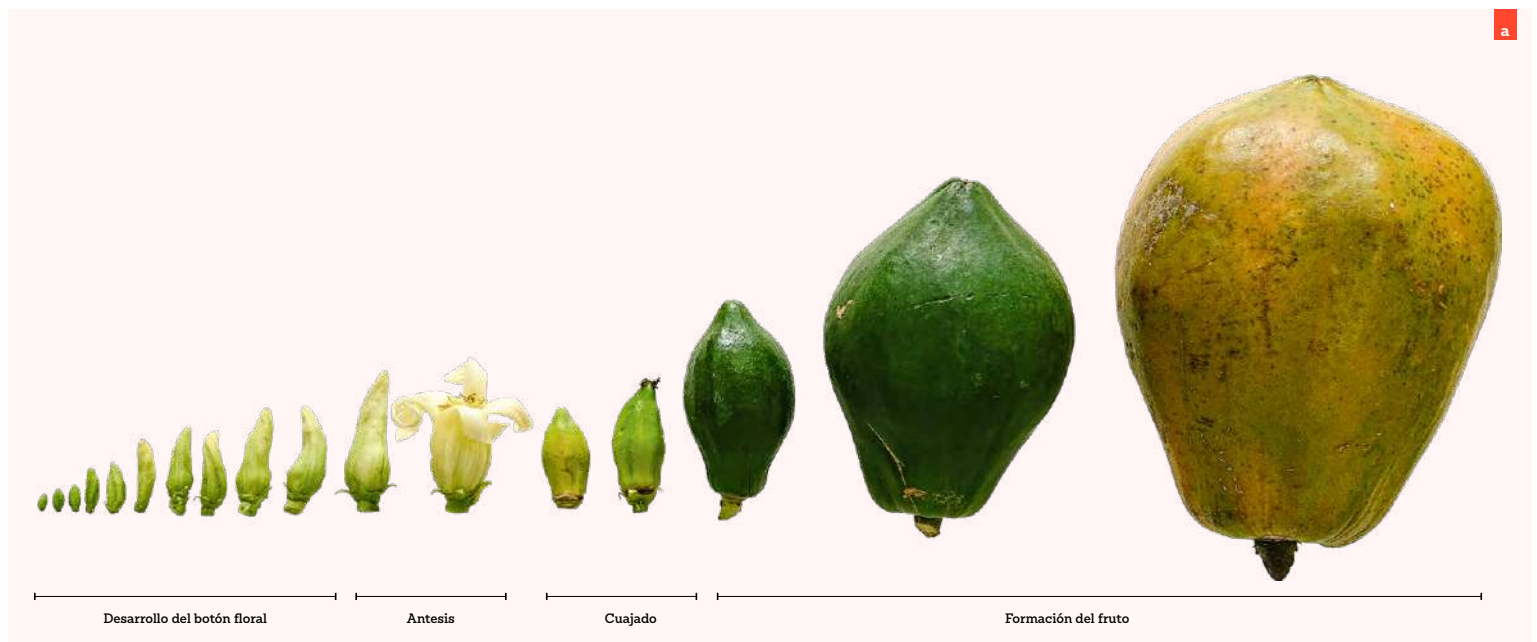


Figura 45. Botón floral femenino del cultivar criollo amarillo en el distrito de Concepción. a) Desarrollo del botón floral, antesis, cuajado y formación de fruto femenino b) Antesis y apertura por completo del botón floral femenino, Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho



Figura 46. Proceso de antesis y apertura de los botones florales del cultivar criollo amarillo en el distrito de Concepción: a y b) antesis y apertura por completo del botón floral hermafrodita a primeras horas de la mañana, c) antesis y apertura por completo del botón floral masculino a primeras horas de la mañana
Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho

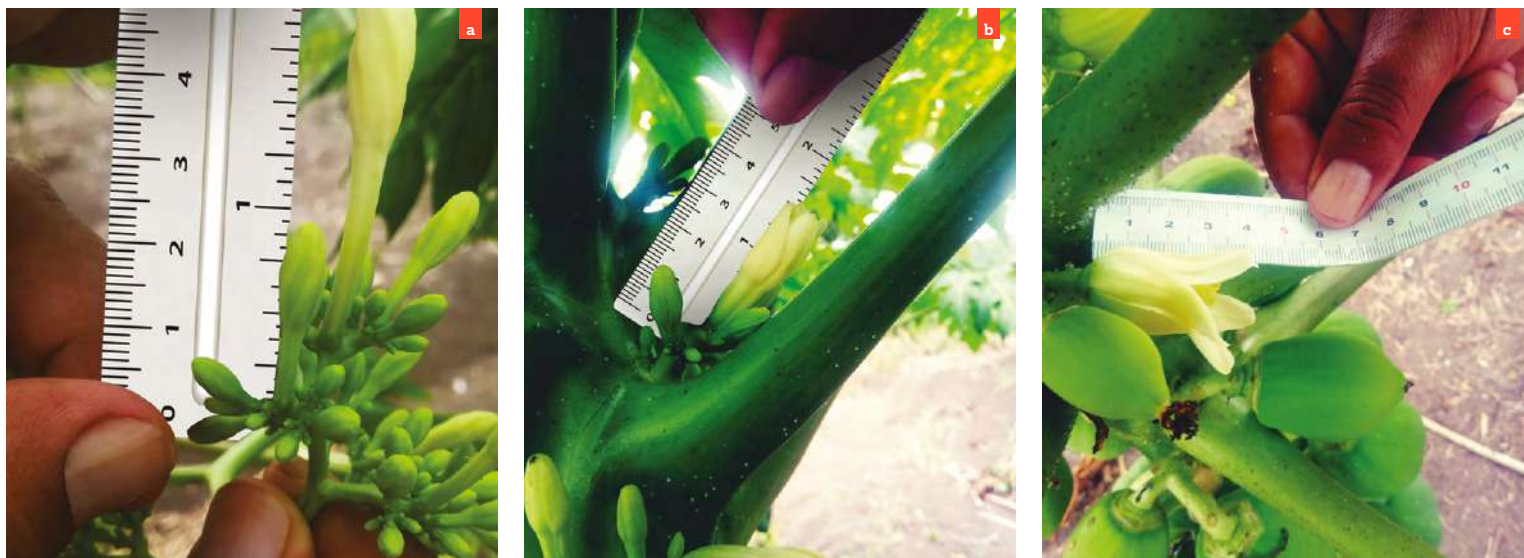


Figura 47. Proceso de antesis y apertura de los botones florales del cultivar criollo amarillo del distrito de Campo Verde: a) botón floral masculino horas antes de la antesis, b) antesis y apertura por completo del botón floral hermafrodita, c) antesis y apertura por completo del botón floral femenino a primeras horas de la mañana
Fotografías tomadas en el distrito de El Cóndor de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali

Los resultados obtenidos coinciden con el que obtuvieron Parés, Basso & Jaúregui (2002), quienes reportan que la antesis fue en menor porcentaje en horas de la mañana y la mayor parte en horas de la noche, concordando con lo obtenido principalmente en el distrito de Virú. Por otro lado, los resultados en los distritos de Campo Verde y Concepción coinciden con Mekako y Nakasone (1975) como se citó en Parés *et al.* (2002), quienes señalan que las flores femeninas se abren hasta las 22:00 horas, mientras las masculinas y hermafroditas lo hacen hasta cerca de la media noche.

Biología floral del cultivar criollo morado

El crecimiento del botón floral y del pedúnculo floral fue determinado desde el inicio de la aparición del botón floral hasta la antesis. En el distrito de Olmos (Lambayeque) se evaluó hasta los 44 días y en el distrito de Pichari (Cusco) hasta los 52 días. Geográficamente se encuentran en la región natural de chala y rupa rupa o selva alta, respectivamente (tabla 9). La evaluación correspondió a la longitud de botón floral, longitud de pedúnculo floral, número de botones florales/ inflorescencia y la antesis.

• Tabla 9 • Crecimiento de la estructura floral del cultivar criollo morado en dos distritos del Perú

Región Natural	Distrito	Tipo de planta	Crecimiento del botón floral / día (cm)	Crecimiento de la longitud del pedúnculo / día (cm)	N.º de botones florales por inflorescencia (Und)			Color inflorescencia
					Día 1	Día 44	Día 52	
Chala	Olmos	Masculino	0.05	0.2	12	43		Amarillo/Crema
		Femenino	0.09	0.03	4	3		
		Hermafrodita	0.11	0.08	7	4		
Selva alta	Pichari	Masculino	0.16	0.64	14		54	Amarillo/rojo púrpura
		Femenino	0.06	0.07	3		2	
		Hermafrodita	0.15	0.11	5		2	

En el distrito de Olmos, el modelo lineal es el que explica mejor el crecimiento de la longitud del botón floral y la longitud del pedúnculo en las plantas femeninas y hermafroditas (figura 48), mientras que la longitud del pedúnculo de la flor masculina presenta un modelo cuadrático. Los coeficientes de determinación de las variables mencionadas varían de 0.94 a 0.98. La evaluación se realizó durante 44 días con intervalos de 4 días. El promedio del incremento diario de la longitud del botón floral es de 0.11 cm en los botones florales hermafroditas, de 0.05 cm en el botón floral masculino y de 0.09 cm en el botón floral femenino. Además, el pedúnculo presenta un promedio de incremento diario en la flor femenina de 0.03 cm, en la flor masculina de 0.20 cm y en la flor hermafrodita de 0.08 cm (tabla 9, anexo 4E).

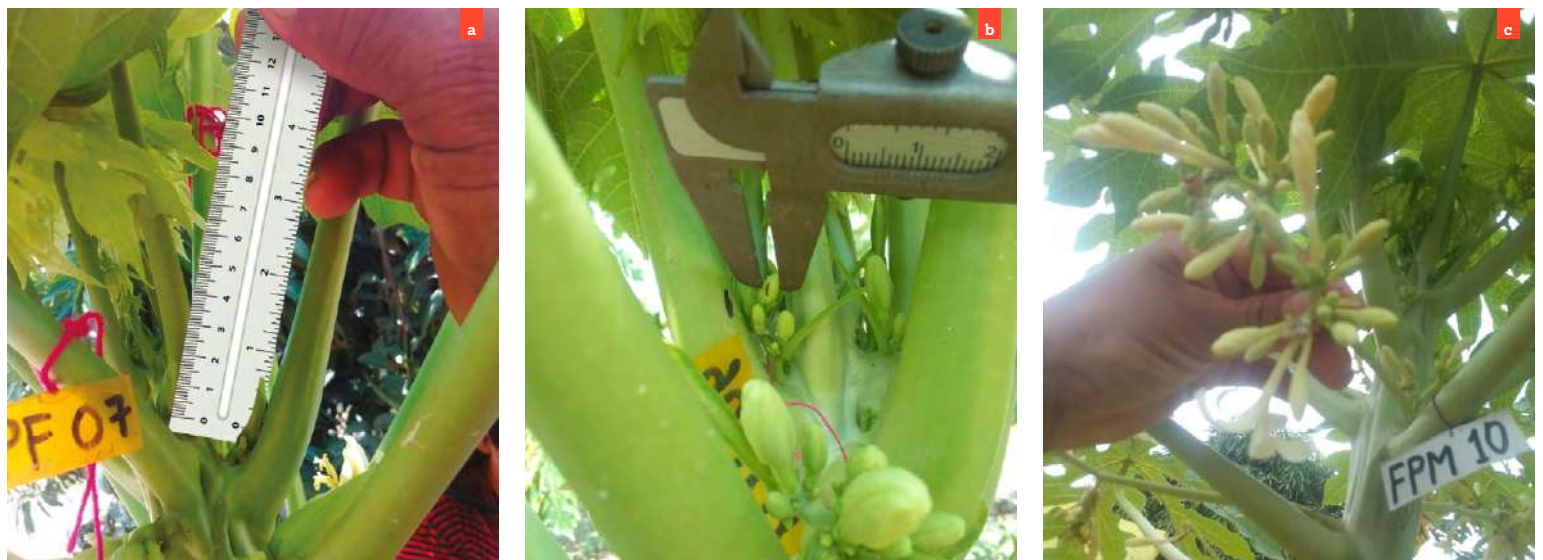


Figura 48. Medición de los botones florales del cultivar criollo morado en el distrito Olmos: a) primera medición del botón floral femenino, b) primera medición del botón floral hermafrodita, c) primera medición del botón floral masculino
Fotografías tomadas en el distrito de Capilla de Olmos, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque

En el distrito de Pichari, la longitud del botón floral de las flores hermafroditas se ajusta al modelo cuadrático, y para la longitud del pedúnculo el modelo lineal. En las flores femeninas el modelo lineal es el que mejor explica las dos variables del estudio. Con respecto a la flor masculina, el modelo cuadrático es el que mejor se ajusta para las dos variables. Los coeficientes de determinación de las variables mencionadas varían de 0.97 a 0.99 (anexo 4E). La longitud del botón floral es la variable mejor explicada por el modelo con coeficientes de determinación ($R^2 = 0.99$) En este distrito se ha evaluado durante 52 días con intervalos de 4 días. El promedio del incremento diario de la longitud del botón floral hermafrodita fue de 0.15 cm, del botón floral femenino de 0.06 cm y del botón floral masculino de 0.16 cm. El crecimiento del pedúnculo presentó un incremento diario en la flor hermafrodita de 0.11 cm, en la flor femenina de 0.07 cm y en la flor masculina de 0.64 cm (figura 49, tabla 9).



Figura 49. Medición de los botones florales del cultivar criollo morado en el distrito Pichari: a) primera medición del botón floral hermafrodita, b) primera medición del botón floral femenino, c) primera medición del botón floral masculino
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

Longitud de botón floral

En el distrito de Pichari, el mayor crecimiento de los botones florales se obtiene a los 52 días, mientras que en el distrito de Olmos se obtiene a los 44 días. La longitud del botón floral en los dos distritos evaluados presenta una ligera diferencia significativa. En el distrito de Pichari se alcanzó las mayores longitudes del botón floral en las flores masculinas y hermafroditas (figura 50, anexo 4F).

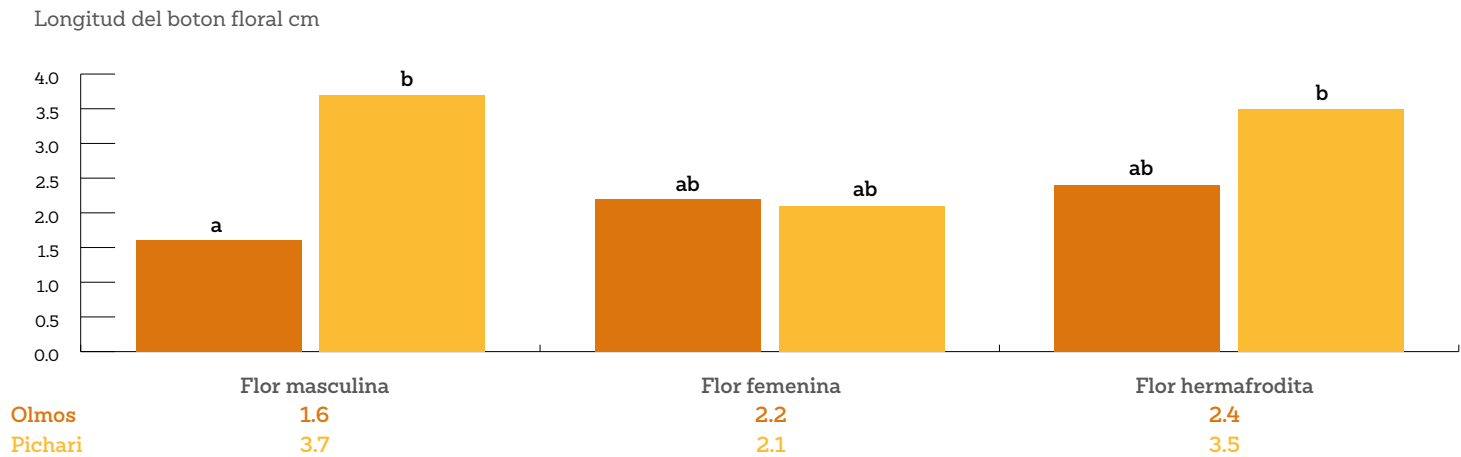


Figura 50. Crecimiento del botón floral del cultivar criollo morado en dos distritos del Perú. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba Anova ($P < 0.05$)

Longitud del pedúnculo floral

La longitud del pedúnculo floral tiene diferencias significativas en los tres tipos florales, y es en el distrito de Pichari donde se reportó el mayor crecimiento del pedúnculo floral de los tres tipos (figura 51, anexo 4G).

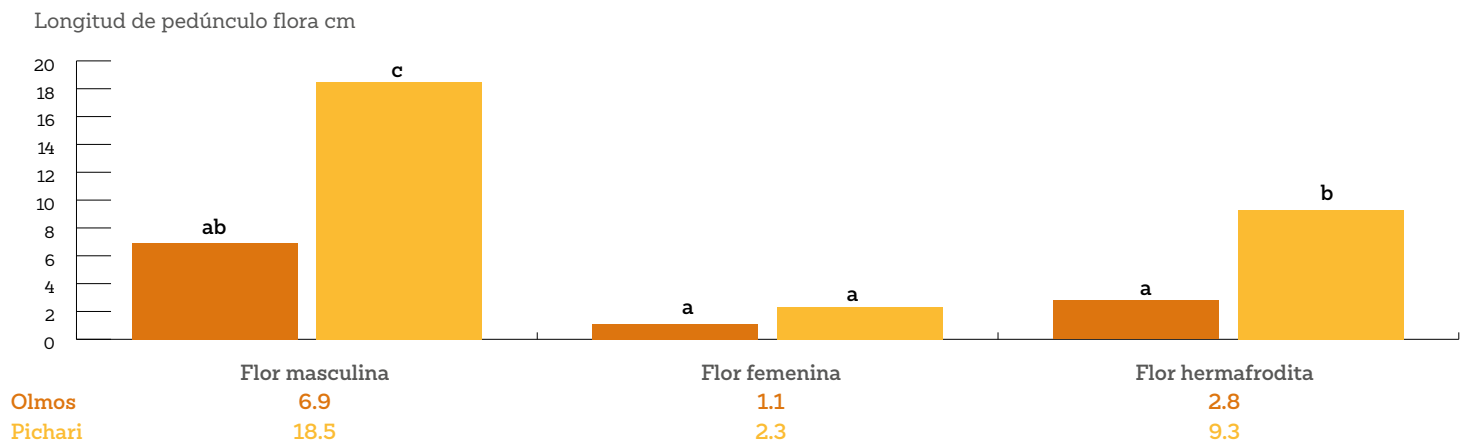


Figura 51. Crecimiento del pedúnculo floral del cultivar criollo morado en dos distritos del Perú. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba Anova ($P < 0.05$)

Número de botones por inflorescencia

El número de botones florales por inflorescencia solo presentó diferencia significativa en el tipo floral masculino, siendo estos los que mayor número de botones florales alcanzaron. El número de botones florales femeninos y hermafroditas por inflorescencia se asemejan al cultivar criollo amarillo (figura 52, anexo H).

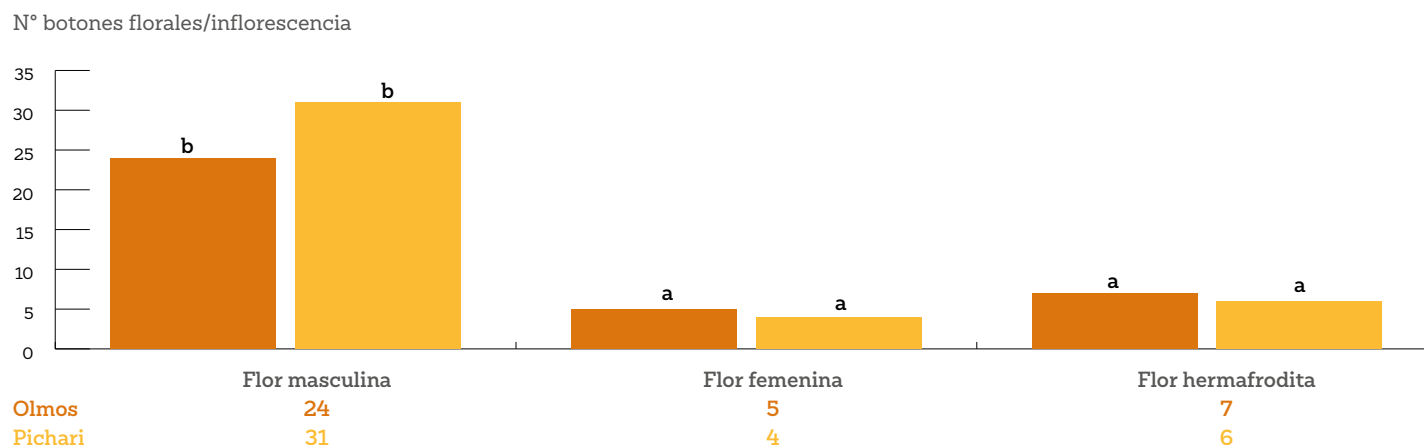


Figura 52. Número de botones florales por inflorescencia del cultivar criollo morado en dos distritos del Perú. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba Anova ($P < 0.05$)

Evaluación de la antesis

La antesis de la especie *C. papaya* del cultivar criollo morado en el distrito de Olmos se reportó a los 44 días, mientras en el distrito de Pichari se obtuvo en 52 días. Existen diferencias significativas entre los distintos tipos florales, por lo que el tipo de flor afectó la duración del periodo alcanzado desde la emergencia del botón floral hasta la antesis (tabla 10, figura 53, figura 54 y figura 55). Estos resultados se asemejan a los obtenidos en el cultivar criollo amarillo.

• **Tabla 10** • Evaluación de la hora y días de la antesis del cultivar criollo morado

Región Natural	Distrito	Tipo de planta	Antesis de la primera flor	Antesis de la última flor	Hora aproximada de la antesis	Color inflorescencia
Chala	Olmos	Masculino	41 días	44 días	21:30 - 23:00	Amarillo/crema
		Femenino	38 días	41 días	19:00 - 21:00	
		Hermafrodita	37 días	40 días	20:15 - 23:30	
Selva alta	Pichari	Masculino	50 días	52 días	22:00 - 23:00	Amarillo/rojo púrpura
		Femenino	47 días	48 días	21:00 - 22:00	
		Hermafrodita	46 días	48 días	20:30 - 23:00	

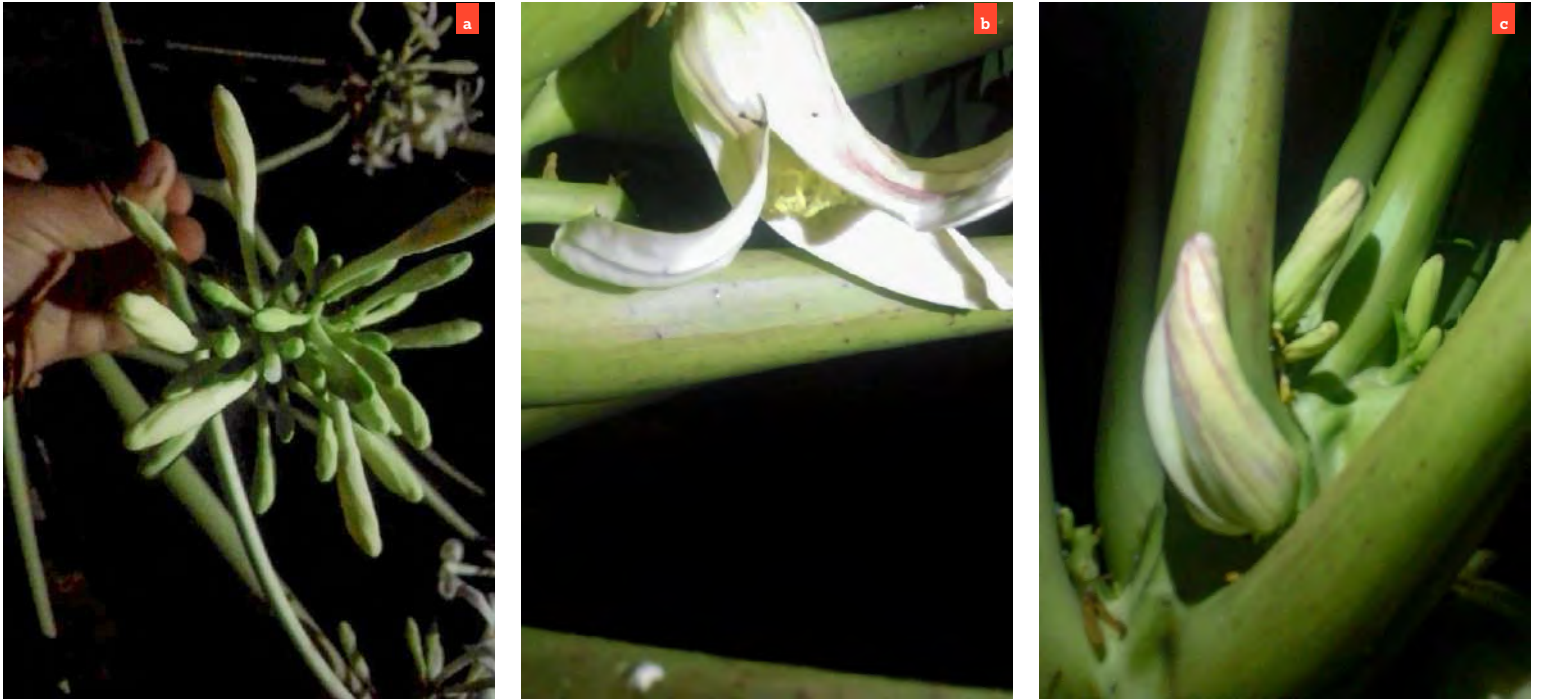


Figura 53. Proceso de antesis del cultivar criollo morado: a) antesis del botón floral masculino a primeras horas de la noche, b) antesis por completo del botón floral femenino a primeras horas de la noche, y c) antesis del botón floral hermafrodita a primeras horas de la noche
Fotografías tomadas en el distrito de Capilla de Olmos, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayequea



Figura 54. a) Antesis de flor hermafrodita, b) desarrollo del botón floral, antesis, cuajado y formación de fruto hermafrodita
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

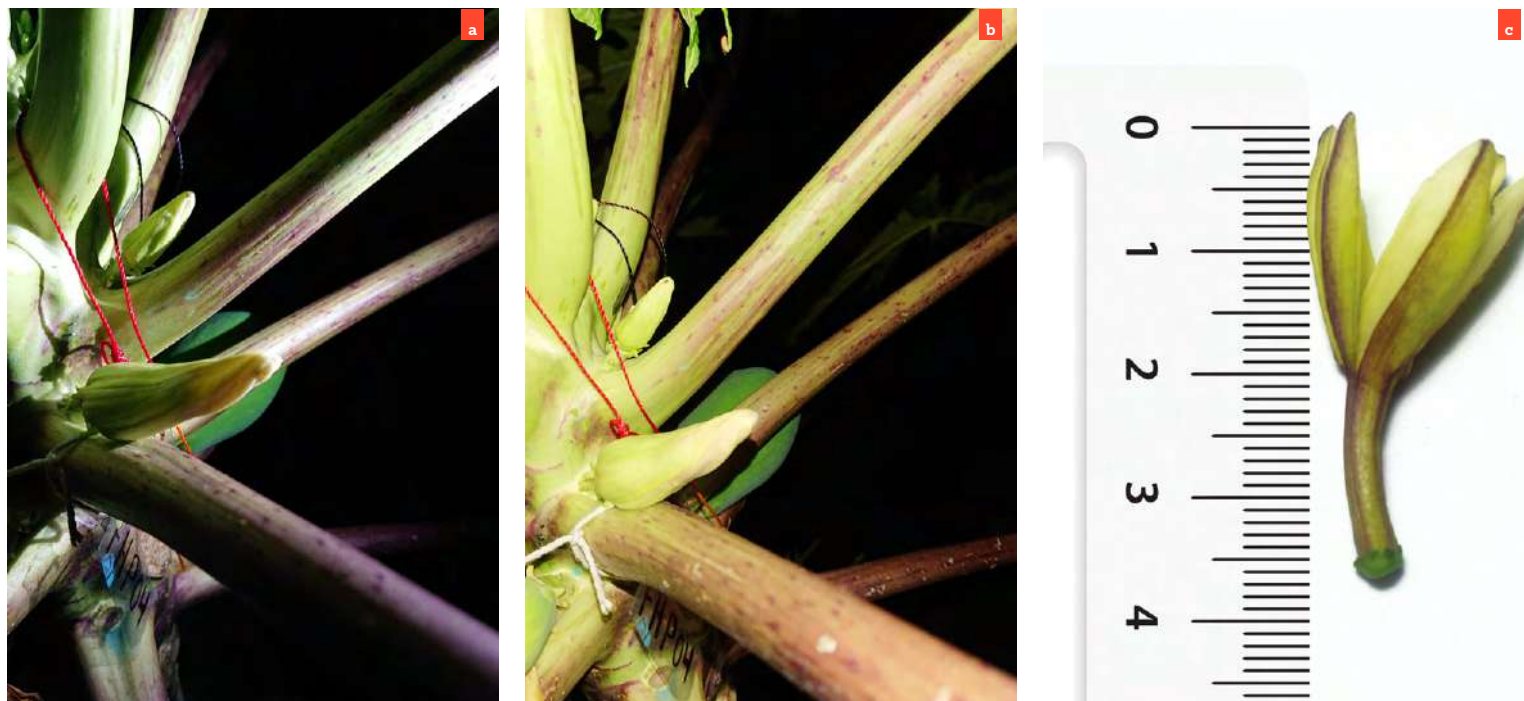


Figura 55. Proceso de anthesis del cultivar criollo morado: a) y b) proceso de anthesis del botón floral femenino durante las primeras horas de la noche, c) apertura por completo del botón floral masculino
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

2.5 Flujo genético y propagación

El flujo genético se refiere a todos los mecanismos que generan movimiento de genes de una población a otra (Hartl & Clark, 1989). Las poblaciones de una especie pueden intercambiar genes en mayor o menor grado, ya sea genes nucleares o genomas uniparentales, como p. ej. la mitocondria o el cloroplasto, debido al movimiento de gametos y semillas, así como por eventos de extinción y recolonización de poblaciones enteras. Cabe mencionar que los migrantes que no se reproducen en la población a la que migraron no contribuyen al flujo génico (Slatkin, 1985; Smith *et al.*, 2020).

Como parte de la línea de base de la diversidad de la papaya se evaluó el proceso de polinización, morfología del polen y dispersión de polen de *C. papaya* en los distritos de Olmos, Virú, Concepción, Campo Verde y Pichari, en los departamentos de Lambayeque, La Libertad, Junín, Ucayali y Cusco respectivamente.

Polinización

La polinización es la transferencia de polen viable desde las anteras al estigma de la misma flor o de una flor diferente para la fertilización del ovario, proceso mediante el 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 denomina autopolinización. En algunas especies la transferencia del polen depende en parte o totalmente de la acción de vectores abióticos como el viento, o de diversos organismos polinizadores, como los insectos (Peña, 2003).

En los agroecosistemas la polinización biótica, o a través de organismos, es un proceso determinante en el volumen de la producción y calidad de la cosecha, principalmente en poblaciones mayoritarias de las angiospermas, o plantas con flores, cultivadas. Lamentablemente, el servicio ecosistémico de polinización en los cultivos ha disminuido debido a

cambios de uso de suelo y el empleo excesivo de plaguicidas, entre otros factores. Producto de ello, resultan afectados los cultivos que presentan flores con sexos separados o sistemas de autoincompatibilidad, que son más vulnerables pues necesitan de un agente vector para realizar el traslado del polen para la producción de frutos y/o semillas (Badillo-Montaño, Aguirre, & Munguía-Rosas, 2018).

La papaya silvestre, debido a su naturaleza dioica, es altamente dependiente de sus polinizadores; sin embargo, las variedades cultivadas tienen otros sistemas reproductivos (p. ej. trioico, ginodioco, monoico y andromonoico) para los cuales se desconoce en qué medida dependen del polinizador. Las plantas masculinas de la *C. papaya* ejercen un papel importante para la atracción de visitantes florales y potenciales polinizadores, por la recompensa en polen que es atractiva para los visitantes (Ming & Moore, 2007; Badillo, et al., 2018).

Los visitantes florales (polinizadores bióticos) están constituidos por grupos de insectos que se encuentran dentro de los órdenes Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera y Coleoptera, como las abejas, avispa, hormigas, moscas Syrphidae, mariposas, polillas, escarabajos polinizadores, entre otros (Faegri & van der Pijl, 1979; como se citó en Alvites & Segundo, 2019). En un trabajo realizado en Yucatán, México, se identificó que los polinizadores más frecuentes fueron *Apis mellifera* (39 %) y las especies de abejas nativas *Trigona fulviventris* (22 %) y *Nannotrigona perilampoides* (6 %). El 33 % restante de las visitas fueron especies de abejas sociales, eusociales y solitarias (21 especies), así como algunas especies de lepidópteros (5), dípteros (2) y coleóptero (1) (Badillo et al., 2018).

En el presente estudio en los distritos de Olmos, Virú, Concepción, Campo Verde y Pichari se evaluó a los visitantes florales de *C. papaya*, encontrando que los polinizadores más frecuentes fueron del orden Hymenoptera, con las familias Apidae y Vespidae (tabla 11 y tabla 12), los que permanecían entre 10 a 20 minutos por visita. Los géneros *Trigona* y *Apis*, entre otros de la familia Apidae, suelen acudir a las flores en grupos de 4 a 12 individuos por visita. Respecto al género *Polybia* de la familia Vespidae, esta acudió en grupos de 8 individuos por visita a las flores de la papaya (tabla 13).

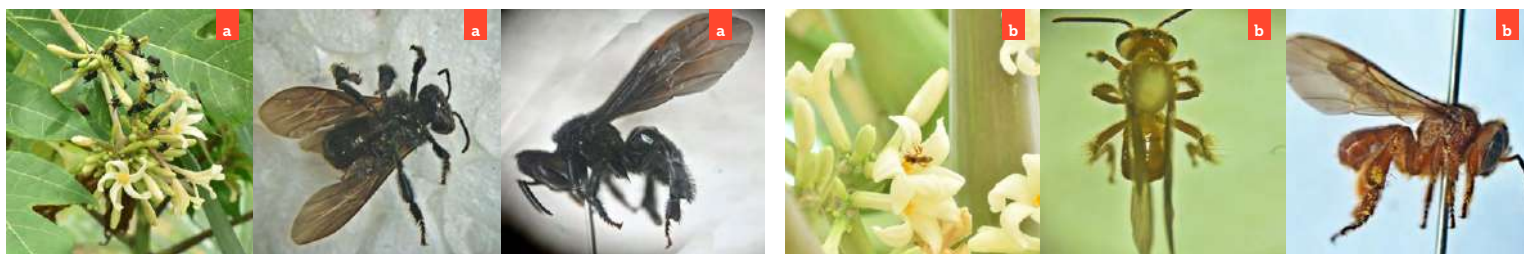
La mayor frecuencia de visitas florales se dio en el tipo floral masculino, seguido de las hermafroditas y finalmente las femeninas, concordando con Badillo et al. (2018), quienes indican que las plantas macho de *C. papaya* presentan mayor grado (número) de interacción con las especies de visitantes, observando 10 de 13 posibles especies de visitantes florales, comparado con las plantas hembras y hermafroditas donde el grado de interacción es solo de uno a tres especies de visitantes de 13 posibles especies. La preferencia de los visitantes florales por plantas masculinas estaría relacionada con la recompensa que sus flores ofrecen, como néctar y polen y, además, a que estas despiden una fragancia dulce que podría también atraer a estos visitantes.

FAO (2009) menciona que la papaya es polinizada principalmente por polillas Sphingidae, las cuales varían de un lugar a otro, pero en general, cualquier especie de esta familia de cuerpo mediano a grande y lengua relativamente larga puede servir como polinizador. Las recompensas florales influyen directamente en la conducta del polinizador, y como consecuencia afecta el éxito reproductivo de las plantas, ya sea incrementando las visitas del polinizador como lo ocurrido con el orden Hymenoptera, o aumentando la probabilidad de éxito de la polinización.

Respecto a los resultados del estudio, la frecuencia de visitas de los insectos a las flores de la papaya, fue clasificada de acuerdo a la siguiente escala: rara: de 1 – 3 visitas/día, regular: de 4 – 7 visitas/día, y abundante: 7 – 12 visitas/día. En términos generales, los miembros de la familia Apidae, en tres de los cinco lugares estudiados (Concepción, Pichari y Campo Verde) presentaron la mayor frecuencia de visitas por día. Mientras que en Olmos y Virú se observó la presencia de especies de Hemiptera y Diptera. En los distritos de Concepción y Pichari se registraron, además de la familia Apidae, otras especies polinizadoras de las familias Megachilidae, Halictidae, Vespidae, Syrphidae y Sphingidae, con regular y abundante frecuencia de visitas por día. Además, en el distrito de Campo Verde se observó la presencia de especies de Coleoptera con una baja frecuencia de visitas, que corresponde a la escala de rara a regular (tabla 13).

• **Tabla 11** • Visitantes florales observados en *C. papaya* - probables polinizadores

Orden	Hymenoptera	
Familia	Apidae	
Especie	a) <i>Trigona</i> sp.1	b) <i>Trigona</i> sp.2
Localidad	Concepción, Pichari, Campo Verde	Campo Verde
Frecuencia de visita	Mayor (7 a 12 visitas/día)	
Duración	10 a 20 minutos	10 a 15 minutos
Número individuos/visita	5 a 12 individuos	5 individuos
Conducta	Revoloteo previo y repetidos ingresos y salidas de la flor	
Polen dejado	No se observó	
Acarreo de polen	Regular	



Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

• **Tabla 12** • Otros visitantes florales observados en *C. papaya*

Orden	Hymenoptera	Coleoptera
Familia	Vespidae	b) Coccinellidae, c) Erotilidae, d) y e) Chrysomelidae
Especie	a) <i>Polybia</i> sp.	
Localidad	Pichari	Campo Verde
Frecuencia de visita	Mayor (7 a 12 visitas/día)	Regular (4 a 7 visitas/día)
Duración	15 a 20 minutos	1 a 3 minutos
Número individuos/visita	8 individuos	1 individuo
Conducta	Ingreso directo a la flor masculina por el jugo nectarario con tiempos muy prolongados	Merodeando la flor
Polen dejado	No se observó	No se observó
Acarreo de polen	Muy poco	Muy poco



Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

• **Tabla 13** • Visitantes florales de *Carica papaya* en los campos experimentales

Distrito	Orden	Familia	Género	Frecuencia de visita*	Duración de visita	N.º individuo/ visita
Olmos	Hemiptera	Alydidae	-	Regular	3 a 5 min	1
		Berytidae	-	Regular	3 a 5 min	2
	Diptera	Dolichopodidae	-	Abundante	1 a 3 min	1
Virú	Diptera	Asilidae	-	Regular	1 a 3 min	1
		Ulidiidae	-	Regular	1 a 3 min	2
Concepción	Hymenoptera		<i>Apis mellífera</i>	Abundante	10 a 15 min	5
		Apidae	Tribu Anthophorini	Abundante	10 a 15 min	4
			<i>Trigona sp.</i>	Abundante	10 a 15 min	10
		Megachilidae	-	Regular	10 a 15 min	1
		Scoliidae	-	Regular	10 a 15 min	1
		Halictidae	-	Abundante	10 a 15 min	1
Pichari	Hymenoptera	Apidae	<i>Trigona sp.</i>	Abundante	15 a 20 min	12
		Vespidae	<i>Polybia sp.</i>	Abundante	15 a 20 min	8
	Diptera	Syrphidae	-	Regular	1 a 3 min	1
		Stratiomyidae	-	Regular	1 a 3 min	2
	Lepidoptera	Sphingidae	-	Regular	1 a 3 min	1
Campo Verde	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellífera</i>	Abundante	10 a 15 min	2
			<i>Trigona sp.</i>	Abundante	10 a 15 min	5
		Vespidae	-	Abundante	10 a 15 min	1
	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Diabrotica speciosa</i>	Rara	1 a 3 min	1
			<i>Cerotoma sp.</i>	Regular	1 a 3 min	1
	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguínea</i>	Regular	1 a 3 min	1	

*Frecuencia de visita: Rara: 1 - 3 visitas/día, Regular: 4 - 7 visitas/día, Abundante: > 8 visitas/día.

Morfología del polen

Los estudios de la biología del polen son de importancia en la reproducción de las especies vegetales; asimismo, son necesarios en la implementación de programas de mejoramiento genético y conservación, para la eficiencia de los cruzamientos y asegurar la producción de semillas (Dafni & Firmage 2000, como se citó en García, Rivero & Droppelmann, 2015).

Las características morfológicas del polen maduro, como la forma y tamaño, son claves para la determinación de las especies de las cuales proceden ya que estas son consideradas de valor taxonómico puesto que permanecen constantes dentro de una misma especie.

En los cinco distritos seleccionados para el estudio de la biología floral se realizaron las evaluaciones de los granos de polen de *C. papaya* en los tipos florales masculino y hermafrodita (irregular y elongata). Las variables evaluadas fueron diámetro, peso, número y viabilidad de granos de polen (figura 56).

Los granos de polen en los distritos evaluados son de forma tricolporada, de superficie finamente reticulada y con tres aperturas. Este resultado coincide con Phuangrat & Namthip (2013), quienes describen al grano de polen con una superficie finamente reticulada, del cual emerge el tubo de polen durante la germinación. El tipo floral tiene un efecto en las variables evaluadas del grano de polen, existiendo diferencias entre las distintas flores (tabla 14). El número de anteras por flor observada en la evaluación varía en la hermafrodita irregular, con 5 a 8 anteras en todos los distritos, mientras que todas las flores masculinas presentan 10 anteras.

El diámetro del grano de polen es prácticamente similar en los distritos y en los diversos tipos florales evaluados, presentando una medida promedio de 32.5 μm . Phuangrat & Namthip (2013) obtuvieron un diámetro de grano de polen promedio de 25 μm , diferente al resultado obtenido en la evaluación; sin embargo, indica que las dimensiones son muy similares entre los granos de polen de los tipos florales masculino y hermafrodita (irregular y elongata) [tabla 14].

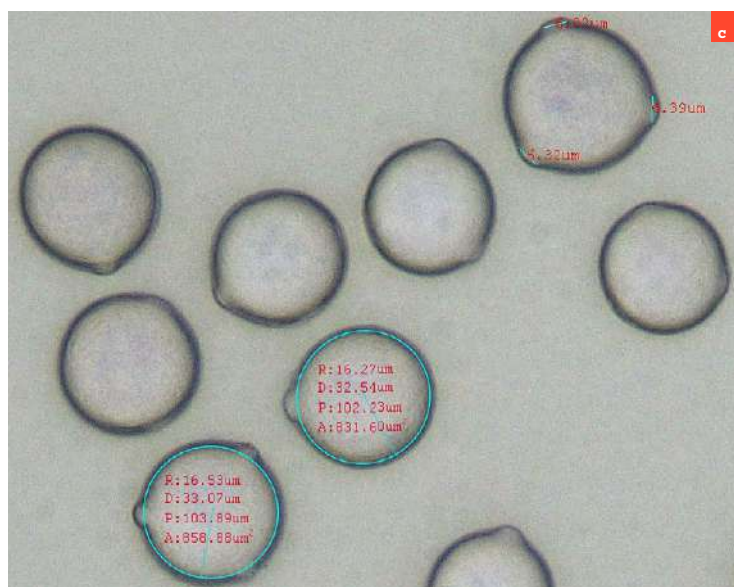


Figura 56. a) Observación de los granos de polen de *C. papaya* b) Medición del diámetro y viabilidad de los granos de polen c) vista y toma de datos al microscopio de los granos de polen

El peso de los granos de polen varía de acuerdo a los distintos tipos florales evaluados. Un primer grupo, formado por el tipo de floral hermafrodita irregular, presenta el menor peso del grano de polen, con un promedio de 16.12 ng (nanogramos). Un segundo grupo está conformado por el tipo floral hermafrodita elongata y masculino, cuyos granos presentaron en promedio 17.5 y 17.2 ng respectivamente. Este resultado se asemeja a lo indicado por Phuangrat & Namthip (2013), quienes manifiestan que el peso de los granos de polen del tipo floral masculino y del tipo floral hermafrodita elongata es similar, mientras que es menor en la flor hermafrodita irregular (tabla 14).

La flor hermafrodita irregular presenta en promedio 101152 granos de polen, siendo menor en comparación al de la flor hermafrodita elongata (182179) y al de la flor masculina (189924), diferencia que puede asumirse a los factores ambientales y al material genético. Los resultados de Parés, Basso, Jáuregui & Meléndez (2006), si bien mostraron un mayor número de granos de polen por flor, sin embargo, coincidieron en la diferencia que existe según el tipo floral que se evaluó, siendo así que la hermafrodita

irregular presenta un menor número de granos de polen en comparación a la flor hermafrodita elongata y a la masculina, que presentaron un mayor número de granos de polen (tabla 14).

El porcentaje de viabilidad de los granos de polen del tipo floral masculino es significativamente mayor, obteniendo en promedio el 94 % de viabilidad; a este le sigue el tipo floral hermafrodita elongata, con el 92 % y, por último, el tipo floral hermafrodita irregular, con el 67 % de viabilidad. Dichos resultados se asemejan a lo indicado por Parés, et al. (2006), quienes señalan que el porcentaje de granos de polen viables por flor fue significativamente mayor en el tipo floral masculino, seguido por el tipo floral hermafrodita elongata y, por último, el tipo floral hermafrodita irregular. Por otro lado, estos autores mencionan que el bajo porcentaje de viabilidad de los granos de polen en el tipo floral hermafrodita irregular puede deberse a que estos no son tipos florales normales, sino que son considerados variantes polimórficas, producto de un estado transicional poligénico entre el tipo floral hermafrodita elongata y la flor masculina (tabla 14).



• **Tabla 14** • Características morfológicas del grano de polen de *C. papaya*, a partir de las flores hermafrodita (irregular y elongata) y masculina.

Distrito	Flor	N.º anteras/ flor	N.º de granos de polen/ flor	Diámetro del grano (µm.)	Peso del grano (ng)	Viabilidad %
Oimos	Hermafrodita irregular	7 a 8	101132	31.44	15.86	78.36
	Hermafrodita elongata	10	185617.75	32.00	17.78	90.79
	Masculina	10	184583.75	31.44	17.43	92.67
Virú	Hermafrodita irregular	6 a 8	100511	31.56	16.57	80.65
	Hermafrodita elongata	10	178834	32.89	17.90	91.25
	Masculina	10	167797.25	32.89	17.89	91.67
Concepción	Hermafrodita irregular	7 a 8	100277.5	32.52	16.10	88.63
	Hermafrodita elongata	10	144648.25	33.54	17.21	93.78
	Masculina	10	196501.75	32.44	16.86	96.34
Pichari	Hermafrodita irregular	5 a 7	102522.5	32.62	16.23	88.88
	Hermafrodita elongata	10	201328	31.63	17.30	93.97
	Masculina	10	200889.25	33.60	17.24	98.02
Campo Verde	Hermafrodita irregular	6 a 8	101317.25	33.27	15.86	79.45
	Hermafrodita elongata	10	200467	33.25	17.31	90.99
	Masculina	10	199845.5	31.93	16.57	91.28

2.5.3. Dispersión del polen

La dispersión de polen es un proceso decisivo para la gestión adecuada de las especies vegetales, especialmente en el ciclo vital de plantas de polinización anemófila. La dispersión de polen se evaluó en el distrito de Concepción (Ayacucho), al aplicar el polvo fluorescente en las flores masculinas de *C. papaya*, observándose que el traslado del polen es a corta distancia. La máxima distancia observada del traslado de polen fue de 35 metros lineales, el cual fue encontrado en el peciolo de una planta femenina (figura 57). Es necesario mencionar que no se pudo determinar si el traslado del polen fue por acción de los polinizadores o por algún otro agente.

Apichart & Patchara (2011) reportaron que la dispersión del polen de la papaya se extiende hasta 900 metros desde la fuente, y la cantidad de polen disminuye al aumentar la distancia desde la parcela de papaya. Asimismo, indican que más allá de los 100 metros, el recuento de los granos de polen disminuyó fuertemente, siendo muy alto a distancias cortas y menor a distancias largas.



Figura 57. a) Visita de posibles polinizadores a la planta macho de *Carica papaya*; b) y c) Impregnación del polvo fluorescente en las trampas cromáticas y los peciolo de la planta hembra
Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Esperanza de Pichari, provincia de La Convención, departamento de Cusco

2.5.4. Flujo de genes

El flujo de genes de plantas se define como el movimiento de genes de una población a otra; cualquier medio que pueda mover genes conducirá al flujo de genes. Las plantas pueden establecer poblaciones naturales mediante el banco de semillas que permanece en el suelo o mediante propágulos asexuales. Además, los granos de polen transportados por agentes polinizadores (insectos, aves, agua, viento) desde los cultivos de una población A, pueden fertilizar flores de parientes silvestres, variedades mejoradas de la misma especie o a una población B, generando poblaciones híbridas (Chaparro, 2009). El flujo de genes no mediado por polen, solo resulta en el movimiento físico de las semillas, órganos/propágulos vegetativos de un lugar a otro, no hay hibridación o introgresión involucrada.

Existen dos tipos de flujos de genes: horizontal y vertical.

El flujo horizontal de genes es un mecanismo por el que un organismo transfiere genes o genomas a células u organismos, al margen de la reproducción sexual; es decir, a un organismo o célula que no es descendiente. La transferencia de genes horizontal se conoció inicialmente en bacterias; en la actualidad se sabe que sucede en todo tipo de organismos (microorganismos, animales, incluida la especie humana, y plantas).

El flujo vertical de genes es el movimiento o transferencia de genes o alelos mediante procesos reproductivos normales. Ocurre cuando un organismo recibe material genético de sus ancestros. La transferencia vertical de genes es un método de transferencia de genes de padres a hijos, pudiéndose dar por reproducción sexual o asexual, o por mecanismos artificiales. Al hacer esto posible, se pueden almacenar características valiosas en la descendencia, permitiendo la circulación en las generaciones futuras. Este proceso es un mecanismo común que ocurre entre organismos relacionados, donde los genomas pasan de una generación a otra. Este tipo de transferencia vertical de genes en organismos vivos se produce de forma natural. Mientras que, en los programas de mejoramiento genético, la transferencia vertical de genes se realiza bajo un fin, transfiriendo genes importantes a la generación F1 (Classicfoxvalley.com, 2020).

Vías de flujo génico

En las diferentes especies de cultivos, la intensidad y las vías de flujo de genes pueden variar significativamente, dependiendo de características como la capacidad de latencia de las semillas, duración de las semillas o propágulos vegetativos durante el almacenamiento, diferencias en la reproducción, demanda de cultivos y las partes de los cultivos que son consumidas por los seres humanos (Bao, 2008). Típicamente, hay tres vías para que sea efectivo el flujo de genes: vía polen, semilla o propágulo vegetativo (tabla 15).

El flujo génico mediado por polen ocurre cuando los granos de polen viajan de un individuo (planta) a otro individuo dando como resultado la fertilización, siendo el movimiento de genes a través de la polinización entre individuos de la misma población o de diferentes poblaciones. En este último caso, el viento, los animales, la corriente de agua y otros factores pueden servir como medios de dispersión.

El flujo génico mediado por la dispersión de semillas es a través de medios como el viento, agua, animales, hombre u otros agentes, de una población a otra, promoviendo cantidades significativas de genes. Las frecuencias y patrones del movimiento de semillas influenciado por el ser humano requieren análisis sociológicos (intercambio y distribución de semillas) y económicos (comercio regional e internacional) [Bao, 2008].

El flujo génico mediado por propágulos vegetativos se lleva a cabo a través de la propagación natural de los órganos vegetativos como macollos, raíces, tubérculos, rizomas, hijuelos, etc., utilizando como medio al hombre, animales, viento, agua, entre otros.

• **Tabla 15** • Tipos de flujo de genes a través de diferentes vías y sus características (Bao, 2008)

Tipo de flujo de genes	Ocurrencia	Influenciado por afinidad entre donadores y receptores	Factores que limitan el flujo de genes
Mediada por polen	Común	Sí	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de cruzamiento de receptores. Cargas de polen de donantes. • Competencia de polen entre donantes y receptores. • Los medios de polinización (p. ej., viento, animales). • Las condiciones climáticas.
Mediado por semillas	Común	No	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de dispersión de semillas (p. ej., viento, agua, animales y humanos) y, a veces, condiciones climáticas.
Mediado por propágulos vegetativos	No común	No	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de dispersión de órganos vegetativos (viento, agua, animales y humanos).

2.5.5. Flujo de polen

El flujo de genes a través del polen se ha convertido en un objetivo fundamental en la evaluación de riesgos, debido al posible traslado de polen de plantas modificadas genéticamente (transgénicas) a plantas no transgénicas.

Los cultivos transgénicos liberados comercialmente no son estériles y, por lo tanto, no se ha bloqueado la interacción con poblaciones naturales de especies relacionadas, a través del flujo de polen (Chaparro, 2009). La transferencia de genes hacia poblaciones silvestres depende de varios factores, entre ellos, que las plantas cultivadas y las especies silvestres sean sexualmente compatibles, crezcan juntas en el mismo lugar y florezcan al mismo tiempo; además debe existir un medio de transporte del polen de una hacia otra (Dale, 1992; como se citó en Chaparro, 2009).

El escape del transgén por polinización es el movimiento de un gen de un organismo vivo modificado (OVM) a las especies relacionadas no modificadas, parientes silvestres o malezas a través del flujo de genes. Si un transgén puede expresarse en plantas silvestres como lo hace en el OVM, el transgén puede cambiar una característica (p. ej., resistencia a los insectos, tolerancia a los herbicidas, entre otros) de las plantas silvestres, lo que puede conducir a consecuencias indeseadas. Si un transgén puede alterar la aptitud de las plantas silvestres y la dinámica de las poblaciones silvestres, la introgresión del transgén en la población silvestre puede causar la extinción local de la población por la depresión exogámica o efecto enjambre (en el caso de reducir la aptitud de las plantas silvestres) o hacer que la población silvestre sea más invasiva

y competitiva (en el caso de aumentar la aptitud de las plantas silvestres) (Ministerio del Medio Ambiente, 2014)

Se puede desarrollar un sistema de evaluación de riesgos de las posibles consecuencias ambientales causadas por el escape de transgenes a parientes silvestres, a través del flujo de genes mediado por polen, basado en los siguientes principios de la ciencia:

1. Estimando las frecuencias del flujo de transgenes.
2. Determinando el nivel de expresión del transgén en plantas silvestres.
3. Midiendo el cambio de aptitud producido por la expresión del transgén en plantas y poblaciones silvestres.

La polinización efectiva causará la hibridación o una mayor introgresión de un transgén en poblaciones silvestres, lo que podría conducir a diferentes consecuencias ecológicas y evolutivas. Es importante tener en cuenta que el flujo de genes mediado por el polen es el primer paso en la persistencia y propagación de un transgén en las poblaciones silvestres. El flujo de genes mediado por el polen es un evento bidireccional en condiciones naturales (figura 58), pudiendo producir un híbrido entre papaya cultivada y papaya silvestre, y más retrocruces entre los híbridos y los individuos silvestres que estimularán la propagación de genes (incluido un transgén si lo hubiera) en una población de papaya silvestre a través de la introgresión (Bao, 2008).

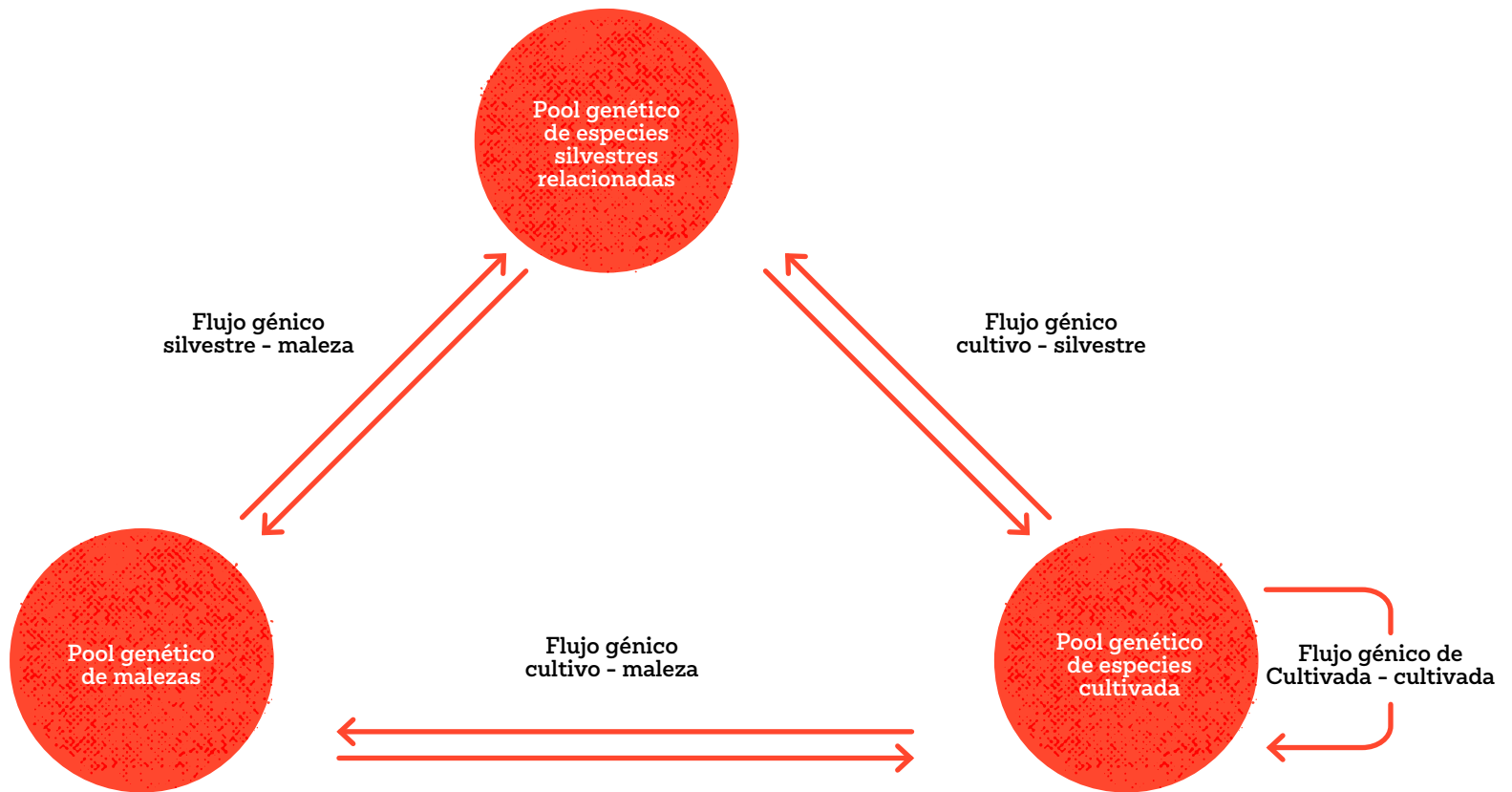


Figura 58. Flujo de genes bidireccional entre especies de plantas cultivadas, tipos de malezas y parientes silvestres. Fuente: Bao (2018).

La hibridación de un cultivar modificado con uno no modificado, o con un pariente silvestre, puede ocurrir en una generación, a partir de la cual el transgén escapado puede integrarse en el genoma de las variedades de cultivos no modificados o especies silvestres a través de una introgresión adicional, resultando en la integración gradual del transgén en un genoma vegetal relacionado (parientes silvestres) a través de retrocruzamiento consecutivo. La hibridación y la introgresión promoverán la persistencia y diseminación a largo plazo de transgenes en poblaciones silvestres o de malezas, y podrían causar consecuencias ecológicas y ambientales no deseadas. Una vez que los transgenes se han trasladado a nuevas poblaciones, es imposible eliminarlos del medio, si los transgenes pueden persistir y propagarse con éxito en la población.

2.5.6. Cruzabilidad

Los trabajos existentes en cruzabilidad de papaya, inicialmente buscaban fijar variedades y cultivares mediante la polinización controlada, es decir, mediante cruzamientos controlados se pretendía obtener resistencia a enfermedades virósicas, que era el principal objetivo de los investigadores. Sin embargo, las cruzas fallaron. Durante muchos años se había tratado de cruzar la especie monoespecífica de *C. papaya* con varias especies de *Vasconcellea* (Badillo & Leal, 2019).

Algunas especies de *Vasconcellea* tienen resistencia a enfermedades a las que *C. papaya* es susceptible, p. ej. la resistencia de *V. cauliflora* al virus de la mancha anular. Por otro lado, se han reportado híbridos interespecíficos exitosos entre otras especies de *Vasconcellea*, pero no con *C. papaya*. Sin embargo, los híbridos de *C. papaya* con *V. cauliflora*, *V. pubescens*, *V. quercifolia* y *V. stipulata* se obtuvieron utilizando técnicas de rescate de embriones, para superar las barreras post cigóticas a la hibridación. Técnicas como la propagación *in vitro*, junto con la detección rápida de resistencia a enfermedades, el cultivo de anteras

para generar líneas de papaya haploides y la transferencia génica mediada por *Agrobacterium*, han sido utilizadas para desarrollar líneas de papaya resistentes a enfermedades (Paull & Duarte, 2011).

Las dificultades para producir híbridos entre *C. papaya* y *Vasconcellea* spp. disminuyen el riesgo de transferencia de genes de *C. papaya* genéticamente modificadas (GM) a parientes silvestres. Por ejemplo, investigaciones como las desarrolladas por Manshardt & Wenslaff, 1989a, Manshardt & Wenslaff, 1989b y Drew, 1988 han indicado que después de la polinización de *C. papaya* con polen de diversas especies de *Vasconcellea* (y viceversa) los granos de polen germinan con éxito en el estigma y los tubos de polen crecen a través del estilo y penetran en los óvulos, lo que facilita la fertilización. Posteriormente, el aborto de estos óvulos o la falla del endospermo impide el mayor desarrollo de embriones híbridos o la producción de semillas maduras viables. Existe información de investigaciones realizadas con diversas técnicas *in vitro* de la cruzabilidad de *C. papaya* (tabla 16).



• Tabla 16 • Estudios de cruzabilidad realizados entre *C. papaya* y sus parientes

Estudio	Conclusión	Autor/año
Desarrollo de híbridos interespecíficos de <i>Carica</i>	Se realizó cruzamientos de especies de <i>Carica</i> y <i>Vasconcellea</i> para producir híbridos mediante la técnica de embriones. Se generaron embriones de todos los cruces (<i>V. goudotiana</i> , <i>V. parviflora</i> , <i>V. quercifolia</i> , <i>V. cauliflora</i> y <i>V. pubescens</i> , en ese entonces clasificadas como <i>Carica</i>), los cuales produjeron callos embriogénicos que generaron múltiples plántulas. Los híbridos de <i>C. papaya</i> x <i>V. cauliflora</i> carecían de vigor y eran generalmente infértiles. Se formaron híbridos entre <i>C. papaya</i> y las especies resistentes al PRSV-P, como <i>V. quercifolia</i> y <i>V. pubescens</i> . Las plantas de <i>C. papaya</i> x <i>V. quercifolia</i> produjeron polen viable. La producción de embriones entre las especies de <i>Vasconcellea</i> fue más consistente; germinaron y produjeron plantas individuales. El cruce entre <i>V. pubescens</i> y <i>V. goudotiana</i> generó menor cantidad de semillas por fruto en comparación con <i>C. papaya</i> .	Drew, Magdalita & O'Brien, 1998
Hibridación intergenérica entre <i>Carica papaya</i> y especies silvestres de <i>Vasconcellea</i> e identificación de un gen de resistencia al PRSV-P	El análisis genético reveló que <i>C. papaya</i> y <i>Vasconcellea</i> están relacionadas lejanamente y determinó la utilidad limitada de las especies de <i>Vasconcellea</i> en los programas de reproducción continua con <i>C. papaya</i> . Los híbridos intergenéricos de <i>Carica</i> y <i>Vasconcellea</i> han dado lugar a diversos grados de inestabilidades como infertilidad, aborto de embriones inmaduros y escaso vigor híbrido. Se desarrolló una población F1 interespecífica a partir del cruce de una especie resistente al PRSV-P (<i>V. pubescens</i>) con una especie susceptible al PRSV-P (<i>V. parviflora</i>), para luego generar una población F2 mediante una polinización abierta de la F1. En la población F2 se demostró que segrega la resistencia al PRSV-P del <i>V. pubescens</i> , dicho gen fue identificado y mapeado, mediante la técnica de huellas dactilares de ADN amplificada aleatoriamente (RAF).	Drew, Siar, Dillon, Ramage & Sajise, 2007
Citogenética de especies de <i>Vasconcellea</i> (Caricaceae)	Las especies evaluadas fueron <i>V. sphaerocarpa</i> , <i>V. longiflora</i> , <i>V. paladensis</i> , <i>V. cauliflora</i> , <i>V. cundinamarcensis</i> y <i>V. goudotiana</i> , las mismas que no presentaron problemas de fertilidad. El polen viable fue suficiente para la fertilización y formación de frutos. Las seis especies estudiadas fueron diploides ($2n = 2X = 18$). Se describió el número cromosómico para <i>V. sphaerocarpa</i> , <i>V. longiflora</i> y <i>V. paladensis</i> ($2n = 18$). El grado de asimetría de los complementos cromosómicos indicó un proceso de evolución. La presencia de numerosos NOR (regiones organizadoras del nucleolo, por sus siglas en inglés) en <i>V. sphaerocarpa</i> está relacionada con los micronucleolos y ratificó el posible origen híbrido.	Caetano, Lagos, Sandoval, Posada & Caetano, 2008
Nuevos cultivares derivados de cruces entre cultivares comerciales y una población silvestre de papaya rescatados en su centro de origen	Se realizó el cruce entre la línea parental nativa de <i>C. papaya</i> (receptor) y la papaya comercial Maradol (donante). El número de frutos por nudo fue obtenido en una relación de 3:1 (más bajo: más alto) siendo la proporción para la F1 de 75 % y 25 %, y en la F2, de 87 % y 13 %. En cuanto a la altura de planta, mostró una relación de 1:1 (más baja: más alta) resultando para la F1, una proporción de 55 % y 45 %; sin embargo, en la F2, se observó una proporción de 3:1 de 27 % y 73 %. Es así que la F2 mostró la mayor proporción de plantas con menos frutos y plantas altas.	Vázquez et al., 2014
Ampliando la base genética de la papaya a través de la hibridación intergenérica con parientes silvestres.	<i>C. papaya</i> pudo hibridar con éxito con cinco especies (<i>V. monoica</i> , <i>V. stipulata</i> , <i>V. goudotiana</i> , <i>V. pubescens</i> y <i>V. x heilbornii</i>), en todos los casos se requirió el rescate de embriones. Los híbridos fueron vigorosos pero infértiles. La expresión sexual fue anormal en las plantas con flores intergenéricas, con características femeninas presentes en la planta genéticamente masculina. El cruce de <i>V. quercifolia</i> y <i>V. parviflora</i> (F1) mostró un aumento de la fertilidad y el F2 híbrido tenía más parecido al padre (<i>V. parviflora</i>). Las isoenzimas son útiles para confirmar la hibridación.	Hoover, 2016

2.5.7. Flujo de semilla

El cultivo de papaya enfrenta diversos problemas productivos a nivel mundial, como incidencia de plagas y enfermedades, falta de variedades mejoradas, así como obtención y manejo de material propagativo. La germinación de semillas es el principal método de propagación de la papaya y el éxito de la producción depende de su manejo (Reboucas, 2000; como se citó en Romero, 2013).

La papaya se propaga con semilla botánica (reproducción sexual). Los productores dedicados a la producción de papaya obtienen las semillas en forma manual, seleccionando el mejor fruto (grande, sano y de buen color). Después de dos a tres días aproximadamente se separa el mucílago de las semillas y, una vez lavado, se expone al sol para realizar el secado natural; posteriormente las semillas son sembradas en los almácigos.

La semilla de la papaya es muy sensible a los cambios de temperatura y humedad, los que causan una disminución progresiva en la viabilidad y porcentaje de germinación. Después de seis meses de almacenar la semilla, pierde su

poder germinativo. El método de extracción es determinante en la calidad y longevidad de la semilla (García, Vázquez, Torres, Dávila & Sánchez, 2011).

Los agricultores papayeros del Perú obtienen de diversas maneras las semillas: el 33 % lo adquiere de otro agricultor, ya sea mediante compra o regalo, por sus cualidades de tamaño, rendimiento, color de pulpa y forma. El 23 % de agricultores selecciona y prepara su propia semilla porque considera que su producción tuvo mejores rendimientos y que las enfermedades no la afectaron considerablemente. El 14 % de agricultores encontraron las plantas en su propiedad y empezaron a manejarlas. El 18 % adquirieron las semillas en tiendas agropecuarias, el 9 % en las juguerías y el 3 % de los productores las consiguieron en las instituciones públicas. Por otro lado, se ha constatado que la selección de semillas o material vegetativo de propagación de especies frutales en la Amazonía peruana se realiza de las cosechas anteriores (60 %), compra en el mercado (7 %) y de huertos contiguos (33 %) (López, 2015).



The background of the slide features a close-up of green papaya leaves. The leaves are vibrant green and have several large, irregular holes, characteristic of being eaten by insects. The lighting is somewhat dim, creating a natural, agricultural feel.

3

Organismos y microorganismos asociados al cultivo de la papaya





La papaya se encuentra en los agroecosistemas que se caracterizan por estar sometidos a la actividad permanente del hombre, a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. La diversidad de organismos y microorganismos ha sido reducida con el propósito de elevar al máximo su rendimiento. Paralelamente, al alterarse la estructura y composición del ecosistema (al ser monocultivo) se rompe el equilibrio y conlleva a la aparición de especies que se hacen dominantes y se convierten en organismos y microorganismos perjudiciales, tanto en los cultivos de especies nativas como en las introducidas.

La intervención de los agricultores en los ecosistemas ha perturbado los ambientes naturales, al introducir los monocultivos y, con ellos, organismos y microorganismos que se reproducen. Cuando la interacción organismo/microorganismo-cultivo afecta la sobrevivencia de las poblaciones naturales de las especies y la calidad de los campos cultivados, estos organismos y microorganismos se convierten en objeto de tecnologías de prevención, control o manejo integrado con el fin de evitar alteraciones o perjuicios económicos significativos (MINAM, 2019).

La tecnología de los Organismos Vivos Modificados (OVM) surgió como una alternativa para enfrentar el problema de la creciente demanda de más y mejores alimentos que genera el crecimiento de la población mundial. Sin embargo, los OVM que portan genes de interés para la resistencia o tolerancia a ciertos factores bióticos, abióticos y para mejorar la calidad del producto, podrían tener un efecto adverso en el ecosistema. La primera modificación genética aplicada a las plantas de papaya fue la resistencia al virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p, por sus siglas en inglés) que se realizó en Hawái a mediados de la década de 1980, y los cultivares comerciales estuvieron disponibles al mercado desde 1998 (Gonsalves, 1998). La papaya fue el primer cultivo de frutas genéticamente modificada y comercializada para el consumo humano. Además, se han realizado estudios inherentes a modificaciones genéticas relacionados con el aumento de los rendimientos, resistencia a hongos

(*Phytophthora palmivora*) y ácaros (*Tetranychus*) y la maduración retardada (Oficina Reguladora de Tecnología Genética, 2008).

El Perú, como uno de los países con mayor diversidad biológica en el planeta, debe tener una mayor responsabilidad en la protección de la biodiversidad por ser fuente de genes con potencial para ser utilizados en el mejoramiento de especies vegetales, a través de técnicas modernas de biotecnología. La responsabilidad de velar por la protección de esta diversidad implica evitar la erosión genética por introgresión. Es por ello que se deben realizar estudios sobre los posibles impactos en el ambiente y la biodiversidad por la adopción de cultivos genéticamente modificados. Para ello, se debe adaptar, generar e implementar una serie de mecanismos para la regulación de actividades con OVM, especialmente aquellas que impliquen su liberación al ambiente.

La evaluación de organismos se realizó en 183 campos representativos a nivel de 13 departamentos y 65 distritos. Los organismos fueron clasificados en grupos funcionales de acuerdo al papel que desempeñan en los agroecosistemas de la papaya. Se colectó un total de 1040 individuos que pertenecen a 11 órdenes y 91 familias, predominando los gremios fitófagos con 51.54 % (41 familias), seguidos por los predadores con 22.89 % (24 familias), polinizadores con 18.85% (8 familias), saprófagos con 4.33 % (10 familias) y parasitoides con 2.40 % (7 familias).



3.1 Organismos y microorganismos blanco

Los organismos y microorganismos blanco son aquellas especies objetivo de control por parte de los OVM. Estas especies afectan directa o indirectamente a la cosecha, atacando hojas, tallos o raíces, lo cual compromete sus respectivas funciones y el proceso de síntesis, absorción y acumulación de reservas, limitando la producción final y, por ende, perjudicando la economía del agricultor.

La papaya es afectada por una serie de organismos fitófagos, que dañan al cultivo de manera directa, pero sólo unos pocos llegan a tener importancia económica para el agricultor. Si bien hasta la fecha no se han liberado plantas de papaya genéticamente modificadas para el control de especies de insectos fitófagos, se están realizando investigaciones utilizando genes de lectinas (como la GNA, de *Galanthus nivalis* L. aglutinina) en cultivos para el control de insectos lepidópteros, dípteros, coleópteros y hemípteros. Un mecanismo de acción propuesto con la GNA es que, al ser succionado por los insectos, se une al epitelio del intestino y pasa a la hemolinfa, actuando como entomotóxico. Se encontró que los ácaros *Tetranychus cinnabarinus* que se alimentan de las plantas transgénicas que expresan el gen GNA, mostraron una capacidad reproductiva significativamente menor. Asimismo, el daño a las hojas medido por la cantidad de clorofila que queda en la hoja, también fue significativamente menor. Estos resultados sugieren que con la expresión del gen GNA se han podido obtener plantas transgénicas de papaya resistentes a ácaros (Lewi & Rubinstein, 2004; McCafferty, Moore & Zhu, 2008).

Los organismos que podrían ser objeto de modificaciones genéticas en la papaya con fines de control son los loritos verdes o salta hojas (*Empoasca papayae* Oman), la mosca de la papaya (*Taxotrypana curvicauda* Gerstaecker), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), chanchito harinoso (*Pseudococcus* sp.) y trips (*Selenothrips rubrocintus* Girard) [tabla 17 y figura 59].

En el caso de los microorganismos se puede considerar como principales limitantes del cultivo de la papaya a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz), pudrición de la raíz y tallo (*Phytophthora* sp.), roya negra de la papaya (*Asperisporium caricae* Speg), y el mal del talluelo (*Fusarium* sp.) [tabla 18 y figura 60].

A nivel mundial se han identificado 12 virus que representan una amenaza para la producción de la papaya, siendo estos los siguientes: virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p), el mosaico de la distorsión de la hoja de papaya (PLDMV), mosaico amarillo de Zucchini (ZYMV), mosaico de la papaya (PapMV), virus del enrollamiento de la hoja de papaya (PaLCV), virus del enrollamiento de la hoja de Chili (ChiLCuV), virus de Nueva Delhi del enrollamiento de la hoja del tomate (ToLCNDV), mosaico de la vena amarilla de Croton (CYVMV), necrosis apical de la papaya (PDNV), virus del marchitamiento manchado del tomate (TSWV), virus del amarillamiento letal de la papaya (PLYV) y virus de meleira de la papaya (PMeV) (Ordaz, Gómez, Hernández & Espinosa, 2017; Kumari et al., 2015).

Entre las enfermedades más peligrosas producidas por los virus y que constituyen el principal problema en la producción de este cultivo destaca la presencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV), el cual pertenece al grupo de los potivirus de plantas, uno de los más extensos e importantes desde el punto de vista económico. Este virus está constituido de una hebra de ARN protegida por una cápside, que a su vez está constituido de una sucesión de proteasas específicas (amino terminal P1, componente de ayuda HC-Pro y la inclusión nuclear NIa). En cuanto penetra a la célula vegetal de la papaya, el virus se libera de su cápside y produce copias de ARN. La célula de la planta infectada produce las proteínas de la cápside para recubrir el virus, propagándose de esta manera a las células vecinas. Un paso esencial para la replicación de los potivirus es la actividad de estas proteasas del tipo cisteínico, por lo que la inhibición de la acción de la proteína podría interrumpir el proceso de replicación y transmisión del virus (Mendoza, et al., 2004).

A la fecha se han aprobado en el mundo cuatro eventos transgénicos de papaya, todos con fines de resistencia al PRSV: Evento 55 -1 (ISAAA, 2012c), Evento 63-1 (ISAAA, 2015), Evento Huanong No. 1 (ISAAA, 2012a), Evento X17-2 (ISAAA, 2012b).

El uso de cultivos genéticamente modificados se ha asociado con los efectos que podrían tener en los cultivos convencionales u orgánicos y los parientes silvestres, si los transgenes se transfieren a estos mediante cruzamiento. Por esta razón, el flujo de genes es un factor que debe ser evaluado para el uso de OVM. Estudios recientes han revelado que el éxito de la adopción de la papaya transgénica depende de la aplicación de medidas regulatorias de bioseguridad, regulaciones comerciales y una aceptación social más amplia de la tecnología, ya que es un producto comercialmente viable (Amin, Azad & Sikid, 2014).



Figura 59. Organismos relacionados con la papaya: 1) chanchito harinoso *Paracoccus marginatus* Williamsy y Granara de Wilk; 2) gusano cachudo *Erinyis ello* Linnaeus; 3) loritos verdes *Empoasca papayae* Oman; 4) chinche *Leptoglossus* sp.; 5) loritos verdes *Pseudometopia phalaesia* Distant; 6) escarabajos de la hoja *Diabrotica* sp; 7) caracol Gastropoda; 8) chinche *Leptocoris* sp.
Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho



Figura 60. Microorganismos relacionados con la papaya: 1) virus PRSV-p en fruto, 2) virus PRSV-p en tallo, 3) virus PRSV-p en hoja, 4) virus PLYV, 5) pudrición de la raíz y tallo *Phytophthora* sp., 6) roya negra de la papaya *Asperisporium caricae* Speg, 7) antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, 8) mancha anular de la papaya *Mycosphaerella caricae* P. Syd
Fotografías tomadas en el centro poblado de Casual, distrito de Bagua, provincia de Bagua, departamento de Amazonas

• **Tabla 17** • Organismos relacionados con el cultivo de la papaya según grupo funcional: fitófagos, parasitoides, fitopatógenos, predadores, polinizadores y saprófagos (Rasmussen & Delgado, 2019; Arellano, 2001; Gonzales, 1994; Senasa, 2020; Ahmed, Li & Ren, 2015; Salazar, 1972; Valderrama, 2013; Hernández, 2016; Paucar, Gonzales & Yábar, 2018; Ramírez, 2017; Acosta & León, 2003; Lozada & Arellano, 2008; Hernández, 2004; Calderón & Cepeda, 1996; García, 2010)

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
FITÓFAGOS				
Insecta	Coleoptera	Dryophthoridae	Gorgojo negro	<i>Rhynchophorus palmarum</i> Csiki E.
			Escarabajo de la papaya	<i>Piazurus</i> sp.
		Curculionidae		<i>Otiorhynchus</i> sp.
				<i>Naupactus xanthographus</i> Dejean
		Lycidae	Lícido	<i>Calopteron</i> sp.
				<i>Eurrhacus</i> sp.
		Cerambycidae		<i>Eburia cinerea</i> Franz
				<i>Erotylus incomparabilis</i> Latreille
		Erotylidae		<i>Iphiclus</i> sp.
				<i>Aegithus clavicornis</i> Linnaeus
	Coleoptera	Chrysomelidae	Pulguilla	<i>Epitrix</i> sp.
				<i>Epitrix parvula</i> Fabricius
				<i>Colaspis</i> sp.
				<i>Glyptina</i> sp.
		Buprestidae		<i>Sternocera</i> sp.
		Chrysomelidae	Escarabajos de la hoja	<i>Diabrotica speciosa vigens</i> Erichson
				<i>Diabrotica sinuata</i> Olivier
				<i>Diabrotica viridula</i> Fabricius
				<i>Diabrotica virgifera</i> Germar
				<i>Acanthonycha</i> sp.
<i>Cerotoma facialis</i> Erichson				
Chrysomelidae		<i>Acalymma</i> sp.		
		<i>Omophoita cyanipennis</i> Fabricius		
		<i>Isotes</i> sp.		
		<i>Prodiplotis longifila</i> Gagné		
Diptera	Cecidomyiidae	Mosquilla	<i>Toxotrypana curvicauda</i> Gerstaecker	
			<i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann	
	Tephritidae	Mosca de la papaya	<i>Anastrepha</i> sp.	
	Ulidiidae	Mosquita pinta	<i>Euxesta stigmatias</i> Loew	

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	Loritos verdes o salta hojas	<i>Empoasca papayae</i> Oman
				<i>Pseudometopia phalaesia</i> Distant
				<i>Acrogonia terminalis</i> Young
				<i>Tretogonia cribrata</i> Melichar
				<i>Macugonalia moesta</i> Fabricius
				<i>Stirellus picinus cuneatus</i> Uhler
				<i>Paracoccus marginatus</i> Williams y Granara de Wilk
		Pseudococcidae	Chanchito harinoso	<i>Pseudococcus</i> sp.
				<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius
		Aleyrodidae	Mosca blanca	<i>Aleyrodes</i> sp.
				<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood
				<i>Trialeurodes variabilis</i> Quaintance
		Melyridae	Escarabajo manchado	<i>Aethalion</i> sp.
				<i>Crinocerus sanctus</i> Frabricius
				<i>Hypselonotus fulvus</i> De Geer
				<i>Zicca annulata</i> Burmeister
		Coreidae	Chinche	<i>Hypselonotus</i> sp.
				<i>Phthia picta</i> Drury
				<i>Phthia innata</i>
				<i>Archimesus</i> sp.
				<i>Anasa bellator</i> Fabricius
				<i>Leptocorisa</i> sp.
				<i>Leptoglossus</i> sp.
				<i>Euschistus acutus</i> Dallas
				<i>Mormidea maculata</i> Dallas
				<i>Mormidea ypsilon</i> Linnaeus
		Pentatomidae		<i>Edessa heymonsi</i> Breddin
<i>Proxys albopunctulatus</i> Beauvois				
<i>Paraedessa</i> sp.				
<i>Cyphonia</i> sp.				
Membracidae		<i>Burtinus notatipennis</i> Stal		
Rhopalidae		<i>Hyaloides inca</i> Carvalho		
Miridae		<i>Pycnoderes chanchamayanus</i> Carvalho		
		<i>Polymerus peruanus</i> Carvalho-Melendez		
Pyrrhocoridae		<i>Dysdercus peruvianus</i> Guerin-Meneville		

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
Insecta	Homoptera	Aphididae	Áfido o pulgón	<i>Aphis spiraecola</i> Match
				<i>Aphis gossypii</i> Glover
				<i>Myzus persicae</i> Sulzer
	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga cortadora de hojas	<i>Atta sexdens</i> Linnaeus
				<i>Acromyrmex hispidus</i> Santschi
	Lepidoptera	Sphingidae	Gusano cachudo	<i>Erinnyis ello</i> Linnaeus
				<i>Erinnyis alope</i> Drury
		Pieridae	Mariposa blanca	<i>Leptophobia aripa</i> Boisduval
				<i>Pyrgus</i> sp.
	Orthoptera	Acrididae	Saltamonte de alas pálidas	<i>Trimerotropis pallidipennis</i> Burmeister
	Thysanoptera	Thripidae	Trips	<i>Selenothrips rubrocinctus</i> Girard
				<i>Frankliniella parvula</i> Hood
Arachnida	Prostigmata	Tetranychidae	Arañita roja	<i>Tetranychus urticae</i> C.L. Koch
	Trombidiformes	Tenuipalpidae		<i>Brevipalpus papayensis</i> Baker
		Tarsonemidae	Arañita blanca	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks
Gastropoda	Pulmonata	Helicidae	Caracol	<i>Drymaeus</i> sp.
FITOPATÓGENOS				
Secernentea	Tylenchida	Hoplolaimidae	Nemátodo	<i>Rotylenchulus</i> sp.
				<i>Helycotylenchus</i> sp.
		Heteroderidae		<i>Meloidogyne incognita</i> Kofoid-White
		Pratylenchidae		<i>Pratylenchus</i> sp.
	Tylenchulidae		<i>Tylenchus</i> sp.	

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	
PARASITOIDES					
Insecta	Diptera	Tachinidae		<i>Germariopsis andina</i> Townsend	
				<i>Belvosia</i> sp.	
					<i>Gonia bimaculata</i> Wiedemann
		Trichogrammatidae	Avispilla		<i>Trichogramma minutum</i> Riley
				<i>Trichogramma fasciatum</i>	
					<i>Phanerotoma</i> sp.
		Braconidae			<i>Apanteles</i> sp.
			<i>Aphidius</i> sp.		
		Ichneumonidae			<i>Enicospilus</i> sp.
				<i>Campoletis flavicincta</i> Viereck	
		Hymenoptera	Dryinidae		<i>Gonotopus</i> sp.
			Sphecidae		<i>Sceliphron</i> sp.
			Aphelinidae		<i>Eretmocerus</i> sp.
				<i>Encarsia tabacivora</i> Viggiani	
			Platygasteridae		<i>Amitus spinifera</i> Brethes
				<i>Apoanagyrus</i> sp.	
					<i>Anagyrus pseudococci</i> Girault
			Encyrtidae		<i>Grandoriella lamasi</i> Domen
				<i>Leptomastix epona</i> Walker	
				<i>Pseudaphycus flavidulus</i> Brethes	
	Scoliidae			<i>Scolia</i> sp.	

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	
PREDADORES					
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	Mariquita	<i>Cycloneda sanguinea</i> Linnaeus	
				<i>Scymnus</i> sp.	
				<i>Neda</i> sp.	
				<i>Harpasus</i> sp.	
				<i>Hippodamia convergens</i> Guerin - Meneville	
				<i>Stethorus tridens</i> Gordon	
				<i>Coccidophilus lozadai</i> Gonzales	
				<i>Rhyzobius</i> sp.	
				<i>Paraneda pallidula</i> Mulsant	
				Diptera	Syrphidae
	Dolichopodidae		<i>Condylostylus</i> sp.		
	Hemiptera		Chinche	<i>Ricolla quadrispinosa</i> Linnaeus	
				Reduviidae	<i>Ricolla</i> sp.
					<i>Repipta</i> sp.
				Pentatomidae	<i>Podisus</i> sp.
Reduviidae				<i>Zelus nugax</i> Stal	
Hymenoptera	Formicidae		<i>Geocoris punctipes</i> Say		
			<i>Eciton</i> sp.		
			<i>Odontomachus</i> sp.		
Neuroptera	Chrysopidae	Crisopa	<i>Pachylocondyla</i> sp.		
			<i>Chrysoperla externa</i> Hagen		

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico		
POLINIZADORES						
Insecta	Diptera	Syrphidae	Abeja, abejorro	<i>Ornidia</i> sp.		
				<i>Allograpta</i> sp.		
				<i>Pseudodorus</i> sp.		
	Hymenoptera	Apidae		<i>Apis mellifera</i> Linnaeus		
				<i>Trigona recursa</i> Smith		
				<i>Trigona chanchomayoensis</i> Schwarz		
				<i>Trigona dallatorreana</i> Friese		
				<i>Bombus baeri</i> Vachal		
				<i>Bombus opifex</i> Smith		
				<i>Xylocopa</i> sp.		
Lepidoptera	Sphingidae	Gusano cachudo	<i>Erinnyis ello</i> Linnaeus			
SAPRÓFAGOS						
Clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	Lombriz	<i>Eisenia foetida</i> Savigny		
Diplopoda	Spirostreptida	Cambalidae	Milpiés	<i>Cambala annula</i> Say		
Entognatha	Collembola	Isotomidae	Colémbolo	<i>Folsomia</i> sp.		
	Blattodea	Blattellidae	Cucaracha	<i>Blattella</i> sp.		
				<i>Tenebrios</i> sp.		
				<i>Palorus</i> sp.		
	Coleoptera	Tenebrionidae		<i>Tribolium</i> sp.		
		Scarabaeidae		Tribu Scarabaeini		
	Diptera	Dermaptera		Forficulidae	Tijereta	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus
		Diptera		Calliphoridae		<i>Pollenia rudis</i> Brauer
				Nerridae		<i>Telostylinus</i> sp.
				Sarcophagidae		<i>Sarcophaga</i> sp.

• **Tabla 18** • Microorganismos relacionados con el cultivo de la papaya según tipo: Virus, hongos y bacterias (Peña, 2008; Bermúdez, Guzmán, Lara, Palmeros, & López, 2017; Senasa, 2020; Ramírez, 2017; Acosta & León, 2003; Valderrama, 2013; Valderrama, Cedeno, Tenorio, & Romero, 2015; Calderón & Cepeda, 1996; García, 2010)

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
VIRUS				
Stelpaviricetes	Patatavirales	Potyviridae	Virus de la mancha anular del papayo (VMAP)	Potivirus (Papaya ringspot virus, PRSV - p)
			Virus de la distorsión de lámina foliar (Virus - PLDMV)	Papaya leaf distortion mosaic virus (PLDMV)
Monjiviricetes	Mononegavirales	Rhabdoviridae	Virus de la necrosis apical del papayo (PANV)	Papaya apical necrosis virus (PANV)
Pisoniviricetes	Sobelivirales	Solemoviridae	Virus del amarillamiento letal del papayo (PLYV)	Papaya Lethal Yellowing virus (PLYV)
Incertae sedis	Tymovirales	Alphaflexiviridae	Virus del mosaico del papayo	Papaya mosaic virus (PapMV)
HONGOS				
Ascomycetes	Capnodiales	Capnodiaceae	Fumagina	Capnodium sp.
	Pleosporales	Pleosporaceae	Pudrición del fruto e inflorescencia	Alternaria alternata Fr.
Roya negra de la papaya			Asperisporium caricae Speg	
Dothideomycetes	Capnodiales	Mycosphaerellaceae	Mancha anular de la papaya	Mycosphaerella caricae Syd-P. Syd
			Moteado amarillento	Cercospora papayae Hansf
	Pleosporales	Corynesporascaceae	Mancha café de la papaya	Corynespora sp.
Hyphomycetes	Agonomycetales	Agonomycetaceae	Mal del talluelo	Rhizoctonia sp.
Leotiomycetes	Erisifales	Erysiphaceae	Mildiu polvoso	Oidium caricae Noack
	Helotiales	Sclerotiniaceae	Mal del talluelo	Sclerotium sp.
OOMYCOTA				
Oomycete	Peronosporales	Peronosporaceae	Pudrición de la raíz y tallo	Phytophthora sp.
				Phytophthora palmivora Butler
	Pythiales	Pythiaceae	Mal del talluelo	Pythium sp.
Sordariomycetes	Glomerellales	Glomerellaceae	Antracnosis	Colletotrichum gloeosporioides Penz
	Hypocreales	Nectriaceae	Mal del talluelo	Fusarium sp.
BACTERIAS				
Gamma Proteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Punteado de la hoja	Pseudomonas caricapapayae
				Pseudomonas syringae Van Hall
	Enterobacterales	Erwiniaceae	Pudrición blanda o pata negra	Erwinia carotovora Smith

3.2 Organismos y microorganismos no blanco

Los organismos y microorganismos no blanco son aquellas especies que no son objetivo de los OVM y que comparten el mismo ambiente. Entre los grupos y especies que cumplen un rol importante y funcional en el agroecosistema de la papaya se encuentran los fitófagos, que se alimentan de las plantas, pero no todos causan daño económico. Además de estos están los grupos funcionales de parasitoides, predadores, polinizadores, detritívoros, degradadores y los microorganismos de suelo (hongos, bacterias, patógenas y benéficas). En la tabla 17 se presentan los fitófagos que se alimentan de la papaya.

Los parasitoides y predadores en el cultivo de papaya actúan como controladores biológicos o enemigos naturales de otros organismos fitófagos. Sin embargo, por parte del productor de papaya existe desconocimiento de los beneficios que estos tienen en el control de plagas del cultivo. Los parasitoides más representativos en los cultivos de papaya pertenecen a las familias Trichogrammatidae, Tachinidae, Braconidae e Ichneumonidae.

Los predadores de mayor importancia pertenecen a las familias Coccinellidae, Carabidae, Formicidae y Chrysopidae. En los departamentos de Pasco y Piura, las mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae) fueron las que se presentaron en mayor cantidad alimentándose de pulgones (tabla 17).

Los polinizadores representan un grupo funcional de mucha importancia en el cultivo de papaya. En plantas de frutales dioicas y alógamas la polinización por parte de insectos es indispensable cuando las flores tienen sexos separados; asimismo, la producción comercial de frutos no es posible cuando los insectos polinizadores son excluidos, son escasos en número o son repelidos por el uso indiscriminado de agroquímicos (Elizondo, 2010). Al igual que con las plantas silvestres, los cultivos de frutas y semillas difieren mucho en cuanto al grado de dependencia de los polinizadores, que van desde ninguna mejora o muy poco —como es el caso de aquellas especies que son polinizadas por el viento o son autógamas— hasta la completa dependencia como la calabaza, zapallo, melón y papaya, entre otras (FAO, 2018).

A nivel global, uno de los principales polinizadores de la papaya son las especies de la familia Sphingidae, las cuales varían de un lugar a otro, pero en general, cualquier especie de esta familia de cuerpo mediano a grande y lengua relativamente larga puede servir como polinizador. Estas polillas requieren de un ambiente adecuado, donde haya plantas que sirvan de alimento a sus larvas, y haya lugares de anidación protegidos, áreas para cortejo y apareamiento, y otros recursos florales de alta energía como las flores silvestres (FAO, 2009).

Las especies de insectos que mayormente han sido encontradas en los campos evaluados permaneciendo un periodo de tiempo más largo dentro de la flor, pertenecen a las familias Vespidae y Apidae (Hymenoptera) y Sphingidae (Lepidoptera), por lo cual son considerados como polinizadores. Entre las abejas se encontraron *Apis mellifera* L., *Trigona* sp. y *Xylocopa* sp. Además, las especies del gusano cachudo de la familia Sphingidae, que son unas de las principales especies polinizadoras de la papaya a nivel global. Los insectos polinizadores son necesarios en el cultivo de la papaya a fin de obtener una buena producción (tabla 17 y figura 61).

La evaluación de microorganismos se realizó en los mismos campos de evaluación de organismos, colectando 583 muestras de los 13 departamentos, identificándose cinco tipos de virus, siete especies de hongos y una especie de bacteria. En los 13 departamentos donde se realizó la prospección de cultivos de papaya se encontró el virus de la mancha anular del papayo (PSRV) o también conocido como “mano de mono” o “pata de rana”. Podemos decir que donde se encuentra un cultivo de papaya, se encuentra este virus. Se identificaron cinco tipos o especies de virus: el virus de la mancha anular del papayo (PSRV, VMAP), virus de la distorsión de lámina foliar (PLDMV), virus del amarillamiento letal del papayo (PLYV), necrosis apical del papayo (PANV), y virus del mosaico del papayo (PMV). De las 188 muestras identificadas en el laboratorio, se reportaron siete especies de hongos, de seis familias y siete géneros.

La mayor concentración de microorganismos se encuentra en la rizósfera, zona en donde existe una interacción única y dinámica entre la raíz de la planta y los microorganismos del suelo. Las raíces representan una biomasa de 5 a 6 t/ha en un campo cultivado. Su actividad bioquímica produce exudados radiculares que contienen, según las especies vegetales, entre el 10 y el 50 % de la energía fijada por fotosíntesis. Estos exudados ricos en compuestos carbonatados sirven de alimento a los microbios de la rizosfera, que a cambio proporcionan minerales que necesita la planta (Asociación vida sana, 2014). La materia orgánica (MO), el pH, disponibilidad de nutrientes y porcentaje de humedad influyen en la riqueza y abundancia de los microorganismos del suelo. El componente microbiológico puede servir como indicador del estado general del suelo, pues una buena actividad microbiana en el suelo es reflejo de condiciones físico-químicas óptimas para el desarrollo de los procesos metabólicos de microorganismos (bacterias, hongos, algas, actinomicetos) que actúan sobre sustratos orgánicos y cultivos asociados, y constituye un indicador biológico potencialmente útil para evaluar las perturbaciones que pueden presentarse (Ramos & Zúñiga, 2008).

En estudios realizados a la rizósfera del cultivo de papaya en diferentes regiones naturales del Perú (omagua o selva baja, rupa o selva alta, yunga y chala), se evaluaron cinco tipos de microorganismos (aerobios mesófilos viables, mohos y levadura, *Pseudomonas*, *Bacillus* y actinomicetos). Las poblaciones de bacterias totales (*Pseudomonas*, *Bacillus*, actinomicetos y mesófilos) fueron las más abundantes [5 (10^5) y 7 (10^7) ufc/gr de suelo] en comparación a las poblaciones de hongos y levaduras, que presentó la biomasa más abundante a nivel de los microorganismos de suelo. Por otro lado, evaluando el promedio de microorganismos de campos sin cultivos, el departamento de Lambayeque presentó el menor valor (anexo 5).

La materia orgánica (MO), el pH y disponibilidad de nutrientes influyen en el desarrollo de los microorganismos. La materia orgánica es fundamental, ya que es la primera fuente de carbono y energía que aprovechan los hongos, en primera instancia, y las bacterias, durante todo su proceso de descomposición y mineralización. El pH óptimo para el desarrollo de todo microorganismo es neutro.

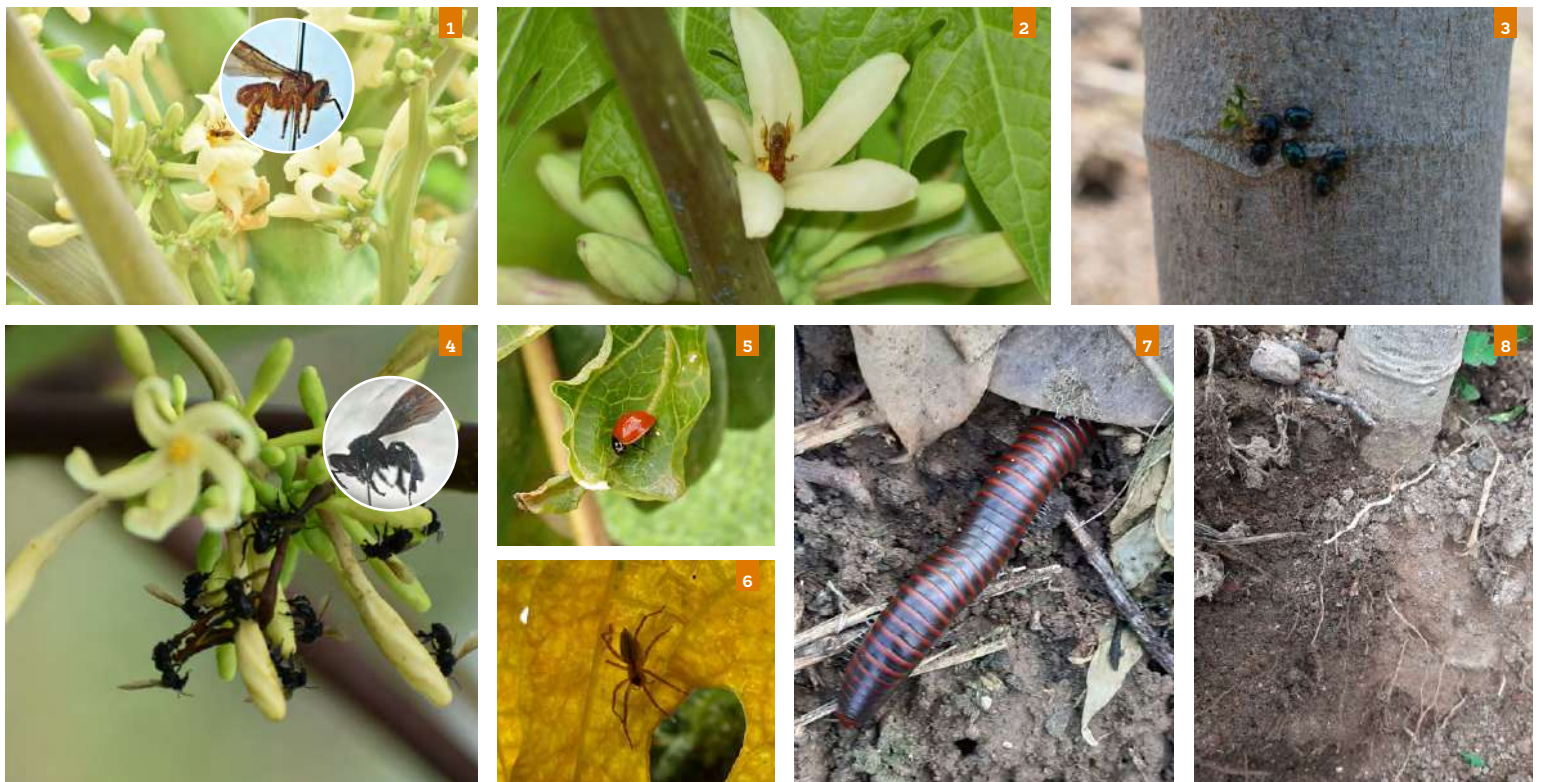


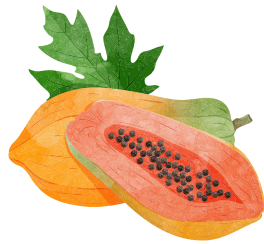
Figura 61. Organismos no blancos relacionados con la papaya: 1) y 2) Polinizador: *Trigona*; 3) predador: *Coccidophilus lozadai* Gonzales; 4) polinizador: *Trigona* sp.; 5) predador: *Cycloneda sanguinea* Linnaeus; 6) predador: Arachnida; 7) detritívoro: Diplopoda; 8) sustrato de microorganismos en la rizósfera de la papaya. Fotografías tomadas en el distrito de Nueva Fortaleza de Santa Rosa, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho.

The background of the slide is a close-up photograph of several green papaya leaves. The leaves are large and have a prominent, palmate venation pattern. They are arranged in a way that creates a sense of depth and texture, with some leaves in the foreground being sharper than others in the background. The overall color palette is various shades of green, from dark forest green to a lighter, almost yellowish-green at the tips of the leaves.

4

**Aspectos
ambientales
y distribución
geográfica de la
papaya**





El Perú posee una alta diversidad ecológica, de climas, de pisos ecológicos y zonas de producción donde se desarrolla la agricultura con una alta diversidad de cultivos. Además, presenta alta diversidad de ecosistemas y de recursos genéticos con especies nativas y silvestres. Con la finalidad de velar por la conservación y uso sostenible de este rico capital natural, el Estado peruano declara algunos cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas como patrimonio natural de la nación.

Se evidencia, en el ámbito de estudio, la presencia de especies del género *Vasconcellea* que podrían considerarse un centro de diversidad, cuya distribución se encuentra de manera natural en diferentes ecosistemas: zonas secas áridas de costa, bosques estacionalmente secos de valles interandinos, regiones templadas, bosques húmedos subtropicales y bosque siempre verdes. A estas especies se las conoce con diferentes denominaciones locales como babaco, papaya silvestre, toronche, papayita, hualacongo, papaya de monte, chicope, shambor, terrenche, papaya de zorro y chacramama.

De las 1068 prospecciones realizadas en la presente línea de base en 18 departamentos, 1031 prospecciones correspondieron a la especie *Carica papaya* y el resto a las especies *Jacaratia spinosa*, *Vasconcellea candicans*, *V. heibornii* var. *pentagona*, *V. monoica*, *V. parviflora*, *V. pubescens*, *Vasconcellea* sp., *V. stipulata* y *V. cauliflora* (tabla 19).

• **Tabla 19** • Número de prospecciones con presencia de las especies de *Carica papaya* y sus parientes silvestres

Departamento	<i>Carica papaya</i>	<i>Jacaratia spinosa</i>	<i>Vasconcellea candicans</i>	<i>Vasconcellea x heibornii</i> var.	<i>Vasconcellea monoica</i>	<i>Vasconcellea parviflora</i>	<i>Vasconcellea pubescens</i>	<i>Vasconcellea</i> sp.	<i>Vasconcellea stipulata</i>	<i>Vasconcellea cauliflora</i>	Total
Amazonas	86	0	0	0	3	0	2	2	0	0	93
Ancash	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Apurímac	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Ayacucho	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Cajamarca	93	0	0	4	0	0	1	1	0	1	100
Cusco	15	0	0	0	0	0	2	0	0	0	17
Huancavelica	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Huánuco	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
Junín	63	0	0	0	1	0	0	0	0	0	64
La Libertad	138	0	1	0	0	0	0	0	0	0	139
Lambayeque	40	0	3	0	0	1	1	0	0	0	45
Lima	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Loreto	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
Madre de Dios	45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	46
Pasco	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
Piura	75	0	2	1	0	2	0	0	6	0	86
San Martín	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172
Ucayali	47	1	0	0	0	0	0	0	0	0	48
Total	1031	2	6	5	4	3	7	3	6	1	1068

Carica papaya puede desarrollarse en todos los departamentos del Perú, en mayor o menor magnitud. En el presente estudio se evidenció su presencia en 17 departamentos (Amazonas, Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín, Ucayali). Como parientes silvestres se encuentran

las especies del género *Vasconcellea*, las cuales fueron registradas en 10 departamentos (Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Madre de Dios, Piura y Ucayali), teniendo la mayor distribución en la zona norte del Perú, en Piura, Cajamarca, Amazonas y Lambayeque (figura 62).



Figura 62. Plantas de papaya en laderas de montaña de la región natural yunga fluvial. Fotografías tomadas en el distrito La Ramada, provincia de Cutervo, departamento Cajamarca, 2019.

En el Perú la papaya tiene una amplia distribución geográfica desde la franja costera, la amazonia y algunas zonas de los Andes generalmente en los valles interandinos, superficies de terrazas, laderas de colinas y siendo poco común en ladera de montaña (figura 63).

Las áreas de los Andes son muy dispersas y diferentes, variando según su altitud, condiciones de los suelos, orientación y los factores climáticos. Por ello, los ecosistemas de alta montaña requieren de una zonificación que permita reconocer las diferencias que ocurren en pequeños espacios (Tapia & Fries, 2007).



Figura 63. Áreas agrícolas en paisajes fisiográficos de valles interandinos en la región natural de yunga fluvial. Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho, 2019.

4.1 Regiones naturales asociadas a la papaya cultivada

En el Perú existen ocho regiones naturales bien definidas sobre la base de sus pisos altitudinales, y la flora y la fauna que estos albergan (Pulgar, 1987).

La especie de *C. papaya* y sus parientes silvestres se encuentran distribuidas en diferentes regiones naturales, de acuerdo a la adaptabilidad y exigencias de cada especie para crecer y desarrollarse en condiciones óptimas, considerando los pisos altitudinales, clima, suelo, topografía, entre otros. Según el presente estudio, se evidencia que la papaya y sus parientes silvestres se localizan en cinco

regiones naturales: chala o costa, yunga, omagua o selva baja, rupa rupa o selva alta, y quechua, esta última en menor proporción.

La especie *C. papaya* se distribuye en las regiones naturales de chala, yunga, omagua y rupa rupa. A nivel de departamentos el mayor número de prospecciones de esta especie se registró en San Martín, seguido de La Libertad y en menor cantidad en los departamentos de Cusco, Lima, Ancash y Apurímac (tabla 20).

• Tabla 20 • Número de prospecciones con presencia de *C. papaya* por departamentos y regiones naturales.

Región	Provincias	Distritos	Prospecciones en regiones naturales				Total
			Chala	Yunga	Omagua	Rupa rupa	
Amazonas	6	30	0	38	9	39	86
Ancash	1	1	5	0	0	0	5
Apurímac	2	2	0	7	0	0	7
Ayacucho	4	13	0	31	0	49	80
Cajamarca	7	25	0	51	1	41	93
Cusco	2	3	0	0	0	15	15
Huánuco	4	14	0	13	17	28	58
Junín	2	15	0	8	3	52	63
La Libertad	8	22	62	75	0	1	138
Lambayeque	2	6	35	5	0	0	40
Lima	1	2	11	0	0	0	11
Loreto	6	20	0	0	70	0	70
Madre de Dios	3	11	0	0	41	4	45
Pasco	1	8	0	12	8	6	26
Piura	5	13	68	7	0	0	75
San Martín	10	51	0	3	106	63	172
Ucayali	3	15	0	0	46	1	47
Total	67	251	181	250	301	299	1031

Se identificaron cuatro especies silvestres del género *Vasconcellea*: *V. candicans*, *V. x heilbornii* var. *pentagona*, *V. parviflora* y *V. stipulata*, las que se encuentran distribuidas en las regiones naturales de yunga y quechua. A nivel de departamentos, es Piura el que concentra la mayor cantidad de estas especies, seguida por Amazonas, Cajamarca y Lambayeque. En cuanto al género *Jacaratia*, se identificó una especie, la *J. spinosa*, localizada en la región natural de Omagua en los departamentos de Madre de Dios y Ucayali (tabla 21).

• Tabla 21 • Número de prospecciones con presencia de los parientes silvestres de *C. papaya* por departamentos y regiones naturales

Departamento	Provincias	Distritos	Especie	Prospecciones en regiones naturales			Total
				Yunga	Quechua	Omagua	
Amazonas	2	6	<i>V. monoica</i> (Desf.) A. DC.	3	0	0	3
			<i>V. pubescens</i> A. DC.	2	0	0	2
			<i>Vasconcellea</i> sp.	2	0	0	2
Cajamarca	3	5	<i>V. x heilbornii</i> var. <i>pentagona</i> Badillo	4	0	0	4
			<i>V. pubescens</i> A. DC.	1	0	0	1
			<i>Vasconcellea</i> sp.	1	0	0	1
			<i>V. cauliflora</i> (Jacq.) A. DC.	1	0	0	1
Cusco	2	2	<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	2	0	2
Huancavelica	1	1	<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	1	0	1
Junín	1	1	<i>V. monoica</i> (Desf.) A. DC.	1	0	0	1
La Libertad	1	1	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	1	0	0	1
Lambayeque	2	2	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	3	0	0	3
			<i>V. parviflora</i> A. DC.	1	0	0	1
			<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	1	0	1
Madre de Dios	1	1	<i>J. spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	0	0	1	1
Piura	1	2	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	2	0	0	2
			<i>V. x heilbornii</i> var. <i>pentagona</i> Badillo	0	1	0	1
			<i>V. parviflora</i> A. DC.	2	0	0	2
			<i>V. stipulata</i> (V.M. Badillo)	3	3	0	6
Ucayali	1	1	<i>J. spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	0	0	1	1
Total	15	22	9 (especies)	27	8	2	37

Se realizó la descripción más resaltante de las regiones naturales asociadas con la papaya cultivada y sus parientes silvestres, según la ubicación de la especie en estudio y contrastando con los indicadores ambientales planteados por Pulgar Vidal (1987) [tabla 22].

• Tabla 22 • Regiones naturales asociadas a la *Carica papaya* y sus parientes silvestres

Región natural	Cultivar o variedad y especie	Paisajes fisiográficos	Cobertura vegetal	Descripción del clima
Chala	Criollo morado (<i>C. papaya</i>)	Planicie costera y terraza aluvial de condición desértica. Elevación desde la orilla del mar hasta los 500 m s. n. m. Generalmente plano y ondulado, cubierta de arena.	Bosque seco, bosque de terraza	Semi cálido, desértico, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones, con humedad relativa calificada como húmedo. Temperatura media anual mínima entre 12.0 y 21.5 °C, y temperatura media anual máxima entre 20.4 y 32.6 °C. Precipitación promedio mínima es de 2.2 mm y el promedio máximo de precipitación es de 44.0 mm.
Yunga marítima	Papaya de zorro (<i>V. parviflora</i>)	Laderas de montaña, colinas y piedemonte de valles triangular de condición seca. Elevación desde 500 hasta los 2300 m s. n. m. Comúnmente superficies escarpadas.	Bosque de montaña	Árido a semi cálido, cálido a desértico, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones, con humedad relativa calificada como húmedo. Temperatura media anual mínima entre 7.2 y 15.2 °C, y temperatura media anual máxima entre 22.3 y 30.1 °C. Precipitación promedio mínimo es de 226.0 mm y el promedio máximo total por año es de 453.7 mm.
Yunga fluvial	Criollo amarillo, criollo morado (<i>C. papaya</i>); chicope, papaya del monte (<i>V. candicans</i>); babaco (<i>Vasconcellea x heilbornii</i>); papaya de zorro (<i>V. parviflora</i>); chicope, toronche (<i>V. stipulata</i>)	Laderas de montaña, colinas, piedemonte y terraza aluvial de valles alargados de condición semi cálida. Elevación desde 1000 hasta 2300 m s. n. m., entre la parte baja de la sierra y la parte selvática peruana. Comúnmente superficies escarpadas.	Bosque de montaña, bosque pie de monte, bosque de terraza, bosque de colina alta, bosque de colina baja	Semi cálido a semi seco, cálido a lluvioso, con deficiencia de lluvia en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda. Temperatura media anual mínima entre 9.6 y 20.2 °C, y temperatura media anual máxima entre 20.1 y 31.3 °C. Precipitación promedio mínimo es de 411.1 mm y el máximo promedio total por año es de 1727.5 mm.
Rupa rupa o selva alta	Criollo amarillo, criollo morado y criollo nativo (<i>C. papaya</i>)	Laderas de montaña, colinas, piedemonte, llanuras semi extensas, terrazas puntuales de valles alargados de condición cálida. Se extiende entre los 400 hasta 1000 m s. n. m. Comúnmente superficies escarpadas.	Bosque de colina alta, bosque de llanura húmeda, bosque de montaña, bosque de pie de monte, bosque de terraza	Cálido a semicálido, muy lluvioso a lluvioso, precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, humedad relativa calificada como muy húmeda. Temperatura media anual mínima entre 17.0 y 20.6 °C, y temperatura media anual máxima entre 27.5 y 32.9 °C. El promedio mínimo de precipitación es de 936 mm y el máximo total por año es de 3374.7 mm.
Omagua o selva baja	Criollo amarillo, criollo morado y criollo nativo (<i>C. papaya</i>); sacha papaya (<i>Jacaratia spinosa</i>).	Laderas de colinas, algunas montañas bajas, llanuras extensas, terraza inundable y no inundables de condición cálida. Se extiende desde los 80 hasta los 400 m s. n. m. Superficie característica del llano Amazónico.	Bosque de colina alta, bosque de colina baja, bosque de llanura húmeda, bosque de montaña, bosque de terraza.	Cálido, muy lluvioso, precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, humedad relativa calificada como muy húmeda. Temperatura media anual mínima entre 20.2 y 22.3 °C, y temperatura media anual máxima entre 29.9 y 33.3 °C. El promedio mínimo de precipitación es de 1916 mm, el promedio máximo de precipitación total por año es de 4376 mm.

Adaptado de Pulgar Vidal (1987)

En la región natural chala o costa se realizaron 181 prospecciones (18 % del total) en las que se evidenció la presencia de la especie *C. papaya*. Los cultivares identificados fueron el criollo amarillo, criollo morado y criollo nativo, y no se reportaron los parientes silvestres para esta región (figura 64).



Figura 64. Plantas de papaya identificadas en la región natural chala o costa. a) Áreas de llanuras costeras en uso agrícola, b) y c) planta de *C. papaya* prospectadas en Costa. Fotografías tomadas en el distrito de Rázuri, provincia de Ascope, departamento de La Libertad, 2019

En la región natural yunga se realizaron 250 prospecciones (24 % del total), en las que se evidenció la presencia de *C. papaya*. De ellas, 205 prospecciones (82 %) corresponden a la región yunga marítima y 45 prospecciones (18 %) corresponden a la región de yunga fluvial (figura 65). Los cultivares identificados fueron el criollo amarillo, criollo morado y criollo nativo.

En estos ambientes naturales se identificó el mayor número de los parientes silvestres, ocho especies del género *Vasconcellea*: *V. candicans*, *V. x heilbornii*, *V. monoica*, *V. parviflora*, *V. pubescens*, *V. sp.*, *V. stipulata* y *V. cauliflora*.

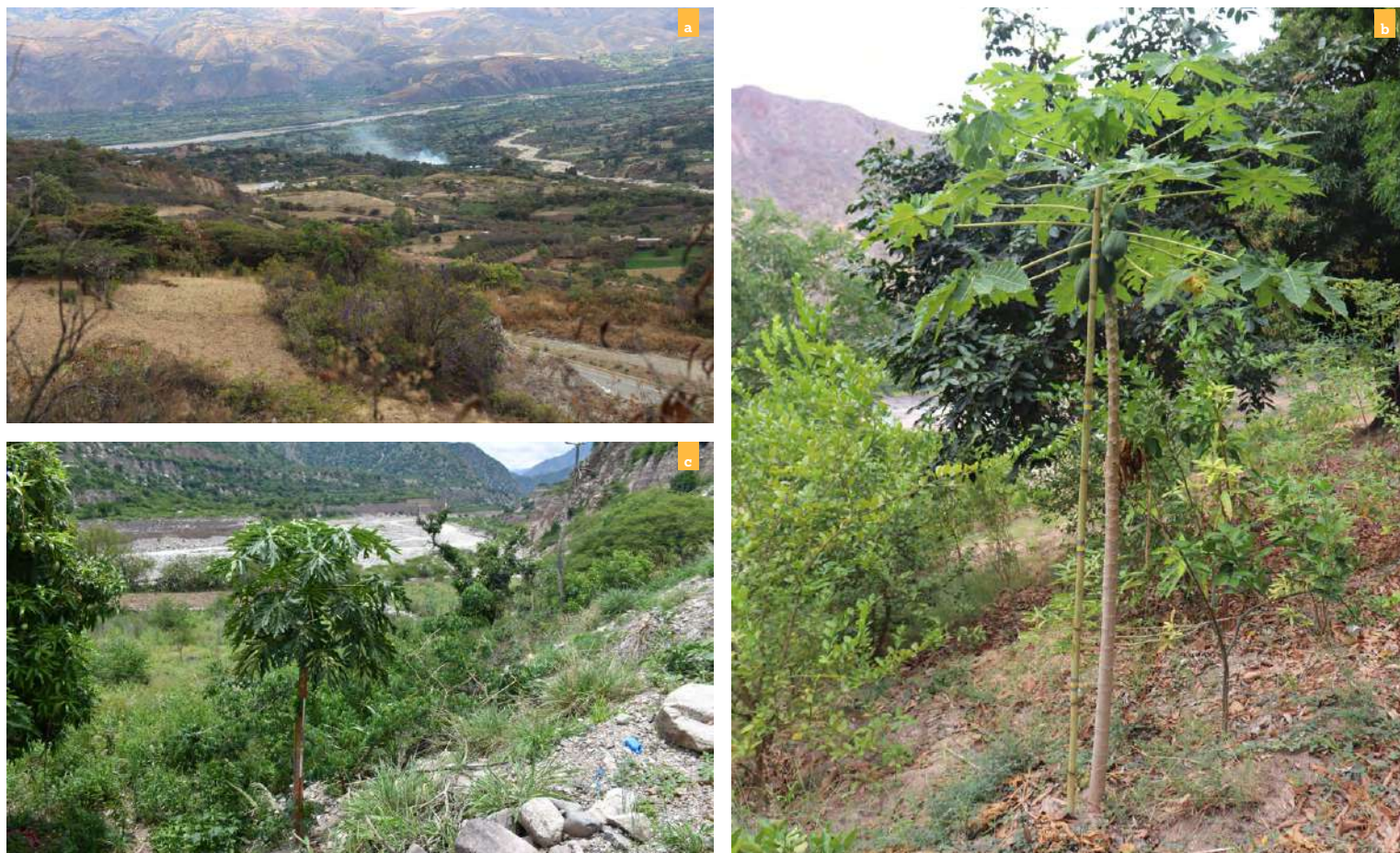


Figura 65. Plantas de papaya identificadas en la región natural Yunga. a) Ambientes naturales montañosos en uso agrícola parcelado (distrito de Cajabamba, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca), b) Planta de *C. papaya* prospectada en laderas de montaña (distrito de La Ramada, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca), c) Planta de *C. papaya* prospectadas en valles estrechos de yunga fluvial (distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, 2019).

En la región natural omagua o selva baja se realizaron 301 prospecciones (29 %), en las que se registró la presencia de *C. papaya* con las variedades criollo amarillo, criollo morado y criollo nativo. Además, se identificó un pariente silvestre, la especie *J. spinosa* (figura 66).



Figura 66. Plantas de papaya identificadas en la región natural Omagua o Selva baja. a) Paisaje fisiográfico de llanura amazónica peruana (distrito de Honoría, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco), b) Planta de *C. papaya* prospectadas en bosques de llanura, c) planta de *C. papaya* prospectadas en áreas de uso agrícola (distrito de Iñapari, provincia de Tahuamanu, departamento de Madre de Dios, 2019).

En la región natural rupa rupa o selva alta, localizada en el lado oriental del Perú, se realizaron 299 prospecciones (29 %) en las que se registró la especie *Carica papaya* con los cultivares criollo amarillo, criollo morado y criollo nativo, y no se reportaron los parientes silvestres en esta región natural (figura 67).



Figura 67. Plantas de papaya identificadas en la región natural rupa rupa o selva alta. a) Paisaje fisiográfico de montañas altas y bosques, b) planta de *C. papaya* prospectadas en bosques de colinas altas, c) planta de *C. papaya* prospectadas en áreas de uso agrícola asociados con cultivos tropicales, principalmente el cultivo de cacao. Fotografías tomadas en el distrito de Villa Aurora de Chungui, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, 2019.

4.2 Agroecosistemas asociados con la papaya

Un ecosistema es un conjunto de componentes bióticos y abióticos relacionados entre sí en un espacio definido, que incluyen más de un organismo vivo, existiendo interacción entre sus componentes (clima, suelo, plantas, animales y los seres humanos) y con el exterior mediante el intercambio de productos e información. Un agroecosistema es un ecosistema que cuenta con una población de utilidad agrícola, que incluye una comunidad biótica y un ambiente físico con el que esta comunidad interactúa (Hart, 1985; Tapia, 1996).

Los agroecosistemas donde se ha encontrado la papaya y los otros cultivos asociados, difieren de los ecosistemas naturales por la existencia de poblaciones de especies agrícolas y por la modificación del ambiente natural por la intervención humana (figura 68). Esta intervención es generalmente programada, es decir, el agricultor tiene un propósito que cumplir, y lo realiza siguiendo un plan de manejo preconcebido para la producción de cultivos agrícolas (Hart, 1985).

Los agroecosistemas asociados a la papaya en la región alto andina son identificados y caracterizados a través de la zonificación con enfoque agroecológico (Tapia, 1996). La evaluación consiste en un análisis integral del área geográfica en estudio, sobre la base de variables de altitud, factores climáticos (temperatura, humedad y evapotranspiración), geomorfología (fisiografía), topografía y las regiones naturales de Pulgar Vidal (1987); asimismo, estableciendo niveles jerárquicos, siendo el primer orden la subregión, el segundo orden la zona agroecológica y el tercer orden la zona homogénea de producción. Esta última presenta diferentes condiciones edáficas (pendiente, retención de humedad, etc.) que inciden en la productividad de los diferentes cultivos y se presentan como parches aislados.

Según las evaluaciones realizadas durante las prospecciones se ha identificado seis tipos de agroecosistemas para *C. papaya* y sus parientes silvestres: borde de camino, borde de canal/río/quebrada, borde de carretera, cerco de chacra, huerto familiar y parcela agrícola de papaya o de sus parientes silvestres.



Figura 68. Áreas agrícolas con fines productivos asociadas con plantas de papaya. Fotografías tomadas en el distrito de Santa Rosa de Concepción, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho, 2019.

La especie *C. papaya* se encuentra distribuida, de acuerdo al orden de representatividad, en los agroecosistemas de parcela, huerto familiar, borde de carretera, borde de chacra, borde de camino y borde de canal o río. La parcela es la unidad sobre la cual se ha encontrado la mayor abundancia de *C. papaya* en los 18 departamentos de estudio, siendo San Martín, La Libertad, Piura y Amazonas los departamentos con mayor cantidad de parcelas con cultivo de papaya. El huerto familiar es otra unidad del agroecosistema con cantidades considerables de *C. papaya*, sobresaliendo los departamentos de San Martín, Loreto, La Libertad y Amazonas. El agroecosistema de bordes de carretera, cerco de chacra, borde de camino y borde de canal o río registraron menor cantidad de presencia (tabla 23).

•Tabla 23 • Número de prospecciones con presencia de *C. papaya* por departamentos y tipos de agroecosistemas

Departamento	Provincias	Distritos	Prospecciones en tipos de agroecosistemas						Total
			Borde camino	Borde canal/río	Borde carretera	Cerco de chacra	Huerto familiar	Parcela	
Amazonas	6	30	6	1	3	0	23	53	86
Ancash	1	1	0	1	0	0	1	3	5
Apurímac	2	2	0	0	0	0	2	5	7
Ayacucho	4	13	1	3	16	9	13	38	80
Cajamarca	7	25	3	1	4	11	17	57	93
Cusco	2	3	0	1	0	0	3	11	15
Huánuco	4	14	0	0	3	2	16	37	58
Junín	2	15	0	0	7	3	18	35	63
La Libertad	8	22	0	11	3	14	25	85	138
Lambayeque	2	6	0	1	2	1	15	21	40
Lima	1	2	0	0	1	1	2	7	11
Loreto	6	20	6	0	3	2	29	30	70
Madre de Dios	3	11	2	0	9	1	5	28	45
Pasco	1	8	0	0	3	0	10	13	26
Piura	5	13	0	0	1	3	13	58	75
San Martín	10	51	19	3	16	4	43	87	172
Ucayali	3	15	0	0	2	0	5	40	47
Total	67	251	37	22	73	51	240	608	1031

Por otro lado, los parientes silvestres fueron encontrados en cuatro tipos de agroecosistemas, que según el orden de representatividad fueron huerto familiar, parcela, borde de carretera y cerco de chacra. Los agroecosistemas de huerto familiar y parcela registraron mayor presencia de las especies del género *Vasconcellea* y en mínima proporción se encontraron en borde de camino y cerco de chacra, mientras que, *J. spinosa* sólo se encontró en dos agroecosistemas, de borde de camino y cerco de chacra en los departamentos de Madre de Dios y Ucayali, respectivamente (tabla 24).

Tabla 24. Número de prospecciones con presencia de los parientes silvestres de *C. papaya* por departamento y tipo de agroecosistema

Región	Provincias	Distritos	Especie	Prospecciones en tipos de agroecosistemas						Total
				Borde camino	Borde canal/río	Borde carretera	Cerco chacra	Huerto familiar	Parcela	
Amazonas	2	6	<i>V. monoica</i> (Desf.) A. DC.	0	0	0	0	3	0	3
			<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	0	0	0	1	1	2
			<i>Vasconcellea</i> sp.	0	0	0	0	0	2	2
Cajamarca	3	5	<i>V. x heilbornii</i> var. pentagona Badillo	0	0	1	0	1	2	4
			<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	0	0	0	1	0	1
			<i>Vasconcellea</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1
			<i>V. cauliflora</i> (Jacq.) A. DC.	0	0	0	0	0	1	1
Cusco	2	2	<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	0	0	0	2	0	2
Huancavelica	1	1	<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	0	0	0	1	0	1
Junín	1	1	<i>V. monoica</i> (Desf.) A. DC.	0	0	0	0	1	0	1
La Libertad	1	1	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	0	0	0	0	0	1	1
Lambayeque	2	2	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	0	1	1	0	0	1	3
			<i>V. parviflora</i> A. DC.	0	1	0	0	0	0	1
			<i>V. pubescens</i> A. DC.	0	0	0	0	0	1	1
Madre de Dios	1	1	<i>J. spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	1	0	0	0	0	0	1
Piura	1	2	<i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC.	0	1	1	0	0	0	2
			<i>V. x heilbornii</i> var. Pentagona Badillo	0	0	0	0	1	0	1
			<i>V. parviflora</i> A. DC.	0	2	0	0	0	0	2
			<i>V. stipulata</i> (V.M. Badillo)	1	0	1	0	2	2	6
Ucayali	1	1	<i>J. spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	0	0	0	1	0	0	1
Total	15	22	9 (especies)	2	5	4	1	13	12	37

De acuerdo a la caracterización de los agroecosistemas y los niveles jerárquicos de clasificación, y la participación del agricultor en el manejo agronómico de las unidades agropecuarias, el cultivo de *C. papaya* y sus parientes silvestres se localizó en tres subregiones (septentrional, vertiente occidental seca, vertiente oriental húmeda). De acuerdo a los parámetros de altitud, precipitación, características topográficas, vocación agropecuaria y según las condiciones ambientales requeridas por cada especie de la familia Caricaceae fueron ubicados en diferentes zonas agroecológicas. La descripción de los agroecosistemas de Tapia (1996) solo está diseñada para condiciones de la zona andina, por lo que, se ha incluido las regiones naturales de Pulgar Vidal de chala y omagua para cubrir todas las zonas donde se ha encontrado a la papaya y a sus parientes silvestres (tabla 25).

• Tabla 25 • Agroecosistemas asociados con la papaya cultivada y sus parientes silvestres

N.º Subregión	Zona agroecológica	Uso agropecuario	Altitud	Precipitación	Orientación
(SR)	(ZA)*	(ZHP)	(m s. n. m.)	(mm/año)	
I (Septentrional)	(1) Quechua semihúmeda	Frutales, maíz, lechería	1900 - 4300	600 - 1300	Interandina
V (Vertiente occidental seca)	(14) Yunga marítima árida	Frutales, raíces, lechería	1800 - 3800	180-350	Occidental al Océano Pacífico
VI (Vertiente oriental húmeda)	(16) Yunga fluvial (húmeda)	Frutales, caña de azúcar, raíces	1500 - 3900	600 - 1800	Oriental a la Amazonía
	(17) Quechua subhúmeda	Maíz, vacunos			
**	Chala	Frutales, raíces, lechería	0 - 500	2 - 40	Occidental al Océano Pacífico
**	Omagua	Frutales, caña de azúcar, raíces	400 - 1000	930 - 3300	Oriental a la Amazonía

* (1), (14), (16), (17): representa la zona agroecológica de acuerdo con los niveles jerárquicos de clasificación que establece Tapia (1996)

** : representa la región natural de acuerdo con la nomenclatura empleada por Pulgar Vidal

Agroecosistema de parcela

La parcela es el agroecosistema donde se evidenció la mayor frecuencia de *C. papaya* y sus parientes silvestres, debido a que el cultivo de la papaya es muy rentable, motivando que se cultive en grandes parcelas aplicando un sistema de monocultivo. Entre las variedades que más se producen están el cultivar criollo amarillo y la híbrida (figura 69). Dependiendo de las zonas, las parcelas de papaya y sus parientes silvestres (especies de *Vasconcellea*) se cultivan en forma asociada con otros cultivos. Esta situación se observa en la pequeña agricultura que se practica en el territorio nacional; sin embargo, no es común en las parcelas con grandes extensiones de terreno (tabla 25).



Figura 69. Plantas de papaya en sistema de monocultivo con fines de producción para el mercado en agroecosistema de parcela. Fotografías tomadas en el distrito de Agua Dulce de Iberia, provincia de Tahuamanu, departamento de Madre de Dios, 2019.

Agroecosistema de huerto familiar

Este agroecosistema corresponde a pequeñas áreas cultivadas para el autoconsumo o consumo familiar. En él se da la práctica de agricultura asociada con diferentes cultivos como frutales (maracuyá, plátano, limón, palto), maíz y yuca. La variedad de *C. papaya* que más se cultiva es la criolla amarilla, criolla morada y criolla nativa (figura 70, tabla 25).



Figura 70. Plantas de *C. papaya* asociadas con maracuyá, palto, plátano y otros cultivos, típico escenario en agroecosistema de huerto familiar. Fotografías tomadas en el distrito de San Felipe, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. 2019

Agroecosistema de cerco de chacra

La *C. papaya* (junto con alguno de sus parientes silvestres) es cultivada en cerco de chacra con fines de delimitar las parcelas de cultivo. Son cultivos en pequeñas extensiones y se restablecen para el consumo familiar, con las mismas tres variedades criollas. Por lo general este agroecosistema está asociado a los huertos familiares y parcelas extensas (figura 71, tabla 25).



Figura 71. Plantas de papaya en agroecosistemas de cerco de chacra utilizadas para delimitar las parcelas con cultivo de yuca (lado izquierdo) y arroz (lado derecho). Fotografías tomadas en el distrito de San Cruz, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. 2019.

Agroecosistemas de borde de camino, canal y río o carretera

Son pequeñas áreas de cultivo en las que se pudo registrar entre 1 a 10 plantas de *C. papaya* que se presume fueron plantadas directa o indirectamente por los pobladores del lugar. Mayormente se encontró variedades criollas y nativas (figura 72, tabla 25).



Figura 72. Plantas de papaya en agroecosistemas de borde de carretera. Fotografías tomadas en el distrito de Paucartambo, provincia de Paucartambo, departamento de Cusco, 2019.

Los agroecosistemas donde se desarrolla el cultivo de *C. papaya* y sus parientes silvestres se distribuyen en una diversidad de ambientes dentro de los 18 departamentos evaluados, así como en cuatro niveles jerárquicos de clasificación de Tapia (1996) y dos regiones naturales de acuerdo con la nomenclatura empleada por Pulgar Vidal (1987) (tabla 25).

The background of the image consists of several large, green papaya leaves with prominent veins, arranged in a pattern that fills the entire frame. The leaves are slightly out of focus, creating a textured, naturalistic backdrop.

5

**Aspectos
socioeconómicos y
culturales
del cultivo de la
papaya**





Los aspectos socioeconómicos y culturales muchas veces definen los resultados de la producción y conservación de una especie o de un cultivo. Por estas razones es necesario evidenciar la condición de vida del productor de papaya, ya que, dentro del contexto de la estructura agropecuaria, el productor constituye uno de los pilares, que con sus conocimientos, actitudes y prácticas sobre el manejo de esta especie aporta a la conservación de la diversidad de la papaya y al desarrollo de esta actividad económica.

La producción de la papaya dinamiza la economía local en cada zona de producción. Por ejemplo, en algunos distritos de la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, consideran al cultivo de papaya como uno de los principales generadores de ingresos económicos que contribuyen a la canasta familiar. Actualmente este cultivo se encuentra disminuyendo su producción debido a diversos factores que hasta el momento no han recibido la atención necesaria. Tal es el caso de los bajos rendimientos del cultivo, así como problemas de plagas y enfermedades.

5.1 Caracterización socioeconómica y cultural del productor

Para la caracterización socioeconómica y cultural del productor de *Carica papaya* se realizaron 351 encuestas, las cuales fueron aplicadas en todos los distritos evaluados, así como 57 entrevistas aplicadas a nivel de provincias y 17 grupos focales realizados uno por departamento. Se determinó que las áreas establecidas para la producción de papaya no han permanecido estables, en comparación con la situación que se presentaba hace más de nueve años en las parcelas de los productores encuestados por Cenagro (2012). Esto es debido a que los productores migran en busca de nuevas áreas para la agricultura, por la alta incidencia negativa del virus de la mancha anular (Papaya ringspot virus, PRSV) en tierras destinadas a este cultivo.

Los aspectos socioeconómicos y culturales del agricultor que aprovecha selectivamente al cultivo de la papaya, según el análisis multicriterio (anexo 6), son predominantes los estratos sociales medio alto, medio, alto y medio bajo (figura 73). De las personas que cultivan la papaya y aprovechan a los parientes silvestres, el 75 % cuenta con servicios básicos en su vivienda, ya sea fuera o dentro de ella. El 34 % de los productores tiene un nivel de educación secundaria a superior, el 82 % de las viviendas son de adobe y ladrillo.

Además, el cultivo de papaya genera ingresos económicos que les permiten cubrir la canasta familiar. Es importante mencionar que el nivel de educación alcanzado influye directamente en los mejores resultados de la producción e ingresos.

La siembra de la papaya criolla es realizada de manera directa por el 53 % de los productores, el 32 % siembra con plántulas desarrolladas previamente en un vivero, siendo este método el más seguro a pesar de ser muy laborioso, y el 14 % de los productores de papaya basan su producción en plantas que crecieron de forma espontánea en su chacra.

El tipo de agricultura practicado por los papayeros se realiza de manera asociada (56 %), monocultivo (36 %) y el resto produce como policultivo. Por otro lado, mientras que el 57 % que cultiva la papaya de manera tradicional, utiliza productos químicos en menor cantidad y no usa maquinaria, el 40 % de productores cultivan de manera convencional a través del uso de maquinaria y mayor intensidad de insumos químicos. En cuanto al rol de la mujer en esta actividad, tiene participación activa principalmente en las labores de cosecha y postcosecha.



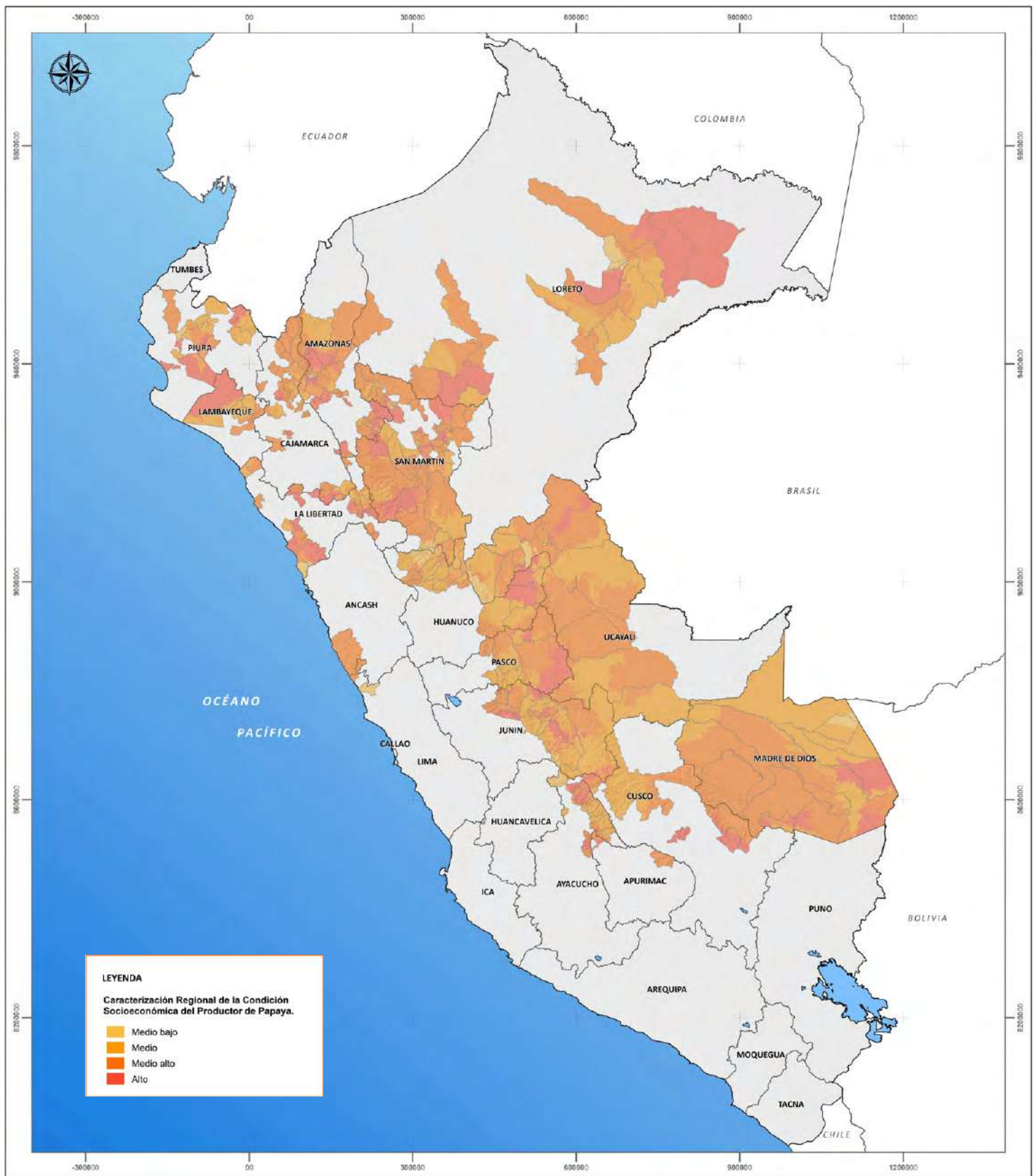


Figura 73. Caracterización regional de la condición socioeconómica del productor de papaya

Sobre las razones por las cuales los productores cultivan esta especie, el 41 % considera que su consumo es bueno para la salud y el 25 % lo hace por tradición. Más del 82 % de los agricultores aprendió a cultivar esta especie en el campo de cultivo, ya sea en chacra de sus familiares, amigos o de algún comunero. En relación con la época de siembra, por lo general la realizan en los meses de mayo a julio en el oriente peruano, de tal manera que les permite, en la época de verano, realizar otras actividades o buscar fuentes de trabajo en la costa como la cosecha de papaya.

Los productores también utilizan la papaya con fines medicinales, incluyendo hojas, resina, raíz, tallo y semillas. Las hojas son utilizadas como antiinflamatorio, desinfectante y antimicótico, aplicándolas directamente en la zona afectada en forma de emplasto, previamente suavizadas con agua hervida y, en algunos casos, con sal. Otra parte de la planta que se usa es la raíz, como infusión, para desinflamar algún golpe o hinchazón interna. Según Vásquez (2012) en el caso de los animales, se usan como emplasto para la cicatrización de heridas. Los departamentos donde se utilizan las hojas para este fin son Loreto, Madre Dios, Ucayali y San Martín. En el caso de la resina o látex la utilizan como analgésico para

aliviar el dolor de muelas o como desinflamante, repelente y antimicótico. Las proteinasas obtenidas del látex lechoso extraído de frutas inmaduras son ampliamente utilizadas en la industria alimentaria y farmacéutica (Scheldeman et al., 2011, como se citó en Antunes, 2012). Las semillas de papaya son utilizadas por sus propiedades antibacterianas, desparasitantes, purgantes y antiinflamatorias, no solo para el hombre sino para uso veterinario; p. ej. en los cuyes, las semillas se utilizan conjuntamente con el extracto de tomillo como desparasitante en el tratamiento de coccidias. Las potencialidades y beneficios de consumir esta fruta son múltiples y todas las partes de la planta de papaya contienen diferentes propiedades químicas que son utilizadas en la medicina (Krishna et al., 2008) (tabla 26).

En cuanto a los parientes silvestres, las especies del género *Vanconcellea*, como toronche, babaco, terrenche, chicope o mito, aportan un alto contenido de vitamina C y carotenoides, y son utilizadas por los agricultores para su consumo en forma de mermeladas, conservas y refrescos, y poseen propiedades medicinales para disolver tumores cancerosos y linfáticos (Lemos et al., 2016; Balcázar, 2014). El babaco es una de las especies que puede ser consumida directamente, por su agradable sabor y fácil digestión.



• Tabla 26 • Composición química de varias partes de la planta de papaya

Partes	Constituyentes
Fruta	Proteínas, grasas, fibras, carbohidratos, minerales (calcio, fósforo, hierro), vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina y caroteno, aminoácidos, ácido cítrico y málico (frutos verdes); compuestos volátiles como linalool, bencilisotiocianato, cis y trans 2, 6-dimetil-3,6 epoxy-7 octen-2-ol, Alcaloide α ; carpaína, bencil β - D glucósido, 2-feniletíl - β - D-glucosido, 4-hydroxy- fenil-2 etil - β - D-glucósido y cuatro isómeros del malonato bencil - β - D-glucosidos.
Jugo	Ácidos N-butírico, n-hexanoico y n-octanoico; lípidos como mirístico, palmítico, esteárico, linoleico, linolenico y cis- vaccenico y oleico.
Semilla	Ácidos grasos, proteína cruda, fibra cruda, aceite de papaya, Carpaína, bencilisotiocianato, bencilglucosinolato, glucotropacolina, benciltiourea, hentriacontano, β -sitosterol, caricina y una enzima mirosina.
Raíz	Carposide y la enzima mirosina.
Hojas	Alcaloides carpaína, pseudocarpaína y deshidrocarpaína I y II, colina, carposido, vitamina C y E.
Corteza	β - Sitosterol, glucosa, fructosa, sacarosa, galactosa y xylitol.
Látex	Enzimas proteolíticas, papaína y quimiopapaína, glutamina ciclotransferasa, quimopapaínas A, B y C, peptidasa A y B y lisozimas.

Fuente: Krishna et al. (2008)



En relación con los aspectos socio-culturales, los nombres asignados a la papaya varían de acuerdo a la localidad y etnia. Según algunos autores el nombre de la papaya proviene de la palabra “ababai”, luego cambiaría a papaia, papia, papeya y finalmente papaya (Badillo & Leal, 2019). Anteriormente Leal (2003) ya indicaba que el nombre actual de “papaya”, probablemente se originó de la voz “ababai”, que se habla en el Caribe insular en la isla La Española, pero también menciona que podría provenir de “kapana”, hablada en el Caribe, “mapaya” en tamanaco y “papai” en otomaco, nombres que eran utilizados por los indígenas del actual territorio de Venezuela. En otros lugares se le conoce como lechosa (Venezuela), olocotón, fruta bomba (Cuba), papaya calentana, mamao (Brasil), papayer, o papaw. En nuestro territorio peruano la mayor cantidad de la población la conoce como papaya.

Según las evidencias arqueológicas y etnolingüísticas la papaya se cultivaba desde la época preincaica, tal como lo demuestran las representaciones de papaya en cerámicas de la cultura Chimú donde también se muestra su relación con la fauna silvestre (Leiva, Gayoso & Chang, 2016) (figura 74).



Figura 74. Cerámicas de papaya - Cultura Preinca Chimú. A) Cerámica de la Cultura Chimú representando la papaya (Cultura Chimú: 900-1470 d.C.) Colección MHNCUPAO, C-0040. B) Cerámica con representación de “papaya” y “mono” (Cultura Chimú, 900-1470 d. C.) Colección MHNC-UPAO, C-0027. Fuente: Leiva et al. (2016)

De acuerdo con la literatura peruana, la mayoría de los nombres con los que se conoce a la papaya están más diversificados en la zona amazónica, lugares en donde predominan mayoritariamente los pueblos indígenas, prevaleciendo vocablos de las lenguas Asháninka, Awajún,

Shawi, Shipibo-Konibo, Nomatsigenga, Matsigenka, Ticuna, Shiwilu, Yine, Achuar y, quienes conocen a la papaya con los siguientes nombres locales: mapocha, papái, pócha, papayo, tinti, kapayo, sápi, poxpayu, sipa, entre otros (tabla 27).

• Tabla 27 • Nombres de la papaya de acuerdo a las lenguas originarias

Lengua o idioma	Nombres de la papaya	Habitantes que hablan la lengua	Departamento donde se habla
Achuar	Papái, papáiji	3809	Loreto
Awajún	Papái	56 584	Amazonas, Cajamarca, San Martín, Loreto y Ucayali
Amahuaca	Naaróimi, nailní.	328	Ucayali, Madre de Dios
Arabela	Papayo	527	Loreto
Asháninka	Mapocha	73 567	Ayacucho, Cuzco, Huánuco, Pasco, Junín y Ucayali
Cashinahua	Bodan, Xeati bodan	1074	Ucayali
Chamicuro	Ajpaya	75	Loreto
Shawi	Papayo	17 241	Loreto y San Martín
Ese Eja	Sesija	440	Madre Dios
Iskonawa	Nawan bimi	25	Ucayali
Kakataibo	Námpucha (nómpucha)	1553	Huánuco y Ucayali
Kapanawa	Huaqui	1601	Loreto
Kakinte (Arawak)	Mapoca	146	Junín y Cusco
Matsés	Dectad	1309	Loreto
Matsigenka	Tinti	6629	Cusco y Madre de Dios
Nomatsigenga	Sápi	11 110	Junín
Quechua	Papaya	5 179 774	Departamentos en el ámbito andino, selva norte, sierra central y sur
Secoya	Huatí'co	783	Loreto
Sharanhua	Shopa, Shopan	573	Ucayali
Shipibo-Konibo	Pócha	25 232	Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Ucayali y Lima
Shiwilu	Sipa	2753	Loreto
Taushiro	Cu'cuayo	1	Loreto
Ticuna	Poxpayu	4290	Loreto
Yagua	Saniya	722	Loreto
Yaminahua	Xopa	574	Ucayali
Yanesha	Paque	1142	Huánuco, Pasco y Junín
Yine	Kapayo	2680	Cusco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali.

Fuente: López, 2018; Anderson & Anderson, 2016; Zariquiey 2016; Fleck et al. 2012; Scott, 2011; Alicea, 2008; Daff-Tripp, 2008; Kindberg, 2008; Landerman, 2008; Montag, 2008; Nyes, 2008; Shaver, 2008; Swift, 2008; Scott, 2004; Faust & Loos, 2002; Rich, 1999; Loos & Loos, 2003; Antunice et al. 1996; Fast et al. 1996; Powlison, 1995; Day et al. 1993; Piaguaje et al. 1992; Hart, 1988; Parker, 1987; Shell, 1987; Hyde, 1980.

5.1 Estado actual de los cultivos de papaya en el ámbito nacional

El cultivo de *C. papaya* ha tenido un elevado crecimiento durante los últimos años, debido al incremento de la demanda por parte de los consumidores del fruto. Además, este cultivo ofrece ingresos potenciales a partir de los 6 a 7 meses de trasplantado o sembrado, con cosechas semanales o quincenales por un periodo productivo que va de dos a tres años, siendo considerado uno de los frutales más precoces.

En el Perú durante el año 2018 se llegó a producir 175988 t de papaya, siendo las regiones del ámbito de estudio las que tuvieron mayor producción. En Ucayali se obtuvo el 27 % de la producción nacional, seguido de Madre de Dios con el 25 %, San Martín con 10 %, Loreto con el 9 % y Amazonas el 8 % (Minagri, 2019). Durante los tres últimos años, las exportaciones peruanas de papaya se han incrementado en más de un 50% en promedio (Mincetur, 2020). La producción de papaya se realiza durante todo el año, a diferencia de otras frutas que solo se cultivan por temporadas. La papaya es un cultivo que se adapta a diferentes condiciones de sequía y lluvias.

Durante los últimos años, a pesar de producir papaya en el territorio nacional, se ha importado desde Ecuador aproximadamente 19 440 kg con precio promedio CIF USD 0.272 dólares por kg (Veritrade, 2020). De igual manera importamos semillas de Filipinas, Taiwán, Tailandia y México, bajo la autorización y cumplimiento de requisitos fitosanitarios del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (Senasa), el que mantiene un sistema de Vigilancia Fitosanitaria y Zoonosanitaria, que protege al país del ingreso de plagas y enfermedades que no se encuentran en el Perú. A eso se suma un sistema de cuarentena de plagas de vegetales en lugares donde existen operaciones de importación. Por otro lado, se realizan exportaciones de papaya, principalmente de los departamentos de Lima, Arequipa y La Libertad bajo la forma de pulpa, conserva y jugo a los países de Chile, Bolivia y Holanda (Mincetur, 2020).





6

Propuesta para
la gestión de
la diversidad y
bioseguridad de la
papaya





Para la gestión de la diversidad de la papaya en un país megadiverso como el Perú, es necesario conocer la presencia y distribución de las especies de la familia Caricaceae, las cuales reportan una mayor diversidad de *Carica papaya* y sus parientes silvestres en la parte norte del Perú, principalmente en los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y Lambayeque. Ante el avance de la biotecnología moderna y de la ingeniería genética, es importante establecer las directrices para la gestión de la biodiversidad y dictar las respectivas medidas de bioseguridad, con la finalidad de conservar los recursos genéticos de la papaya y sus parientes silvestres, muy necesarios porque representan una gran reserva biológica y genética para la elaboración de alimentos, medicinas y otros productos en el futuro.

6.1 Estado actual de la diversidad de papaya

La especie de mayor representatividad de la familia Caricaceae en el Perú es la papaya (*C. papaya*), que tiene amplia distribución geográfica, con cultivares locales como el criollo amarillo, criollo morado y el criollo nativo. No se tiene registros de especies del género *Carica* en su forma silvestre, sin embargo, la fauna local se comporta como agente diseminador de semillas y muchos de ellos la utilizan como alimento.

Según las evaluaciones realizadas, se identificaron 11 especies de la familia Caricaceae en tres géneros: *Carica* (1), *Jacaratia* (1) y *Vasconcellea* (9). El género *Carica* tiene mayor distribución geográfica en el territorio nacional, extendiéndose desde el nivel del mar hasta los 2535 m s. n. m., mientras que el género *Jacaratia* está distribuido en rupa rupa y omagua. Asimismo, la mayor riqueza de especies se encontró en el género de *Vasconcellea*, localizándose con mayor frecuencia en la parte norte de la vertiente occidental de los Andes peruanos. Las áreas de mayor diversidad de Caricaceae se encuentran en los departamentos de Piura y Cajamarca. Recientemente, un estudio realizado por Tineo et al. (2020) en el norte peruano, describió cinco nuevas especies del género *Vasconcellea* en el departamento de Amazonas.

Mejoramiento genético

Hoy en día existen grandes avances en genética, lo que antes demandaba largos procesos de mejoramiento mediante cruzamientos y selecciones, ha sido reemplazado por el uso de la biotecnología moderna, con la manipulación de genes con fines de obtener el cultivar deseado. El uso de esta tecnología tiene como finalidad proporcionar tolerancia a plagas y enfermedades, mejorar las cualidades de adaptación al ambiente, mejorar la calidad del producto, entre otros aspectos.

En el siglo pasado, los programas de mejoramiento genético de *C. papaya* estaban orientados a solucionar los problemas de esterilidad femenina de las plantas (bastante frecuente en los tipos de papaya cultivada), la

carpeloidia de estambres que origina frutos deformes, la precocidad y altura de la fructificación y las características del fruto. Asimismo, se buscaba la producción de semilla híbrida mediante el cruzamiento intervarietal con el fin de obtener híbridos de alta producción. Respecto al virus del mosaico, las investigaciones estaban orientadas a obtener variedades e identificar especies tolerantes al patógeno, obteniendo como resultado que la especie *Vasconcellea cauliflora* (antes *Carica cauliflora*) sea inmune al virus; sin embargo, no fue posible cruzar esta especie con la *C. papaya* (Giacometti & Torres, 1967).

Con la polinización controlada inicialmente se buscaba crear cultivares con resistencia a enfermedades virósicas, sin embargo, estas investigaciones fallaron. Durante muchos años se intentó cruzar la especie monoespecífica de *C. papaya* con varias especies de *Vasconcellea* (Badillo & Leal, 2019), debido a que algunas especies de *Vasconcellea* tienen resistencia a enfermedades a las que *C. papaya* es susceptible, p. ej. la resistencia de *V. cauliflora* al virus de la mancha anular, principal problema limitante del cultivo de la papaya a nivel global.

Frente a estas dificultades, la biotecnología moderna ha promovido en gran medida la investigación y el desarrollo de OVM en papaya, ofreciendo nuevas posibilidades para el mejoramiento genético vegetal, en un menor tiempo y con características más específicas de genes deseados en el cultivar. Con la biotecnología la introducción de genes con características de interés no está limitada a las especies o a los géneros mediante cruzamientos tradicionales, sino que permite superar las barreras reproductivas. La principal función de las tecnologías del ADN recombinante no es la creación de nuevos cultivares sino la generación de nuevas combinaciones de genes que puedan ser usadas en programas de mejoramiento genético. La modificación genética puede potencialmente mejorar la calidad y la productividad de los cultivos, y tiene la ventaja de permitir la adición de una sola característica sin la necesidad de recurrir a retrocruces para remover ligamientos genéticos indeseados (Aylor, 2003; Gepts, 2002; como se citó en Blanco, 2012).

6.2 Estrategias de conservación y monitoreo de la diversidad de papaya

La conservación y gestión de la diversidad de la papaya debe establecerse de acuerdo a los principios de conservación de la diversidad biológica conforme a la Ley n.º 26839, sobre la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, que está alineada con los artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú y el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

El Perú cuenta con instituciones relacionadas con la investigación y la conservación de los recursos fitogenéticos, siendo una de ellas el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el que es encargado a nivel nacional de conservar y documentar los recursos fitogenéticos. El INIA actualmente cuenta con 46 colecciones y 285 especies en 14 estaciones experimentales; entre ellas, específicamente en la Estación Experimental Santa Rita de Sihuas en Arequipa, dispone de una colección de frutales nativos de sierra, contando con accesiones de la papayita serrana (*Vasconcellea pubescens*).

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia peruana (IIAP) viene trabajando en el mejoramiento del género *Vasconcellea*, para lo cual cuenta con colecciones de las especies *V. goudotiana*, *V. pentagona* y otras provenientes de la región Amazonas y la especie *V. monoica* proveniente de la región Huánuco (Balcázar, 2014).

La mayoría de los bancos de germoplasma están más abocados a la conservación de raíces, tuberosas y granos andinos, por lo que, en el caso de otros cultivos, como son los frutales, hay muy pocos estudios y planes de conservación. Al respecto, en el caso de la papaya, dentro de las estrategias de conservación se está considerando la protección, conservación, uso sostenible, restauración y mejora del entorno natural. La conservación puede establecerse bajo dos mecanismos: la conservación *in situ* y la conservación *ex situ*.

La Ley n.º 26839 promueve el establecimiento e implementación de mecanismos de conservación *in situ* de la diversidad biológica, tales como la declaración de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y el manejo regulado de otros

ecosistemas naturales para garantizar la conservación de ecosistemas, especies y germoplasma en su lugar de origen, y promover su utilización sostenible. En ese sentido, la conservación *in situ* de la especie *C. papaya* puede realizarse a través de los diferentes estamentos del Estado de acuerdo a sus competencias institucionales, y requiere el involucramiento tanto a nivel de entidades nacionales como subnacionales, así como el apoyo de la sociedad civil.

Además del INIA y el IIAP, existen otras entidades que impulsan la conservación *ex situ*, como las universidades nacionales, la academia en general y algunas ONG. En ese sentido, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo, se propone trabajar de manera coordinada en la promoción y el establecimiento de centros de conservación *ex situ* de la diversidad biológica, tales como herbarios, jardines botánicos, banco de genes (germoplasma), entre otros, los cuales pueden formar parte de una plataforma para el intercambio de información que contribuiría a cerrar la brecha del conocimiento acerca de la diversidad genética de la papaya y sus parientes silvestres.

Monitoreo de la conservación

Considerando la posibilidad de un entrecruzamiento de una papaya transgénica con una papaya convencional o nativa que podría ocurrir en los campos de cultivo, la conservación y el monitoreo de la diversidad genética de *C. papaya* y sus parientes silvestres debería ser un compromiso institucionalizado y articulado entre los diferentes sectores del Estado peruano. Este monitoreo también es útil para desarrollar programas de aprovechamiento sostenible de esta diversidad con valor agregado.

La adecuada implementación de las estrategias de control y vigilancia con fines de bioseguridad podrá evitar un posible ingreso ilegal de semillas de papaya modificadas al territorio peruano y la introgresión de los transgenes en las papayas nativas.

6.3 La diversidad de la papaya frente al cambio climático

El cambio climático es una preocupación mundial por los efectos que viene ocasionando el incremento de las temperaturas en las actividades económicas y en el ambiente. En diversos lugares del planeta se están reportando sus impactos negativos. Hoy en día es frecuente percibir la ocurrencia de anomalías climáticas, tal es el caso de las precipitaciones intensas, a veces fuera de temporada, que vienen ocasionando inundaciones o sequías, cambios ambientales que repercuten en la producción de alimentos y en la biodiversidad, poniendo en riesgo la supervivencia de numerosas especies. Ante la gravedad del cambio climático, es urgente y oportuno adoptar medidas y acciones conducentes a la adaptación y la prevención, mediante la planificación y coordinación que involucre a todos los sectores y niveles de gestión del Estado, siendo este un factor determinante para conservar la diversidad biológica y garantizar la seguridad alimentaria.

Es evidente que el calentamiento global está amenazando nuestros recursos naturales, originando la degradación y eventual pérdida de biodiversidad, facilitando la emergencia de nuevas plagas y enfermedades, provocando desastres por inundaciones, sequías extremas, incendios forestales, etc. Por ello, en todo el mundo se están tomando las medidas de adaptación, como p. ej. impulsando la conservación de los recursos fitogenéticos, generando bancos de germoplasma para la conservación *ex situ* y fortaleciendo estrategias de conservación *in situ*. Sin embargo, además de estas medidas de adaptación, cada país debe también impulsar acciones, para estudiar, documentar, preservar y conservar sus recursos filogenéticos locales, que con frecuencia son la base de su agricultura y de la seguridad alimentaria (Pajares, 2014).



En la mayoría de los escenarios, frente al calentamiento global, existe una alta probabilidad de que se produzca una disminución en los rendimientos de los cultivos, debido al incremento de la temperatura y la alteración de las estaciones y los patrones de lluvias, así como al surgimiento de nuevas plagas y enfermedades, lo que a su vez agudizará la inseguridad alimentaria. Otra de las consecuencias es la disminución de la calidad del cultivo, una mayor lixiviación de nitrógeno y erosión del suelo, y la menor disponibilidad de tierras y recursos hídricos para la actividad agropecuaria. La diversidad genética puede ayudar a abordar estas amenazas con el desarrollo de nuevas variedades y razas más resistentes y productivas (Ortiz, 2012; Noa, Martínez, Flores & Hernández, 2008).

Algunas investigaciones indican que es muy probable que algunas plagas y enfermedades emergentes aparezcan en ciertas regiones como consecuencia del cambio climático. Actualmente la población de *C. papaya* cultivada es afectada por el virus de la mancha anular de la papaya (PRSV), que se presenta con mayor frecuencia en los monocultivos. Para controlar la enfermedad los productores optan por la introducción de semillas mejoradas que tienen resistencia al virus, mientras que otros realizan práctica y manejo agronómico con cultivos asociados, o simplemente

migran a otro lugar libre del virus, deforestando bosques para transformarlos en tierras cultivables.

Por otro lado, la planta de papaya es muy sensible a los cambios de temperatura. Las bajas temperaturas inhiben su crecimiento y ocurre la abscisión floral, afectando la producción; y en condiciones de altas temperaturas diurnas presentan problemas de fertilidad y de calidad de frutos fecundados. Asimismo, la acción combinada de lluvias intensas y altas temperaturas produce grietas en la raíz, tallo y frutos (Noa et al., 2008).

Obviamente, las graves consecuencias que ocasiona el calentamiento global son una amenaza potencial para la diversidad actual de la papaya y sus parientes silvestres. Hay evidencias de que la agrobiodiversidad a nivel de genes, especies y agroecosistemas aumenta la resistencia a los efectos del cambio climático; por ello, fomentar la conservación de la agrobiodiversidad continúa siendo un factor crucial para la resistencia y adaptación local de los agroecosistemas (Ortiz, 2012). Es evidente que los efectos del cambio climático continúan aumentando y ganando intensidad, por lo que es pertinente impulsar una transformación mundial hacia una agricultura más sostenible y resiliente (FAO, 2017).



6.4 Impactos potenciales de los OVM en la diversidad de la papaya y sobre el ambiente

La producción de papaya cada día tiene mayor importancia económica a nivel mundial. Los agricultores se enfrentan a una serie de dificultades, entre ellas, la más costosa es el control de las plagas y enfermedades producidas por virus, hongos y bacterias. Estos microorganismos patógenos vienen devastando extensas áreas de cultivo. Ante esta realidad se ha realizado modificaciones genéticas a la papaya a través de la biotecnología moderna, para que adquieran resistencia al virus y otros patógenos, debido a que las principales variedades comerciales son susceptibles a muchas enfermedades.

La Oficina Reguladora de Tecnología Genética con sede en Australia (Australian Government, 2008) señala que el primer rasgo comercial utilizado en los experimentos de modificación genética de papaya fue la resistencia al PRSV, que fue desarrollada en Hawái en respuesta a los devastadores impactos del virus en esa isla y en el sudeste asiático. Esta papaya GM ha estado disponible comercialmente desde el año 1998.

La producción comercial de OVM ha abierto una nueva dimensión para enfrentar el gran desafío de la seguridad alimentaria mundial, al mejorar la eficiencia de la producción de cultivos. Por otro lado, la liberación al ambiente de cultivos genéticamente modificados ha suscitado enormes preocupaciones y debates sobre seguridad de la biotecnología en todo el mundo (Stewart et al., 2003).

Los problemas de seguridad de la biotecnología moderna se han convertido en un factor crucial para limitar su desarrollo posterior y la aplicación más amplia de productos modificados genéticamente en la agricultura. Hoy en día no es posible eludir los problemas de bioseguridad cuando se discute el desarrollo y la aplicación de OVM en el mundo. Es por ello que el comprender bien los alcances y limitaciones de la bioseguridad y sus problemas relacionados ayudará a tomar una decisión correcta para tratar con la biotecnología moderna y sus productos. Se entiende como bioseguridad

a las medidas para evitar riesgos derivados del uso de la biotecnología moderna para la salud y la seguridad humana, así como para la conservación del ambiente (FAO, 2021).

Con la finalidad de crear variedades resistentes, principalmente al virus, se ha puesto en marcha el mecanismo de resistencia derivada del patógeno (PDR, por sus siglas en inglés). La PDR es un fenómeno por el cual las plantas transgénicas que contienen genes o secuencias genéticas de un patógeno (en este caso, el gen la cápside viral del PRSV) están protegidas contra los efectos perjudiciales de los mismos patógenos o de patógenos relacionados (Lius et al., 1997; Tripathi, Suzuki & Gonsalves, 2007). A partir de esta estrategia se desarrollaron las papayas transgénicas “Rainbow” y “SunUp” de Hawái.

Otra estrategia empleada en China se basa en la tecnología del silenciamiento genético por ARN de interferencia (ARNi). Esta técnica consiste en introducir a la papaya una secuencia de una región conservada del genoma del PRSV con su respectiva secuencia anti-sentido (o complementaria), con el fin de generar moléculas de ARN de doble hebra que desencadenen la degradación específica de las secuencias de ARN homólogos de los virus y así evitar la infección (Ye & Li, 2010).

Consideraciones relacionadas con los aspectos socioeconómicos

La introducción de la papaya transgénica en nuestro país tendría efectos biológicos potencialmente riesgosos para la biodiversidad nativa, pero también repercusiones económicas para los agricultores y consumidores. Esto se traduciría en menores costos del cultivo, rendimientos más elevados y finalmente mayores ingresos netos, así como menor uso de pesticidas para controlar a los vectores del virus y reducción de la deforestación debido a la migración de los productores por la presencia del PRSV.

Se debe también considerar el acceso a la semilla genéticamente modificada, debido a que esta es de mayor costo que la convencional, sumado a que ciertas empresas productoras y distribuidoras de semillas podrían exigir la firma de acuerdos o licencias que evitan el uso o distribución de las semillas resultantes, a menos que sean desarrollados con fondos públicos o que sean híbridas. Esta tecnología tiende excluir a los agricultores de escasos recursos económicos debido a que no están en condiciones de pagar la cuota tecnológica.

Otro aspecto a considerar es que la simplificación de labores agrícolas en la producción de papaya tendría efectos negativos sobre la generación de fuentes de trabajo de mano de obra no calificada, generando la migración de la población.



6.5 Propuesta de lineamientos para la gestión de la diversidad biológica

Los lineamientos de conservación y gestión de la diversidad de *C. papaya* y sus parientes silvestres aquí desarrollados toman en cuenta la información sistematizada y desarrollada sobre la diversidad del cultivo de la papaya y sus parientes silvestres, su estado actual y el contexto de la problemática y sus diversas amenazas. Estos, asimismo, fueron elaborados sobre la base de las normas nacionales e internacionales, y de acuerdo a las funciones y competencias de cada sector involucrado en el tema. Los lineamientos se presentan a continuación:

Gestión y comunicación de la información sobre los avances de la investigación en conservación

Toda la información de interés generada en relación con el cultivo de papaya, en particular avances, logros, resultados, entre otros, deben estar al alcance de todos los actores sociales involucrados en esta tarea, sobre todo las investigaciones realizadas bajo el contexto de la liberación al ambiente de OVM en cultivos de papaya.

Promoción de la conservación y uso sostenible

La especie *C. papaya* y los parientes silvestres del género *Vasconcellea* deben considerarse en el listado de especies normadas por la Ley n.° 28477, Ley que declara a los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas como patrimonio natural de la nación.

Promoción de la investigación y desarrollo para la conservación y uso sostenible

Se debe promover la investigación como factor clave del desarrollo para la conservación y uso sostenible en la gestión de la diversidad de estas especies, para lo cual se cuenta con el respaldo de la Ley n.° 26839, Ley sobre la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, que precisa incentivar la investigación científica, el acceso, generación y transferencia de tecnologías apropiadas, incluida la biotecnología. En este caso se debe buscar alianzas con el sector privado, a fin de obtener tecnologías adecuadas para la conservación y gestión de la diversidad de papaya y evitar la pérdida de material genético.

Es relevante promover investigaciones sobre las *Vasconcellea* en el Perú, con el fin de preservar y conservar el potencial genético, más aún cuando en este estudio se identificaron diez especies que tienen la particularidad de ser resistentes al ataque de plagas y enfermedades. Los resultados de estas investigaciones pueden formar parte de programas de mejoramiento de la *C. papaya*, que actualmente viene siendo afectada por el ataque de virus, hongos y bacterias.

Monitoreo de la diversidad de papaya

Conservar y monitorear la diversidad genética de papaya es de suma importancia, sobre todo porque aún no se cuenta con estudios sobre su diversidad genética. Esto tiene alta relevancia, sobre todo ante un posible ingreso de papayas genéticamente modificadas, pudiendo ocurrir una posible introgresión de genes de la papaya transgénica hacia una papaya convencional o nativa.

Asimismo, se debe considerar las siguientes condiciones para el logro de los lineamientos:

6.5.1 Incentivar la conservación *in situ*

La conservación *in situ* tiene alta relevancia para el caso de *Vasconcellea*, identificándose como centros de concentración de diversidad los departamentos de Piura, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque y La Libertad, ubicados en la zona norte del país. Por ello, para garantizar su conservación es importante identificar la presencia de estas especies en las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, así como en otras modalidades de conservación basadas en áreas (OMEC), incluyendo las áreas de conservación regional, áreas de conservación privada, etc., así como promover su manejo y conservación en territorios de comunidades campesinas, pueblos indígenas, entre otras.

6.5.2 Promover la conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* es realizada en lugares distintos del hábitat natural de la planta. Este tipo de conservación podría realizarse para el caso de la *C. papaya* y *Vasconcellea* spp., a través de la implementación de bancos de germoplasma con accesiones de cada especie.

6.5.3 Institucionalidad

La conservación de la biodiversidad de la papaya y la implementación adecuada de los lineamientos de gestión de la diversidad biológica deberá estar liderada por diversas instituciones públicas, de acuerdo a sus roles y competencias institucionales (tabla 28).



• Tabla 28 • Función institucional según los lineamientos propuestos

Lineamiento	Acción propuesta	Institución	Función
Gestión y comunicación de la información sobre los avances de la investigación en conservación	Disponer y difundir la información sobre los avances de la investigación en conservación a todos los actores y público en general. Elaborar de forma consensuada e implementar el plan de gestión y comunicación sobre los avances de la investigación en conservación.	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). ROF, Decreto Supremo n.° 010-2014-Minagri	Implementar y mantener actualizado un inventario de investigaciones y fomentar la conformación de sistemas de información tecnológica agraria entre los actores del Sistema Nacional de Innovación Agraria.
		Instituto de Investigación de la Amazonía peruana (IIAP). ROF, Decreto Supremo n.° 007-2019-MINAM	Difundir el resultado de la investigación científica y tecnológica y celebrar eventos nacionales e internacionales destinados al conocimiento de la realidad amazónica, de su potencial económico, industrial, cultural y turístico.
		Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor). ROF, Decreto Supremo n.° 007-2013-MINAGRI y su modificatoria Decreto Supremo n.° 016-2014-Minagri	Analizar y generar reportes situacionales de los registros nacionales en el marco de la gestión del patrimonio forestal y de fauna silvestre. Preparar y difundir publicaciones impresas y/o digitales, e información relacionada con la gestión del patrimonio forestal y de fauna silvestre.
		Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec). ROF, Decreto Supremo n.° 026-2014-PCM	Promover el establecimiento y desarrollo de una red nacional de información científica e interconexión telemática, para un manejo ágil, oportuno y eficiente de la estadística científica tecnológica que permita la obtención de la información necesaria para el planeamiento, operación y promoción de la ciencia, tecnología e innovación.
		Ministerio del Ambiente (MINAM). ROF, Decreto Supremo n.° 002-2017-MINAM	Promover la conservación y aprovechamiento de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos. Supervisar el funcionamiento de los organismos públicos adscritos al sector y garantizar que su actuación se enmarque dentro de los objetivos de la Política Nacional del Ambiente.
		Universidades públicas y privadas. Ley Universitaria n.° 30220 - 2014	Extensión cultural y proyección social.
Promoción de la conservación y uso sostenible	Declarar a los cultivos nativos de la papaya patrimonio natural de la nación e incluir en la lista (anexo) a cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas. Implementar los mecanismos necesarios de conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de la diversidad de la papaya, así como promover la declaración de áreas de conservación.	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri). ROF, Decreto Supremo n.° 008-2014-Minagri (ahora Midagri)	Es responsabilidad del registro, la difusión, conservación y promoción del material genético, el fomento de las actividades de producción, industrialización, comercialización y consumo interno y externo de los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas. Dictar lineamientos técnicos en materia de promoción, conservación, mejoramiento y aprovechamiento de cultivos nativos.
		Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). ROF, Decreto Supremo n.° 010-2014-Minagri	Conservar los recursos genéticos de uso agrario, y fomentar su puesta en valor y su desarrollo competitivo en lo económico, ambiental, social y científico, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, conforme a sus competencias. Establecer e implementar mecanismos de conservación de germoplasma <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de cultivos nativos y los recursos genéticos.
		Instituto de Investigación de la Amazonía peruana (IIAP). ROF, Decreto Supremo n.° 007-2019-MINAM	Preservar los recursos naturales y proveer las medidas para el control de la explotación de estos.
		Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor). ROF, Decreto Supremo n.° 007-2013-Minagri y su modificatoria Decreto Supremo n.° 016-2014-MINAGRI	Formular, proponer, conducir y evaluar las estrategias, planes y programas para la gestión sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la nación. Emitir y proponer normas y lineamientos de aplicación nacional, relacionados con la gestión, administración y uso sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre. Gestionar y promover el uso sostenible, la conservación y la protección de los recursos forestales y de fauna silvestre. Conducir, en el ámbito de su competencia, planes, programas, proyectos y actividades para implementar los compromisos internacionales asumidos por el Perú. Promover la investigación forestal y de fauna silvestre, básica y aplicada, para la gestión sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre, incluyendo a los recursos genéticos silvestres y microorganismos asociados. Producir semillas, plantones y reproductores de alto valor genético, conforme a la normatividad vigente sobre la materia.

Lineamiento	Acción propuesta	Institución	Función
Promoción de la investigación y desarrollo para la conservación y uso sostenible	Promover la investigación básica y aplicada experimental en manejo de ecosistemas naturales, germoplasma, usos sostenibles, zonificación agroecológica y otros, que faciliten los lineamientos de conservación y gestión de la diversidad frente a la liberación de los OVM.	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). ROF, Decreto Supremo n.° 010-2014-Minagri	Diseñar, ejecutar y promover la estrategia nacional de innovación, investigación, transferencia de tecnología y asistencia técnica en materia agraria, con especial énfasis en productos nativos. Conducir el fomento y ejecución de actividades biotecnológicas, en el marco de lo establecido por la normatividad vigente. Conservar los recursos genéticos de uso agrario, fomentar su puesta en valor y su desarrollo competitivo en lo económico, ambiental, social y científico, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, conforme a sus competencias.
		Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec). ROF, Decreto Supremo n.° 026-2014-PCM	Promover la articulación de la investigación científica y tecnológica, y la producción del conocimiento con los diversos agentes económicos y sociales, para el mejoramiento de la calidad de vida y el impulso de la productividad y competitividad del país.
		Universidades públicas y privadas. Ley Universitaria n.° 30220 – 2014	Investigar y contribuir al desarrollo humano.
	Obtener tecnologías adecuadas para la conservación de la diversidad genética de papaya y temas relacionados que faciliten el diseño de técnicas de conservación.	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). ROF, Decreto Supremo n.° 010-2014-Minagri	Dictar las normas, lineamientos y establecer los procedimientos para promover el desarrollo de la investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación y la transferencia tecnológica en materia agraria. Diseñar, ejecutar y promover la estrategia nacional de innovación, investigación, transferencia de tecnología y asistencia técnica en materia agraria, con especial énfasis en productos nativos. Promover el financiamiento de proyectos, estudios y programas de investigación, capacitación y transferencia de tecnología en materia agraria.
		Universidades públicas y privadas. Ley Universitaria n.° 30220 – 2014	Realizar y promover el desarrollo tecnológico y humanístico, la creación intelectual y artística.
Monitoreo de la diversidad de papaya	Elaborar el plan de monitoreo de la conservación de las papayas nativas y protocolos específicos de identificación de posibles liberaciones de OVM.	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). ROF, Decreto Supremo n.° 010-2014-Minagri	Conservar los recursos genéticos de uso agrario, fomentar su puesta en valor y su desarrollo competitivo en lo económico, ambiental, social y científico, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, conforme a sus competencias.
	Conservación <i>in situ</i>	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sernanp). ROF Decreto Supremo n.° 002-2017-MINAM	Dirigir el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – Sinanpe, en su calidad de ente rector de las áreas naturales protegidas y asegurar su funcionamiento como sistema unitario. Aprobar los instrumentos de gestión y planificación de las áreas naturales protegidas de administración nacional y de las áreas de conservación privada, como son el plan maestro, los planes específicos y otros establecidos en la ley. Otorgar derechos de uso y aprovechamiento a través de concesiones, autorizaciones y permisos u otros mecanismos para realizar actividades inherentes a los objetivos y funciones de las áreas naturales protegidas de administración nacional.

6.5.4 Mercados alternativos

Es necesaria la búsqueda de mercados alternativos en la producción de papaya debido a que su presentación solo como fruta tiene altos riesgos, en primer lugar, por ser un producto perecible y, en segundo lugar, por la volatilidad de los precios y alta incidencia de enfermedades.

Promover el consumo de las especies de *Vasconcellea*, conocidas solo localmente, las cuales presentan importante potencial para su comercialización por la forma y calidad de sus frutos. Estas características abren posibilidades a distintos mercados diferenciados y al posicionamiento de la gastronomía peruana a nivel internacional.



Glosario

Abiótico:	un factor abiótico es un componente químico y físico sin vida del medio ambiente que influye en el funcionamiento de los ecosistemas.
Acicular:	con forma de aguja.
ADN:	ácido desoxirribonucleico. Un ácido nucleico que contiene las instrucciones genéticas usadas en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos.
Agrobiodiversidad:	diversidad biológica asociada a la agricultura. Se refiere a la variedad de animales, plantas y microorganismos que se utilizan directa o indirectamente para la alimentación y la agricultura.
Agroclimático:	el sistema agroclimático incorpora propiedades físicas de la atmósfera-superficie, del terreno-suelo y de las interacciones vegetación-hidrología en la planeación y el manejo de los productos agrícolas.
Agroecología:	disciplina centrada en la aplicación de los conceptos y principios de la ecología en el diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.
Agroecosistema:	un ecosistema alterado por el ser humano para el desarrollo de una explotación agropecuaria. Está compuesto por elementos bióticos y abióticos que interactúan entre sí.
Agroquímico:	producto químico utilizado en la agricultura. Mayormente se refiere a pesticidas que incluyen insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematocidas.
Alelo:	cada una de las dos o más versiones de un gen.
Almacigo:	sitio donde se siembran y crían vegetales para su posterior trasplante.
Aluvial:	un suelo aluvial es aquel compuesto por materiales arrastrados por algún río, por lo general, con presencia de piedras redondeadas.
Angiospermas:	plantas provistas de flores.
Antracnosis:	o cancro o chancro, es un síntoma de enfermedad de las plantas de zonas calurosas y húmedas, causada por un hongo que es generalmente de los géneros <i>Colletotrichum</i> .
Apéndice:	parte saliente de un órgano o cuerpo vegetal, generalmente accesoria y de poca importancia.
Apiculada/o:	con apículo.
Apículo:	punta corta, aguda y poco consistente
Arbórea:	del árbol o relacionado con él.
Arbustiva:	que tiene la naturaleza o las cualidades del arbusto.
Arilo:	excrecencia de origen funicular, que cubre las semillas de algunos frutos.

Autoincompatibilidad:	incapacidad de una planta hermafrodita de producir semillas por autopolinización, aunque presente gametos viables.
Biotecnología:	toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.
Biótico/a:	de los organismos vivos o relacionado con ellos.
Bractéola:	en las inflorescencias compuestas, pequeña bráctea que se inserta en la base de los pedúnculos florales.
Braquiblasto:	un brote muy corto y entrenudos muy breves, tallo corto de crecimiento definido.
Cápside:	conjunto de proteínas que envuelven el material genético de un virus.
Carpeloidia:	desarrollo anormal de los estambres que se transforman en estructuras similares a los carpelos.
Clado:	cada una de las ramas del árbol filogenético propuesto para agrupar a los seres vivos. Conjunto de especies emparentadas.
Cladograma:	diagrama ramificado que esquematiza la filogenia, la relación hipotética entre grupos de organismos, incluidos sus ancestros comunes.
Cloroplasto:	organela de las células vegetales donde tiene lugar la fotosíntesis.
Coalescencia:	propiedad de las cosas para unirse. En genética, la teoría de la coalescencia se refiere a que, en una población, las diferentes secuencias genéticas (alelos) deberían haber tenido un solo ancestro común.
Colpo:	apertura orientada en sentido longitudinal, cuya longitud es más del doble de su anchura.
Cosecha:	conjunto de frutos, generalmente de un cultivo, que se recogen de la tierra en la época del año en que están maduros.
Costulado:	estriado, con venas o costillas sobresalientes.
Cultivar:	conjunto de plantas que han sido seleccionadas por un atributo particular o una combinación de atributos, que son claramente distintos, uniformes y estables en esas características, y que cuando propagadas por los medios apropiados mantienen esas características.
Cuneada/o:	cuneiforme.
Cuneiforme:	de figura de cuña o semejante a ella.
Curtiembre:	curtiduría o tenería. Lugar donde se realiza el proceso que convierte las pieles de los animales en cuero.
Decurrente:	se aplica al órgano que se prolonga sobre su soporte hacia abajo; p. ej., hojas o brácteas que se prolongan hacia abajo a lo largo del tallo; una lígula sobre los bordes de la vaina.
Deltoide:	de contorno triangular, como la letra griega delta.
Detritívoro:	saprófago, descomponedor, detritófago, obtiene su alimentación de detritos o materia orgánica en descomposición.
Dicotiledóneas:	plantas angiospermas cuya semilla tiene dos cotiledones.
Edáfico/a:	relativo al suelo, mayormente relacionado a la vida de las plantas.

Elipsoide:	cuerpo cuyo corte longitudinal es una elipse.
Escabroso/a:	áspero al tacto, cubierto de asperezas.
Esclerotesta:	cubierta de semilla de consistencia dura por estar lignificada.
Estigmática:	que se refiere al estigma.
Evapotranspiración:	la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.
Exotesta: l	a capa externa de la testa, derivada del tegumento externo del óvulo.
Exudado:	líquido o sustancia que sale a través de poros o grietas.
Fenotipo:	expresión del genotipo en función de un determinado ambiente. Los rasgos fenotípicos son rasgos físicos y conductuales observables.
Filogenética:	de la filogenia o relacionado con ella.
Filogenia:	origen y desarrollo evolutivo de las especies y, en general, de las genealogías de seres vivos.
Fisiografía:	descripción de la superficie terrestre a partir del estudio del relieve y la litología del área de estudio.
Fisiográfico/a:	de la fisiografía o relacionado con ella.
Fistuloso:	órgano cilíndrico y hueco en su interior.
Fitófago:	que se alimenta de materia vegetal.
Fitosanitario/a:	de la prevención y curación de las enfermedades de las plantas o relacionadas con ellas.
Fotosíntesis:	conversión de materia inorgánica a materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz del sol.
Franco:	se denomina suelo franco a las partes superficiales del terreno cuya composición cuantitativa está en proporciones óptimas o muy próximas a ellas. Es suelo de elevada productividad agrícola.
Fungoso/a:	perteneciente o relativo a los hongos.
Gen:	una unidad de información en el ADN que codifica un producto génico.
Genoma:	la totalidad del material genético que posee un organismo o especie en particular.
Genotipo:	los alelos heredados de un gen en particular.
Geomorfología:	rama de la geografía y de la geología que estudia las formas de la superficie terrestre, con el fin de describir y entender su génesis y su actual comportamiento.
Ginoica:	planta que sólo produce flores femeninas.
Glabro/a:	desprovisto de pelo, lampiño.
Hastada:	dícese de la hoja puntiaguda y con dos lóbulos divergentes en su base.

Hastiforme:	que tiene forma de una lanza.
Hidroreservante:	planta acuífera que conserva en sus estructuras -externas o internas- cierta cantidad de agua.
Infundibuliforme:	con forma de embudo.
Insípido:	que tiene poco o ningún sabor.
Interespecífica:	relación o asociación entre dos o más especies diferentes.
Lanceolado/a:	órgano laminar con contorno en forma de punta de lanza, angostamente elíptico con los extremos agudos. Puede ser estrechamente o anchamente lanceolado o linear-lanceolado.
Limo:	lodo, cieno.
Limoso:	que está lleno o cubierto de limo.
Lisa/o:	si se trata de la superficie de un órgano es sinónimo de glabra, si se trata del borde es sinónimo de entero.
Lobo:	porción más o menos redondeada en que se divide un órgano.
Lobulada/o:	con los bordes divididos en lóbulos pequeños, que no llegan a la mitad del hemilimbo.
Lóbulo:	lobo pequeño.
Mal del talluelo:	es una enfermedad generada por hongos que atacan durante la primera etapa del desarrollo de las plantas, cuando el tallo aún no está lignificado.
Marcador:	en genética, se trata de un segmento de ADN con una ubicación física identificable en un cromosoma y cuya herencia genética se puede rastrear. Puede tratarse de un gen o de alguna sección del ADN sin función conocida.
Materia orgánica:	materia elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos vivos, como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural.
Melífera:	que lleva o tiene miel.
Mitocondria:	organelo presente en células eucariotas que se ocupa de la respiración celular.
Monocolpado:	grano de polen que presenta un solo colpo.
Monocultivo:	Sistema de producción agrícola que consiste en utilizar toda la tierra disponible al cultivo de una sola especie vegetal.
Monoico/a:	individuo o planta con flores diclinas, es decir con flores masculinas y femeninas en el mismo pie.
Monopódico o monopodial:	crecimiento o ramificación que se compone de un eje principal en cuya zona apical perdura el crecimiento vegetativo y a cuyos lados crecen ramas secundarias.
Morfología:	parte de la biología que trata de la forma de los seres vivos y de su evolución.
Morfológico:	de la morfología o relacionado con ella.
Mucilaginoso/a:	que contiene mucílago o tiene algunas de sus propiedades.

Mucílago:	sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol.
Neotrópico:	región tropical y subtropical del continente americano.
NOR:	son regiones organizadoras del nucleolo (por sus siglas en inglés) cruciales para la formación del nucleolo.
Obovado/a:	de contorno ovado, pero con la parte más ancha hacia el extremo.
Orbicular:	circular, redondo.
OVM:	organismo vivo modificado que tiene una nueva combinación de material genético de otro organismo no emparentado que ha sido obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna.
Palmatilobada:	hoja dividida hasta la mitad, con lóbulos marcados y dispuestos como los dedos de una mano.
Palmatipartido/a:	tipo de hoja dividida en partes. Las divisiones pueden llegar más allá de la mitad del limbo, pero no llegan al centro como en las palmatisectas.
Pampa:	cada una de las llanuras extensas de América del Sur sin vegetación arbórea.
Panícula:	inflorescencia racemosa, compuesta, racimo de racimos.
Partenocarpia:	una forma natural o artificial de producir frutos sin fertilización de los óvulos, por lo tanto, sin semillas.
Pauci:	prefijo que indica poco o corto número.
Pauciflora/o:	con pocas flores.
Paucinodales:	cañas con pocos nudos.
Paucinodes:	ver paucinodales.
Peciolulado:	con peciólulo.
Péndulo:	colgante.
Perianto:	envoltura floral, formada por cáliz y corola.
pH:	una medida de acidez o alcalinidad de un medio o solución acuosa.
Pinnatífida:	hoja dividida en forma pinnada, sin llegar a la mitad de la distancia entre el borde y el nervio medio.
Pistilodio:	pistilo rudimentario en una flor masculina.
Pluriflora/o:	con muchas flores o antecios. Lo contrario de uniflora.
Policultivo:	tipo de agricultura que usa diferentes cultivos en la misma superficie, imitando la diversidad de los ecosistemas naturales.
Polígama:	planta que presenta flores hermafroditas y unisexuales.
Poligénico:	un rasgo poligénico es aquel cuyo fenotipo es influenciado por más de un gen.

Polinizador:	animal que se alimenta del néctar de las flores y durante sus visitas transporta polen de una flor a otra.
Pool genético:	el <i>pool</i> o acervo genético de una población es el grupo completo de alelos únicos presentes en el material genético de todos los individuos existentes en dicha población.
Propágulo:	parte o estructura de un organismo, producido sexual o asexualmente, capaz de desarrollarse de manera separada para dar lugar a un nuevo organismo idéntico al que lo formó.
Proteasa:	enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas.
Pubérula/o:	ligeramente pubescente o con pelitos muy finos, cortos y escasos.
Racemosa:	inflorescencia cuyo eje central tiene un gran desarrollo y da origen a pedúnculos florales.
Rizósfera:	la parte del suelo inmediata a las raíces de las plantas. Es una zona de interacción entre las raíces y microorganismos del suelo.
Roya:	o roya negra, es una especie de hongo que produce una enfermedad que afecta a diferentes granos de cereal.
Sarcostema:	subarbustos o enredaderas suculentas.
Sarcotesta:	un tipo de testa. Es una cubierta de semilla carnosa.
Semileñosa/o:	plantas cuyos tallos han desarrollado una estructura de consistencia intermedia entre herbácea y leñosa.
Sinuada:	tipo de hoja que presenta ondulaciones.
Subalado:	con apéndices en forma de alas.
Subcordado/a:	hoja con dos lóbulos redondeados escasamente divididos.
Talluelo:	plúmula o yema apical que conlleva al desarrollo del tallo principal y posteriormente todas las estructuras aéreas de la planta.
Tirso:	racimo de cimas.
Topografía:	ciencia que estudia las características que presenta la superficie o el relieve de un terreno, con el fin de representarlo gráficamente.
Transgén:	un gen o un material genético que ha sido transferido de un organismo a otro.
Transgénico:	también llamado organismo genéticamente modificado (GMO), es aquel cuyo material genético ha sido alterado usando técnicas de ingeniería genética.
Tresbolillo:	sistema de siembra que consiste en colocar las plantas formando cada tres un triángulo, esto aumenta la densidad de siembra por el aprovechamiento del espacio.
Tricolpado:	grano de polen que presenta tres colpos. En palinografía, dicese de los granos de polen que tienen tres surcos meridiánicos con poros.
Tricolporado:	grano de polen con tres aperturas compuestas de una combinación de poros y colpos.
Unilocular:	que presenta una sola cavidad o lóculo.
Xerofítico:	dicho de un vegetal adaptado a un medio seco por su estructura, por su temperatura o por otras causas.

Referencias bibliográficas

- Acosta, N., & León, G. (2003). *Enfermedades y plagas de la papaya*. Guía ilustrada, Corpoica La Libertad, Colombia. https://www.researchgate.net/publication/270273052_Enfermedades_y_plagas_de_la_papaya
- Ahmed, M., Li, B., & Ren, J. (2015). First Report of the Papaya Mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera:Pseudococcidae), in China and Genetic Record for Its Recent Invasion in Asia and Africa. *Florida Entomologist* 98(4):1157-1162. https://www.researchgate.net/publication/290202229_First_Report_of_the_Papaya_Mealybug_Paracoccus_marginatus_Hemiptera_Pseudococcidae_in_China_and_Genetic_Record_for_Its_Recent_Invasion_in_Asia_and_Africa
- Alicea, O.N. (2008). *Vocabulario Taushiro*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 152 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/29791>
- Alves, F. (2003). *A cultura do mamão Carica papaya L., no mundo, no Brasil e no Estado do Espírito Santo*. In: Martins, D.S. y Costa, A.F.S. *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória: Incaper. 29.
- Alvites, V. & Segundo, R. (2019). *Acción de los insectos polinizadores y su importancia en la agricultura en la campiña de Huacho*. Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; Repositorio institucional – UNJFSC.
- Amin, L., Azad, A., & Sikid, N. (2014). Gene technology for papaya ringspot virus disease management. *The Scientific World Journal*, ID 768038, 11 pp. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/768038>
- Anderson, D, Anderson, L. (2016). *Diccionario Ticuna-Castellano*. Intituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 335 pp. <https://peru.sil.org/resources/archives/69858>
- Antunce, A., Jakmay, M. & Wipio, G. (1996). *Diccionario Aguaruna - Castellano, Castellano – Aguaruna*. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 296 pp. <https://peru.sil.org/resources/archives/30169>
- Antunes, F. (2012). A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65(1): 46-53.
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1): 1-20.
- Apichart, S. & Patchara, P. (2011). Cartografía del polen de papaya en el aire (*Carica papaya L.*) y su distribución relacionada con el uso de la tierra utilizando SIG y teledetección. *Aerobiologia* 27. DOI 10.1007/s10453-011-9197-z
- Araujo, V. (2018). Estudio taxonómico y morfológico de 20 especies forestales en el bosque CICFOR – MACUYA, Pucallpa - Perú. *Investigación Universitaria UNU*, 8(2): 40-57. Recuperado a partir de <http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/5>
- Arellano, G. (2001). *Evaluación de plagas en café, papayo, piña, palto, plátano y cítricos en Chanchamayo y Satipo*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Entomología. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1646>
- Asociación vida sana. (2014). *Microorganismos del suelo y biofertilización*. https://cultivos-tradicionales.com/upload/file/dossier-5_microorganismos-del-suelo-y-biofertilizacion-2.pdf
- Australian Government. (2008). *The biology of Carica papaya L. (papaya, papaw, paw paw)*. Office of the Gene Technology Regulator. [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/5DCF28AD2F3779C4CA257D4E001819B9/\\$File/biology-papaya2008.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/5DCF28AD2F3779C4CA257D4E001819B9/$File/biology-papaya2008.pdf)
- Badillo, V. & Leal, F. (2020). *Taxonomía y Botánica de las Caricáceas*. Facultad de Agronomía. Departamento de Horticultura. Universidad Central de Venezuela, Macaray, Aragua, Venezuela.
- Badillo, V.M. (1967). Esquemas de las Caricaceae. *Agronomía Tropical* 17(4): 245-269.
- Badillo, V. (1971). *Monografía de la Familia Caricaceae*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Publicada por la Asociación de Profesores. Maracay, Venezuela.
- Badillo, V. (1993). Caricaceae. Segundo Esquema. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela* 43: 1-111.
- Badillo, V. (2000). *Carica L. vs Vasconcellea St. Hil. (Caricaceae) con la reabilitación de este último*. *Ernstia* 10: 74-79.
- Badillo, V. (2001). Nota correctiva *Vasconcellea St. Hill. y no Vasconcella (Caricaceae)*. *Ernstia*, 11: 75-76.
- Badillo-Montaño, R., Aguirre, A. & Munguía-Rosas, M. (2018). Data from: Pollinator-mediated interactions between cultivated papaya and co-flowering plant species. *Ecology and Evolution*, <https://doi.org/10.5061/dryad.4rs855v>
- Bahieldin, A., Mahfouz, H.T., Eissa, H.F., Saleh, O.M., Ramadan, A.M., Ahmed, I.A., Dyer, W.E., El-Itriby, H.A. & Madkour, M.A. (2005). Field evaluation of transgenic wheat plants stably expressing the HVA1 gene for drought tolerance. *Physiologia Plantarum* 123: 421-427. 2005 doi: 10.1111/j.1399-

- Balcázar, L. (2014). *Biodiversidad de papayo de altura y sus potencialidades*. IV Taller Posibilidades de Biocomercio de Flora Amazónica, Plantas Medicinales. Del 12 al 14 de junio de 2014. <http://www.iiap.org.pe/Upload/Conferencia/CONF257.pdf>
- Bao, L. (2008). Transgene escape from GM crops and potential biosafety consequences: An environmental perspective. *Collection Of Biosafety Reviews* 4: 66-141. International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB), Trieste, Italy.
- Belli, V. (2018). Estudio etnobotánico y morfológico de “mito” *Vasconcellea candicans* con énfasis en plántulas. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. 111 pp.
- Bermúdez-Guzmán, M.J., Guzmán-González, S., Lara-Reyna, J., Palmeros-Suárez, P.A., López-Muraira, I.G. & Gómez-Leyva, J.F. (2017). Presence of papaya ringspot virus (PRSV) in weed associated with *Carica papaya* in Colima, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1):1-15. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v36n1/2007-8080-rmfi-36-01-1.pdf> DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1706-2
- Blanco, J. (2012). *Monitoreo del flujo de genes de cultivos transgénicos de maíz a razas locales y variedades comerciales de maíz en el Valle de San Juan, Tolima*. Bogotá-Colombia. Tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. <http://www.bdigital.unal.edu.co/11337/1/790716.2012.pdf>
- Caetano, C.; Lagos, T.; Sandoval, C.; Posada, C. & Caetano, D. (2008). Citogenética de especies de *Vasconcellea* (Caricaceae). *Acta Agronomica* 57(4): 241-245. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122008000400004&script=sci_arttext&lng=pt
- Calderón, G. & Lomelí, J. (1993). *Flora del bajo de regiones adyacentes. Caricaceae*. Fascículo 17. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. Universidad Autónoma de Guadalajara, Jalisco. México. <http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajo/documentos/fasciculos/ordinarios/Caricaceae%2017.pdf>
- Calderón, G., & Cepeda, R. (1996). *Control de enfermedades y plagas en el melón y la papaya*. Boletín de Sanidad Vegetal 08. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6424/1/Contro%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20papaya.pdf>
- Candolle, A. (1886). *Origin of cultivate plants*. The International Scientific Series. D. Appleton and Company. New York. 468 pp.
- Carvalho, F. & Renner, S. (2012). A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65: 46–53. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1055790312001972?token=09109E9995382AB0DB53DD7312BCA76F771F3F53C39B4F0F41C387FE441ADB1A97ADA0FE8DF94213FC519AA8B7DDBC8C>
- Carvalho, F. (2013). *e-Monograph of Caricaceae*. Version 1, November 2013. [Database continuously updated]. <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/bol/caricaceae>
- Chaparro, A. (2009). Selección natural y los cultivos transgénicos: ¿Un hiato Darwinista? *Acta Biológica Colombiana* 14: 365–382. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2009000400023
- Chávez, M. (2018). La papaya silvestre, el reservorio natural de una especie de gran valor. *Herbario CICY* 10: 83 – 87. Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México.
- Chilón, E. (1988). *Uso racional de laderas, recuperación de andenes y otras medidas de conservación de suelos en la comunidad de San Pedro de Casta*. Tesis para optar el grado de Mg. Sc. especialidad de suelos, Escuela de Post-Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 205 pp.
- Classicfoxvalley.com (2020). Diferencia clave: transferencia de genes vertical vs horizontal. <https://es.classicfoxvalley.com/collate/difference-between-vertical-and-horizontal-gene-transfer/>
- Comunidad Andina de Naciones (CAN). (1996). *Decisión 391, Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos*. Sexagésimo octavo período ordinario de sesiones de la comisión. Caracas, Venezuela, 02 de julio de 1996.
- Congreso de la República del Perú. (1993). Resolución Legislativa n.º 26181, Aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica adoptado en Río de Janeiro. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 30 de abril de 1993.
- Congreso de la República del Perú. (1993). Resolución Legislativa n.º 26185, Aprueban la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 10 de mayo de 1993.
- Congreso de la República del Perú. (1995). Resolución Legislativa n.º 26536, Aprueban la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación de los países afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 18 de setiembre de 1995.
- Congreso de la República del Perú. (1997). Ley n.º 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 4 de julio de 1997.
- Congreso de la República del Perú. (1997). Ley n.º 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 16 de julio de 1997.
- Congreso de la República del Perú. (1999). Ley n.º 27104, Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 12 de mayo de 1999.
- Congreso de la República del Perú. (2002). Ley n.º 27811, Ley que Establece el Régimen de Protección de los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas Vinculados a los Recursos Biológicos. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 10 de agosto de 2002.
- Congreso de la República del Perú. (2004). Ley n.º 28216, Ley de Protección al Acceso a la Diversidad Biológica Peruana y los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 1 de mayo de

2004.

- Congreso de la República del Perú. (2004). Ley n.° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Diario Oficial El Peruano. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 8 de junio de 2004.
- Congreso de la República del Perú. (2004). Resolución Legislativa n.° 28170, Aprueba el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 2 de febrero de 2004.
- Congreso de la República del Perú. (2005). Ley n.° 28611, Ley General del Ambiente. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 15 de octubre del 2005.
- Congreso de la República del Perú. (2011). Ley n.° 29811, Ley que Establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un Período de 10 años. Lima: Congreso de la República del Perú, 9 de diciembre del 2011.
- Congreso de la República del Perú. (2013). Resolución Legislativa n.° 30217, Aprueban el Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica. Lima: Congreso de la República del Perú, 12 de diciembre del 2013.
- Congreso de la República del Perú. (2014). Ley n.° 30220, Ley Universitaria. Diario Oficial El Peruano. Lima: Congreso de la República del Perú, 9 de julio de 2014.
- Cortez, E. & Alvarado, L. (2017). *Caricaceae, Flora de Guerrero*. n.° 76. Caricaceae – Theophrastaceae. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.researchgate.net/publication/323543457_Caricaceae_Flora_de_Guerrero
- Daff-Tripp, M. (2008). *Diccionario Yanasha (Amuesha)-Castellano*. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 688 pp. <https://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/435>
- Datta, R. D.H., Varma, S., Gray, S. & Lee, S.B. (1998). Containment of herbicide resistance through genetic engineering of the chloroplast genome. *Nature Biotechnology* 16: 345–348. DOI: 10.1038/nbt0498-345
- Day, D., Lauriault, E. & Loriot, J. (1993). *Diccionario Shipibo-Castellano*. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 554 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/30143>
- Díaz, C. & Lomelí, J. (1992). Revisión del género *Jarilla* Rusby (Caricaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 20: 77–99. Departamento de Botánica y Jardín Botánico. Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Guadalajara. México. <http://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/download/659/825>
- Drew, R., Siar, S., Dillon, S., Ramage, C. & Sajise, A. (2007). Intergeneric hybridisation between *Carica papaya* and wild *Vasconcellea* species and identification of a PRSV-P resistance gene. *Acta Horticulturae*. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.738.14. https://www.researchgate.net/publication/45413835_Intergeneric_Hybridisation_between_Carica_papaya_and_Wild_Vasconcellea_Species_and_Identification_of_a_PRSV-P_resistance_Gene
- Drew, R.A. (1988). Rapid clonal propagation of papaya in vitro from mature field-grown trees. *HortScience* 23: 609–611.
- Drew, R.A., Magdalita, P. & O'Brien, C. (1998). Development of *Carica* interspecific hybrids. *Acta Hortic*. 461. 285–292. DOI:10.17660/ActaHortic.1998.461.31. https://www.researchgate.net/publication/283759347_Development_of_Carica_interspecific_hybrids
- Elizondo, M. (2010). *Efecto de la polinización abierta en la producción de melón (Cucumis melo) Híbrido dorado*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía Instituto Tecnológico de Costa Rica <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2829/Efecto%20de%20la%20polinizaci%C3%B3n%20abierta%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20mel%C3%B3n%20%28cucumis%20melo%29%20h%C3%ADbrido%20dorado%2C%20en%20Lepanto%2C%20Puntarenas%20y%20Nandayure%2C%20Guanacaste.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fast G., Warkentin R. & Fast D. (1996). *Diccionario Achuar-Shiwiari – Castellano*. Pucallpa – Perú. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 517 pp. <https://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/425?show=full>
- Faust, N. & Loos, E. (2002). *Gramática del idioma Yaminahua*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 176 pp. <https://centroderecursos.cultura.pe/es/registrobibliografico/la-gram%C3%A1tica-del-idioma-yaminahua>
- Fermin G. A., Castro, L. T. & Tennant P. F. (2010). CP-transgenic and non-transgenic approaches for the control of papaya ringspot: current situation and challenges. *Transgenic Plant Journal*, 4(Special Issue 1): 1–15.
- Fleck, D. W., Uaquí, F.S. & Jiménez, D.M. (2012). *Diccionario Matsés-Castellano*. Trujillo – Perú. Tierra Nueva. 457 pp. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/49614/Diccionario%20Mats%C3%A9s%20%282012%29%20Fleck%2C%20Uaqu%C3%A9nez.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Franco L.P. (2013). *Estudio poblacional de Carica candicans (papaya silvestre) en lomas de Morro Sama y lomas de Tacahuay*. <https://docplayer.es/65739526-Estudio-poblacional-de-carica-candicans-papaya-silvestre-en-lomas-de-morro-sama-y-lomas-de-tacahuay.html>
- Fuertes, C.C. (2019). *Diversidad, distribución y uso del género Vasconcellea (Caricaceae) en el sur de los Andes colombianos*. Trabajo de grado en la modalidad de investigación para optar el título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Del Cauca, Colombia. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/1622/DIVERSIDAD%2C%20DISTRIBUCI%C3%93N%20Y%20USO%20DEL%20G%C3%89NERO%20VASCONCELLEA%20%28CARICACEAE%29%20EN%20EL%20SUR%20DE%20LOS%20ANDES%20COLOMBIANOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gallo-Meagher, M & Irvine, J. (1996). Herbicide Resistant Transgenic Sugarcane Plants Containing the bar Gene. *Crop Sci*. 36: 1367–1374. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600050047x>
- García, D.J.C., Vázquez, B.M.E., Torres, T.M.A., Dávila C.S.I. & Sánchez A.D. (2011). Métodos de extracción de semilla en papaya Golden y la relación con la longevidad. *la Revista mexicana de ciencias agrícolas* 2(2): 281–288. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000200008
- García, L., Rivero, M. & Droppelmann, F. (2015). Morphological description and pollen viability of *Nothofagus nervosa* (Nothofagaceae). *Bosque* 36(3): 487–496. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-92002015000300015&script=sci_arttext
- García, M.A. (2010). *Guía técnica del cultivo de la papaya*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdoba”. El Salvador, 40 pp. <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf>
- Giacometti D.C. & Torres, R.M. (1967). Mejoramiento genético del papayo (*Carica papaya* L.). *Revista ICA* 2: 71–76.

- Gil, A. & Miranda, D. (2005). Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana* 23(2): 217-222. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a04.pdf>
- Gonsalves, D. (1998). Control of papaya ringspot virus in papaya: a case study. *Annual Review of Phytopathology* 36: 415-437.
- Gonzales, L. (1994). Plantas hospederas e importancia del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* en la costa central peruana. *Revista peruana de Entomología* 36: 13-16. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v36/pdf/a05v36.pdf>
- Gura, T. (1999). New genes boost rice nutrients. *Science* 285: 994-995.
- Hart, H. (1988). *Diccionario Chayahuita-Castellano Canponanquë Nisha Nisha Nonacaso*. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 495 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/30123>
- Hart, R. D. (1985). *Conceptos básicos sobre Agroecosistemas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/891/Conceptos_basicos_sobre_agroecosistemas.pdf;jsessionid=11D6CA2904EBA4FEA28AF8C2D2374941?sequence=1
- Hartl, A. & Clark, G. (1989). *Principles of population genetics*. Segunda ed. By Daniel L. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. xiii. 682 pp.
- Hernández, F. (2016). *Etapas de la erradicación y manejo integrado de la mosca de la fruta (Ceratitis capitata Wied) en la Región Ica*. Trabajo monográfico para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1783/H10-H4-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Hernández, O. (2004). *Manejo del sistema de detección del programa nacional moscas de la fruta*. Informe de experiencia profesional para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/40>
- Hoover, G. (2016). *Broadening the genetic base of papaya via intergeneric hybridization with wild relatives*. Tesis presentada para obtener el grado de Master of Science en Plantas tropicales y ciencias del suelo. Universidad de Hawaii en Manoa, Honolulu. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/51559/2016-12-ms-hoover.pdf>
- Hoyos, J. & Hurtado, A. (2017). Efecto de la poda temprana de brotes laterales en el inicio de la floración de papaya Tainung 1. *Temas Agrarios* 22(2): 54-60. <https://biblat.unam.mx/hevila/TemasAgrarios/2017/vol22/no2/5.pdf>
- Hyde, S. (1980). *Diccionario Amahuaca*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 154 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/29823>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2016). *El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en Perú*. Lima: Subdirección de Recursos Genéticos. <http://www.fao.org/3/CA3507ES/ca3507es.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1992). *El cultivo del Babaco en el Ecuador*. Manual No. 19, Programa de frutales. Estación Experimental Santa Catalina, Ecuador.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). (1988). *Descriptors for papaya*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italia. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-papaya/>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2012a). *Event Name: Huanong No. 1*. GM Approval Database. <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=229>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2012b). *Event Name: X17-2*. GM Approval Database. <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=230&Event=X17-2>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2012c). *Event Name: 55-1*. GM Approval Database. <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=227>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2015a). *Event Name: 63-1*. GM Approval Database. <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=228&Event=63-1>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).(s.f.). *Papaya (Carica papaya) GM Events (4 Events)*. <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/crop/default.asp?CropID=11&Crop=Papaya>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. [ISAAA]. (2018). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change*. ISAAA Brief No. 54. Ithaca, NY.
- Jiménez, J. (2002). *Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana*. José A. Jiménez Díaz, 1° ed. Guácimo, CR: EARTH, 2002, 108 pp. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90022688.pdf>
- Kindberg, L. (2008). *Diccionario Asháninka*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 458 pp. <http://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/426>
- Krishna, K.L., Paridhavi, M. & Patel, J.A. (2008). Review on nutritional medicinal and pharmacological properties of papaya (*Carica papaya* Linn.) *Natural Products Radiance* 7(4): 364-373.
- Kubitzki, K. & Bayer, C. (Ed.) (2003). The families and genera of vascular plants. Volume V, *Flowering Plants. Dicotyledons: Malvales, Capparales and Non-betalain Caryophyllales*. Springer.
- Kumari, S., Trivedi, M. & M. Mishra (2015). PRSV resistance in papaya (*Carica papaya* L.) through genetic engineering: A review. *Journal of Applied Horticulture* 17(3): 243- 248.
- Landerman, P. (2008). *Vocabulario Quechua del Pastaza. Yarinacocha*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 114 pp. <https://peru.sil.org/resources/archives/30150>
- Leal, F. (2003). Taller Internacional sobre Caricaceae. *Memorias. Acerca de la historia y taxonomía de las papayas y sus parientes silvestres*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.
- Leiva S., Gayoso, G. & Chang, L. (2016). *Carica candicans* A. Gray (Caricaceae) una fruta utilizada en el Perú desde la época prehispánica. *Arnaldoa* 23(2): 609-626.

- Lemos, F. O., Villalba, M.I.C., Tagliati, C.A., Cardosoc, V.N., Salas, C.E. & Lopes, M.T.P. (2016). Biodistribution, pharmacokinetics and toxicity of a *Vasconcellea cundinamarcaensis* proteinase fraction with pharmacological activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26(1): 94-101.
- León, B. (2006). Caricaceae endémicas del Perú. *Rev. Perú. Biol.* 13(2):245.
- Lewi, D. & Rubinstein, C. (2004). Obtención de plantas resistentes a insectos. En: *Biología y Mejoramiento Vegetal II*. Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., Mroginski, L. Edts. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, Argentina. Pp 495-506. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/BiologiaVegetalII.pdf>
- Lius, S., Manshardt, R.M., Fitch, M.M.M., Slightom, J.L., Sanford, J.C. & Gonsalves, D. (1997). Pathogen-derived resistance provides papaya with effective protection against papaya ringspot virus. *Molecular Breeding* 3, 161-168 (1997). <https://doi.org/10.1023/A:1009614508659>
- Lomeli, J. (1998). *Flora del Valle de Tehuacán – Cuicatlán*. Fascículo 21. Caricaceae Dumort. Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras_tehuacan/fas21.pdf
- Loos, E. & Loos, B. (2003). *Diccionario Capanahua-Castellano*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 518 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/30091>
- López, D. (2018). *Diccionario Visual en la Lengua Originaria Shiwilu*. Ministerio de Educación. Lima – Perú. 47 pp. <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/6744>
- López, S.M.R. (2015). *Evaluación de técnicas para la conservación de agrobiodiversidad en huertos familiares, en el distrito de Jenaro Herrera, cuenca del Bajo Ucayali, Región Loreto*. 2014. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Agronomía. Perú. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3349>
- Lorence, D. H. & Torres C. R. (1988). *Carica cnidoscoloides* (sp. nov.) and sect. *Holostigma* (sect. nov.) of Caricaceae from Southern Mexico. *Systematic Botany* 13(1):107-110. <http://links.jstor.org/sici?sici=0363-6445%28198801%2F03%2913%3A1%3C107%3ACC%28NAS%3E2.0.CO%3B2-P>
- Lozada, P. & Arellano, G. (2008). Lista preliminar comentada de las “cigarritas” (Insecta:Hemiptera: Cicadellidae) de Chanchamayo y Satipo, Perú. *Ecología Aplicada* 7(1-2):117-122. https://www.researchgate.net/publication/260770263_Lista_preliminar_comentada_de_las_cigarritas_Insecta_Hemiptera_Cicadellidae_de_Chanchamayo_y_Satipo_Peru
- Manshardt, R.M. & Wenslaff, T.F. (1989a). Interspecific hybridization of papaya with other *Carica* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 689-694.
- Manshardt, R.M. & Wenslaff, T.F. (1989b). Zygotic polyembryony in interspecific hybrids of *Carica papaya* and *C. cauliflora*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 684-689.
- Mansilla, R., López, C., Flores, M. & Espejo, R. (2010). Estudios de la biología reproductiva en cinco accesiones de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) Robinson. *Ecología Aplicada*, 9(2): 167-175. <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/407/399>
- McCafferty, H.R.K., Moore, P.H. & Zhu, Y.J. (2008). Papaya transformed with the *Galanthus nivalis* GNA gene produces a biologically active lectin with spider mite control activity. *Plant Science*. 175(3): 385-393
- Mendoza, M., Darias, A., Cruz, M., Gallardo, J., Tejada, M., Gómez, R. & Portal, O. (2004). Obtención de plantas transgénicas de papaya var. Maradol roja que portan el gen de la orizacistatina de arroz. *Biología Vegetal* 4(4): 225 - 228. https://www.researchgate.net/publication/336928034_Obtencion_de_plantas_transgenicas_de_papaya_var_Maradol_roja_que_portan_el_gen_de_la_orizacistatina_de_arroz
- Ming, R., Yu, Q. & Moore, P. H. (2007). Sex determination in papaya. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 18(3): 401-408. <https://doi.org/10.1016/j.semdb.2006.11.013>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2013). Decreto Supremo n.° 007-2013-MINAGRI. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre -SERFOR*.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). Decreto Supremo n.° 008-2014-MINAGRI. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI*.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAGRI. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA*.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). Decreto Supremo n.° 016-2014-MINAGRI. *Aprueba la Modificación del Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre -SERFOR, aprobado con Decreto Supremo n.° 007-2013-MINAGRI*.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Plan Nacional de cultivos. Campaña agrícola 2019-2020*. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. 323 pp.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo-Mincetur (2020). *Exportación de papaya 2017-2019*.
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2019). *Constitución Política del Perú*. Dirección General de Desarrollo Normativo y Calidad Regulatoria. Décimo tercera edición oficial de la Constitución Política del Perú. Lima, marzo 2019. Resolución Ministerial n.° 0064-2018-JUS.
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (2004). Decreto Supremo n.° 022-2004-RE. *Ratifican el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Diario Oficial El Peruano. Lima, 27 de febrero del 2004.
- Ministerio del Ambiente. (2008). Decreto Supremo n.° 002-2017-MINAM. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado - SERNANP*.
- Ministerio del Ambiente. (2009). Decreto Supremo n.° 023-2021-MINAM, *Política Nacional del Ambiente al 2030*.
- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo n.° 006-2008-MINAM. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Ministerio del Ambiente - MINAM*.
- Ministerio del Ambiente. (2019). Decreto Supremo n.° 007-2019-MINAM. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP*.

- Ministerio del Ambiente. (2019). *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad*. 123 pp. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/normatividad/implementacion/lineas-de-base/linea-de-base-de-la-papa/>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Sexto informe nacional sobre diversidad biológica*. La biodiversidad en cifras. 52 pp. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/360831/La_Biodiversidad_en_Cifras_final.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2021). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados. Decreto Supremo n.º 019-2021-MINAM.
- Ministerio del Medio Ambiente, Chile. (2014). *Guía metodológica para la evaluación de riesgos ambientales de vegetales genéticamente modificados (VGM), con guía electrónica de metodologías (GEM) para su uso*. Santiago de Chile. <http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/M1040MIN.pdf>
- Mohamad R. M.N. (2007). Disease rating of papaya cultivars to papaya ringspot virus in Malaysia. *Acta Hort.* 740:277-281 DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.740.34 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.740.34>
- Montag, S. (2008). *Diccionario Cashinahua*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 616 pp. <http://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/404>.
- Montenegro F. (2009). *Cultivo de babaco bajo invernadero*. Web Engomix, Agricultura Cotopaxi–Ecuador. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/cultivo-babaco-carica-pentagona-t27813.htm>
- Moore, P. H. (2014). Role of diversity in crop improvement. En *Genetics and Genomics of Papaya*. Genética Vegetal y Genómica: cultivos y modelos 10. Ming, R., & Moore, P. H. ed. Springer, Verlag New York.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Naciones Unidas (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica* (CDB). <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Naciones Unidas (1996). *Convención internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/convencion-internacional-lucha-contra-desertificacion-paises-afectados#:~:text=La%20Convencion%20de%20las%20Naciones,26%20de%20Diciembre%20de%201996>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Nakasone, H.Y. & Paull, R. (1998). *Tropical Fruits*. CAB Int., New York, US. 400 p.
- New York Botanical Garden (NYBG) Steere Herbarium. (2015). Botanical line drawing of *Carica papaya* by B. Angell from the Guide to the Vascular Plants of Central French Guiana. Part 2. Dicotyledons. *Mem. New York Bot. Gard.* 76(2): 67. <http://sweetgum.nybg.org/science/world-flora/taxon-details/?irn=99219>
- Noa, J.C., Martínez, M.J., Flores, N. & Hernández, R.A. (2008). Modificaciones en la fisiología del cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Agroentorno* 101: 12-14.
- Norato, J. J. & Nieto, E. (1984). *Análisis de la producción y distribución de la papaya (Carica papaya) proveniente de la zona de lejanías departamento del Meta*. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales, Villavicencio, Colombia. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6547/1/006.pdf>
- Nyes, J. (2008). *Diccionario Piro (Yine) Tokanchi gikshijikowaka-steno*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 592 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/29663>
- Oficina Reguladora de Tecnología Genética. (2008). *Office of the Gene Technology Regulator*. (2008). The biology of *Carica papaya* L. (papaya, papaw, paw paw). Australian: Department of Health, Australian Government.
- Ordaz, D., Gomez, J., Hernández, J. & Espinosa, E. (2017). *Vasconcellea cauliflora* resistance to Papaya ringspot potyvirus (PRSV-p) and its introgression in *Carica papaya*. *Revista mexicana de fitopatología* 35(3): 571-590. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1703-4>. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092017000300571
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York, EEUU, 9 de mayo de 1992.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica* (CDB). Río de Janeiro, Brasil, 5 de junio de 1992.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1994). *Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía*. París, Francia, 17 de junio de 1994.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2000). *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre Diversidad Biológica*. Montreal, Canadá, 29 de enero de 2000.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2011). *Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Nagoya, Japón, 29 de octubre de 2010.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2009). *Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación*. http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/hnd/files/Tratado_internacional_sobre_los_recursos_fitogeneticos_para_la_alimentacion_y_la_agricultura.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). *The pollination of Cultivated plants*. A compendium for practitioners. Edited by David Ward Roubik, Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Ancon, República de Panamá.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). *Declaración de la FAO sobre biotecnología*. <http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2001). *Glossary of Biotechnology for Food and Agriculture - A Revised and Augmented Edition of the Glossary of Biotechnology and Genetic Engineering* ISSN 1020-0541.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). *Pollinators: neglected biodiversity of importance to food and agriculture*. <http://www.fao.org/3/be104e/be104e.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *La estrategia de la FAO sobre el cambio climático*. Roma, julio de 2017.
- Ortiz, R. (2012). *El cambio climático y la producción agrícola*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Unidad de Salvaguardias Ambientales (VPS/ESG).
- Paes de Andrade, P., Parrott, W. & Roca, M. M. (2012). *Guía para la evaluación de riesgo ambiental de organismos genéticamente modificados*. São Paulo, Brasil. International Life Sciences Institute Brasil. <https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Guia-evaluacion-riesgo-OGMs.pdf>
- Pajares, E.G. (2014). *Políticas públicas y cambio global, una perspectiva del cambio climático en la Amazonía Andina*. Oxfam América. Lima, Perú.
- Parés, J., Basso, C., Jáuregui, D. & Meléndez, L. (2006). Cantidad, viabilidad y germinabilidad de los granos de polen de *Carica papaya* L. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(2), 172-180. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000200004&lng=es&tlng=es.
- Parés, J., Basso, C. & Jáuregui, D. (2002). Momento de antesis, dehiscencia de anteras y receptividad estigmática en flores de lechosa (*Carica papaya* L.) cv. cartagena amarilla. *Bioagro* 14(1): 17-24. [http://www.ucla.edu.ve/Bioagro/Rev14\(1\)/3](http://www.ucla.edu.ve/Bioagro/Rev14(1)/3). Momento de antesis en lechosa.pdf
- Parés-Martínez, J., Linárez, R., Arizaleta, M. & Meléndez, L. (2004). Aspectos de la biología floral en lechosa (*Carica papaya* L.) cv. «Cartagena roja», en el estado Lara, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(2), 116-125. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000200002&lng=es&tlng=es.
- Parker, S. (1987). *Kana acha taka ijnachale kana chamekolo (Vocabulario y textos chamicuro)*. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 70 pp. <https://peru.sil.org/es/resources/archives/30281>.
- Paucar, L., González, C. & Yábar, E. (2018). Género *Goniini* (Diptera: Tachinidae: Exoristiinae) de Cusco, Perú: clave, redescripciones y distribución. *Idesia* 36(1): 91-104. DOI:10.4067/S0718-34292018000100091.
- Paull, R. & Duarte, O. (2011). Tropical fruits. *Crop production science in horticulture series*; n.º 20. CAB International, 409 pp.
- Peña, D., Villena, P., Aguirre, A. & Jiménez, C. (2017). Diversidad genética de accesiones de la familia Caricaceae en el sur de Ecuador. *Maskana* 8 (1): 85-102
- Peña, I. (2008). Enfermedades virales en el cultivo del papayo (*Carica papaya* L.). *Citrifruta* 25(1): 13-23. http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus%201%202008/RC_A3_25_1_2008%20cl.pdf
- Peña, J. (2003). Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 69: 6-20. <https://pdfs.semanticscholar.org/Of40/4769df939a98f80a65667b7ffa2d1348a3aa.pdf>
- Phuangrat, B. & Namthip, P. (2013). Histological and morphological studies of pollen grains from elongata, reduced elongata and staminate in *Carica papaya* L. biología en plantas tropicales. *Tropical Plant Biology* 6(4) DOI:10.1007/s12042-013-9118-0. https://www.researchgate.net/publication/263568102_Histological_and_Morphological_Studies_of_Pollen_Grains_from_Elongata_Reduced_Elongata_and_Staminate_Flowers_in_Carica_papaya_L.
- Piaguaje, R., Piaguaje, E., Orville, J. & Johnson, M. (1992). *Vocabulario Secoya*. Quito – Ecuador. 256 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/17577>
- Powlison, P. (1995). *Nijya mi miquejadamusiy ma y niquejadamuju : Ma y niquejadamusiy nijya mi niquejadamuju (Diccionario Yagua - Castellano)*. Ministerio de Educación y Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 771 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/29881>
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2014). Decreto Supremo n.º 026-2014-PCM. *Aprueban Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica- CONCYTEC*.
- Pulgar Vidal, J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis* (Nova Série) [En línea]. <http://journals.openedition.org/terrabrasilis/1027>; DOI: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>.
- Pulgar, V. (1987). Geografía del Perú. *Las ocho regiones naturales*. Lima: PEISA.
- Ramírez, R. (2017). *Manejo del cultivo de papayo en Nasca*. Tesis presentada para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2982>
- Ramos, E. & Zúñiga, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y ph del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología aplicada* 7(1-2): 123-130. <https://www.redalyc.org/pdf/341/34111584015.pdf>
- Rasmussen, C. & Delgado, C. (2019). *Abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en Loreto, Peru*. Iquitos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. https://www.researchgate.net/publication/335174973_Abejas_sin_aguijon_Apidae_Meliponini_en_Loreto_Peru/link/5d98ece0299bf1c363fb2a0a/download
- Remuzgo, F. J. (2011). Manual del cultivo de *Vasconcellea stipulata*. (2011). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).
- Rich, R. (1999). Diccionario Arabela-Castellano. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 643 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/29682>
- Rojas, M. & Rovaldo, M. (1985). *Fisiología Vegetal aplicada*. McGraw-Hill, México.
- Romero, J. (2013). *Manejo y Conservación de germoplasma de la familia Caricaceae*. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias. Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrarias. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad Producción de Semillas. Montecillo, Texcoco, Edo. México. <https://library.co/document/ky6jrgnq-manejo-conservacion-germoplasma-familia-caricaceae.html>
- Salazar, J. (1972). Contribución al conocimiento de los Pseudocidae del Perú. *Rev. Per. Entomol.* 15(2): 277-303. : <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v15n2/pdf/a13v15n2.pdf>
- Salinas, H. G. (2019). Variación morfológica *in situ* de *Carica papaya* L. nativa de México. *Rev. fitotec. Mex.* 42(1): 47-55.
- Scheldeman, X., Van Damme, P. & Romero-Motoche, J.P. (2002). Highland papayas in southern Ecuador: need for conservation actions. *Acta Hort.* 575, 199-205 DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.575.20
- Scheldeman, X., Willemen, L., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Romeijn-Peters, E., Restrepo, M.T., Romero-Motoche, J., Jiménez, D., Lobo, M., Medina, C.I., Reyes, C., Rodríguez, D., Ocampo, J.A., Van Damme, P. & Goetgebeu, P. (2007). Distribution, diversity and environmental adaptation of highland papayas (*Vasconcellea* spp.) in tropical and subtropical America. *Biodivers Conserv.* 16:1867-1884. DOI 10.1007/s10531-006-9086-x.
- Scott, M. (2004). *Vocabulario Sharanahua-Castellano*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 164 pp. <https://www.sil.org/resources/archives/29800>

- Scott, M. (2011). *Diccionario Matsigenka-Castellano*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. Lima – Perú. 896 pp. <http://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/432?show=full>
- Servicio de Sanidad Agraria (SENASA). (2020). *Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de papaya*. Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA. 35 pp. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1097591/Gu%C3%ADa-BPA%20Papaya.pdf.pdf>
- Shaver, H. (2008). *Diccionario Nomatsiguenga-Castellano*. Pucallpa – Perú. 327 pp. <http://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/433> ,
- Shell, O. (2008). *Vocabulario Cashibo-Cacataibo*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 105 pp. <http://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/471>
- Shepherd, D.N., Mangwende, T., Martin, D.P., Bezuidenhout, M., Kloppers, F.J., Carolissen, C.H., Monjane, A.L., Rybicki, E.P. & Thomson, J.A. (2007), Maize streak virus-resistant transgenic maize: a first for Africa. *Plant Biotechnology Journal* 5: 759-767. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2007.00279.x>
- Slatkin, M. (1985). Gene flow in natural populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:393-430.
- Smith, A. L., Hodkinson, T. R., et al., (2020). Global gene flow releases invasive plants from environmental constraints on genetic diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (8) 4218-4227; DOI: 10.1073/pnas.1915848117.
- Soto, R. (1999). *Aplicación del cultivo de tejidos in vitro para la obtención de plántulas de Carica candicans Gray "mito"*. Tesis para optar el título de Licenciada en Biología. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. 220 p.
- Stewart, C.N., Halfhill, M.-D. & Warwick, S.I. (2003). Transgene introgression from genetically modified crops to their wild relatives. *Nature Reviews* 4: 806-817
- Swift, K. (2008). *Morfología del Caquinte (Arawak preandino)*. Instituto Lingüístico de Verano, Lima – Perú. 216 pp. <https://peru.sil.org/resources/archives/29899>
- Tapia, M. (1996). *Zonificación Agroecológica basada en el uso de la tierra, el conocimiento local y las alternativas de producción*. Centro Internacional de la Papa (CIP), 1997. Lima, Perú. Pp. 53 - 66. Versión digital. <https://docplayer.es/33836971-Zonificacion-agroecologica-basada-en-el-uso-de-la-tierra-el-conocimiento-local-y-las-alternativas-de-produccion.html>
- Tapia, M. E. & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú. 222 pp. <https://runamaqui.fr/wp-content/uploads/2020/07/FAO-Los-cultivos-andinos-documento-completo.pdf>
- Tennant, P.F., Fermin, G.A. & Roye, M.E. (2007). Viruses infecting papaya (*Carica papaya* L.): Etiology, pathogenesis, and molecular biology. *Plant viruses* 1(2): 178-188.
- Tineo, D., Bustamante, D.E., Calderon, M.S., Mendoza, J.E., Huaman, E. & Oliva, M. (2020) An integrative approach reveals five new species of highland papayas (Caricaceae, *Vasconcellea*) from northern Peru. *Plos One* 15(12): e0242469.
- Torrey, J. G. (1985). The development of plant biotechnology: Building on early discoveries about plant nutrition, researchers have produced an array of techniques for exploiting the genetic potential of plants. *American Scientist*, 73(4): 354-363. <http://www.jstor.org/stable/27853322>
- Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*. Trabajo para optar el título profesional de Licenciado en Investigación Operativa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf
- Tripathi S., Suzuki, J. & Gonsalves, D. (2007). Development of genetically engineered resistant papaya for papaya ringspot virus in a timely manner: a comprehensive and successful approach. *Methods Mol Biol.* 354:197-240. doi: 10.1385/1-59259-966-4:197. PMID: 17172756.
- Universidad de la República de Uruguay (UDELAR). (2017). *Caricaceae Dumort. Sistemática de Plantas Vasculares*. Departamento de Ecología & Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias. Universidad de la República de Uruguay. http://www.thecompositaehut.com/www_tch/webcurso_spv/familias_pv/caricaceae.html
- Valderrama, S. (2013). *Caracterización sintomatológica y determinación de virus que infectan al cultivo de Carica papaya L., en algunas zonas del norte del Perú. Trujillo*. Tesis para obtener el Grado de Maestra en Ciencias. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4059>
- Valderrama, S., Cedano, C., Tenorio, J., Romero, J., & Carbajal, S. (2015). Caracterización sintomatológica y molecular del virus de la mancha anillada del papayo (PRSV) que infecta *Carica papaya* L. en el norte del Peru. *Scientia Agropecuaria* 6(4):241-246. <https://cipotato.org/publications/caracterizacion-sintomatologica-y-molecular-del-virus-de-la-mancha-anillada-del-papayo-prsv-que-infecta-carica-papaya-l-en-el-norte-del-peru/>
- Van Droogenbroeck, B., Breyne, P., Goetghebeur, P., Romeijn-Peters, E., Kyndt, T. & Gheysen, G. (2002). AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. *Theor Appl Genet* 105: 289-297. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0983-4>
- Vásquez, C. (2012). *Evaluación de los emplastos de hoja de papaya (Carica papaya) en la cicatrización de heridas quirúrgicas en piel de terneros*. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2496/1/Tesis%20Med%20Vet%20Christian%20M%20Vasquez%20M.pdf>
- Vázquez, M., Zavala, M., Contreras, F., Espadas, F., Navarrete, A., Sánchez, L. & Santamaría, J. (2014). New cultivars derived from crosses between commercial cultivar and a wild population of papaya rescued at its center of origin. *Journal of Botany* vol. 2014, Article ID 829354, 10 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/829354>
- Veritrade. (2020). 080720: Papayas. <https://www.veritradecorp.com/es/Peru/importaciones-y-exportaciones/papayas/080720>
- Yanthan, J.L., Vasugi, C., Dinesh, M.R., Reddy, M.K. & Das, R. (2017). Evaluation of F6 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L) for resistance to papaya ring spot virus (PRSV) *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* 6(5): 289-298.
- Ye, C. & Li, H. (2010). 20 Years of transgenic research in China for resistance to papaya ringspot virus. *Transgenic Plant J.* 4: 58-63.
- Zariquiey, R. (2016). *Vocabulario Iskonawa-Castellano-Inglés*. USA-Boston. 258 pp. <https://sites.tufts.edu/iskonawa/files/2014/08/Diccionario-iskonawa-English-web.pdf>

Anexos

• Anexo 1 • Claves de identificación de las especies de la familia Caricaceae

Anexo 1a. Clave para la identificación de las especies de *Jacaratia* propuesta por Badillo (1993)

A. Plantas armadas. Árboles.

- B. Armadas de espinas acrescentes en la parte inferior de la inserción del peciolo. Foliolos 3 o 5, a veces 7, elípticas u ovales..... ***Jacaratia heterophylla***
(Distribución: Brasil)
- B. Armadas con acúleos en todas las partes vegetativas de la planta.
- C. Foliolos maduros 5 o 7, angosto-elípticos u obovados, peciolulados..... ***Jacaratia digitata***
(Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú)
- C. Foliolos maduros (5) – 12, angosto-ovados, sésiles o casi sésiles..... ***Jacaratia spinosa***
(Distribución: Nicaragua a Argentina)

A. Plantas inermes.

- D. Foliolos pequeños, 2.5 – 5.5 (-9) cm de largo, 3 o 5, a veces reducidos a uno sólo. Arbustos de raíz hidroreservante..... ***Jacaratia corumbensis***
(Distribución: Bolivia, Paraguay, Argentina, Brasil)
- D. Foliolos grandes, (-6) 27 cm de largo, por lo general un número de 5 o 7. Árboles.
- E. Flores masculinas 3 – 11 cm de largo, con anteras inferiores prolongadas bajo su inserción. Foliolos brillantes en el haz..... ***Jacaratia dolichaula***
(Distribución: México a Panamá)
- E. Flores masculinas mucho más cortas. Foliolos opacos en el haz.
- F. Hojas (4-) 5-folioladas. Flores masculinas con anteras inferiores no prolongadas bajo su inserción; tubo interiormente glabro ***Jacaratia chocoensis***
(Distribución: Colombia)
- F. Hojas (3-) 5-7-folioladas. Flores masculinas con anteras inferiores prolongadas bajo su inserción; tubo interiormente pubescente ***Jacaratia mexicana***
(Distribución: México, Nicaragua y el Salvador)

Anexo 1B. Clave para la identificación de las especies de *Cylicomorpha* propuesta por Badillo (1993)

Hojas angosta-cordiformes en la base, sus lobos no muy profundos, 1-4 veces la longitud de la parte entera de la lámina ***Cylicomorpha parviflora***
 (Distribución: Tanzania, Malawi, Kenia)

Hojas ancho-cordiformes en la base, sus lobos profundos, (3)- 6-10 veces la longitud de la parte no dividida de la lámina ***Cylicomorpha solmsii***
 (Distribución: Camerún)

Anexo 1C. Clave para la identificación de las especies de *Jarilla* y su distribución (Díaz & Lomelí, 1992)

A. Fruto de más de 12 cm de longitud total, apéndices basales de más de 3.5 cm de largo; anteras del grupo inferior de 1.8 – 2.9 mm de largo..... ***Jarilla caudata***
 (Distribución: Baja California Sur, Jalisco, Guanajuato y Michoacán)

A. Fruto de menos de 8.4 cm de longitud total, apéndices basales de menos de 3.3 cm de largo; anteras del grupo inferior menos de 1.9 mm de largo B

B. Fruto con cinco alas longitudinales; tallo erguido; hojas generalmente más anchas que largas; anteras del grupo inferior de 1.88 – 1.9 de largo **Jarilla chocola**
 (Distribución: Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Chiapas)

B. Fruto sin alas longitudinales; tallo no erguido; hojas más largas que anchas..... C
 (Distribución: Guatemala)

C. Frutos con apéndices basales de menos de 1 cm de longitud; semillas bien desarrolladas, fértiles; limbo foliar generalmente sagitado; anteras del grupo inferior de 1-1.7 mm de largo..... ***Jarilla heterophylla***
 (Distribución: Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Zacatecas)

C. Fruto con apéndices basales de más de 2 cm de longitud; semillas no desarrolladas; limbo foliar no sagitado; no se localizaron plantas masculinas ***Jarilla caudata x Jarilla heterophylla***
 (Distribución: Jalisco)

Anexo 1D. Clave para la identificación de las especies de *Vasconcellea* realizadas por Romero (2013) sobre la base de los estudios de Badillo (1967)

- A. Ovario 5-ocular; semillas casi siempre con la esclerotesta provista de protuberancias laminares meridianas.
- B. Anteras inferiores evidentemente prolongadas en apéndice de largo casi igual o mayor que la mitad de la longitud de la antera, a veces más corto, pero entonces bilobado; anteras superiores prolongadas o no.
- C. Inflorescencias masculinas contraídas, densas.
 - D. Inflorescencias masculinas pedunculadas, flores muy grandes (4.8-6 cm de largo) en grupo denso terminal o en dos grupos sucesivos..... ***Vasconcellea crassipetala***
 - D. Inflorescencias masculinas sésiles caulifloras o a veces pedunculadas especialmente en la parte foliosa del tallo, sus flores no tan grandes (2.8-3.5 cm de largo) y densamente agrupadas..... ***Vasconcellea cauliflora***
- C. Inflorescencias masculinas muy rara vez contraídas y densas, pero entonces flores masculinas más pequeñas que el caso anterior.
- E. Corola de tubo largo con relación a los lobos en las flores masculinas (3,5:1 hasta 1.5:1), rara vez más corto, pero entonces las flores nunca más largas de 25 mm.
- F. Hojas glabras, muy rara vez pubescente, pero entonces estigmas enteros.
 - G. Anteras superiores e inferiores con el conectivo claramente prolongado..... ***Vasconcellea omnilingua***
 - G. Anteras superiores no prolongadas, las inferiores sí.
 - H. Plantas erguidas, a veces tal vez apoyándose, pero no evidentemente trepadoras. Fruto liso, esférico, elipsoideo, rara vez más de 3 cm de largo. Hojas enteras, 3 lobadas, a veces un par de lobos adicionales ***Vasconcellea microcarpa***
 - H. Plantas trepadoras epiclinas. Fruto elipsoideo, grande, más de 6 cm de largo, levemente 5-surcado. Hojas 3-lobadas, a veces además por dos lobos ***Vasconcellea horovitziana***
- F. Hojas pubescentes o con papilas alargadas o a veces glabras, pero entonces como siempre estigmas divididos al ápice ***Vasconcellea sprucei***
- E. Corola de tubo no tan largo, tendiendo a igualar la longitud de los lobos en las flores masculinas, estas flores grandes de 30 a 40 mm de largo (1:1 hasta 1.5:1).

F. Hojas trinervadas, trilobadas, a veces 5-nervadas y quinquelobadas **Vasconcellea sphaerocarpa**

F. Hojas uninervas.

I. Inflorescencias femeninas tan largas como las hojas y laxas. Hojas angosto-obovadas 30-47 cm de largo por 12-22 cm de ancho, enteras o con uno o más lobos laterales en su mitad superior, nervaduras salientes en el envés..... **Vasconcellea pulchra**

I. Inflorescencias femeninas cortas. Hojas angosto-elípticas o elípticas a veces levemente ovoides, 14.5 a 19 cm de largo por 7-8 cm de ancho, siempre enteras, nervaduras no salientes en el envés..... **Vasconcellea longiflora**

B. Anteras inferiores poco prolongadas, con el ápice corto, hasta un tercio de la longitud de la antera, con frecuencia mucho menor aún o no prolongadas; anteras superiores no prolongadas o apenas.

J. Flores, pedúnculo y ejes de las inflorescencias rosados.
Ovario y fruto 10-costulado..... **Vasconcellea parviflora**

J. Flores verdosas, blancuzcas, cremas, amarillas, verde oliva oscuro o anaranjadas, a veces con tonos púrpura.

K. Ovario y fruto nunca 10 -costulado.

L. Hojas de dientes cortos.

M. Dientes irregulares, no prolongados **Vasconcellea weberbaueri**

M. Dientes regulares, prolongados en mución **Vasconcellea augusti**

L. Hojas de borde entero, a veces con pocos dientes, pero entonces largos y estrechos.

F. Hojas predominantemente 1-nervas, si acaso otros dos nervios, entonces débiles y netamente descendentes, y en ese caso las hojas hastiformes, generalmente hojas pinnatífidas o enteras **Vasconcellea quercifolia**

F. Hojas 3-5 o 7-nervas, a veces uninervas, pero entonces hojas enteras y fruto unbalado.

N. Frutos elipsoideos subalados. Inflorescencias femeninas corta o muy largamente pedunculadas.

O. Anteras frecuentemente laxo-pilosas al dorso..... **Vasconcellea glandulosa**

N. Frutos ovoides, elipsoideos o piriformes, a veces con ángulos destacados, pero nunca subalados. Anteras glabras al dorso.

F. Hojas pubescentes.

P. Hojas caducas, enteras, a veces levemente lobadas, blancas en el envés..... **Vasconcellea candidicans**

P. Hojas persistentes, profundamente 5-7 lobadas, los lobos, al menos el central, de nuevo dividido, verdes en el envés **Vasconcellea pubescens**

F. Hojas glabras.

Q. Estipulas espiniformes presentes. Flor de color amarillo subido, anaranjadas o casi anaranjadas..... **Vasconcellea stipulata**

Q. Estipulas ausentes. Flores de otros colores.

R. Hojas pequeñas, angulobadas, los lobos poco profundos. Semillas completamente lisas..... **Vasconcellea chilensis**

R. Hojas medianas a grandes, diversa y profundamente lobadas hasta digitadas.

S. Hojas palmipartidas hasta digitadas, 5-nervas. Fruto más o menos pentágono, en la madurez ángulos obtusos y los lados deprimidos. Semillas pequeñas o medianas (6-7 mm de largo por 4.5-5 mm de ancho), las protuberancias hemisféricas u obtusas y chatas, a veces muy poco salientes **Vasconcellea goudotiana**

S. Hojas palmipartidas, casi siempre 3-nervas. Fruto liso esférico hasta elipsoideo. Semillas grandes (9-10 mm de largo por 6.5-7 mm de ancho), las protuberancias grandes y obtusas hasta 2 mm de largo **Vasconcellea monoica**

Anexo 2. Metodología para la identificación de los puntos de muestreo

Para la identificación de los puntos de muestreo o de prospección a nivel de distrito, se utilizó la metodología de la máxima representatividad geográfica, que consiste en identificar la mayor cantidad de datos georreferenciados disponibles, estandarizándolos en una base de datos espacial, basados en el modelamiento y análisis de nichos ecológicos. Los resultados fueron superpuestos con las capas de zona de vida, cobertura vegetal, regiones naturales, mapa nacional de ecosistemas, y mapa de temperaturas multianuales, generando una matriz nacional a nivel de distrito. A esta matriz se añadió la intención de siembra en la campaña agrícola 2018-2019 (Minagri, ahora Midagri), así como la presencia de redes de comunicación vial, producción anual y distribución de *C. papaya*.

Inicialmente se había indicado realizar el levantamiento de información, para la línea de base de la diversidad de la papaya con fines de bioseguridad, en 13 departamentos (Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín, Ucayali). Sin embargo, a partir del análisis espacial realizado, con fines de identificar la distribución de la *C. papaya* y sus parientes silvestres, se determinaron escenarios similares en donde se distribuye la especie, identificando, además, a los departamentos de Ancash, Apurímac, Cusco y Lima. Cabe señalar, que la información de superficie sembrada y el número de productores reportados en el IV Cenagro (2012) determinaron la elección de algunos distritos de la lista de lugares a prospectar. Sin embargo, con fines de evidenciar la presencia de cultivares y parientes silvestres de esta especie, el trabajo de campo fue determinante para considerar la región Huancavelica.

Luego del procesamiento de la información se determinó que para tener una muestra representativa de la diversidad de la papaya en el Perú se debían hacer prospecciones en 18 departamentos, 69 provincias y 256 distritos, las cuales fueron realizadas desde setiembre de 2019 a febrero de 2020.

Anexo 3. Distritos seleccionados para el estudio de la línea base de la diversidad de papaya

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones	
Amazonas	Bagua	Aramango	4	
		Bagua	4	
		Copallín	4	
		Imaza	4	
	Bongará	La Peca	2	
		Churuja	2	
		Cuispes	5	
		Jazan	2	
		Shipasbamba	5	
		Valera	5	
	Chachapoyas	Balsas	5	
		Chuquibamba	3	
	Condorcanqui	Nieva	4	
	Rodríguez de Mendoza	Chirimoto	4	
		Cochamal	4	
		Huambo	5	
		Limabamba	4	
		Longar	4	
		Mariscal Benavides	3	
		Milpuc	6	
		Omia	4	
		San Nicolás	4	
		Santa Rosa	4	
		Tоторa	2	
		Vista Alegre	2	
		Utcubamba	Bagua Grande	5
			Cajaruro	4
Cumba	4			
El Milagro	7			
Jamalca	4			
Lonya Grande	5			
Ancash	Huarmey	Huarmey	5	
Apurímac	Abancay	Curahuasi	4	
	Chincheros	Huaccana	3	
Ayacucho	Huamanga	Ocros	4	

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
	Huanta	Llochegua	5
		Luricocha	4
		Pucacolpa	5
		Sivia	9
	La Mar	Anchihuay	6
		Anco	12
		Ayna	6
		Chungui	3
		Luis Carranza	4
		Samugari	9
		Santa Rosa	9
	Vilcas Huamán	Concepción	4
Cajamarca	Cajabamba	Cachachi	10
		Cajabamba	4
		Condebamba	5
		Sitacocha	7
	Celendín	Utco	4
	Cutervo	Choros	6
		La Ramada	1
		Querocotillo	4
		San Luis de Lucma	1
		Santa Cruz	3
		Santo Tomás	2
	Jaén	Bellavista	6
		Colasay	5
		Jaén	6
		San Felipe	4
		San José Del Alto	5
		Santa Rosa	4
	San Ignacio	Chirinos	4
		Huarango	4
		San Ignacio	4
		San José De Lourdes	5
	San Marcos	Eduardo Villanueva	2
	Santa Cruz	Catache	5

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
		Chancaybaños	1
		La Esperanza	1
Cusco	La Convención	Echarate	5
		Pichari	7
	Paucartambo	kosñipata	3
		Paucartambo	1
	Urubamba	Ollantaytambo	1
Huancavelica	Churcampa	Churcampa	1
Huánuco	Huacaybamba	Cochabamba	4
		Huacaybamba	10
	Leoncio Prado	José Crespo y Castillo	4
		Pucayacu	3
		Pueblo Nuevo(H)	4
		Santo Domingo De Anda	4
	Marañón	Cholón	5
		La Morada	4
		Santa Rosa de Alto Yanajanca	4
	Puerto Inca	Codo del Pozuzo	4
		Honoría	5
		Puerto Inca	3
		Tournavista	3
		Yuyapichis	3
Junín	Chanchamayo	Chanchamayo	5
		Perené	4
		Pichanaqui	5
		San Luis de Shuaro	5
		San Ramón	3
		Vitoc	5
	Satipo	Coviriali	4
		Llaylla	4
		Mazamari	3
		Pampa Hermosa	4
		Pangoa	4
		Río Negro	4
		Río Tambo	9

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
		Satipo	3
La Libertad	Ascope	Rázuri	11
	Bolívar	Bolívar	2
		Condormarca	5
		Longotea	4
		Uchumarca	2
		Ucuncha	3
	Chepén	Pacanga	9
		Pueblo Nuevo	9
	Gran Chimú	Cascas	9
		Marmot	6
		Sayapullo	5
	Patáz	Chillia	5
		Patáz	7
		Pias	5
		Taurija	8
	Sánchez Carrión	Chugay	5
		Cochorco	4
		Sartimbamba	7
	Trujillo	Laredo	8
		Poroto	8
	Virú	Chao	9
		Guadalupito	7
		Virú	9
Lambayeque	Ferreñafe	Incahuasi	6
		Pítipo	9
	Lambayeque	Chochope	5
		Motupe	11
		Olmos	9
		Salas	8
Lima	Barranca	Paramonga	5
		Supe	6
Loreto	Alto Amazonas	Balsapuerto	3
		Jeberos	2
		Lagunas	3

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
		Santa Cruz (L)	3
		Teniente Cesar López Rojas	4
		Yurimaguas	4
	Datem del Marañón	Manseriche	2
	Loreto	Nauta	3
	Mariscal Ramón Castilla	Pebas	4
	Maynas	Belén	3
		Fernando Lores	3
		Indiana	4
		Iquitos	3
		Las Amazonas	3
		Mazan	3
		Punchana	5
		San Juan Bautista	7
	Requena	Jenaro Herrera	4
		Requena	4
		Saquena	3
Madre de Dios	Manu	Fitzcarrald	4
		Huepetuhe	3
		Madre De Dios	3
		Manu	4
	Tahuamanu	Iberia	4
		Iñapari	4
		Tahuamanu	5
	Tambopata	Inambari	6
		Laberinto	4
		Las Piedras	4
		Tambopata	5
Pasco	Oxapampa	Chontabamba	4
		Constitución	3
		Huancabamba	3
		Oxapampa	5
		Palcazu	3
		Pozuzo	3
		Puerto Bermúdez	2

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
		Villa Rica	4
Piura	Ayabaca	Ayabaca	11
		Pacaipampa	6
		Suyo	9
	Morropón	Chulucanas	8
	Piura	Catacaos	5
		Cura Mori	5
		Las Lomas	7
		Piura	6
		Tambo Grande	7
	Sechura	Bernal	8
		Vice	6
	Sullana	Marcavelica	6
		Sullana	10
San Martín	Bellavista	Alto Biavo	4
		Bajo Biavo	4
		Bellavista	4
		Huallaga	4
		San Pablo	4
		San Rafael	3
	El Dorado	Agua Blanca	3
		San José de Sisa	4
		Santa Rosa	5
		Shatoja	3
	Huallaga	Pischoyacu	4
		Sacanche	4
		Saposoa	5
		Tingo de Saposoa	2
	Lamas	Barranquita	3
		Caynarachi	4
		Pinto Recodo	2
	Mariscal Cáceres	Campanilla	4
		Huicungo	3
		Juanjui	4
		Pachiza	5

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
		Pajarillo	3
	Moyobamba	Habana	2
		Moyobamba	3
		Soritor	2
	Picota	Buenos Aires	3
		Picota	4
		Pilluana	5
		Pucacaca	4
		Tingo De Ponasa	4
	Rioja	Awajún	3
		Elias Soplín Vargas	2
		Nueva cajamarca	3
		Pardo Miguel	3
		Rioja	3
		Yorongos	4
		Yuracyacu	2
	San Martín	Alberto Leveau	4
		Cacatachi	3
		Chazuta	4
		El Porvenir	3
		Juan Guerra	5
		La Banda de Shilcayo	5
		Morales	4
		Sauce	3
		Shapaja	4
		Tarapoto	3
	Tocache	Nuevo Progreso	5
		Pólvora	5
		Tocache	4
		Uchiza	5
Ucayali	Atalaya	Raymondi	4
		Sepahua	4
		Tahuania	4
	Coronel Portillo	Callería	4
		Campoverde	3

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
		Iparia	4
		Manantay	3
		Masisea	4
		Nueva Requena	2
		Yarinacocha	4
	Padre Abad	Alexander Von Humboldt	3
		Curimana	4
		Irazola	5
		Neshuya	3
		Padre Abad	5

Resumen de las prospecciones por departamento, provincia y distrito

Departamento	Provincia	Distrito	Prospecciones
Amazonas	6	31	124
Ancash	1	1	5
Apurímac	2	2	7
Ayacucho	4	13	80
Cajamarca	7	25	103
Cusco	3	5	17
Huancavelica	1	1	1
Huánuco	4	14	60
Junín	2	15	64
La Libertad	8	23	147
Lambayeque	2	6	48
Lima	1	2	11
Loreto	6	20	70
Madre de Dios	3	11	46
Pasco	1	8	27
Piura	5	13	94
San Martín	10	51	185
Ucayali	3	15	56
Total general	69	256	1145

Anexo 4. Análisis estadístico de los parámetros de la biología floral

Anexo 4A. Modelos de crecimiento de las estructuras florales del cultivar criollo amarillo

Distrito	Tipo de planta	Variable	Media	Ecuación	R ²	P-valor
Virú	Masculino	Longitud botón floral	2.93	$y = 0.1259x + 0.4017$	0.95	0.008
		Longitud pedúnculo	12.71	$y = 0.5992x + 0.6737$	0.97	0.003
	Femenino	Longitud botón floral	3.29	$y = -0.0016x^2 + 0.1976x + 0.21$	0.97	0.0004
		Longitud pedúnculo	1.45	$y = 0.0514x + 0.4148$	0.99	0.0001
	Hermafrodita	Longitud botón floral	3.12	$y = -0.0016x^2 + 0.1695x + 0.627$	0.95	0.0001
		Longitud pedúnculo	2.61	$y = 0.0837x + 0.9256$	0.97	0.0049
Concepción	Masculino	Longitud botón floral	2.14	$y = -0.001x^2 + 0.1167x + 0.139$	0.96	0.012
		Longitud pedúnculo	10.95	$y = 0.0151x^2 - 0.1259x + 1.86$	0.99	0.071
	Femenino	Longitud botón floral	2.64	$y = -0.001x^2 + 0.1354x + 0.153$	0.97	0.031
		Longitud pedúnculo	1.3	$y = 0.0003x^2 + 0.0185x + 0.623$	0.98	0.008
	Hermafrodita	Longitud botón floral	2.52	$y = -0.0007x^2 + 0.118x + 0.211$	0.98	0.04
		Longitud pedúnculo	3.3	$y = 0.0919x + 1.0965$	0.98	0.0001
Campo Verde	Masculino	Longitud botón floral	2.39	$y = -0.0007x^2 + 0.1176x + 0.01$	0.96	0.0001
		Longitud pedúnculo	21.71	$y = 0.0061x^2 + 0.4267x + 4.86$	0.99	0.0001
	Femenino	Longitud botón floral	2.62	$y = 0.0997x + 0.0191$	0.97	0.0006
		Longitud pedúnculo	2.67	$y = 0.0013x^2 + 0.0179x + 1.04$	0.99	0.0045
	Hermafrodita	Longitud botón floral	2.91	$y = 0.1073x + 0.12$	0.98	0.0001
		Longitud pedúnculo	7.72	$y = 0.0027x^2 + 0.0203x + 4.66$	0.99	0.0001

R² = Coeficiente de regresión

Anexo 4B. Análisis de varianza para la longitud de botón floral del cultivar criollo amarillo en tres distritos según el tipo floral

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor
Modelo	12.87	8	1.61	0.7	0.693
Tipo floral	12.87	8	1.61	0.7	0.693
Error	242.25	105	2.31		
Total	255.12	113			

Anexo 4C. Prueba de significación de Tukey para la longitud de pedúnculo floral del cultivar criollo amarillo en tres distritos según el tipo floral

Tipo floral	Media	n	Error Experimental	Prueba de significación		
Femenino (Concepción)	1.33	13	1.72	A		
Femenino (Virú)	1.45	11	1.87	A		
Hermafrodita (Virú)	2.61	11	1.87	A		
Femenino (Campo Verde)	2.68	14	1.65	A		
Hermafrodita (Concepción)	3.31	13	1.72w	A	B	
Hermafrodita (Campo Verde)	7.72	14	1.65	A	B	C
Masculino (Concepción)	10.95	13	1.72		B	C
Masculino (Virú)	12.71	11	1.87			C
Masculino (Campo Verde)	21.72	14	1.65			D

Medias seguidas con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$, prueba de Tukey). Error = 38.2675; grados de libertad = 105

Anexo 4D. Prueba de significancia de Tukey para el número de inflorescencia del cultivar criollo amarillo en tres distritos según el tipo floral

Tipo floral	Media	n	Error Experimental	Prueba de significación		
Femenino (Virú)	1.73	11	2.98	A		
Hermafrodita (Virú)	2.64	11	2.98	A		
Femenino (Concepción)	2.85	13	2.74	A		
Femenino (Campo Verde)	4.79	14	2.64	A		
Hermafrodita (Campo Verde)	7.29	14	2.64	A		
Hermafrodita (Concepción)	9.31	13	2.74	A		
Masculino (Virú)	26	11	2.98			B
Masculino (Concepción)	30	13	2.74			B
Masculino (Campo Verde)	37.86	14	2.64			B

Medias seguidas con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$, prueba de Tukey). Error = 97.7916; grados de libertad = 105

Anexo 4E. Modelos de crecimiento de las estructuras florales del cultivar criollo morado.

Distrito	Tipo de planta	Variable	Media	Ecuación	R ²	P-valor
Olmos	Masculino	Longitud botón floral	1.63	$y = 0.0574x + 0.368$	0.98	0.0001
		Longitud pedúnculo	6.9	$y = 0.0112x^2 - 0.2054x + 3.9013$	0.97	0.0001
	Femenino	Longitud botón floral	2.16	$y = 0.0933x + 0.1001$	0.96	0.0001
		Longitud pedúnculo	1.14	$y = 0.0331x + 0.4086$	0.94	0.0001
	Hermafrodita	Longitud botón floral	2.41	$y = 0.1068x + 0.0565$	0.95	0.0001
		Longitud pedúnculo	2.82	$y = 0.0861x + 0.9221$	0.98	0.0001
Pichari	Masculino	Longitud botón floral	3.69	$y = -0.0012x^2 + 0.1608x + 0.65$	0.99	0.0001
		Longitud pedúnculo	18.46	$y = 0.0064x^2 + 0.3162x + 4.23$	0.99	0.0001
	Femenino	Longitud botón floral	2.3	$y = 0.0633x + 0.6512$	0.97	0.007
		Longitud pedúnculo	2.48	$y = 0.0626x + 0.8539$	0.99	0.0001
	Hermafrodita	Longitud botón floral	3.48	$y = -0.0013x^2 + 0.1519x + 0.70$	0.99	0.0001
		Longitud pedúnculo	9.31	$y = 0.1123x + 6.3806$	0.98	0.0001

R² = Coeficiente de regresión

Anexo 4F. Prueba de significación de Tukey para la longitud del botón floral del cultivar criollo morado en dos distritos según el tipo floral

Distrito	Tipo floral	Media	n	Error Experimental	Prueba de significación
Olmos	Masculino	1.4	12	0.39	A
	Femenino	2.16	12	0.39	A B
Pichari	Femenino	2.3	14	0.36	A B
Olmos	Hermafrodita	2.42	12	0.39	A B
Pichari	Hermafrodita	3.48	14	0.36	B
	Masculino	3.7	14	0.36	B

Medias seguidas con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$, prueba de Tukey). Error = 1.8308; grados de libertad = 72

Anexo 4G. Prueba de significación de Tukey para la longitud de pedúnculo floral del cultivar criollo morado en dos distritos según el tipo floral

Distrito	Tipo floral	Media	n	Error Experimental	Prueba de significación
Olmos	Femenino	1.14	12	1.47	A
Pichari	Femenino	2.49	14	1.36	A
Olmos	Hermafrodita	2.82	12	1.47	A
	Masculino	6.9	12	1.47	A B
Pichari	Hermafrodita	9.31	14	1.36	B
	Masculino	18.46	14	1.36	C

Medias seguidas con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$, prueba de Tukey). Error = 26.0625; grados de libertad = 72

Anexo 4H. Prueba de significancia de Tukey para el número de inflorescencia del cultivar criollo morado en dos distritos según el tipo floral

Distrito	Tipo floral	Media	n	Error Experimental	Prueba de significación
Pichari	Femenino	4.21	14	1.91	A
Olmos	Femenino	4.75	12	2.06	A
Pichari	Hermafrodita	5.64	14	1.91	A
Olmos	Hermafrodita	6.92	12	2.06	A
	Masculino	24.17	12	2.06	B
Pichari	Masculino	30.5	14	1.91	B

Anexo 5. Microorganismos de suelos expresados en unidades logarítmicas ($\text{Log}_{(10)}$) en distritos de los 13 departamentos.

Departamento	Distritos	Microorganismos de Suelos									
		Aerobios mesófilos viables UFC/g		Recuento de mohos y levaduras UFC/g		Pseudomonas NMP/g		Bacillus UFC/g		Recuento de actinomicetos UFC/g	
		CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC
Cajamarca	Catache	6.51	6.56	6.00	4.90	5.46	4.52	5.40	4.90	5.77	6.18
	Chancay baños	7.04	7.34	5.60	5.62	5.51	6.53	6.23	5.76	6.20	6.53
	Chirinos	7.00	6.32	4.95	4.08	4.45	3.18	5.45	5.36	6.53	6.04
	Huarango	7.08	7.04	4.76	4.68	4.45	4.48	5.38	5.23	6.85	6.23
	Sta. Rosa	6.64	6.85	4.60	4.48	4.43	4.45	6.08	5.49	6.08	6.18
Amazonas	Imaza	7.11	6.40	7.18	4.58	5.58	4.53	5.74	7.04	6.26	5.91
	Bagua	6.90	6.93	4.67	5.11	3.83	5.18	5.30	5.51	6.32	6.46
	La Peca	6.28	7.15	4.94	5.30	5.51	5.26	5.26	5.30	6.15	6.32
	Cajaruro	6.61	6.28	4.76	4.54	4.86	4.45	5.11	5.18	6.08	5.95
	Cumba	6.36	6.85	3.83	4.83	2.45	5.18	5.30	6.18	5.91	5.15
San Martín	Moyobamba	6.68	6.95	4.36	4.64	4.45	5.20	5.52	5.30	6.61	6.11
	Bajo Biavo	6.85	7.08	4.49	4.99	6.15	7.78	5.76	5.92	4.92	4.76
	Campanilla	6.79	6.04	4.18	4.28	6.20	6.11	6.15	6.04	5.46	5.15
	Huicungo	7.34	7.30	5.36	4.83	6.36	6.48	6.11	6.52	5.40	6.15
	Pajarillo	6.72	6.46	4.34	4.45	6.57	6.59	6.08	5.48	5.28	5.11
Loreto	S.J. Bautista	7.53	6.92	5.43	6.36	6.41	3.75	6.08	6.26	6.43	6.11
	Punchana	7.46	7.48	5.00	6.04	5.79	4.82	5.99	5.88	6.46	6.59
	Belén	7.34	6.23	4.71	6.23	5.15	4.78	5.30	6.11	6.20	6.11
	Yurimaguas	6.52	6.58	4.63	4.71	5.15	4.74	6.15	5.18	6.36	6.28
	Balsapuerto	6.96	7.11	4.20	4.51	6.08	5.68	5.64	5.28	5.79	3.76
Ucayali	Campoverde	7.11	6.93	4.83	4.48	6.45	6.11	6.28	6.04	5.38	4.08
	Iparia	6.57	6.83	4.23	5.11	6.58	6.58	6.11	6.15	5.41	5.15
	Masisea	7.04	6.73	4.68	4.20	6.45	6.43	6.15	4.58	5.48	4.45
	Pedro Abad	6.56	6.48	4.68	4.00	5.96	5.78	7.52	6.15	5.41	5.84
	Curimana	7.36	7.15	4.52	4.43	6.41	6.57	6.36	6.49	6.11	5.38
Huánuco	José Crespo y Castilla	7.20	7.08	5.41	6.48	6.43	6.23	6.60	6.52	5.45	5.18
	Puerto Inca	7.41	6.43	5.18	4.54	6.11	6.04	6.28	5.57	6.11	5.11
	Codo del Pozuzo	7.04	6.58	5.91	3.99	6.08	5.76	6.04	5.88	3.82	3.41
	Honoría	6.88	6.41	4.73	3.86	6.28	5.97	6.91	6.11	5.38	6.11
	Yuyapichis	6.49	6.40	5.08	5.00	6.67	6.40	6.38	5.26	5.15	4.15
Pasco	Palcazu	6.38	6.41	4.30	4.11	5.84	5.48	6.11	5.60	4.45	5.86
	Pozuzo	6.15	7.23	4.11	3.93	6.08	6.75	6.08	5.86	5.43	4.79
	Puerto Bermúdez	6.34	6.89	5.08	4.67	6.20	6.15	5.11	5.32	3.43	4.41
	Villa Rica	6.45	7.40	4.08	4.00	5.93	5.64	6.08	5.23	3.82	4.79
	Constitución	7.08	7.11	5.15	4.98	6.15	5.38	5.32	5.11	3.41	3.40
Junín	Mazamari	7.04	6.89	4.81	4.82	5.95	6.36	5.45	5.32	5.36	4.76
	Pangoa	6.86	6.86	4.00	3.81	6.08	6.04	5.36	5.43	4.77	6.11
	Rio Negro	6.43	7.28	5.86	4.76	5.43	5.11	5.28	5.36	7.11	4.38
	Rio Tambo	7.26	6.70	4.41	3.93	6.40	6.41	5.90	5.34	5.75	3.32
	Vizcatán del Ene	7.15	6.98	4.99	4.23	6.23	5.58	6.11	5.20	5.96	6.11

Departamento	Distritos	Microorganismos de Suelos									
		Aerobios mesófilos viables UFC/g		Recuento de mohos y levaduras UFC/g		Pseudomonas NMP/g		Bacillus UFC/g		Recuento de actinomicetos UFC/g	
		CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC
Piura	Tambo Grande	6.71	5.83	4.96	4.52	3.08	2.89	6.08	5.40	6.43	5.61
	Ayabaca	6.52	6.34	4.60	4.69	2.23	2.43	5.49	5.93	6.11	6.04
	Suyo	6.78	6.51	3.86	4.49	3.94	3.46	5.85	5.53	6.08	6.78
	Chulucanas	6.43	6.88	4.45	5.36	4.41	3.08	5.89	5.80	6.81	6.76
	Marcavelica	6.04	5.36	4.81	3.65	3.08	0.48	5.40	7.04	5.93	5.56
Lambayeque	Incahuasi	7.04	6.43	4.83	4.57	4.43	3.41	6.18	6.00	6.11	6.28
	Chochope	6.71	6.51	4.89	4.58	0.95	2.68	6.49	5.66	6.23	6.00
	Motupe	6.00	5.80	4.49	3.79	0.48	1.65	6.51	5.04	5.85	5.88
	Olmos	6.23	5.90	4.61	3.82	3.38	1.64	5.87	5.60	6.18	6.08
	Salas	6.43	5.91	4.43	6.11	3.40	3.67	5.08	5.38	6.98	6.11
La Libertad	Virú	5.91	6.11	4.38	4.40	2.91	2.70	5.08	4.98	6.94	6.51
	Chao	6.46	6.48	4.54	4.18	3.91	3.70	5.30	5.30	6.97	5.77
	Chungay	7.11	6.75	4.40	4.65	5.11	5.11	5.34	5.84	6.92	5.91
	Pataz	6.59	6.15	4.46	3.64	5.08	4.70	5.08	5.51	6.61	5.80
	Cascas	6.62	5.86	4.60	3.54	3.91	2.68	5.60	5.08	6.56	5.72
Madre de Dios	Tambopata	7.18	6.89	4.64	4.65	6.45	4.30	6.08	6.18	6.79	6.11
	Inambari	7.46	7.36	5.57	5.00	4.11	4.49	6.46	6.11	6.32	6.85
	Las Piedras	7.15	6.69	4.72	4.94	5.26	4.23	6.18	5.32	6.60	6.54
	Laberinto	7.15	6.95	4.72	4.85	7.15	2.74	6.32	5.66	6.54	6.11
	Tahuamanu	6.91	6.11	4.81	4.52	5.11	3.11	6.00	5.77	6.08	6.08
Ayacucho	Ocros	7.23	6.85	5.04	4.92	5.04	5.11	5.18	5.38	7.04	6.73
	Sivia	7.15	7.23	4.64	5.04	5.08	4.69	6.18	6.20	6.77	7.83
	Santa Rosa	7.32	6.70	6.91	3.30	5.79	4.48	6.15	6.08	6.57	6.15
	Samugari	7.60	7.40	4.95	4.54	6.52	6.79	6.40	5.99	7.26	5.92
	Concepción	8.11	6.79	4.34	4.67	6.52	5.46	6.23	5.88	6.91	6.54

Fuente: Laboratorio Marino Tabusso 2019-2020. CC = Con cultivo; sc = Sin cultivo
 UFC/g = unidades formadoras de colonias por gramo de muestra de suelo.
 NMP/g = número más probable por gramo de muestra para *Pseudomonas*.

Escala de interpretación:

Valor	Interpretación
< 3 = 0.477	Ausencia total de microorganismos en la muestra
10 ² = 2	Suelo pobre en microorganismos
10 ³ - 10 ⁴ = 3 - 4	Presencia moderada de microorganismos
> 10 ⁵ = > 5	Suelo rico en microorganismos

Anexo 6. Metodología del análisis multicriterio para la caracterización del productor de papaya

El análisis multicriterio es un método que busca integrar las diferentes dimensiones de una realidad, que en nuestro caso es el acceso a servicios básicos, características de la vivienda, nivel educativo alcanzado, principal actividad económica del productor, resultados de la producción de papaya y posición del predio, en un solo marco de análisis para dar una visión integral y de esta manera tener un mejor acercamiento a la realidad.

Este análisis es un modelo matemático especializado que se inicia en:

- Proceso de jerarquización de cada uno de los indicadores en una escala de valores desde el nivel 1 al nivel 9 dependiendo del grado de preferencia.
- Procedimiento matemático previa selección de las variables, bajo un debate de los grupos de interés, definiendo el objetivo y los criterios del estudio; se elabora como primer punto la matriz para una comparación de pares, fila respecto a la columna.
- Realizada la comparación, se procede con la normalización de los datos, siendo el resultado matemático el peso ponderado de un variable en relación con la otra, lo que nos indica la importancia de cada variable.
- Para determinar si el criterio aplicado es el más idóneo, se procede a calcular la relación de consistencia (CR) el cual debe ser menor al 10% ($CR > 0.1$), el cual se inicia multiplicando la matriz normalizada por la matriz de comparación de pares. El CR debe estar dentro de los parámetros establecidos para afirmar que es un modelo aceptable. El siguiente paso es hallar el índice de Consistencia (CI) con la siguiente fórmula matemática.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} = Máximo autovalor

n = La dimensión de la matriz (el número de variables)

Hallando el λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \text{Promedio} \left(\sum \frac{\text{Vector Suma Ponderado}}{\text{Vector Priorización}} \right)$$

Para determinar el ratio de consistencia (CR), se aplica la siguiente fórmula:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

El ratio nos permite definir los criterios y asegurar que estén bien modelados. El índice aleatorio está representado como RI y está en función a “n”.

n	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice aleatorio	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Fuente: A partir de Toskano (2005)

El análisis multicriterio es bastante utilizado dentro del ámbito nacional, para la elaboración de mapas, submodelos, o mapas temáticos para la zonificación ecológica y económica.

Para la elaboración del mapa de parámetros socioeconómicos de los agricultores que cultivan la papaya y aprovechan selectivamente sus parientes silvestres, se han seleccionado las siguientes variables: acceso de seguro familiar, calidad de agua para consumo, abastecimiento de agua en las viviendas, disposición de excretas, tipo de alumbrado, vivienda, características básicas en la construcción de las viviendas, nivel de educación alcanzado por el productor, actividad económica principal, ingresos económicos obtenidos a partir de la producción de papaya, destino de la producción de este especie y posesión del predio en el que trabaja el productor.

Para la elaboración del mapa se trabajó con la cartografía de unidades integradas mediante el geoproceto de unión espacial de los factores o variables seleccionados para la zonificación agroecológica y posterior adición de las unidades administrativas a nivel distrital. Este procedimiento fue realizado por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG), manipulando capas de las variables consideradas con la finalidad de obtener entidades tipo polígonos. Luego se procedió con la ejecución del geoproceto de relaciones espaciales a partir de la información obtenida en la tabla de atributos de las unidades integradas y los datos de evaluación socioeconómica del productor, operación que permitió generar el área de influencia espacial de distribución de los valores y niveles de condición socioeconómica sobre las unidades integradas a partir de los puntos de evaluación. Finalmente, con la plantilla cartográfica resultante, se realizaron geoprocetos adicionales para enfocar los resultados a las unidades de estudio (distritos) y se procedió con el etiquetado de los valores de evaluación socioeconómica, representados en el mapa, los cuales fueron elaborados en formatos jpg y pdf. La representación de estos mapas fue categorizada en cuatro niveles: medio bajo (color marrón), medio (amarillo), medio alto (verde) y alto (morado).

El nivel alto indica que el productor tiene mejores condiciones socioeconómicas: el productor cuenta con seguro de salud, el nivel educativo alcanzado es universitario, su vivienda cuenta con servicios de agua y desagüe dentro de su vivienda, la infraestructura de su vivienda es de material duradero (concreto armado), propia y su principal actividad económica es la agricultura. Las ganancias obtenidas en el cultivo de papaya son superiores a los 2000 soles, y el terreno es propio. El nivel medio alto indica que el productor tiene nivel educativo superior no universitario, que su vivienda cuenta con agua y desagüe pero fuera de la vivienda, el alumbrado es con panel solar, la infraestructura con que está construida su vivienda es de concreto armado y que sus ganancias obtenidas están dentro de 1001 a 2000 soles. El nivel medio indica que el productor se abastece de agua de un pilón o pileta de uso público, elimina sus excretas en pozo séptico, cuenta con un generador comunal. El nivel educativo es secundaria completa, la vivienda es prestada sin pago alguno o es posesionario, está construida con tablas y adobe, techo de calamina o Eternit. La ganancia es de 501 a 1000 soles, siendo su producción para la venta. El nivel medio bajo indica que el productor se abastece de agua de pozo, manantial o puquio, elimina su excreta en pozo ciego o en letrina y se alumbra utilizando algún combustible. El nivel educativo alcanzado es primaria completa o secundaria incompleta, su vivienda está construida con material perecible, con ganancias, por el cultivo de papaya, menores a 500 soles. Finalmente, el nivel bajo implica que el agricultor se abastece de agua del río, acequia, lago, laguna y elimina sus excretas a campo abierto, y no cuenta con alumbrado eléctrico. Puede tener primaria incompleta, su vivienda es alquilada y construida con material perecible, estando su actividad económica poco o nada relacionada con el cultivo de papaya.

Anexo 7. Consideraciones para el análisis de riesgo

El análisis de riesgo de OVM se puede definir como una herramienta que facilita la toma de decisiones, mediante un proceso estructurado de manera lógica, y que consiste en recopilar información sobre los potenciales efectos adversos de la liberación deliberada o sin intención de un OVM en un ambiente específico y temporalidad, con el fin de establecer medidas de gestión, fomentando la participación pública y de los actores clave en la toma de decisiones. Este proceso está integrado por tres componentes: evaluación de riesgo, gestión de riesgo y comunicación del riesgo.

Para el caso de papaya, se debe tener en cuenta una evaluación con respecto a la utilización de este recurso como alimento para consumo humano, por lo que también se debe realizar un análisis de riesgo utilizando los lineamientos del Codex Alimentarius y todas las disposiciones que existen en la materia. Asimismo, se debe considerar la evaluación socioeconómica que analice el impacto de los cultivos modificados de papaya sobre los cultivos convencionales y tradicionales.

1. Evaluación de riesgo de las plantas de *Carica papaya* modificadas genéticamente

La evaluación de riesgos de los OVM es un proceso estructurado, objetivo, científico y multidisciplinario donde se analiza caso por caso las solicitudes de ingreso, a cargo de las instituciones competentes. Se debe tener en cuenta las directrices y guías elaboradas por las organizaciones internacionales pertinentes (tomar como referencia las evaluaciones realizadas en otros países o con OVM de características similares).

El objetivo del análisis de riesgo es identificar y evaluar los posibles efectos adversos de los OVM, determinar su probabilidad y consecuencias en la conservación, uso sostenible de la diversidad biológica, salud humana, animal u otros temas que consideren relevantes en el probable medio receptor, teniendo en cuenta cualquier incertidumbre relevante. La evaluación de riesgo es la base para la toma de decisiones fundamentadas por parte de las autoridades competentes con respecto al uso de los OVM.

Un punto importante que debe ser identificado en la evaluación de riesgo es el **organismo receptor no modificado u organismo parental** (en este caso particular son las plantas de *Carica papaya* convencionales o criollas no modificadas), organismo que ha servido de base para la modificación genética (organismo receptor del transgén). Mientas que el **medio receptor** es el posible lugar donde se hace la liberación de un OVM (campo de cultivo).

De manera general, la estimación del riesgo se hace mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = P \times C$$

Donde:

- P es la **probabilidad de ocurrencia** de que los efectos adversos ocurran realmente, teniendo en cuenta el nivel y el tipo de exposición del probable medio receptor al organismo vivo modificado. Este punto también se llama evaluación de la exposición, la cual se facilita con la pregunta: ¿Cuál es la probabilidad de que esto suceda?
- C es la **consecuencia**, efecto adverso en términos de magnitud del daño al ambiente. Se puede identificar mediante la pregunta: ¿Habría sido un problema? Para ello se tiene un listado de efectos adversos o listado de peligros que se deben evaluar.

1.1. Principio de la evaluación de riesgo

Según el Anexo III del Protocolo de Cartagena, la evaluación de riesgo se rige por los siguientes principios:

- a. *La evaluación del riesgo deberá realizarse de forma transparente y científicamente competente, y al realizarla deberá tenerse en cuenta el asesoramiento de los expertos y las directrices elaboradas por las organizaciones internacionales pertinentes.*
- b. *La falta de conocimientos científicos o de consenso científico no se interpretará necesariamente como indicadores de un determinado nivel de riesgo, de la ausencia de riesgo, o de la existencia de un riesgo aceptable.*
- c. *Los riesgos relacionados con los organismos vivos modificados o sus productos, por ejemplo, materiales procesados que tengan su origen en organismos vivos modificados, que contengan combinaciones nuevas detectables de material genético replicable que se hayan obtenido mediante el uso de la biotecnología moderna, deberán tenerse en cuenta en el contexto de los riesgos planteados por los receptores no modificados o por los organismos parentales en el probable medio receptor.*
- d. *La evaluación del riesgo deberá realizarse caso por caso. La naturaleza y el nivel de detalle de la información requerida pueden variar de un caso a otro, dependiendo del organismo vivo modificado de que se trate, su uso previsto y el probable medio receptor.*

1.2. Metodología de la evaluación de riesgo

El proceso de evaluación del riesgo puede dar origen, por una parte, a la necesidad de obtener más información acerca de aspectos concretos, que podrán determinarse y solicitarse durante el proceso de evaluación, y por otra parte, a que la información sobre otros aspectos pueda carecer de interés en algunos casos.

Etapas de la evaluación de riesgos:

a) **Identificación de cualquier característica genotípica y fenotípica nueva relacionada con el organismo vivo modificado que pueda tener efectos adversos en la diversidad biológica y en el probable medio receptor.**

- **Características del ambiente receptor.** Se caracteriza a los límites geográficos (lugar donde puede ocurrir la liberación del OVM) y el alcance temporal (la época, estacionalidad, etc.) en el cual se podría hacer la liberación.
- **Construcción genética del OVM.** Se tiene en cuenta al organismo receptor, al organismo donante (organismo de los que provienen los transgenes), las características de los genes introducidos y al constructo (vector e insertos de ADN que contienen los transgenes).
- **Características biológicas del OVM.** Se caracteriza fenotípicamente al OVM (caso por caso), sus aplicaciones y se detallan los métodos de detección e identificación del OVM.
- **Biología del organismo receptor o parental.** Se describen las características biológicas del organismo que recibe los transgenes (clasificación taxonómica, origen y hábitat, características fenotípicas, aspectos reproductivos, etc.).
- **Objetivo o meta de protección.** Son los elementos del medio ambiente que se quiere proteger y son el foco de interés de un país. Estos objetivos o metas están influenciados por consideraciones éticas, políticas y sociales y pueden ser diferentes entre los países.
- **Puntos finales de evaluación.** Son los parámetros para determinar los efectos adversos, deben ser analizables y medibles científicamente. Por ejemplo, la abundancia de una especie nativa en el medio receptor donde se libera un OVM en un tiempo dado. Los criterios para la selección de los puntos finales de evaluación están relacionados con su relevancia para las metas de protección, con una función ecológica bien definida, con la accesibilidad de las mediciones y el nivel de posible exposición al OVM.

Luego del análisis de los puntos anteriores, se realiza una definición del problema, o lo que es lo mismo, la identificación del tipo y naturaleza de los efectos adversos que un OVM puede causar al ambiente, organismo, sistema o (sub)población. A este punto también se llama identificación de peligros.

Para el caso de la *Carica papaya* GM, la identificación del peligro requiere que los analistas caractericen los rasgos genéticos, fisiológicos y de cruzabilidad de la *Carica papaya* GM, y planteen hipótesis sobre los atributos físicos, químicos y biológicos del medio receptor (lugar dónde se hace la liberación del OVM). Luego plantear la pregunta orientadora: ¿Qué puede salir mal? Los peligros son usualmente identificados usando actividades de lluvias de ideas, realizando una lista de peligros, etc. Por ejemplo:

- Toxicidad de la *Carica papaya* GM en los ecosistemas y agroecosistemas.
- Transferencia horizontal de genes de *Carica papaya* GM al ambiente.
- Interacción entre la *Carica papaya* GM con otros organismos u organismos asociados.
- Hibridación de la *Carica papaya* GM con cultivares nativos o criollos.
- La *Carica papaya* GM como vector de enfermedades.
- La *Carica papaya* GM en los ciclos biogeoquímicos.

b) Evaluación de la probabilidad (P) de que esos efectos adversos ocurran realmente (probabilidad de ocurrencia), teniendo en cuenta el nivel y el tipo de exposición del probable medio receptor al organismo vivo modificado.

¿Cuál es la probabilidad de que esto suceda? Es necesario plantearse preguntas como:

Para el peligro identificado: por ejemplo, hibridación de la papaya GM con variedades nativos criollos.

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Carica papaya* GM se hibriden con especies de *Carica papaya* criollo?
- ¿Cuál es la probabilidad que las semillas híbridas de *Carica papaya* GM-convencional sean viables y se dispersen?
- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Carica papaya* híbrido GM-convencional se reproduzcan y se establezcan naturalmente?

Para el peligro identificado: por ejemplo, interacción entre *Carica papaya* GM con otros organismos u organismos asociados.

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Carica papaya* GM alteren la abundancia y riqueza de los organismos asociados a la papaya convencional o criollo?
- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Carica papaya* GM alteren la abundancia y riqueza de los organismos y microorganismos del suelo asociados a la *Carica papaya* convencional o criollo?
- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de papaya GM alteren la abundancia y riqueza de los polinizadores de la *Carica papaya* convencional o criollo?

Para responder estas preguntas se necesita información clave, la cual está relacionada con los aspectos biológicos y de cultivo (biología floral, flujo de polen, flujo de genes, flujo de semilla, organismos y microorganismos asociados, entre otros). Dependiendo de la información, se puede determinar la probabilidad utilizando valores cualitativos como: altamente probable, probable, improbable, altamente improbable; o cuantitativos, asignando valores que pueden ir en una escala de 0 a 1, siendo 0 improbable y 1 certeza completa.

Asimismo, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Calidad: Se deben determinar y documentar metodologías científicas válidas para probar cualquier escenario de riesgo identificado.
- Incertidumbre: La incertidumbre es un elemento integral e inherente al análisis científico y se tiene en cuenta durante todo el proceso de evaluación del riesgo. Según el Protocolo de Cartagena: “cuando haya incertidumbre acerca del nivel de riesgo, se podrá tratar de subsanar esa incertidumbre solicitando información adicional sobre las cuestiones concretas motivo de preocupación, o poniendo en práctica estrategias de gestión del riesgo apropiadas y/o vigilando al organismo vivo modificado en el medio receptor”.

c) Evaluación de consecuencias (C) si esos efectos adversos ocurriesen realmente

¿Habría sido un problema? Es necesario plantearse preguntas como:

- ¿Cuál es la consecuencia de la toxicidad de la *Carica papaya* GM en los ecosistemas y agroecosistemas?
- ¿Cuál es la consecuencia de la transferencia horizontal de genes de la *Carica papaya* GM en el ambiente?
- ¿Cuál es la consecuencia de la interacción de la *Carica papaya* GM con otros organismos u organismos asociados?
- ¿Cuál es la consecuencia de la hibridación de la *Carica papaya* GM con especies nativas?
- ¿Cuál es la consecuencia de la *Carica papaya* GM si se comporta como vector de enfermedades?
- ¿Cuál es la consecuencia de la liberación de la *Carica papaya* GM en los ciclos biogeoquímicos?

Para responder estas preguntas se debe tomar en cuenta que el medio ambiente puede hacer un cambio en la expresión del transgén, es decir, cambios por la interacción entre el genotipo y el ambiente (GxE). Además, la expresión del transgén puede variar según el genotipo del espécimen modificado y también pueden surgir efectos pleiotrópicos (cuando la expresión de un gen tiene un efecto en la expresión de otro gen u otros genes).

Dependiendo de la información obtenida, se puede determinar la magnitud de la consecuencia utilizando factores cualitativos como: mayor, intermedia, menor y marginal; o cuantitativos utilizando una escala de 0 a 1, donde 0 significa que no hay consecuencias y 1 cuando existen daños muy graves e irreversibles.

Asimismo, se debe tener en cuenta los aspectos de calidad e incertidumbre.

d) Estimación del riesgo, utilizando la información anterior y la matriz de decisión.

El riesgo asociado a un OVM se basa en la evaluación de la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de las consecuencias de cada uno de los peligros y efectos adversos identificados (Paes de Andrade, Perrott y Roca; 2012). Los valores cualitativos o cuantitativos establecidos para determinar la probabilidad de ocurrencia y magnitud de daños se pueden transferir a una matriz de riesgo (Figura 54), con la que se puede identificar estrategias de gestión del riesgo que podrían prevenir, controlar o mitigar eficazmente las consecuencias de los efectos adversos. El proceso de análisis de riesgo incluye como componente indispensable la gestión del riesgo que son las medidas que permiten reducir el nivel del riesgo del OVM, con los que se pueden determinar si el riesgo es aceptable o no, para la toma de decisiones. En conjunto, el proceso de evaluación del riesgo puede ser muy iterativo, que significa que una o más etapas puedan que ser evaluadas repetidas veces cuando haya nueva información disponible, en un intento de aumentar el nivel de certidumbre.

		Estimación del riesgo			
		Bajo	Moderado	Alto	Ato
Probabilidad	Muy alta	Bajo	Moderado	Alto	Ato
	Alta	Bajo	Bajo	Moderado	Alto
	Baja	Insignificante	Bajo	Moderado	Moderado
	Muy baja	Insignificante	Insignificante	Bajo	Moderado
		Marginal	Menor	Intermedia	Mayor
		Consecuencias			

Figura 54. Matriz para la estimación cualitativa del riesgo por introducción de OVM en el ambiente. Fuente: Paes de Andrade et al., 2012

Listado de siglas y acrónimos

ADN

Ácido desoxirribonucleico

CYVMV

Croton yellow vein mosaic virus

MINAM

Ministerio del Ambiente

PRSV o VMA

Virus de la mancha anular de la papaya (Papaya ringspot virus)

AHP

Proceso analítico jerárquico

DGESEP

Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas

Mincetur

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo

Serfor

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

APG

Phylogeny group angiospermas

DRGB

Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad

OVM

Organismo vivo modificado

Sernanp

Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas

APHIS

Servicio de inspección sanitaria de animales y plantas

FAO

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

PANV

Necrosis apical del papayo (Papaya apical necrosis virus)

SNGA

Sistema Nacional de Gestión Ambiental

ARN

Ácido ribonucleico

GM

Genéticamente modificado

PDNV

Necrosis droopy (Papaya droopy necrotic virus)

ToLCNDV

Virus de Nueva Delhi (Tomato leaf curl new Delhi virus)

BDPI

Base de datos de pueblos indígenas u originarios

IIAP

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

PLDMV

Distorsión de lámina foliar (Papaya leaf distortion mosaic virus)

TSWV

Virus del bronceado del tomate (Tomato spotted wilt virus)

Concytec

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica

ISAAA

Servicio internacional para la adquisición de aplicaciones agrobiotecnológicas

PLYV

Amarillamiento letal del papayo (Papaya lethal yellowing virus)

USDA

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

CP

Proteína de la cubierta

Midagri

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

PMeV

Virus meleira de la papaya (Papaya meleira virus)

ZEE

Zonificación ecológica económica



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

ISBN: 978-612-4174-36-0



9 786124 174360

Ministerio del Ambiente
Dirección General de Diversidad Biológica
(51) 6116000
www.gob.pe/minam