

# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

---

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**

**MANEJO Y CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA DE LA FAMILIA  
CARICACEAE**

**JORGE ARTURO ROMERO RODRÍGUEZ**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

2013

La presente tesis titulada: **MANEJO Y CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA DE LA FAMILIA  
CARICACEAE**

Realizada por el alumno: **JORGE ARTURO ROMERO RODRÍGUEZ**  
bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y  
aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

\_\_\_\_\_  
Dr. José Apolinar Mejía Contreras

ASESOR

\_\_\_\_\_  
Dr. Aquiles Carballo Carballo

ASESOR

\_\_\_\_\_  
Dr. Catarino Ávila Reséndiz

ASESOR

\_\_\_\_\_  
Dr. Alfredo López Jiménez

ASESOR

\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Rangel Lucio

Montecillo, Texcoco, Estado de México, septiembre de 2013

# MANEJO Y CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA DE LA FAMILIA CARICACEAE

Jorge Arturo Romero Rodríguez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2013

Especies de la familia *Caricaceae* han encontrado condiciones favorables para desarrollar y diversificarse en México, cinco de los géneros que prosperan en América, cuentan con al menos una especie en el país y se considera que la especie más importante económicamente, *Carica papaya* L., tiene su centro de alta diversidad en el sureste del país, además de dos géneros endémicos que prosperan en regiones semiáridas y de bosque mesófilo. Sin embargo, la investigación que se realiza al respecto es limitada y buena parte de la información existente de la familia proviene de otras latitudes. Dada la responsabilidad del país de salvaguardar y dar uso eficiente a la diversidad de *Carica papaya* y demás integrantes de la familia *Caricaceae*, la presente investigación se planteó con los objetivos de diagnosticar la situación actual de las caricáceas en algunas regiones del país donde prosperan, con la exploración y descripción de la diversidad, pero además se trazó ampliar el conocimiento para la conservación *ex situ* del germoplasma, en función del tiempo y condiciones de almacenamiento, y finalmente, la generación de tecnología de escarificación química de semilla, que pueda ser aplicable al resto de las caricáceas. La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, Estado de México, en el período de 2009 a 2013. Para lo cual, se integró en varias secciones, la primera de ellas se enfocó en la revisión bibliográfica de la familia en el país, la segunda a la exploración de la diversidad, la tercera parte a conocer la relación latencia-longevidad de semillas de *Carica papaya* después de ser almacenadas, y la cuarta parte constituyó un estudio para el acondicionamiento de semilla que permitiera conocer de forma eficiente la condición fisiológica de la semilla. El resultado obtenido pretende dar un panorama integral de la situación de las caricáceas en algunas regiones de México, en la espera que sirva de base para futuras investigaciones relativas al tema.

**Palabras Clave:** Germoplasma, Diversidad, Longevidad, Latencia, Acondicionamiento.

# **MANAGEMENT AND CONSERVATION OF FAMILY CARICACEAE GERMPLASM**

**Jorge Arturo Romero Rodríguez, Dr.**

**Colegio de Postgraduados, 2013**

Species of the family *Caricaceae* found favorable to develop and diversify into Mexico conditions, five of the genres that thrive in America, have at least one species in the country and is considered the most economically important species, *Carica papaya* L., is center of high diversity in the south country, plus two endemic genera that thrive in semi-arid regions and cloud forest. However, the research conducted in this regard is limited and much of the existing information comes from other latitudes. Given the responsibility of the country to safeguard and efficient use of the diversity of *Carica* and other members of the family *Caricaceae*, this research was designed with the objectives to diagnose the current situation of *Caricaceae* in some regions of the country where they thrive, with exploration and description of the variety, but traced further expand knowledge for *ex situ* conservation of germplasm, in terms of time and storage conditions, and finally the generation of technology chemical scarification of seed that may be applicable to *Caricaceae* remaining. The research was conducted at Colegio de Postgraduados campus Montecillos, State of Mexico, in the period 2009 to 2013. To which, joined several sections, the first one is focused on the literature review of the family in the country, the second to the exploration of diversity, the third party to know the relationship latency-longevity of seeds *Carica* after being stored, and the fourth was a study design of seed that would efficiently meet the physiological conditions of the seed. The result aims to give a comprehensive picture of the situation of *Caricaceae* in some regions of Mexico, waiting to serve as a basis for future research on the topic.

**Key Words:** Germplasm, Diversity, Longevity, Latency, profit.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por hacer posible la realización de mis estudios, y en especial a la sociedad en general que contribuyó a la formación científica y moral de mi persona.

Al Colegio de Postgraduados, y en especial al área de Producción de Semillas, por la oportunidad de obtener conocimientos académicos y humanísticos, que espero retribuir a la sociedad.

Al Dr. José Apolinar Mejía Contreras por su liderazgo, ayuda incondicional en el ámbito estudiantil y personal, entusiasmo e interés para facilitarme todo lo necesario para que concluyera con la obtención del grado.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo por la inspiración de superación, que a través de su ejemplo, consejos y observaciones, siempre realizados con el buen humor que lo caracteriza, facilitó el entendimiento y realización de las actividades.

Al Dr. Catarino Ávila Reséndiz por brindarme su apoyo en el conocimiento de la familia *Caricaceae*, y sus observaciones siempre atinadas.

Al Dr. Alfredo López Jiménez por todas sus atenciones y por brindarme su tiempo en la revisión y sugerencia para la corrección de la información generada.

Al Dr. José Antonio Rangel Lucio por la confianza y amistad que me ha otorgado a lo largo de los años, por su compromiso en la asesoría a mi persona, muchas gracias.

A cada uno de los Maestros, que durante mi instrucción académica o fuera de ellos enriquecieron mi formación personal.

A todos los compañeros y amigos, que durante el tiempo que estuve dedicado a la realización de mis estudios contribuyeron a mejorar mi desempeño y hacer agradable la estancia.

A todos mis familiares por su confianza y paciencia puestas en mi persona.

## CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPITULO I. REVISIÓN DE LITERATURA GENERAL DE LA FAMILIA CARICACEAE Durmontier.....	4
1.1 Diversidad y distribución.....	4
1.2 Morfología y anatomía vegetativa.....	6
1.3 Inflorescencia y estructura floral.....	7
1.4 Ploidia y Citogenética.....	8
1.5 Embriología y polinización.....	8
1.6 Expresión sexual.....	9
1.7 Semilla.....	10
1.8 Fitoquímica.....	10
1.9 Filogenia.....	11
1.10 Sistemática.....	13
1.11 <i>Hábitat</i> y distribución.....	14
1.12 Clave para identificación de géneros de <i>Caricaceae</i> .....	15
1.12.1 <i>Jacaratia</i> A. DC.....	17
1.12.2 <i>Vasconcellea</i> A. St. Hil.....	21
1.12.3 <i>Cylicomorpha</i> Urban.....	28
1.12.4 <i>Carica</i> Linneo.....	29
1.12.5 <i>Horovitzia</i> Badillo.....	31
1.12.6 <i>Jarilla</i> Rusby.....	34
CAPÍTULO II. EXPLORACIÓN Y COLECTA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE CARICÁCEAS EN ALGUNAS REGIONES TROPICALES DE MÉXICO	
2.1 RESUMEN.....	40
2.2 INTRODUCCIÓN.....	41
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	42

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
2.5 CONCLUSIONES.....	79
<b>CAPITULO III. ESCARIFICACIÓN QUÍMICA DE SEMILLA DE PAPAYA</b>	
3.1 RESUMEN.....	81
3.2 INTRODUCCIÓN.....	82
3.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	84
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	87
3.5 CONCLUSIONES	98
<b>CAPITULO IV. LATENCIA Y LONGEVIDAD DE SEMILLAS DE <i>Carica papaya</i> L. Y <i>Vasconcellea cauliflora</i> Jacquin</b>	
4.1 RESUMEN.....	100
4.2 INTRODUCCIÓN.....	101
4.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	103
4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	106
4.5 CONCLUSIONES.....	112
DISCUSIÓN GENERAL.....	113
CONCLUSIONES GENERALES.....	116
BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	119
APÉNDICE.....	131

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.1	Géneros y especies de la familia <i>Caricaceae</i> (Leal, 1999).....	5
1.2	Claves para identificar géneros de <i>Caricaceae</i> y distribución (Badillo, 1993, 2000). .....	16
1.3	Clave de especies del género <i>Jacaratia</i> y distribución (Badillo, 1967).....	17
1.4	Claves para identificar especies de <i>Vasconcellea</i> (Badillo, 1967).....	23
1.5	Clave de especies de <i>Cylicomorpha</i> (Badillo, 1967).....	29
1.6	Claves para la identificación de especies del género <i>Jarilla</i> (Díaz y Lomelí, 1992).....	35
3.1	Cuadros medios del análisis de varianza del efecto de reactivo, su concentración y tiempo de inmersión de la semilla de papaya.....	87
3.2.	Comportamiento medio del efecto de la escarificación química, en las variables sanitarias y fisiológicas de semilla de papaya.	88
3.3	Comparación de medias para efectos interactivos entre reactivos (R), su concentración y tiempo de inmersión en la calidad de semilla de papaya.....	89
4.1	Sitios de colecta de germoplasma de semilla de <i>Caricaceae</i> en Veracruz, México.....	104
4.2	Cuadros medios de las variables germinación, coeficiente de la velocidad de germinación (CVG) y emergencia en días después de la siembra (EDS).....	108
4.3	Comportamiento medio para germinación y coeficiente de velocidad de germinación (CVG) de la semilla de <i>Caricaceae</i> ....	109



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1.1	Distribución de la familia <i>Caricaceae</i> .....	4
1.2	Dendograma de algunas caricáceas y una especie de Moringaceae (índice de correlación=0.51 e índice de relación=0.65). Fuente: Aradhya <i>et al.</i> , (1999). ....	12
1.3	Cladograma de la orden Brassicales. Fuente: APG (2003).....	14
1.4	<i>Jacaratia mexicana</i> . a) Rama con hojas; b) flor estaminada; c) ápice del tallo con pedúnculo y gineceo; d) bayas; e) corte transversal de fruto. Fuente: Lomelí-Sención (1998). ....	19
1.5	Distribución modelada del género <i>Jacaratia</i> . Fuente: Bioversityinternational.org (2012).....	20
1.6	Distribución modelada de <i>Vasconcellea</i> . Fuente: Bioversityinternational.org, (2012).....	22
1.7	<i>Vasconcellea cauliflora</i> . a) Planta; b) Inflorescencia masculina; flor femenina y frutos inmaduros; c) Corola de flor masculina con estambres y pistilodio; e) Estambre superior; f) Estambre inferior; g) Flor femenina; h; Corte transversal del fruto; i) Semilla.....	27
1.8	<i>Cylicomorpha</i> sp. a) Hoja palmatilobada; b) Pecíolo largo; c) Flor femenina; d) Fruto. ....	28
1.9	<i>Carica papaya</i> L. a) Ápice de planta; b) Flor masculina; c) Flor femenina; d, e, f,) Flores hermafroditas h) Fruto y g) Semilla.....	30
1.10	<i>Horovitzia cnidoscoloides</i> . a) Tallo de planta estaminada con inflorescencias axilares y hojas simples; b) Flor estaminada, con estambres; c) Flor pistilada; d) Frutos maduros; e) Sección longitudinal de fruto; f), Sección transversal de fruto con lóculo simple y alas; g) Semilla; h) Hojas lobadas de planta pistilada; i) Hoja no lobulada de planta estaminada. Fuente: Lorence y Torres, (1988).....	33
1.11	<i>Jarilla heterophylla</i> (cerv. Ex La Llave) Rusby. a) Planta masculina con flores; b) Tubérculo; c) Flor masculina; d) Flor femenina; e) Fruto. Fuente: Díaz y Lomelí (1992).....	37
1.12	<i>Jarilla caudata</i> . a) Tubérculo; b) Rama de una planta femenina; c) Flor femenina con dos segmentos corolinos removidos; d) Flor masculina con un lóbulo removido; e) Fruto. Fuente: Dígaz y Lomelí (1992).....	38
1.13	<i>Jarilla chocola</i> . a) Planta completa; b) Hoja; c) Hoja; d) Flor masculina en corte longitudinal; e) Gineceo y un segmento corolino; f y g) Fruto...	39
2.1.	Distribución de colectas de la familia <i>Caricaceae</i> en algunos estados de la república Mexicana.....	45
2.2	Árbol (a) y tallo dañado de <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC (b).....	49

<b>2.3</b>	Fruto de <i>J. mexicana</i> colectado en Veracruz (03/06/2010). a) Ápice de fruto con aristas y; b) Base del fruto.....	50
<b>2.4</b>	Hoja adulta (a) y plántula de un año de edad de <i>Jacaratia mexicana</i> (b).....	51
<b>2.5</b>	Distribución de hojas y flores caulinares de <i>Vasconcellea cauliflora</i> ....	52
<b>2.6</b>	Tallo con flores (a) y frutos (b) caulinares de <i>Vasconcellea cauliflora</i> ....	52
<b>2.7</b>	Frutos (a) y planta de aproximadamente tres años de papaya silvestre (b), establecida en la comunidad de La Balsa, Ver.....	54
<b>2.8</b>	Variación de la forma externa de frutos de papaya silvestre y cavidad unilocular. ....	55
<b>2.9</b>	Frutos de papaya silvestre (pequeños, a la izquierda y abajo) y papaya cultivada (derecha).....	56
<b>2.10</b>	Inflorescencias masculinas y femeninas (a); Flor masculina y femenina (b); Óvulo (c) y; Fruto de papaya silvestre con exposición interna....	56
<b>2.11</b>	Planta de papaya silvestre con daño evidente de virus de la mancha anular del papayo.....	57
<b>2.12</b>	Plántulas de papaya silvestre de 65 días de edad, con hojas sagitadas.	58
<b>2.13</b>	Planta de papaya silvestre con frutos dañados por hormiga (a) y larvas de mosca de la fruta (b).....	59
<b>2.14</b>	Plantas femenina (a) y hermafrodita (b) de papaya var. Maradol en plantación comercial en Puente Nacional, Ver.....	61
<b>2.15</b>	Frutos de papaya Maradol de plantas hermafroditas. Vista externa lateral (a y b), sección polar (c) y ecuatorial (d) de fruto. ....	62
<b>2.16</b>	Frutos de papaya “Cubana” colectado en Michoacán. Vistas externa lateral (a) y apical (b), sección polar (c) y ecuatorial (d) de fruto.....	63
<b>2.17</b>	Plantas de papaya tipo “Solo”, enana (a) y alargadas (b).....	64
<b>2.18</b>	Frutos de papaya cultivar “Solo”, colectado en Gutiérrez Zamora, Ver.	64
<b>2.19</b>	Planta en fructificación de papaya tipo “Cera”. En la comunidad de La Balsa, Ver.....	66
<b>2.20</b>	Vista lateral externa (a) y corte ecuatorial (b) de fruto de papaya tipo “Cera”. Colectada en La comunidad de La Balsa, Ver.....	67
<b>2.21</b>	Frutos de papaya tipo Amarilla para su comercialización. Central de Abastos, México, D.F.....	68
<b>2.22</b>	Planta de papaya tipo “Amarilla” establecida en la comunidad de La Balsa, Ver. a partir de la semilla colectada.....	69
<b>2.23</b>	Corte ecuatorial (a) y polar (b) de frutos hermafroditas de papaya “Amarilla”. Colectadas en central de Abastos de la Ciudad de México...	70
<b>2.24</b>	Corte polar del fruto de papaya “Amarilla” con daños por magulladura en las zonas extremas (a) y presencia de ovario subdesarrollado (b)...	70

<b>2.25</b>	Planta de papaya tipo “Mamey” en traspatio, ubicado Los Reyes, Michoacán.....	71
<b>2.26</b>	Vista apical (a) y lateral (b) y cortes ecuatorial (c) y polar (d) de frutos de papaya “Mamey”. Colectados en los Reyes Michoacán.....	72
<b>2.27</b>	Planta de papaya tipo “Zapote”. Ubicada en Santiago Tuxtla, Veracruz.	73
<b>2.28</b>	Fruto completo y en corte polar de papaya tipo “Zapote”. Ubicada en Santiago Tuxtla, Veracruz.....	74
<b>2.29</b>	Planta de papaya tipo “Pajarito”. Se ubicó en el Paso de Varas, Veracruz.....	75
<b>2.30</b>	Corte polar de fruto (a) y planta de papaya tipo “Pajarito” (b). Colectado en Vega de Alatorre, Veracruz.....	75
<b>2.31</b>	Planta de papaya ubicada en los Reyes, Michoacán.....	76
<b>2.32</b>	Vista lateral de fruto maduro (a) y verde (c) de papaya con epidermis lisa, y corte polar (b) y ecuatorial (d).....	77
<b>2.33</b>	Planta adulta de papaya con frutos adheridos al tallo por pedúnculos alargado. Muestreado en San Luis Potosí.....	78
<b>2.34</b>	Frutos de papaya con pedúnculo largo y semillas de color negro....	78
<b>3.1</b>	Efectos simples y de las interacciones R x C y R x T en la eliminación de sarcotesta de semilla de papaya.....	90
<b>3.2</b>	Efectos interactivos (a) Reactivo x Concentración y (b) Reactivo x Tiempo de inmersión en la colonización de hongos de la semilla de papaya.....	92
<b>3.3</b>	Efecto de las interacciones (a) Reactivo x Concentración y (b) Reactivo x Tiempo de inmersión en la germinación de la semilla de papaya.....	94
<b>3.4</b>	Tratamientos de escarificación química de la semilla de papaya mediante NaOH, y Testigo.....	96
<b>3.5</b>	Cinética de la germinación de semilla de papayo tratada con hidróxido de sodio, concentración y tiempo de inmersión.....	98

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Las Caricáceas son una familia de plantas relativamente pequeña, de importancia económica y evolutiva, está compuesta por seis géneros y alrededor de 35 especies, distribuidas principalmente en América tropical; los géneros *Jacaratia*, *Vasconcellea*, *Jarilla*, *Horovitzia* y *Carica* prosperan, en su mayoría, desde México hasta Argentina y Chile, mientras que en África tropical sólo está presente el género *Cylicomorpha* (Kubitzki, 2003; Aguirre *et al.*, 2008). El centro de alta diversidad taxonómica de la familia se encuentra en México, área única, donde todos los géneros del nuevo mundo poseen al menos una especie (Olson, 2002). La posición geográfica del país entre las dos grandes regiones biogeográficas del nuevo mundo, así como la accidentada sucesión de cambios en las masas terrestres, clima y presencia de grupos humanos desde hace más de 30,000 años, provocó la aparición de un conjunto de especies endémicas, tales como los géneros uniloculares *Horovitzia*, *Jarilla* y *Carica*, considerados filogenéticamente más avanzados del resto de la familia que poseen frutos pentaloculares (Morshidi, 1996; Toledo, 1997; Halfter *et al.*, 2008).

Sin embargo, el valor de los recursos fitogenéticos reside en la utilización que de ellos se haga para producir nuevos cultivares, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos, para el beneficio de las actividades productivas (Abadie y Berretta, 2001). La colecta, caracterización y resguardo de la diversidad genética constituyen elementos indispensables en el proceso de mejoramiento de cultivos tradicionales o generación de otros nuevos (Oliveira *et al.*, 2009).

Los estudios que se han desarrollado a gran escala para la caracterización de la diversidad genética de la familia *Caricaceae* son escasos. Casos especiales son los realizados por organismos gubernamentales de Estados Unidos y Venezuela, así como aportaciones hechas por el Dr. Víctor M. Badillo, autoridad en la taxonomía de las *Caricaceae* (Rieger, 2009; Morshidi, 1996). En México, poca atención se ha prestado a la familia, pues sólo unos cuantos documentos escritos por Moreno (1980), Lorence y

Torres (1988), Calderón y Lomelí (1993), Díaz y Lomelí (1992) y Lomelí-Sención (1998), se enfocan al tema. La mayoría de las investigaciones realizadas localmente son respecto al género *Carica*. En 2007, el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) estableció la Red Papaya con el propósito de conservar la diversidad del género, proyecto que actualmente posee un avance sustantivo. Lo anterior, contrasta con la responsabilidad del país dada la diversidad de *Caricaceae* en el territorio nacional y a la exclusión de especies nativas en estudios realizados en otros lugares del mundo. Además de la amenaza de extinción y erosión genética, debido a pérdida masiva de hábitats que implica la pérdida de grupos étnicos que conocían técnicas y usos de las plantas en el entorno natural, o de las especies semidomesticadas o cultivadas, existe una fuerte selección de materiales cultivados y la liberación de transgénicos en el territorio (Morshidi, 1996; Chauvet *et al.*, 2012; Longar, 2007).

Otro aspecto relevante es la conservación del material genético de ésta familia que, aunque puede realizarse *in situ*, resulta costosa y el mantenimiento *ex situ* en bancos de germoplasma resulta la mejor alternativa; para lo cual es imprescindible conocer el tiempo durante el cual la semilla mantiene su viabilidad en condiciones determinadas de temperatura y humedad de almacenamiento (Alonso *et al.*, 2007). Al respecto se sabe que es difícil hacer germinar las semillas de *Caricaceae*, sobre todo en condiciones ajenas al medio donde habitan naturalmente y aún ahí, lo cual indica presencia de latencia. De igual forma se presume que la semilla de ésta familia pertenece a la categoría intermedia, desde el punto de vista del almacenamiento, conocimiento generado a partir de estudios realizados en *Carica papaya* (Tokuhisa *et al.*, 2007). Lo anterior implica la necesidad de realizar investigación de la semilla tendiente a categorizar el tipo de latencia, al igual que el comportamiento en almacenamiento, con desarrollo de protocolos para conservar y diagnosticar la calidad de la semilla como beneficio, tratamientos de remoción de latencia exógena y endógena (Lobo y Medina, 1999).

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivos:

1. Diagnosticar la situación actual de la familia *Caricaceae* en algunas regiones de México, a través de la exploración y descripción de la diversidad característica de la región donde prospera.
2. Ampliar el conocimiento para la conservación *ex situ* del germoplasma de *Caricaceae*, genética y económicamente importantes, en función del tiempo y condiciones de almacenamiento.
3. Generar tecnología que mejore el desempeño de la semilla de papaya, mediante acondicionamiento químico que facilite la remoción de la sarcotesta y de utilidad en el resto de la familia *Caricaceae*.

# CAPITULO I: REVISIÓN DE LITERATURA DE LA FAMILIA CARICACEAE

Durmontier

## 1.1 Diversidad y distribución

La familia *Caricaceae* es comparativamente pequeña respecto a otras, comprende seis géneros y 36 especies (Cuadro 1.1), se presenta principalmente en zonas tropicales y subtropicales; de forma natural *Jacaratia*, *Carica*, *Jarilla*, *Horovitzia* y *Vasconcellea* se distribuyen en América, mientras que el género *Cylicomorpha* sólo se localiza en África ecuatorial (Figura 1.1). *Papaya* se encuentra como única especie del género *Carica*, y actualmente es la de mayor distribución, pues se cultiva en todas las regiones tropicales del mundo (Leal, 1999).



Figura 1.1 Distribución de la familia *Caricaceae*.

En la actualidad, se sabe que prosperan en México cinco géneros de la familia *Caricaceae*, con *Jarilla* y *Horovitzia* como endémicos, con ocho especies en total y, entre ellas, sólo *H. cnidoscoloides*, *J. heterophylla* y *J. caudata* se encuentran en el país (Lomelí-Sención, 1998). Anteriormente, la familia *Caricaceae* estaba agrupada por cuatro géneros: *Carica*, *Cylicomorpha*, *Jacaratia* y *Jarilla* (Moreno, 1980; Calderón y

Lomelí, 1993). Sin embargo, de acuerdo a una revisión taxonómica relativamente reciente se propuso formalmente reasignar algunas especies del género *Carica*, clasificadas dentro de dos nuevos géneros: *Vasconcellea* (21 sp.) y *Horovitzia* (1 sp.); a éste último se asignó *Carica cnidoscoloides*, endémica de Oaxaca, (OECD, 2005; Kubitzki, 2003).

**Cuadro 1.1** Géneros y especies de la familia *Caricaceae* (Leal, 1999).

Familia	Género	Especie
Caricaceae	<i>Cylicomorpha</i> Urban (África Ecuatorial)	{ <i>C. parviflora</i> Urban <i>C. solmsii</i> (Urban) Urban
	<i>Jacaratia</i> A. DC.	{ <i>J. heptaphylla</i> (Vellozo) A. DC. <i>J. digitata</i> (Poeppig & Endl.) Solms-Laubach <i>J. spinosa</i> (Aublet) A. DC. <i>J. corumbensis</i> Kuntze <i>J. dolichaula</i> (J. D. Smith) Woodson <i>J. chocoensis</i> A. Gentry & Forero <i>J. mexicana</i> A. DC.
	<i>Carica</i> L.	{ <i>C. papaya</i> L.
	<i>Vasconcellea</i> A. Saint-Hil	{ <i>V. stipulata</i> (Badillo) Badillo <i>V. x heilbornii</i> (Badillo) Badillo <i>V. parviflora</i> A. DC. <i>V. cundinamarcensis</i> Badillo <i>V. weverbaueri</i> (Harm.) Badillo <i>V. goudotiana</i> Triana & Planchon <i>V. monoica</i> A. DC. <i>V. glandulosa</i> A. DC. <i>V. quercifolia</i> Saint-Hil. <i>V. candicans</i> (A. Gray) A. DC. <i>V. chilensis</i> (Planch. Ex A. DC.) A. DC. <i>V. horovitziana</i> (Badillo) Badillo <i>V. crassipetala</i> (Badillo) Badillo <i>V. cauliflora</i> (Jacq.) A. DC. <i>V. longiflora</i> (Badillo) Badillo <i>V. pulchra</i> (Badillo) Badillo <i>V. sprucei</i> (Badillo) Badillo <i>V. sphaerocarpa</i> (Garc. Barr. & Hern.) Badillo <i>V. omnilingua</i> (Badillo) Badillo <i>V. microcarpa</i> (Jacq) A. DC. <i>V. palandensis</i> (Badillo), Van den Eynden & Van Damme
	<i>Horovitzia</i> Badillo	{ <i>H. cnidoscoloides</i> (Larence & Torres) Badillo
	<i>Jarilla</i> Rusby	{ <i>J. chocola</i> Standley <i>J. caudata</i> (Brandege) Standley <i>J. heterophylla</i> (Cerv.) Rusby



## 1.2 Morfología y anatomía vegetativa

La familia comprende árboles altos, de ramificación abundante, principalmente especies de los géneros *Jacaratia* y *Cylicomorpha*, bajos o de tamaño mediano, poco ramificados o sin ramas, arbustos o hierbas perennes, algunos de ellos ascienden de tubérculos subterráneos largos, como ocurre con *Jarilla* y *Jacaratia curumbensis*. El género *Carica* usualmente no ramifica, posee una corona terminal de hojas con peciolo largo. Su crecimiento continuo, en relación con la posición de las inflorescencias axilares, permite la floración ininterrumpida, a pesar de la falta de ramificación. Se sabe que, si se daña el meristemo apical o la planta es longeva, induce ramificación abundante (Kubitzki, 2003).

Los vástagos de ápices e inflorescencias en desarrollo de *Carica*, primordios de hojas y flores están envueltos en coléteres, que desarrollan una función protectora contra la desecación. Las estipulas están ausentes excepto para especies de *Vasconcellea stipulata*, *V. heilbornii* y *H. cnidoscoloides*, donde la presencia de espinas en la base de los peciolo se interpreta como de un origen estipular. En la superficie inferior de la hoja, células epidérmicas papilosas se pueden encontrar en muchas especies de *Vasconcellea* y otros géneros. Pelos glandulares, claviformes con cabezas multicelulares, de translucidos a blancuzcos, se producen en las hojas, semi-sésiles (glándulas aperladas), fueron descritos en la superficie de hojas, peciolo y tallos de *Carica*. Los estomas son anomocíticos. En *Jacaratia* una característica son las glándulas inmersas en la epidermis de la parte superior de la hoja (Kubitzki, 2003).

La presencia y distribución de células con mirosina (tioglucósido glucohidrolasa) estudiadas en *Carica*, *Vasconcellea* (2) y *Jarilla caudata*, está restringida únicamente a los estomas. Debido a que las células con mirosina no han sido observadas en raíces y sarcotesta de *Caricaceae*, donde la escisión de glucosinolatos tiene lugar, la acción enzimática de mirosinasa parece no depender de la presencia de células con mirosina (Kubitzki, 2003).

Aunque muchas especies de *Caricaceae* parecen arbóreas, son básicamente herbáceas en organización. Su resistencia mecánica es debida a filamentos aislados de

fibras del floema, la cual forma un cilindro periférico extensible de tejido mecánico. El xilema consiste de células deslignificadas, excepto por los vasos; solo en *Cylicomorpha* el parénquima paratraqueal es lignificado. Los haces vasculares están separados por amplios radios parenquimatosos y ocupan un círculo estrecho fuera de una médula grande; la desaparición de ellos en los tallos de *Carica* y *Cylicomorpha* spp. dan lugar a tallos huecos. Los laticíferos se encuentran en grupos de tejidos en todas partes de la planta, son de origen celular (en contraste con los canales lisígenos de *Moringaceae*), articulados, en anastomosis, multinucleado en la madurez y especialmente común en el pericarpio de frutos inmaduros. En *C. papaya*, el látex está ausente en frutos maduros (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

### **2.3 Inflorescencia y estructura floral**

Las inflorescencias son axilares de tipo tirsoide. En *Carica* los individuos masculinos llevan ramas dicasiales por debajo de las flores terminales, mientras que en plantas femeninas las inflorescencias son reducidas a las flores terminales. En *Vasconcellea cauliflora* y *V. stipulata* las inflorescencias masculinas son caulíferas (origen directo del tallo) en las partes sin hojas de las ramas. Pero también pueden aparecer en axilas de hojas verdes. En las flores de *Jacaratia*, pétalos y sépalos se superponen. Esto puede ser debido a alguna contorsión durante el desarrollo floral, tal como ocurre en *Carica* durante el desarrollo de las flores (Kubitzki, 2003).

Existe una profunda diferencia en la estructura del perianto entre flores estaminadas y pistiladas de toda la familia. En flores estaminadas, la corola es tubular, mientras que en flores pistiladas los pétalos están prácticamente libres desde la base. Esto indica que el sistema de polinización observado en *Jacaratia* y *Carica* es peculiar, en el cual, la producción de néctar está restringida a flores estaminadas, que podría ser la base característica de la familia. Sin embargo, además de las observaciones citadas de polinización, nada se conoce sobre estructura y función de los nectarios (Kubitzki, 2003).

En *Carica* se describió una transformación anormal de los estambres en el círculo interno del pistilo, donde aparecen numerosos óvulos en la parte externa de las anteras y filamentos. Otra anomalía en *Carica* son las anteras producidas dentro del fruto, y “frutos dentro del fruto”. Los pelos en anteras y filamentos de algunas *Jarillas* y de *Carica* tienen una peculiar forma de cuerda (filamentos submoniliformes). El ovario es septado principalmente, o carente de septo (*Carica*, *Horovitzia*, *Jarilla*). En el desarrollo primario, los óvulos en dos hileras parecen insertados en las placentas (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

#### **1.4 Ploidia y Citogenética**

Todas las caricáceas investigadas hasta el momento son diploides,  $n = 9$ . Los cromosomas tienen constricción mediana a submediana y las diferencias entre las caricáceas no son pronunciadas. En *Carica papaya*, ningún heterocromosoma (cromosoma sexual) puede ser reconocido, por lo que no se puede predecir el sexo de las plantas antes de la floración (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

Hofmeyr y Van (1942) reportan la inducción de tetraploidia en plantas de *C. papaya* y *V. cauliflora* con colchicina a 0.50 % en solución acuosa, acción motivada por la dificultad de obtener cruces entre sí, los resultados fueron favorables pues obtuvieron plantas híbridas.

#### **1.5 Embriología y polinización**

Los granos de polen son bicelulares, cuando emergen. La célula arqueosporial se divide en célula parietal. El desarrollo del saco embrionario es de tipo polygonum, pero el desarrollo tetraspórico aparece en varias especies. El desarrollo del endospermo es de tipo nuclear. La semilla madura contiene endospermo, donde se almacenan lípidos y proteínas.

En *Jacaratia dolichocaula* y *Carica*, se ha observado que las flores estaminadas poseen nectaríferos que producen una fragancia dulce al anochecer, mientras que las flores carpelares no producen néctar. Sin embargo, ambas clases de flores son visitadas y polinizadas por insectos, ya que las flores carpelares guardan parecido semejante a las flores estaminadas. Este mimetismo es particularmente evidente en *Jacaratia*, en el cual, el aspecto presentado por los lóbulos libres de la corola de las flores estaminadas, se simula por un fuerte desarrollo de estilodia petaloides, blanco, en flores pistiladas. En *Carica*, ocurre producción de néctar de los ovarios rudimentarios de flores estaminadas (no de la base de los estambres), mientras que las flores pistiladas tienen un exudado en el estigma. La mayoría de las *Caricaceae* tienen flores blancuzcas o verduzcas pero algunas Jarillas poseen corolas ligeramente púrpuras y pueden ser polinizadas por colibríes (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

## 1.6 Expresión sexual

Casi todas las caricáceas son estrictamente dioicas. Las excepciones son *Carica* y las especies silvestres de *Vasconcellea monoica* y *V. pubescens*, recientemente se descubrió que *J. mexicana* presenta fructificación en algunas plantas estaminadas. Tienen forma sexual ambivalente a través de la “reversión sexual”, en respuesta a cambios climáticos y a fotoperiodismo durante el año. *V. monoica* es estrictamente monoica pero en ciertas ocasiones del año podría de deja de producir flores pistiladas. Individuos de *V. pubescens* también poseen sólo flores pistiladas o estaminadas o bien andromonoicas. Individuos pistilados y estaminados no responden a cambios estacionales o climáticos. Árboles andromonoicos son sexualmente bivalentes, es decir, que pueden producir tres clases de flores en varias proporciones en diferentes etapas del año. En *Carica* ocurren las tres formas básicas, los árboles pistilados son estables, mientras que las formas estaminadas y andromonoicas pueden ser fenotípicamente estables o experimentar reversión sexual estacional, al variar la proporción de flores estaminadas, perfectas y pistiladas producidas. Sin embargo, toda esa variación ha sido reconocida sólo en cultivares comerciales que son mantenidas bajo cultivo (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

## 1.7 Semilla

La testa de la semilla de la familia *Caricaceae* es multiplicativa, es decir, que la epidermis externa produce una sarcotesta pulposa, mientras que la hipodermis se divide en una pared gruesa, pero deslignificada, fuera de la mesotesta. Las capas externas del mesófilo del tegumento interno, proveen una pared delgada interna a la mesotesta; la epidermis interna del tegumento externo permanece como una sola capa cristalina de células. Después de remover la sarcotesta de la parte externa esponjosa de la mesotesta, se localiza una cubierta endurecida de la semilla. El resultado es una testa que va desde 16 capas (*Jacaratia*) hasta más de 60 (*Carica*). El tegumento interno provee un tegmen que no es multiplicativo, o sólo ligeramente, y el exotegmen fibroso y lignificado (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

Badillo (1970) menciona que la semilla constituye buena ayuda en la identificación de las especies, especialmente la esclerotesta en plena madurez de la semilla, pues su relieve y color particular, es lo que constituye lo más característico. Si las protuberancias de la esclerotesta no son muy elevadas o si están muy próximas y la semilla tiene aspecto redondeado, es probable se trate de especímenes de *C. papaya*, *V. Glandulosa*, *V. cauliflora*, *V. pubescens* y *J. curumbensis*, mientras que el color castaño rojizo es propio de *V. cauliflora*, *V. pubescens*, *V. stipulata*, el blanco amarillento de *J. curumbensis* y el castaño oscuro en muchas otras.

## 1.8 Fitoquímica

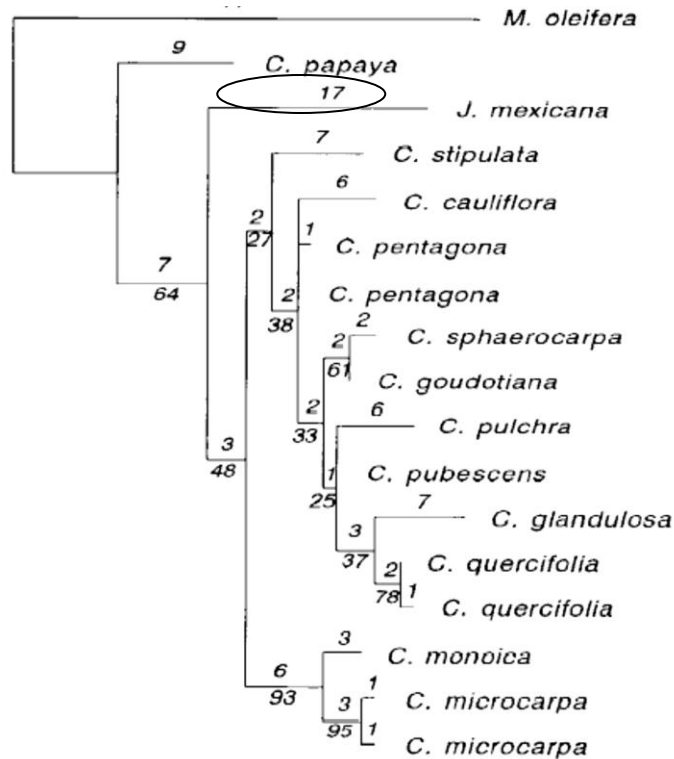
La mayoría de la información química se basa en el estudio de *Carica*. El aceite picante glucósido bencilglucosinolato y mirosina están presentes en la raíz, brotes, semilla y látex de frutos inmaduros. El bencilglucosinolato es tóxico para hongos fitopatógenos como *Phytophthora palmivora*, aunque se le ha encontrado en la capa cerasa de frutos inmaduros y atmosfera que los rodea. La división controlada de los glucosinolatos, por lo tanto, parece tener lugar en tejidos de una planta intacta. El látex contiene gran

cantidad de papaína (enzima proteolítica); también se sabe de un pseudoalcaloide llamado carpaina. Los compuestos fenólicos comunes son ausentes (Watson y Dallwitz, 1992; Kubitzki, 2003).

## 1.9 Filogenia

El género más primitivo de caricáceas es *Cylicomorpha*, con desarrollo exclusivo en África ecuatorial. Cuando los continentes Africano y Sudamericano finalmente se separaron hace aproximadamente 100 millones de años, el género que prosperó (*Cylicomorpha*) permaneció como el único representativo en África (Watson y Dallwitz, 1992).

Desde 1868, el género *Vasconcellea* había sido incluido dentro de *Carica* como sección *Vasconcellea* [sic], mientras que la sección *Carica* estaba representada únicamente por *Carica papaya*. Debido a la diferencia fenética, o taxonomía numérica, entre estas dos secciones parecía taxonómicamente erróneo mantenerlas así, por lo que actualmente *Vasconcellea* se reinstaló en el nivel de género, con el respaldo de análisis moleculares realizados por Aradhya *et al.* (1999) y Morshidi (1996). Estos autores encontraron una profunda división evolutiva entre *Carica papaya* y sus parientes cercanos como *Jarilla mexicana*, *Vasconcellea* (antes ubicadas como *Carica*) y una especie de Moringaceae (Figura 1.2). Concluyeron que *Carica* diverge del resto de la familia antes de la formación de América Central (puente del continente) en el Mioceno (hace 2,303 millones de años) y entonces evolucionó en aislamiento.



**Figura 1.2** Dendrograma de algunas caricáceas y una especie de Moringaceae (índice de correlación=0.51 e índice de relación=0.65). Fuente: Aradhya *et al.*, (1999).

Morfológicamente, *Carica papaya* tiene un lóculo, por lo cual filogenéticamente es considerada más avanzada que otros miembros de la familia (los cuales poseen 5 lóculos). Esta distinción se apoya en evidencia aloenzimática. Una hipótesis plausible es que las especies prototipo, que poseen cinco lóculos, se dispersaron desde el noroeste de Sudamérica hacia el norte de Yucatán y allí evolucionó a un lóculo, para dar lugar a la actual *C. papaya*, así como a algunas especies de *Jarilla* y *Horovitzia*. Los remanentes de especies prototipo del noroeste de Sudamérica dieron lugar a numerosas especies de *Vasconcellea*, durante el surgimiento de los Andes. Una hipótesis alternativa (poco convincente) es que las especies prototipo evolucionaron en Sudamérica, de cinco lóculos a un lóculo, y posteriormente se dispersaron a Centroamérica para dar lugar a *Carica papaya*, para luego desaparecer hasta la extinción en Sudamérica (Morshidi, 1996).

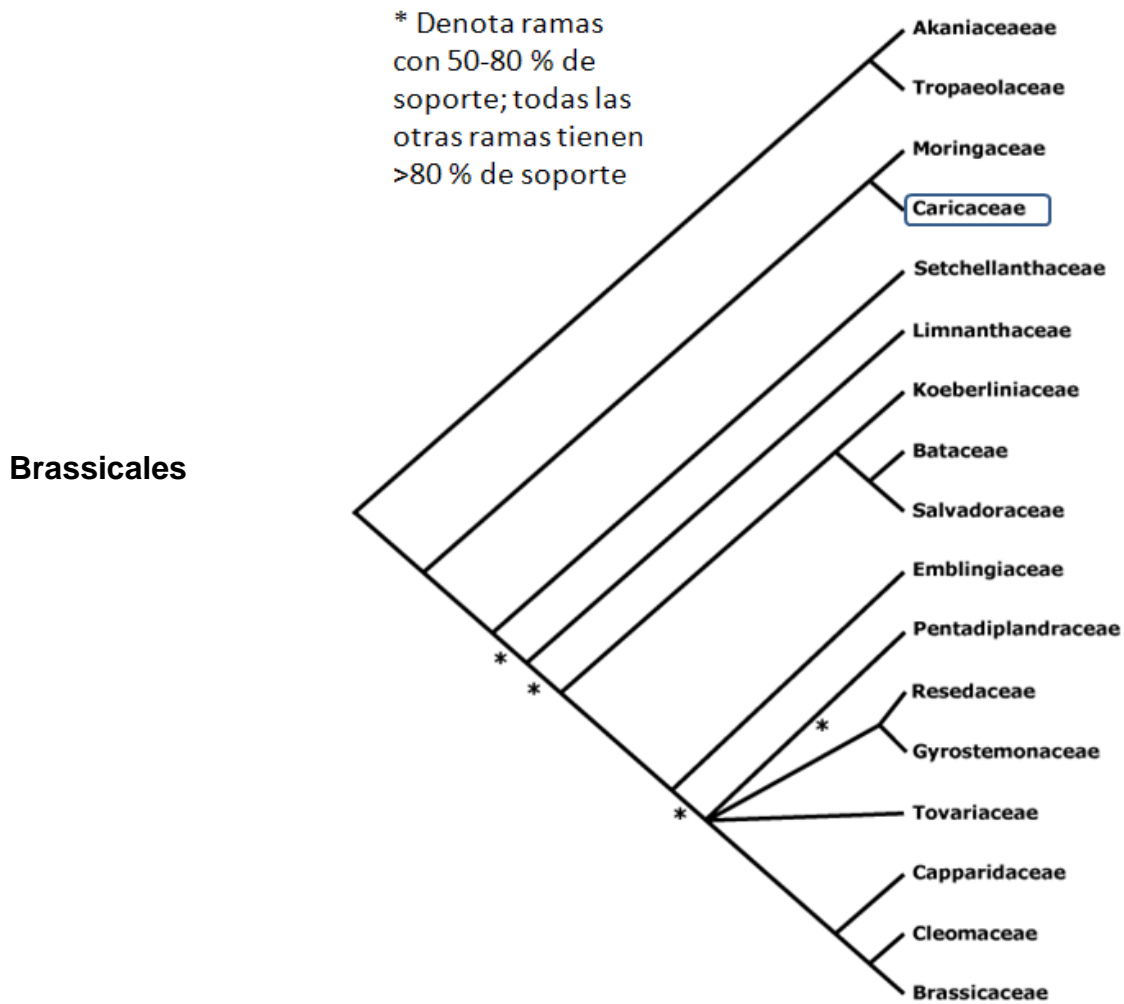
Otra posibilidad es que los géneros *Horovitzia* y *Jarilla* hayan sido los progenitores potenciales de *C. papaya*, ya que ambos poseen ovario unilocular y son endémicas de México. Sin embargo, morfológicamente no se asemejan a *C. papaya*; *Horovitzia cnodoscoloides* posee tricomas urticantes, caso único en la familia, mientras que especies de *Jarilla* poseen un órgano "reservorio" engrosado (raíz tuberosa). A pesar de las bases morfológicas, no se pueden descartar la posibilidad por completo, pues tal como ocurre con otras especies como maíz y su progenitor silvestre, el teozintle, el cual no se asemeja morfológicamente a maíz (Morshidi, 1996).

### 1.10 Sistemática

Las relaciones filogenéticas de la familia *Caricaceae* se han analizado con *Passifloraceae*, *Flacourtiaceae*, *Cucurbitaceae* y recientemente, en *Brassicaceae* (sinónimo de *Capparales*). *Passifloraceae* es de origen Africano, principalmente, con algunos géneros en Asia y América tropical, mientras que *Cucurbitaceae* se localiza en Sudamérica, África y Asia tropical. Actualmente, con base a la presencia de glucósidos cianogénicos ciclopentanoides y glucosinolatos, se sugiere una posición intermedia entre Violales y Brassicales (Kyndt y Gheysen, 2007). Esto ha sido confirmado por numerosos análisis cladísticos y moleculares, que ubican a *Caricaceae* en Brassicales como hermano de *Moringaceae* (Figura 1.3).

Además de la estrecha similitud entre *Caricaceae* y *Moringaceae*, respecto a la anatomía de la madera y cubierta de la semilla (testa multiplicativa), que resulta significativamente importante (Kubitzki, 2003). Sinapomorfias del clado *Caricaceae-Moringaceae* incluyen glándulas subuladas en la base del ápice y en la lámina del pecíolo, y forma de tallo desproporcionadamente ancho en la base respecto al ápice " pachycaul o tallo con forma de botella" (Olson, 2002).





**Figura 1.3.** Cladograma de la orden Brassicales. Fuente: APG (2003).

### 1.11 *Hábitat* y distribución

La familia *Caricaceae* se desarrolla adecuadamente en sitios con drenaje del suelo favorable, a veces en áreas semidesérticas, nunca en sitios con agua estancada o drenaje inadecuado (Leal, 1999). Con excepción de las dos especies Africanas pertenecientes al género *Cylicomorpha*, la familia es confina al continente americano, principalmente a la zona tropical. En México, margen norte del área de distribución de la familia, los géneros *Jarilla*, *Horovitzia* y *Jacaratia mexicana* crecen en bosques caducifolios; *Carica* y posiblemente *J. mexicana* son los únicos géneros con proceso de

domesticación que se conocen (Arias *et al.*, 2010). En Sudamérica, *Caricaceae* prefiere tierras bajas húmedas y bosques montañosos de los Andes, en suelos bien drenados. En el margen sur, al norte de Argentina y sur de Brasil, se desarrollan preferentemente en bosques cálidos de montañas subtropicales (Watson y Dallwitz, 1992).

La distribución de *Caricaceae* en los continentes Americano y Africano, ahora separados por el Océano Atlántico, se explica por eventos de las placas tectónicas. Sudamérica y África formaron Gondwana después de la separación de India, Australia y Antártica, durante el Jurásico (más de 145 millones de años). Hace 135 millones de años, Sudamérica y África comenzaron a fragmentarse, aunque la separación total ocurrió entre 106 y 84 millones de años (Ma). En la época en que aparecieron las primeras angiospermas (138 Ma), Norteamérica no estaba conectado con Sudamérica. Hace 83 Ma, aproximadamente, las montañas Mayas de Belice y la cordillera central de Colombia fueron conectadas por islas volcánicas dispersas. También pudo haber sido por cadenas de islas volcánicas a lo largo de las Antillas mayores y menores, que conectaron norte y sur América. Esas islas diseminadas permitirían la dispersión a gran distancia vía traslado entre islas. Más tarde, la conexión directa a través del actual istmo de Panamá, en alrededor de 3 a 5.7 Ma, facilitó migraciones entre ambos continentes (Morshidi, 1996).

### **1.12 Clave para identificación de géneros de *Caricaceae***

El Cuadro 1.2 muestra la clave para la identificación de los géneros de la familia *Caricaceae* creada por Badillo (Leal, 1999).

**Cuadro 1.2** Claves para identificar géneros de *Caricaceae* y distribución (Badillo, 1993, 2000).

Género	Característica	Distribución
I. <i>Cylicomorpha</i> Urban	A. Cáliz casi trunco o sólo levemente lobulado, tallo fistuloso. Ovario 5-locular. Árboles.	África Ecuatorial
II <i>Jacaratia</i> A. DC.	A. Cáliz con sus lóbulos evidentes. B. Hojas compuestas digitadas. Tallo meduloso. Lóbulos de cáliz opuestos a los de la corola. Ovario 5-locular. Árboles o en un caso, arbustos. B. Hojas todas simples, raras veces compuestas digitadas, pero entonces, como casi siempre, lóbulos del cáliz internos con los de la corola. Hierbas, arbustos o árboles.	América Tropical
III. <i>Vasconcellea</i> Saint-Hil.	C. Ovario 5-lócular. Hojas 1, 3, 5, ó 7 nervias, raro 9 nervias. Tallo meduloso. Anteras todas biloculares, ni ellas ni sus filamentos con pelos submoniliformes.	Sur América
IV. <i>Carica</i> L.	C. Ovario 1-locular D. Plantas con hojas 7, 9, 11, (13) – nervias. Tallo fistuloso generalmente indiviso. Estigmas 5, casi siempre divididos a modo de cornamenta de venado. Anteras de ambas series biloculares, alternantes con las piezas del perianto, sus filamentos y anteras provistos de abundantes pelos submoniliformes. Semillas con esclerotesta provistas de crestas laminares irregularmente dentadas meridianas y próximas. D. Plantas de hojas 1, 2, ó 5-nervias. Semillas con la esclerotesta de protuberancias apenas levantadas.	Sur de México o norte de Centroamérica. Naturalizada en todos los trópicos
V. <i>Horovitzia</i> Badillo.	E. Plantas erectas, arbustivas, sin órgano reservante engrosado. Tallos medulosos. Pelos urticantes presentes. Anteras de la serie superior e inferior biloculares, sus filamentos glabros. Estigma único, sécil.	Sur de México.
VI. <i>Jarilla</i> Rusby.	E. Plantas herbáceas, de órgano reservante engrosado. Tallo fistuloso. Pelos urticantes ausentes. Anteras de la serie superior uniloculares, las de la serie inferior biloculares, tanto los filamentos como las anteras provistos de pelos submoniliformes. Estigmas 5.	México y Guatemala.

Tomado de Leal (1999).

### 1.12.1 Jacaratia A. DC.

El género es compuesto de 7 especies (Cuadro 1.3), son árboles caducifolios de hasta 20 m de alto, con tallos monopódicos de forma cónica, armados o inermes con diámetro de entre 15 y 80 cm, la corteza puede ser lisa o rugosa de coloración grisácea o parda. Las hojas son palmaticompuestas con peciolos que van desde 2 a 22 cm de largo y 5 mm de diámetro; los pedúnculos cercanos a (ca.) 1 cm largo; puede poseer de 1 a 7 foliolos de 2 a 18 cm largo y hasta 18 cm de ancho, con forma ovada, abovados, ovado-elípticos.

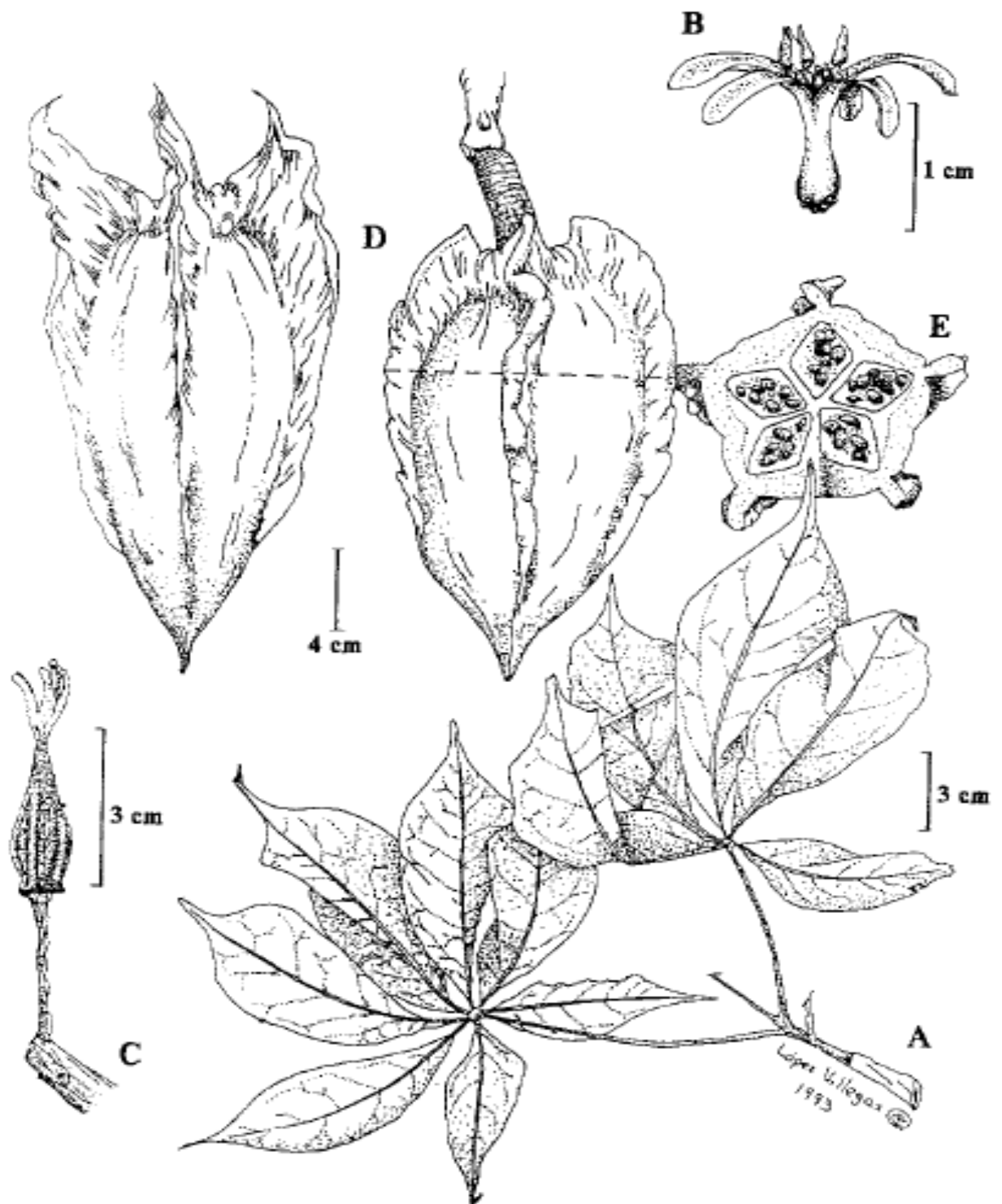
**Cuadro 1.3** Clave de especies del género *Jacaratia* y distribución (Badillo, 1967).

Características	Especie	Distribución
Anteras inferiores prolongadas, desde su mitad a la tercera parte por debajo de la inserción del filamento y también parcialmente inclusas. Plantas armadas con acúleos. Foliolos obovados o elípticos hasta lato-oblongos.....	<i>J. digitata</i>	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú
Plantas inermes.  Foliolos grandes, enteros salvo las formas juveniles. Plantas de porte mediano a alto. Estigmas enteros o pinnatilobados  Foliolos glabros, acuminados. Flores masculinas de tubo evidentemente más largo que los lobos (lóbulo) y hacia arriba papiloso interiormente.....	<i>J. dolichaula</i>	De México a Panamá
Foliolos agudos u obtusos, con pelos cortos y laxos en el envés. Flores masculinas de tubo interiormente piloso, tan largo como los lobos.....	<i>J. mexicana</i>	México, Nicaragua, El Salvador
Foliolos pequeños, raras veces medianos, enteros o diversamente lobulados (lirados, panduriformes, etc.). Plantas generalmente de tamaño pequeño. Estigmas lingüiformes, enteros.....	<i>J. corumbensis</i>	Bolivia, Paraguay, Argentina, Brasil
Anteras inferiores poco prolongadas por debajo de la inserción del filamento. Anteras superiores e inferiores no muy diferentes y casi al mismo nivel. Ramas foliadas inermes pero luego desarrollan espinas a costa de la parte inferior de la cicatriz foliar acrescente.....	<i>J. heterophylla</i>	Brasil
Anteras superiores e inferiores desiguales y a niveles diferentes. Ramas armadas de acúleos a lo largo.....	<i>J. spinosa</i> <i>J. chocoensis</i>	Nicaragua a Argentina Colombia

Inflorescencias masculinas cimosas, subápicales; pedúnculos hasta 13 cm de largo, con 7 o hasta 80 flores; el tubo de la corola es de 1 a 6 veces la longitud de los lóbulos; estambres con filamentos glabros o vilosos, anteras de 2 a 3.2 mm de largo (Lomeli-Sención, 1998). Las inflorescencias femeninas son subápicales, paucifloras o unifloras; pedúnculo hasta de 6 cm de largo; lóbulos del cáliz opuestos a los de la corola; lóbulos de la corola hasta 5 cm de largo; ovario ovoide o lageniforme, pentalocular, surcado o acostillado; estilo de 0.3 a 1 cm de largo; estigmas con longitud desde 0.9 a 1.5 cm, enteros o lobados, libres o fusionados. En los árboles masculinos de *J. mexicana* pueden encontrarse flores perfectas o estaminadas, de tamaño y fragancia similar (Aguirre *et al.*, 2008; Lomeli-Sención, 1998).

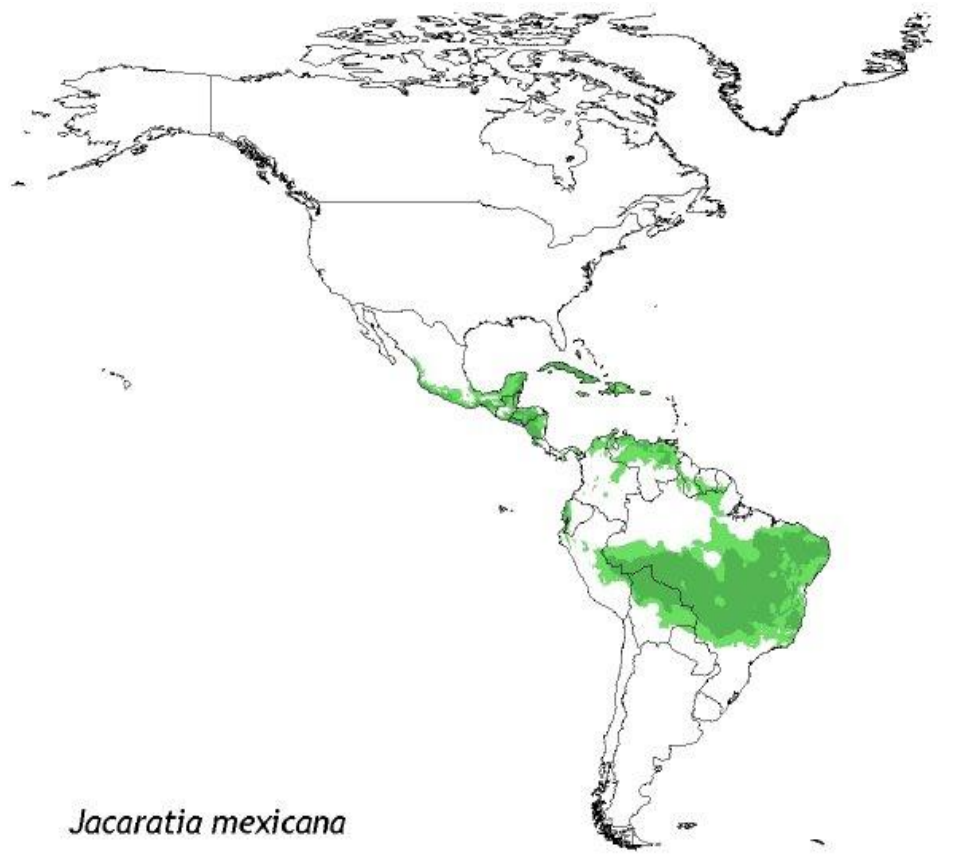
El fruto es una baya hasta de 30 cm de longitud y 13 cm de diámetro (Figura 1.4). Aparecen solitarios en forma ascendente o peduncular, presentar forma ovoide, esferoide, elipsoide o cónica; pedúnculo hasta de 13 cm de longitud y 13 mm de diámetro; la base puede ser redondeada o apendiculada, cóncava o truncada, ápice redondeado o apendiculado; pericarpo surcado o acostillado (Litz, 2005).

Las semillas son numerosas (47 a 676 semillas por fruto) y presentan una superficie externa mucilaginoso ca. (Cerca a) 8 mm largo, ca. 5 mm diámetro, ovoides o subglobosas; testa es lisa o rugosa. La germinación ocurre entre 18 y 33 días después de la siembra (Moreno, 1980; Aguirre *et al.*, 2008).



**Figura 1.4** *Jacaratia mexicana*. a) Rama con hojas; b) flor estaminada; c) ápice del tallo con pedúnculo y gineceo; d) bayas; e) corte transversal de fruto. Fuente: Lomelí-Sención (1998).

En México se encuentran las especies *J. mexicana* y *J. dolichaula*, distribuidas principalmente desde los estados de Veracruz y Nayarit hasta el norte de Argentina (Figura 1.5). La altitud en las que se han descubierto varía desde el nivel del mar hasta los 1450 m, comúnmente acompañada de vegetación secundaria que deriva de selvas altas perennifolias (Lomelí-Sención, 1998).



**Figura 1.5.** Distribución modelada del género *Jacaratia*. Fuente: Bioversityinternational.org (2012).

La floración ocurre en los meses de invierno, según la región donde prosperen (Lomelí-Sención, 1998; Bullock, 2002). Las flores son dioicas y dimórficas. Las femeninas son solitarias y con pétalos separados (lanceolados, ca. 41 mm de largo, blancos y gruesos), un ovario grande (ca. 18 mm) y estigma de cinco lóbulos (lanceolados, ca. 13 mm de largo, blancos o gruesos); carecen de vestigios de anteras. Las flores masculinas se desarrollan sobre panículas pequeñas y la corola conforma un tubo de

ca. 13 mm y lóbulos de ca. 9 mm de largo, con una serie de anteras que sobresalen del tubo; también existe un pistilo vestigial (Bullock, 2002).

Se infiere que la polinización se debe al mimetismo visual y al aroma. Las flores femeninas carecen de recompensa para polinizadores, pero poseen aroma parecido al de las masculinas, las cuales producen algo de néctar (ca. 1.9 mL) con un alto contenido de aminoácidos. Se ha observado que las mariposas nocturnas (Sphingidae) visitan ambos sexos. Abejas nocturna (Megalopta sp., Halictidae) visitan al menos las flores masculinas. Las flores se expanden hasta algunos meses más, después de la caída de hojas.

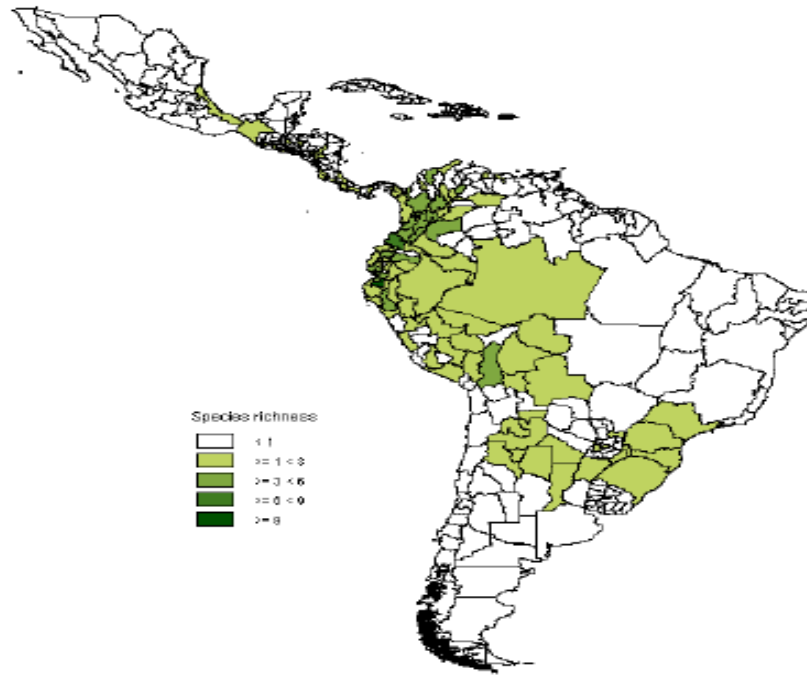
Los frutos maduran en semanas, durante la temporada de lluvias, entre mayo y agosto. No cambian el color verde, ni caen, sino hasta que empiezan a descomponerse. La frugivoría y dispersión de semillas involucra aves, murciélagos y tejones (Bullock, 2002). Las personas consumen los frutos frescos al madurar o cocinados cuando tiernos. Los tallos huecos se utilizan en algunos lugares para almacenar maíz u otros artículos (Grijalva, 2006).

El proceso de domesticación de *J. mexicana* en México, es resultado de la fuerte selección enfocada hacia las características del fruto, realizada por civilizaciones prehispánicas (Arias *et al.*, 2010).

### **1.12.2 *Vasconcellea* A. St. Hil.**

Género con mayor número de integrantes en la familia; 21 especies, caracterizadas por poseer ovario pentalocular (Cuadro 1.4) que se distribuye de forma natural desde el sur de México hasta el norte de Argentina y sur de Brasil. La mayor diversidad se encuentra en el sur del continente americano; en México sólo prospera *V. cauliflora* de forma natural (Figura 1.6).





**Figura 1.6** Distribución modelada de *Vasconcellea*. Fuente: Bioversityinternational.org, (2012).

Árboles sin ramas, o ramas cortas con entrenudos medulosos, algunas veces con espinas estipulares. Hojas palmatilobuladas, pinnatelobuladas, palmatifidas, o completas, con 1 a 9 nervaduras. Flores de monómeras a pentámeras; pétalos alternados con cáliz lobulado; estambres glabros o cubiertos con pelos que nunca son moniliformes; conectivos frecuentemente prolongados más allá del ápice de las anteras; ovario 5-locular; estilo presente o ausente; estilodia completa; bilobado o repetidamente dividida. Los frutos son de forma diferente, según la especie.

**Cuadro 1.4** Claves para identificar especies de *Vasconcellea* (Badillo, 1967).

Características	Especie
Ovario 5-locular. Semillas casi siempre con la esclerotesta provista de protuberancias laminares meridianas.	
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.	
Inflorescencias masculinas contraídas, densas.	
Inflorescencias masculinas pedunculadas, flores muy grandes (4.8-6 cm de largo) en grupo denso terminal o en dos grupos sucesivos.	<i>V. crassipetala</i>
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.	<i>V. cauliflora</i>
Inflorescencias masculinas muy rara vez contraída y densa pero entonces flores masculinas más pequeñas que el caso anterior.	
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.	
Hojas glabras, muy rara vez pubescente, pero entonces estigmas enteros.	
Anteras superiores e inferiores con el conectivo claramente prolongado Anteras superiores no prolongadas, las inferiores sí.	<i>V. omnilingua</i>
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 adicional.	<i>V. microcarpa</i>
Plantas trepadoras epiclinas. Fruto elipsoideo, grande, más de 6 cm de largo, levemente 5-surcado. Hojas 3-lobadas, a veces además por dos lobos.	<i>V. horovitziana</i>
Hojas pubescentes o con papilas alargadas o a veces glabras pero entonces como siempre estigmas divididos al ápice.	<i>V. sprucei</i>
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).	
Hojas trinervadas, trilobadas, a veces 5 –nervadas y quinquelobadas.	<i>V.</i>

**Continuación del Cuadro 1.4**

	<i>sphaerocarpa</i>
Hojas uninervas.	
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.	<i>V. 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.	<i>V. longiflora</i>
Anteras inferiores poco prolongadas, 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.	
Flores, pedúnculo y ejes de las inflorescencias rosados. Ovario y fruto 10-costulado	<i>V. parviflora</i>
Flores verdosas, blancuzcas, cremas, amarillas, verde oliva oscuro o anaranjadas, a veces con tonos púrpura.	
Ovario y fruto nunca 10 -costulado.	
Hojas de dientes cortos.	
Dientes irregulares, no prolongados.	<i>V. weberbaueri</i>
Dientes regulares, prolongados en mución.	<i>V. augusti</i>
Hojas de borde entero, a veces con pocos dientes, pero entonces largos y estrechos.	
Hojas predominantemente 1-nervas, sí acaso otros dos nervios entonces débiles y netamente descendentes y en ese caso las hojas hastiformes, generalmente hojas pinnatífidas o enteras.	<i>V. quercifolia</i>
Hojas 3-5 o 7-nervas, a veces uninervas pero entonces hojas enteras y fruto unbalado.	
Frutos elipsoideos subalados. Inflorescencias femeninas corta o muy largamente pedunculadas. Anteras frecuentemente laxo-pilosas al dorso.	<i>V. glandulosa</i>
Frutos ovoides, elipsoideos o piriformes, a veces con ángulos destacados pero nunca subalados. Anteras glabras al dorso.	
Hojas pubescentes.	
Hojas caducas, enteras a veces levemente lobadas, blancas en el envés	<i>V. candidicans</i>
Hojas persistentes, profundamente 5-7 lobadas, los lobos, al menos el central, de nuevo dividido, verdes en el envés.	<i>V. pubescens</i>
Hojas glabras.	

#### Continuación del Cuadro 1.4

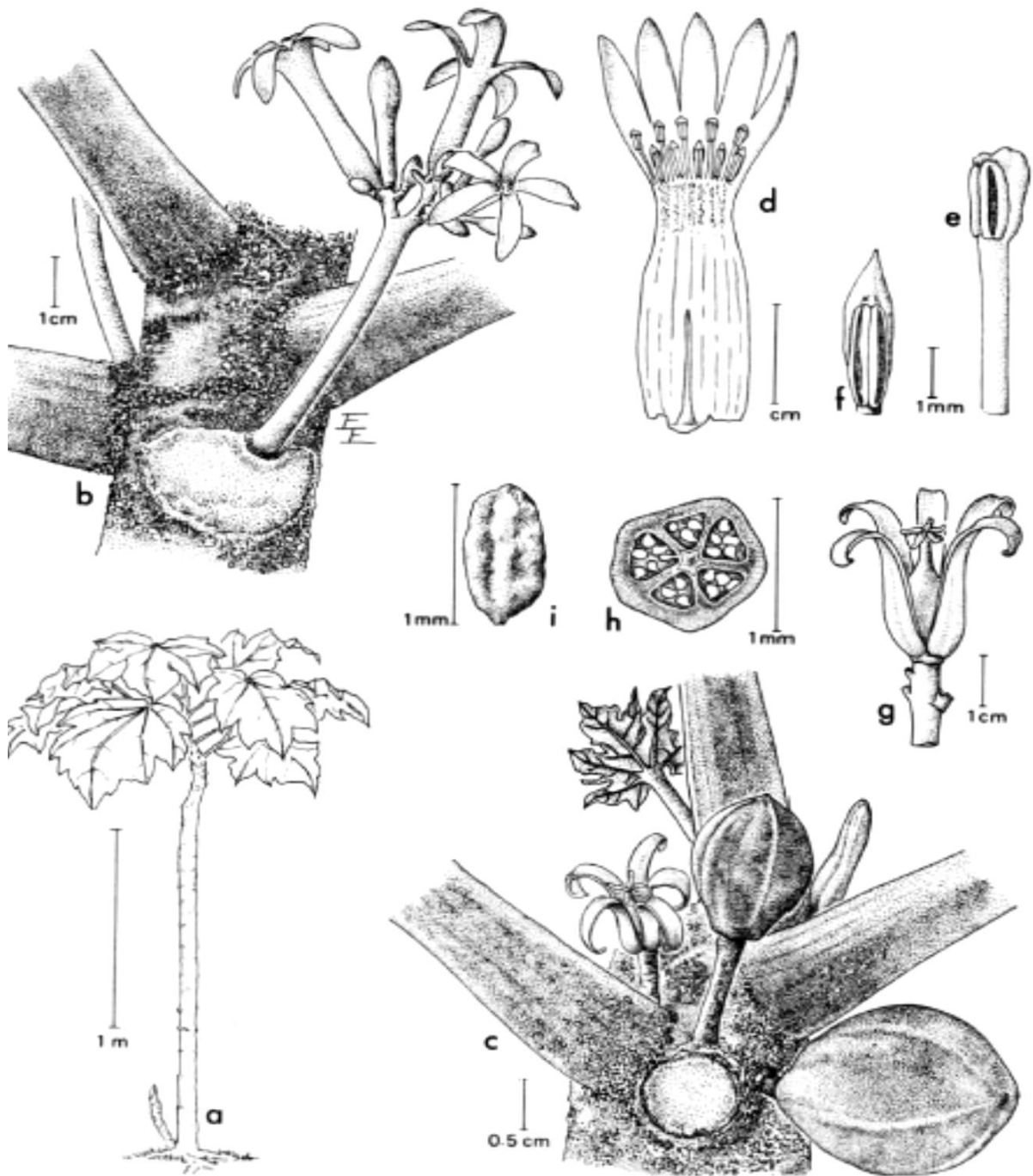
---

Estipulas espiniformes presentes. Flor amarillo subido, anaranjadas o casi anaranjadas.	<i>V. stipulata</i>
Estipulas ausentes. Flores de otros colores.	
Hojas pequeñas, angulobadas, los lobos poco profundos. Semillas completamente lisas.	<i>V. chilensis</i>
Hojas medianas a grandes, diversa y profundamente lobadas hasta digitadas.	
Hojas palmipartidas hasta digitadas, 5-nervas. Fruto más 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.	<i>V. goudotiana</i>
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.	<i>V. monoica</i>

---

De acuerdo con Moreno (1980), la especie *V. cauliflora* se caracteriza por ser una planta dioica con tallo meduloso, muestra ramas frecuentemente muy cortas y entrenudos muy próximos. El follaje está notoriamente concentrado en el ápice del tallo, éste último con corteza cobriza a grisácea (Gheno, 2000) Las hojas son persistentes o deciduas, hasta 50 cm de diámetro, palmatilobadas o palmatífidas, 3-5 lobada y 5-nervaduras. Inflorescencias masculinas densas (20 o más flores), contraídas, sésiles o pedunculadas, a veces ambas en cada cojín florífero, que generalmente nacen a lo largo de la zona sin hojas del tronco; flores masculinas con filamentos glabros y con las anteras de la serie superior no prolongadas o raras veces con un apéndice apical obtuso; las anteras inferiores generalmente prolongadas dorsalmente en una porción triangular aguda. Las inflorescencias femeninas cimosa hasta 1-7 flores; flores femeninas generalmente con el estigma 2 veces bífido. Los frutos son bayas de color amarillo, solitarios o en grupos de tres, ovoides o elipsoides, subpentágonados o casi esféricos, hasta 7 cm de largo y 4 cm de ancho (Gheno, 2000; Moreno, 1980). Las semillas son numerosas, elipsoides de 4 a 9 mm de largo por 2 a 5 mm de ancho (en estado seco), la sarcotesta es abundante, mucilaginoso y con 5-6 costillas dentadas, longitudinales (Moreno, 1980) (Figura 1.7).

*Vasconcellea* se distribuye de forma silvestre en acahuales, vegetación secundaria de zonas tropicales y subtropicales de México hasta Colombia, Venezuela y Trinidad, pero está ausente en el resto de las Antillas. Se considera importante por ser reservorio de genes de *Carica papaya*, a pesar de su imposibilidad de cruzarse de forma natural, con la que guarda similitud y una fuente poligenética de resistencia a virus y hongos patógenos (Moreno, 1980).

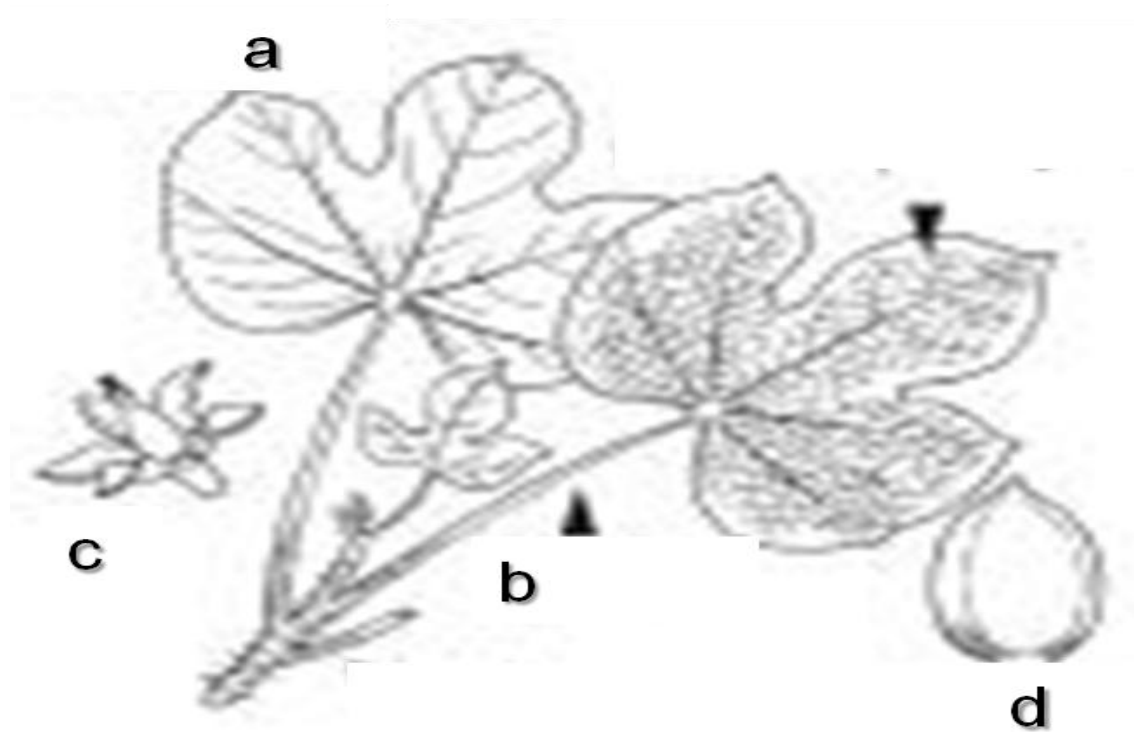


**Figura 1.7** *Vasconcellea cauliflora*. a) Planta; b) Inflorescencia masculina; flor femenina y frutos inmaduros; c) Corola de flor masculina con estambres y pistilodio; e) Estambre superior; f) Estambre inferior; g) Flor femenina; h; Corte transversal del fruto; i) Semilla.

### 1.12.3 *Cylicomorpha* Urban

Árboles de crecimiento rápido hasta alcanzar 35 m de altura, con tallos suaves y provistos de espinas de más de 2.5 cm y entrenudos huecos, éste puede ser simple o con ramas espaciadas en el ápice. Las hojas poseen forma palmatilobuladas, 3-5 lobado, con lamina de más de 35 cm de diámetro fuertemente cordado en la base; peciolo largo superior a 45 cm, glabros. Inflorescencias axilares, las masculinas de más de 4 cm de longitud, con muchas flores en panículas, con escasas ramificaciones; las flores femeninas próximas a los 3.5 cm de largo, de 1 a 5 flores racimosas. El cáliz es truncado; pétalos libres, imbricados; conectivos, apenas producido más allá de las anteras; filamentos escasamente pubescentes, fusionados en un tubo corto; ovario 5-ocular; estilo muy corto; estiloidia sin dividir; frutos ovados, 5-costado (Figura 1.8).

Fruto próximo a 8 cm de longitud, de consistencia suave, apenas pulposo o nada y de color verde-amarillo. Las semillas poseen una longitud de 7 mm, aproximadamente (Kupicha, 1978).



**Figura 1.8** *Cylicomorpha* sp. a) Hoja palmatilobada; b) Peciolo largo; c) Flor femenina; d) Fruto.

El género se compone de sólo dos especies, que se distribuyen en zonas de trópico lluvioso del continente Africano (Cuadro 1.5).

**Cuadro 1.5** Clave de especies de *Cylicomorpha* (Badillo, 1967).

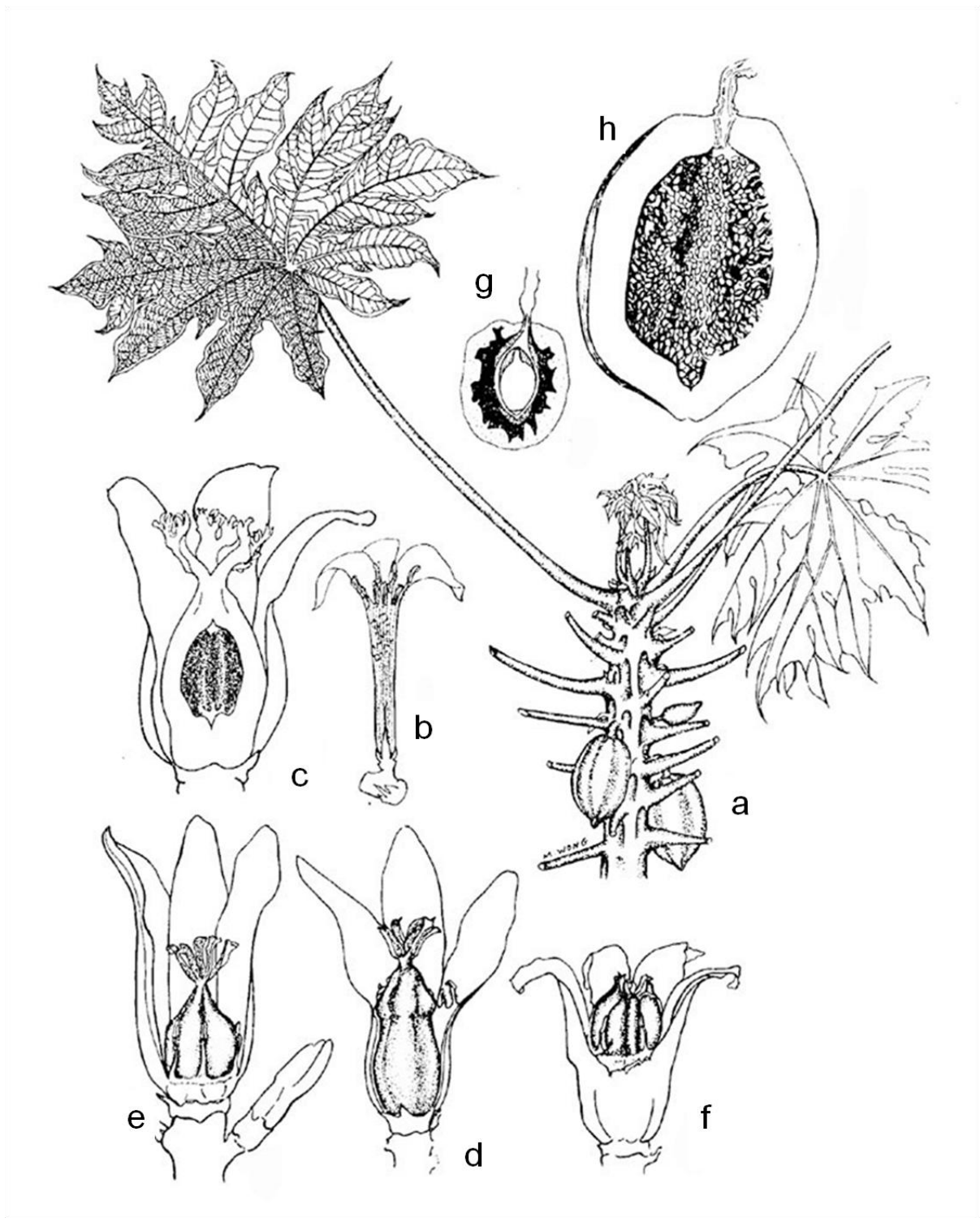
Característica	Especie	Distribución
Lobos de la hoja con varias nervaduras secundarias a lo largo y paralelos entre sí. Tubo estaminal de los filamentos de 2 mm de longitud.	<i>C. parviflora</i>	Tanzania, Malawi, Kenia
Lobos con un par de nervaduras secundarias originadas cerca de su base. Estas nervaduras dispuestas en forma arqueada a lo largo de la nervadura media de cada lobo. Tubo estaminal de los filamentos de 5 mm de longitud.	<i>C. solmsii</i>	Camerún

#### 1.12.4 *Carica* Linneo

Es el género de mayor importancia económica en la familia. Su nombre proviene del griego “karike” (tipo de higuera) propuesto por Carlos Linneo, debido a que encontró similitud entre las hojas de ambas especies. El fruto de esta especie, única en el género, se encuentra entre las cinco frutas de origen tropical más consumidas, pues en estado maduro es rico en vitaminas A y C, así como en calcio; además, es de las pocas frutas que poseen bajo contenido de ácidos en la porción comestible, pues tiene un pH entre 4.5 y 6.0 (Litz, 2005; Villacis, 2009).

De acuerdo con Kubitzki (2003), son árboles carnosos, no ramificados, con entrenudos huecos. Poseen hojas palmatilobuladas, con 7 a 12 nervaduras. Las flores son pentámeras, con estambres compuestos por pelos submoniliformes; conectivos apenas prolongado atrás de las anteras; ovario enteramente unilocular; estilo muy corto o ausente; estiloidia 5, usualmente anteras ramificadas. Frutos ovoides a elipsoides, ± pentagonal (Figura 1.9).





**Figura 1.9** *Carica papaya* L. a) Ápice de planta; b) Flor masculina; c) Flor femenina; d, e, f,) Flores hermafroditas h) Fruto y g) Semilla.

La especie *Carica papaya* es desconocida en estado silvestre en algunas regiones de Sudamérica (Leal, 1999). Morshidi (1996) mediante análisis isoenzimático, encontró gran diversidad de especies de *Carica* cultivada y silvestre, que prosperan en el área de Yucatán-San Ignacio-Peten-Rio Motagua, región Mesoamericana, con poblaciones silvestres y algunas domesticadas. La especie se encuentra distribuida actualmente, en forma cultivada, en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Dentro de la especie *C. papaya* se encuentra gran variabilidad por la forma, tamaño, color y adaptación. A pesar de tener gran potencial, el cultivo se ve limitado por problemas virales, principalmente (Reyes, 1999; Litz, 2005).

Muchos cultivares de *Carica papaya* se cultivan por su fruto comestible, el cual casi universalmente se consume en fresco, pero en África y Sri Lanka extrae látex lechoso que contiene enzimas proteolíticas, papaína y Chymopapaina, utilizadas como ablandador de carne, clarificador de cerveza y fines farmacéuticos (Teixeira *et al.*, 2007).

#### **2.12.5 Horovitzia Badillo**

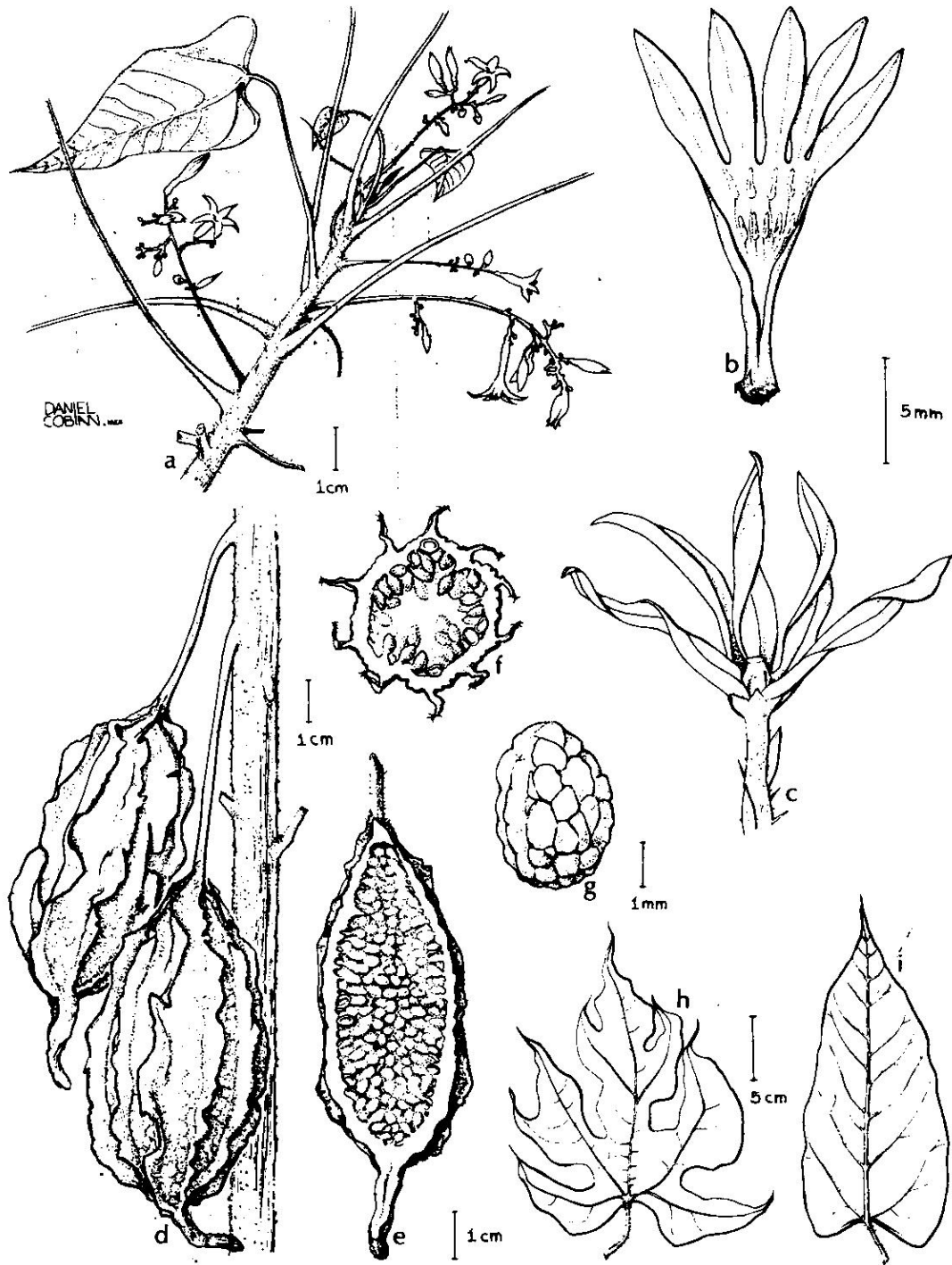
El género posee una sola especie: *H. cnidoscoloides* (Laurence & Torres), conocida sólo en el noroeste de la sierra de Juárez (Sierra Madre de Oaxaca), distribuida en el bosque mesofilo de Ixtlán y Tuxtepec, Oaxaca, México, a 1250 msnm. Se sabe de la existencia de una población en un área disturbada, a lo largo de un camino de terracería; florece y fructifica a lo largo de todo el año, la planta es conocida localmente como “mala mujer” (Lorence y Torres, 1988; Acosta, 2002).

De acuerdo con Lorence y Torres (1988), son plantas herbáceas dioicas perennes o eventualmente deciduas, con látex blanco, de tallo simple hueco, monopódico 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 semicirculares, prominentes. Las hojas se encuentran concentradas distalmente en el

ápice del tallo, son heteromórficas, pues las hojas de plantas estaminadas generalmente no poseen lobos, mientras que las hojas de plantas pistiladas son lobadas generalmente pero algunas veces sin ellos (Kubitzki, 2003).

Las inflorescencias estaminadas axilares se encuentran en forma de tirso, son de 8 a 16 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho, se componen de 15 a 30 flores, numerosos tricomas aciculares como en el tallo, ejes y flores bracteolados; bractéolas verdes, triangulares; flores estaminadas en pedicelos; cáliz glabro, 5-lobos, deltoide; corola verde-amarillo, con contorno aerodinámico en el brote durante la antesis (Figura 1.11). Las flores pistiladas se encuentran solitarias, glabros o con tricomas aciculares, frecuentemente con bractéolas deltoides; cáliz 5-lobado, glabro, lobos deltoides, 0.5-0.6 mm de longitud, 0.5 mm de ancho; corola verde-amarilla, glabra, casi dividida en la base, lobos ligeramente ovado-elíptico a linear-elíptico, torneado, 9-10 mm de largo, 1-1.5 mm de ancho, pistilo ovoide, 2 mm de longitud incluyendo el estigma, obtusamente 5-angulado, glabro, unilocular, estigma sésil, entero, subcapitado y ligeramente cóncavo. Frutos 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 con 10 alas longitudinales prominentes de 2 a 4 mm de ancho, rígidos, tricomas aciculares urticantes, el ápice es prolongado y ligeramente curvado. Las semillas son numerosas, poseen exotesta pulposa, mide 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 (Figura 1.10) ( Lorence y Torres, 1988).

Acosta (2002) considera a la especie *H. cnidoscoloides* en un listado de plantas vulnerables del estado de Oaxaca, por lo que se deberá coleccionar, resguardar y analizar su utilidad para evitar la posible desaparición.



**Figura 1.10** *Horovitzia cnidoscoloides*. a) Tallo de planta estaminada con inflorescencias axilares y hojas simples; b) Flor estaminada, con estambres; c) Flor pistilada; d) Frutos maduros; e) Sección longitudinal de fruto; f), Sección transversal de fruto con lóculo simple y alas; g) Semilla; h) Hojas lobadas de planta pistilada; i) Hoja no lobulada de planta estaminada. Fuente: Lorence y Torres, (1988).

### **1.12.6 *Jarilla Rusby***

Anteriormente conocida con el nombre de *Mocinna La Llave*, non Lag. Son plantas herbáceas perennes, frecuentemente con raíz tuberosa, erectas o decumbentes (rastreras), dioicas, generalmente glabras, de porte delicado, tallo ramificado, hueco, algo pulposo, efímero pues emerge en época lluviosa, con una porción subterránea blanco-amarillenta un poco más delgada que la parte aérea; peciolo largo, láminas foliares simples, enteras o lobadas, a menudo de forma variable, aunque en el mismo individuo, pueden ser ovado-abierta a triangular o astado, palmatinervadas (Calderón y Lomelí, 1993).

Las flores masculinas dispuestas en cimas largamente pedunculadas, cáliz corto, unido en la base, corola infundibuliforme, con el tubo aproximadamente tan largo como los lóbulos, 10 estambres con los filamentos pubescentes, inserto en la garganta de la corola, 5 de ellos son largos y la antera correspondiente tiene una sola teca, los otros 5 son cortos y su antera es de dos tecas, gineceo rudimentario presente; flores femeninas por lo común en menor número que las masculinas, solitarias o dispuestas por pocas en cimas axilares escasas, pedúnculos delgados, cáliz corto, caedizo, corola campanulada, de pétalos unidos si acaso muy en la base, estigmas algo alargados, pubescentes, sésiles o sobre un estilo corto; fruto pendular, unilocular, subgloboso a elipsoide, con cinco apéndices en la base y en ocasiones con alas longitudinales; semillas numerosas, ovoides, dispuestas sobre cinco placentas parietales, provistas de un arilo mucilaginoso (Calderón y Lomelí, 1993).

Son plantas que se encuentran en forma esporádica, aunque a veces tienden a comportarse como malezas. Los frutos permanecen en el suelo por algún tiempo, después de la muerte del tallo aéreo. Las semillas requieren de un período de reposo para presentar germinación aceptable; las semillas almacenadas por dos años, fue entre 15 y 60 % mejor, mientras la emergencia ocurre entre 10 y 17 días después de la siembra (Díaz y Lomelí, 1992; Willingham y White, 1976).

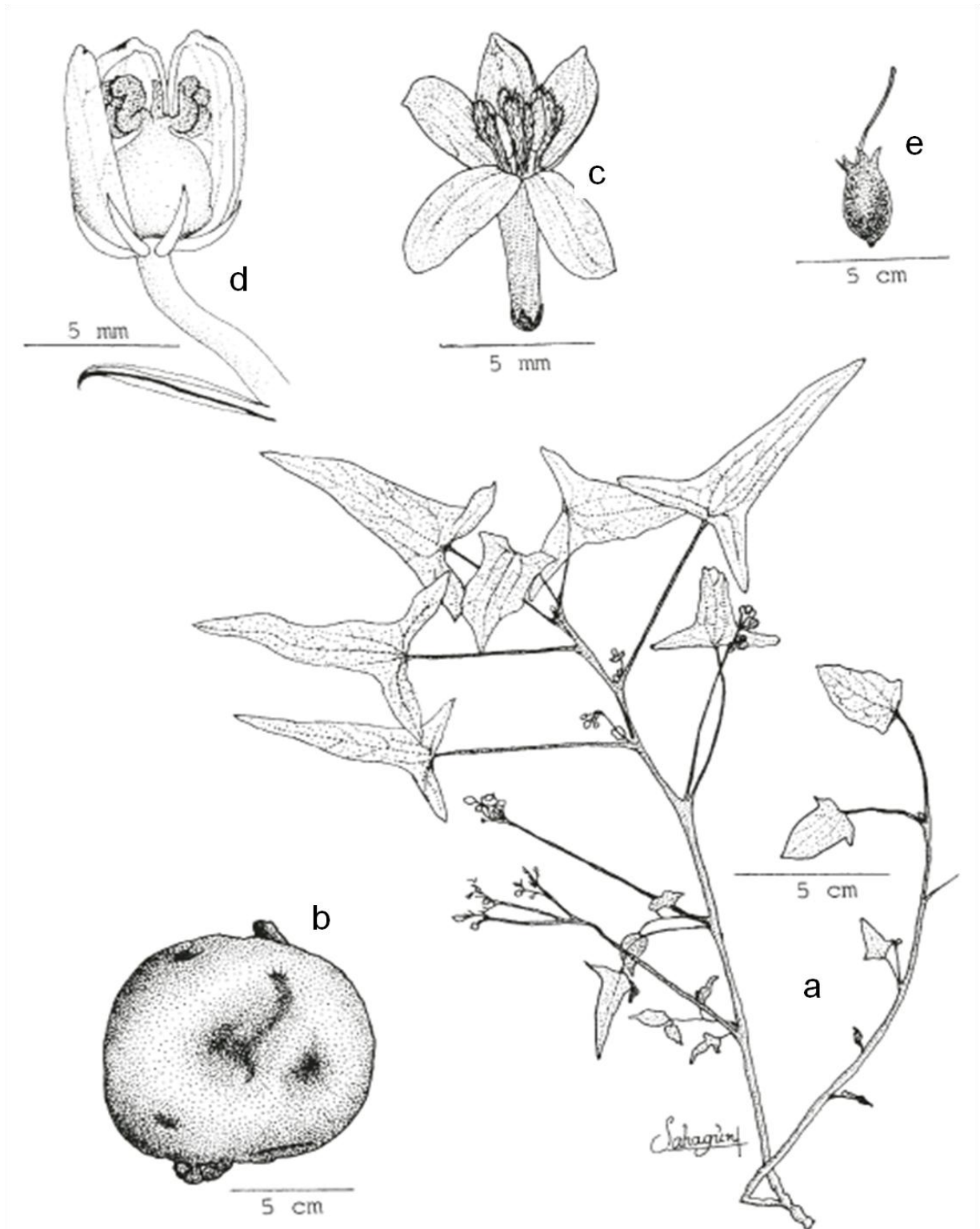
Es un género de taxonomía complicada, porque algunos autores sólo reconocían una especie variable, mientras que otros distinguen tres y un híbrido natural. Tres especies se desarrollan en los bosques caducifolios de México y Guatemala (Cuadro 1.6).

**Cuadro 1.6** Claves para la identificación de especies del género *Jarilla* (Díaz y Lomelí, 1992).

Características	Especie	Distribución
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	<i>J. caudata</i>	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 Fruto con cinco alas longitudinales; tallo erguido; hojas generalmente más anchas que largas; anteras del grupo inferior de 1.8-1.9 de largo	<i>J. Chocola</i>	Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Chiapas. Guatemala.
B Fruto sin alas longitudinales; tallo no erguido; hojas más largas que anchas.		
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.	<i>J. heterophylla</i>	Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Zacatecas. Jalisco
C Fruto con apéndices basales de más de 2 cm de longitud; semillas no desarrolladas; limbo foliar no sagitado; no se localizaron plantas masculinas.	<i>J. caudata</i> x <i>J. heterophylla</i>	

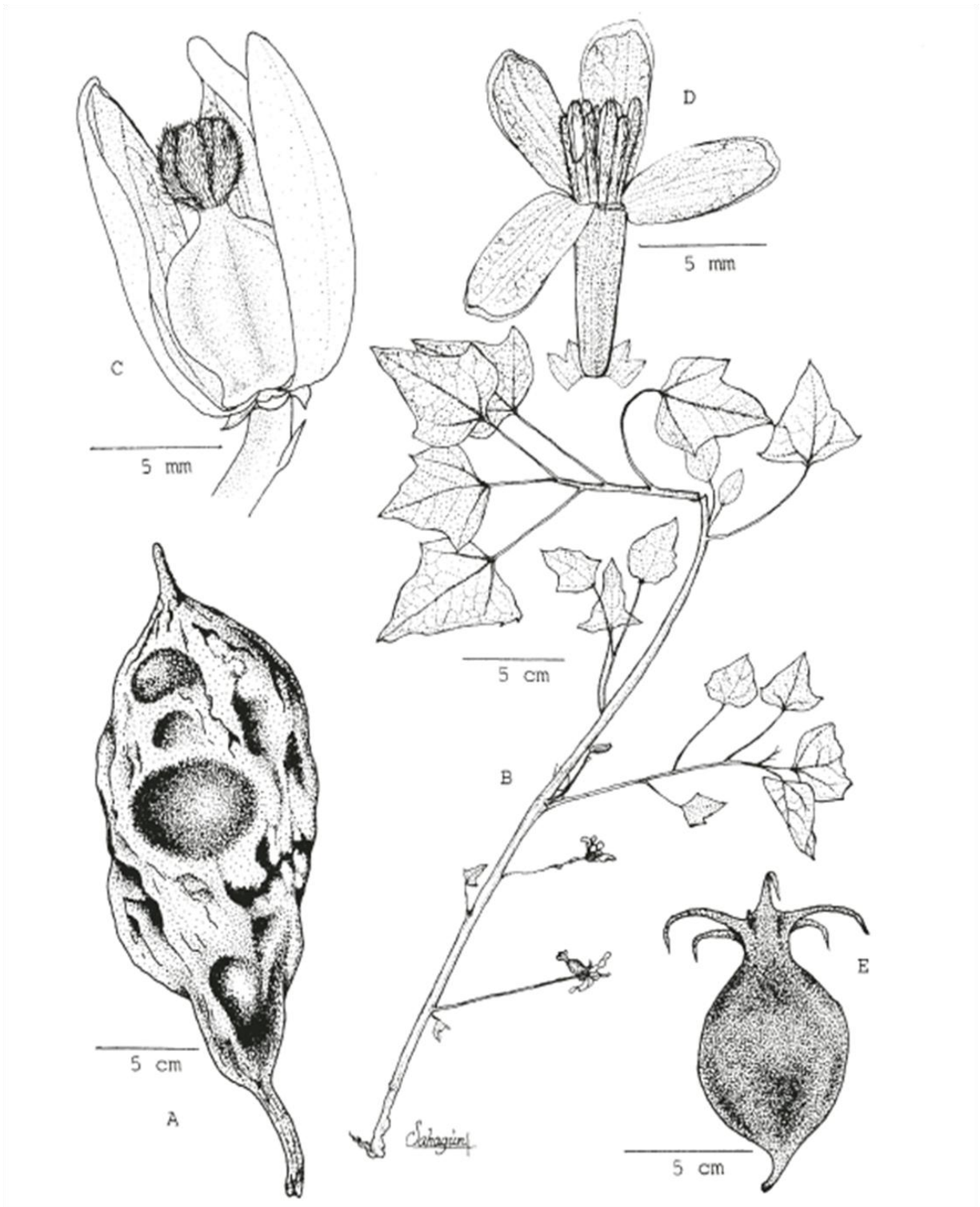
El hábitat de estas especies está en bosques tropicales deciduos, bosque de encino, matorral xerófilo, pastizal y terrenos cultivados recientemente desmontados, a una altitud de 330 a 2700 m. En *J. heterophylla* (Figura 1.11), *J. caudata* (Figura 1.12) y *J. chocola* (Figura 1.13), el tallo emerge del tubérculo en los primeros días de junio, mientras la floración y fructificación ocurre en julio y octubre. Los frutos son comestibles y se comercializan en los mercados locales (Díaz y Lomelí, 1992)

La especie *J. chocola* fue evaluada por Willingham y White (1976) en condiciones de invernadero en California y Maryland, EE.UU para aprovechar su potencial como alimento, pues el fruto y tubérculo poseen considerable cantidad de proteínas, además de almidón semejante al de la papa; sin embargo, los resultados mostraron potencial limitado debido a que es intolerante a temperaturas frías, susceptible a patógenos del suelo y sólo producción moderada en áreas sujetas a estas condiciones.

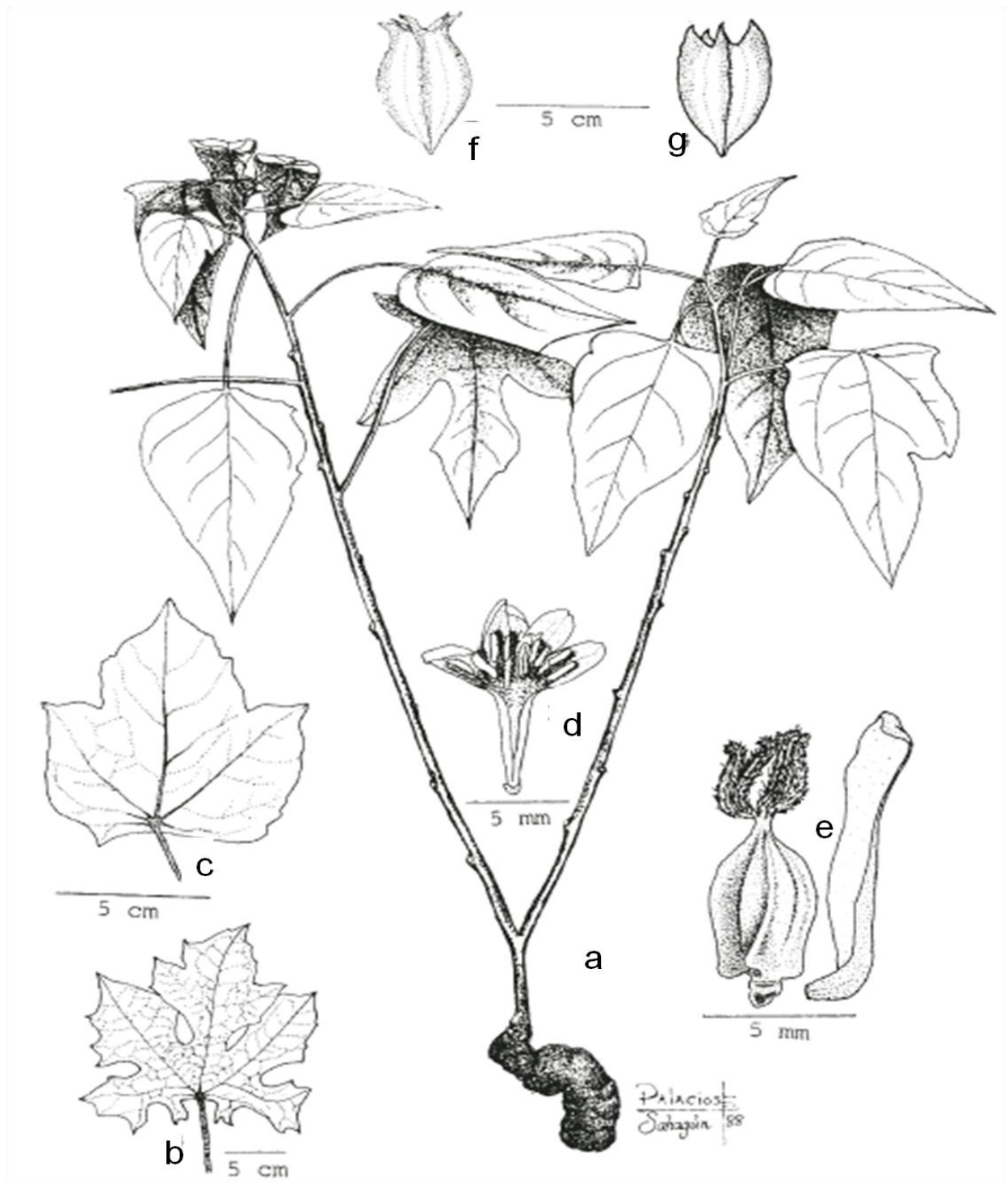


**Figura 1.11** *Jarilla heterophylla* (cerv. Ex La Llave) Rusby. a) Planta masculina con flores; b) Tubérculo; c) Flor masculina; d) Flor femenina; e) Fruto. Fuente: Díaz y Lomelí (1992).





**Figura 1.12** *Jarilla caudata*. a) Tubérculo; b) Rama de una planta femenina; c) Flor femenina con dos segmentos corolinos removidos; d) Flor masculina con un lóbulo removido; e) Fruto. Fuente: Dígaz y Lomelí (1992).



**Figura 1.13** *Jarilla chocola*. a) Planta completa; b) Hoja; c) Hoja; d) Flor masculina en corte longitudinal; e) Gineceo y un segmento corolino; f y g) Fruto.

## CAPÍTULO II: EXPLORACIÓN Y COLECTA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE CARICÁCEAS EN ALGUNAS REGIONES TROPICALES DE MÉXICO

### 2.1 RESUMEN

Las Caricáceas son una familia de importancia económica con presencia destacada en México, la cual no ha sido suficientemente documentada, por lo que existe la preocupación sobre pérdida de la diversidad genética de ésta familia, a consecuencia de la actividad humana. El objetivo de la presente investigación fue explorar y describir una parte de la diversidad de la familia *Caricaceae* existente en algunas regiones cálida húmeda de México, así como desarrollar la colecta de germoplasma. El trabajo de investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, entre 2009 y 2011. La exploración se realizó mediante recorridos terrestres en áreas de los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Puebla y Michoacán en la República Mexicana, donde se ha documentado la presencia de *Caricaceae*. Después se realizó la descripción fenotípica de planta y fruto, y se obtuvo la localización geográfica y evidencia fotográfica. Con ayuda de claves taxonómicas, se determinó el género y obtuvieron un total de 76 muestras: a) Cuarenta y cinco corresponden a *Carica papaya*, con variabilidad considerable, especialmente en fruto; pero es posible que las especies nativas se encuentren en riesgo de extinción; b) Treinta corresponden a *Vasconcellea cauliflora*, la cual podría aprovecharse como frutal y para mejoramiento de *C. papaya* y; Uno es de *Jacaratia mexicana* que, aunque de distribución limitada, se podría utilizar como fruta, producto medicinal u ornamental.

**Palabras clave:** *Vasconcellea cauliflora*, *Carica papaya*, *Jacaratia mexicana*, germoplasma.

## 2.2 INTRODUCCIÓN

La distribución de los seres vivos es el resultado de la combinación de numerosos factores naturales y humanos, y cambia a medida que lo hacen estos. La influencia de factores climáticos solos o combinados varía a lo largo del tiempo en respuesta a fluctuaciones, cambios que experimenta el relieve y la posición de los continentes o a la propia evolución de las especies (García, 2010).

La posición geográfica intermedia en el continente americano ha dado a México un carácter único, al concentrar especies provenientes de dos grandes regiones biogeográficas del nuevo mundo, la Neártica y Neotropical. Además, la historia natural del país, que ha sido una accidentada sucesión de cambios en las masas terrestres, el clima y vegetación, provocaron la aparición de un conjunto de especies nativas o endémicas, fruto de la evolución en aislamiento durante los periodos geológicos en que no hubo contacto y que sumadas a las provenientes del norte y sur, aumentaron la diversidad. Por ello, de manera extraordinaria, la mitad de las especies de plantas sólo se encuentran en el territorio mexicano, sin ser aún descubiertas, descritas y clasificadas en su totalidad (Toledo, 1997; Halfter *et al.*, 2008).

*Caricaceae* es una familia de importancia económica, compuesta por los géneros *Cylicomorpha*, *Jacaratia*, *Vasconcellea*, *Jarilla*, *Horovitzia* y *Carica* con alrededor de 35 especies, distribuidos principalmente en América tropical, desde México hasta Argentina y Chile, y con sólo un género en África tropical (Kubitzki, 2003). La distribución de *Caricaceae* en los continentes Americano y Africano, se explica por los eventos de las placas tectónicas. *Cylicomorpha* es el género más primitivo, exclusivo de África ecuatorial, el cual probablemente prosperó al Oeste de Gondwana durante el Cretácico superior, y al separarse los continentes Africano y Sudamericano permaneció como único representante en África. Mientras, lo que quedó del género en Sudamérica, dio origen a numerosas especies con ovarios pentaloculares (*Vasconcellea* y *Jacaratia*), favorecido por la diversidad de climas establecidos durante el final del Cretácico. Los géneros uniloculares (*Horovitzia*, *Jarilla* y *Carica*), considerados filogenéticamente más avanzados, se especiaron en México y Centro América, tal como se conocen actualmente (Morshidi, 1996).

En México, cinco géneros de las Caricaceae se distribuyen en forma natural desde Tamaulipas y Baja California hasta el sur del país, al prosperar tanto en regiones semiáridas como húmedas, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2700 m, y pueden presentarse en forma de árboles o plantas rastreras, a veces monoicos o polígamos (Díaz y Lomelí, 1992). Sin embargo, la presencia de las caricáceas no está lo suficientemente documentada, además de que la información existente no está actualizada y es poco confiable, pues se desconoce cuantos tipos hay, donde se distribuyen, condición en la que se encuentran y utilidad que se le da o pudiera dársele, según sus cualidades (Acosta, 2002).

Existe preocupación entre algunos investigadores sobre el peligro de pérdida de variedades nativas, debido a la proliferación de nuevas variedades, sobre todo Maradol, que se cultivan intensivamente y que desplazan a las nativas, por lo que podrían encontrarse en riesgo de extinción. Además, las variedades nativas no cuentan con protección de centros de investigación de frutales, por lo que son los pequeños productores de México quienes realizan esta labor (Chauvet *et al.*, 2012).

Es innegable la responsabilidad que tiene México para salvaguardar la integridad de la diversidad de papaya y otros integrantes de las caricáceas, ya que se destaca como centro de origen y diversidad, lo cual exige precaución ante la amenaza de liberación de transgénicos. Por ello resulta relevante la manera en que se obtiene y maneja, el conocimiento sobre recursos genéticos (Chauvet *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue explorar y describir la diversidad de la familia *Caricaceae* en algunas regiones cálida húmeda de México, así como la colecta de germoplasma.

## **2.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se realizó en instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, entre 2009 y 2011. Inicio con análisis de información bibliográfica de libros, revistas y reportes en internet, así como de agricultores y personas relacionadas con el reconocimiento de regiones de distribución y fenología de

las Caricáceas en México, así como la factibilidad de realizar el muestreo en esas zonas. A partir de ésta información se establecieron rutas y épocas de colecta de poblaciones.

La exploración se realizó mediante recorridos terrestres a orillas de carreteras y brechas de fácil acceso hacia áreas agrícolas y zonas no disturbadas con Caricáceas, ya ubicadas en gabinete. En campo se realizó la descripción (o caracterización) fenotípica de las plantas, con registro de su estado fitosanitario y localización geográfica, para lo cual se empleó un geoposicionador Etrex® y cámara fotográfica digital con la cual se tomó registro gráfico de planta y frutos. También se empleó un formato impreso para registrar la información *in situ* y condiciones del medio (clima y vegetación). Los datos fueron procesados y editados con el programa ArcView GIS Ver. 3a, para su análisis y graficación.

En la mayoría de los genotipos seleccionados se colectó semilla, la cual se obtuvo de frutos en madurez fisiológica y aspecto sanitario sano. Se muestrearon cinco plantas por población y cuatro frutos por planta, cuando fue posible, debido a que los frutos poseen una cantidad considerablemente alta de semillas (aproximadamente 400). Los frutos se transportaron envueltos en papel periódico e introdujeron en bolsas de plástico etiquetadas con la información referente a la fecha, lugar de colecta, género y número de árbol muestreado. Además, se colectaron plantas pequeñas para su resguardo y futuro análisis, cuando no fue posible obtener semilla. Con ayuda de descriptores se determinó el género, según sus características y claves taxonómicas propuestas por Badillo (1971 y 1993) (Kubitzki, 2003).

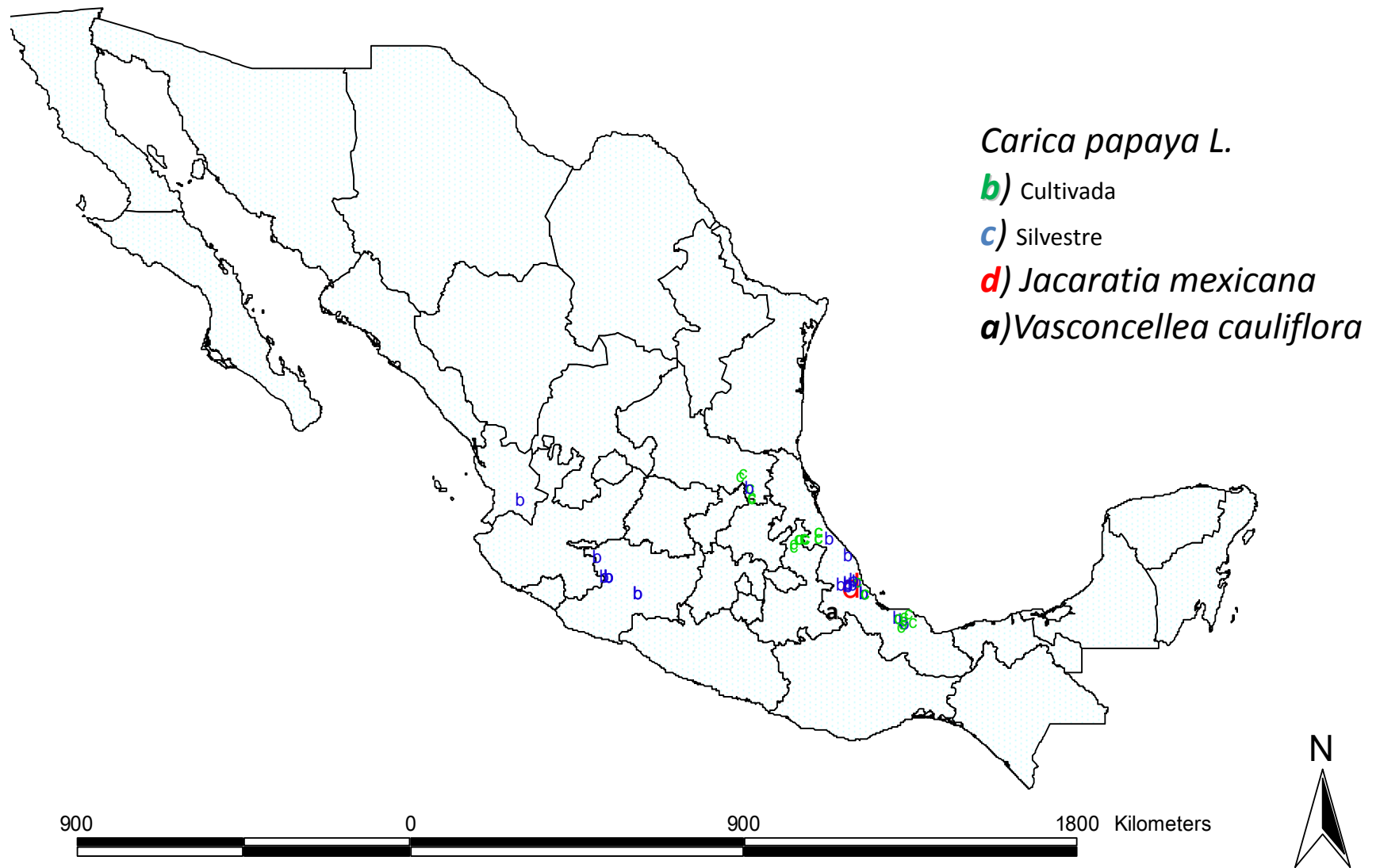
Los frutos se almacenaron en un sitio seco y a la sombra, hasta alcanzar la madurez comercial. Posteriormente, se extrajo manualmente la semilla y el beneficio se practicó con un remojo en agua durante tres días y el retiro posterior de la sarcotesta por fricción con una franela; se decantaron semillas vanas y restos de sarcotesta. El secado ocurrió en condiciones de laboratorio (a la sombra a 26 °C), durante una semana.

Las semillas colectadas de las especies *Carica* fueron sembradas en el mes de mayo de 2010, en bolsas de plástico con sustrato a base de la mezcla compuesta de suelo arcilloso, arena y materia orgánica en proporciones 2:1:1. Se colocaron cinco semillas por bolsa, a una profundidad de 2 cm, posteriormente fueron cubiertas con zacate seco. El riego se hizo diariamente por la mañana y tomó registro de la emergencia, en días después de la siembra. Dos meses después, cuando las plantas alcanzaron entre 15 y 20 cm, fueron trasplantadas al azar a campo, en dos parcelas con suelo arcilloso, en el municipio de Emiliano Zapata, Veracruz (19° 21.12 N y 96° 38.7 O, a 400 msnm), previamente preparadas. Se registró la fecha de inicio floral, amarre de fruto y altura del primer fruto.

En las plantas se observó la presencia de daño por efecto de enfermedades virales o de otra índole. Los frutos fueron pesados y medidos, determinó el contenido de sólidos solubles totales (SST) en frutos maduros de papaya silvestre y algunos tipos de papaya cultivada, con el empleo de un refractómetro digital (ATAGO Palette PR-32α). Para ello cual se extrajo jugo de la pulpa en la región del apical, media y pedúncular del fruto, mediante compresión con un fragmento de tela, que cayó en el sensor del dispositivo.

## **2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se determinó factible la exploración y colecta de especies de los géneros *Carica*, *Vasconcellea* y *Jacaratia* en los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Puebla y Michoacán. La colecta constó de 76 entradas en total, con 75 accesiones correspondientes a más de 10 tipos diferentes de la especie *Carica papaya*, tres nativos y tres más introducido (Anexo 1). Además se colectaron 30 materiales correspondientes a un tipo de papaya silvestre que se asemeja demasiado a *Vasconcellea cauliflora*, lo que causó confusión. Finalmente, se determinó que difieren en el número de lóculos, nervaduras en las hojas y color del tallo, principalmente. A pesar de ello se logró establecer la presencia de especies de *V. cauliflora* en el municipio de Zongolica, Veracruz, sin obtener semilla. Una colecta más de la especie *Jacaratia mexicana* fue obtenida (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Distribución de colectas de la familia *Caricaceae* en algunos estados de la república Mexicana.



La complejidad de la topografía y la geología de México, aunada a la diversidad de climas y microclimas, dio como resultado una variedad de ecosistemas compuestos por numerosos hábitats, en los que se ha llevado a cabo un proceso complicado de integración y evolución de taxones vegetales (Rzedowski, 2005). De acuerdo con Arias *et al.* (2010), las especies de *Caricaceae* se distribuyen prácticamente en todo el país y se le ha colectado en grupos de climas cálidos, semicálidos y templados, tanto húmedos como subhúmedos.

Las especies de *Carica* comparten distribución amplia, se adaptan a diversas condiciones, determinadas por la altitud y latitud, los tipos con algún grado de mejoramiento se encuentran en condición de cultivo en regiones con alta modificación antrópica y prospera desde 1 a 1500 msnm. Los tipos silvestres prosperan adecuadamente en sitios poco a muy modificados, principalmente en áreas poco modificadas y en altitudes que van desde 1 a 2500 m. La especie *J. mexicana* se desarrolla en ambientes poco modificados y se adapta a un rango más restringido de altitud, se encuentra generalmente de 1 a 500 msnm (Gómez, 2000). *Vasconcellea cauliflora* (conocida como “chichihua” en el centro de Veracruz) se distribuye en forma limitada en regiones con gran altitud, como en los municipios de Zongolica, Córdoba y Orizaba en el estado de Veracruz, tolera favorablemente temperaturas frías. Además, es especie única del género que se conoce desarrolla en el país, pero que puede desarrollar en regiones con clima templado, ventaja que podría aprovecharse en el mejoramiento de *C. papaya* (Gómez, 2000; Cheno, 2000).

En Veracruz se detectaron los tres géneros, probablemente por la diversidad de condiciones orográficas y climáticas en el estado, que favorecen el desarrollo de *Caricaceae*; las altitudes donde se encontraron fueron variables, desde 6 hasta 1577 m (Figura 2.1). Lo anterior coincide con Gómez (2000), al afirmar que en ese estado se desarrollan *Carica papaya*, *Vasconcellea cauliflora*, *Jacaratia dolichaula* y *Jacaratia mexicana*. En el caso de *C. papaya* se tiene registro de 62 colectas, realizadas en su mayoría en el sur y centro del estado, de *V. cauliflora* existen 16 registros en las mismas regiones, para *J. dolichaula* 21 en la zona sur y para *J. mexicana* 7, en la zona centro

del estado (Gómez, 2000). Sin embargo, las colectas se realizaron entre los años 1866 y 1990.

En cambio, en los otros estados muestreados sólo se identificaron especies de *Carica papaya*, la cual es la más conocida. *Vasconcellea cauliflora* se confunde frecuentemente con *C. papaya*, por su gran parecido, mientras que *Jacaratia mexicana* es una planta desconocida para la mayoría de las personas, pues se localiza en lugares aislados, de difícil acceso, por lo que es subutilizada (Calderón y Lomelí, 1993).

En la Huasteca Potosina y parte norte del estado de Puebla se constataron poblaciones importantes de papaya silvestre, mientras que en la zona centro del estado de Veracruz en los municipios recorridos durante el estudio, no se encontraron materiales silvestres de *C. papaya* ni del género *Vasconcellea*, posiblemente debido a que prevalece la agricultura tecnificada o de variedades mejoradas de papaya (Figura 2.1).

En el estado de Michoacán solo se encontró materiales con la cavidad del fruto no ocupada completamente por semillas (cultivada) pertenecientes al género *Carica*, entre ellos existió amplia diversidad de materiales con poco manejo tendiente al mejoramiento y materiales con excelentes cualidades propias del manejo intensivo realizado por el hombre. En éste estado se encontraron plantas, que a decir del propietario, proviene del país vecino del norte (E.E. U.U.) transportado por trabajadores migrantes, lo que podría conllevar ADN transgénico, pues algunos cultivares originados en ese país son modificados genéticamente. Caso que ya ha ocurrido en cultivos como maíz, donde la contaminación de materiales criollos en zonas aisladas del país, como Oaxaca, se dio vía semilla-polen (Turrent-Fernández *et al.*, 2009; Piñeyro-Nelson *et al.*, 2009). Además, se logró obtener un material más en el estado de Nayarit con características de fruto grande y bajo contenido de azúcares (Figura 2.1).

La temperatura media anual en las zonas donde se ha colectado las especies más comunes son relativamente semejantes, *V. cauliflora* alcanza valores que varían desde 12 a más de 26 °C, mientras que *Carica* posee un rango ligeramente más reducido, al ir 17 a más de 26 °C. Con respecto al promedio anual de temperaturas máximas y mínimas extremas ocurre que para ambos géneros son del orden de 23 a más de 35 °C

y de 3 a 17 °C, respectivamente. En estas mismas zonas la precipitación pluvial varía de 400 a 4400 mm anuales, con presencia ocasional de granizo (Gómez, 2000).

El número de colectas reportadas para *J. mexicana* es de siete, localizadas en la región centro de Veracruz; los especímenes se han encontrado en sitios con clima cálido húmedo o subhúmedo ( $Aw_1$  y  $Aw_0$ ), con temperatura media anual de 23 a 26 °C. Estas temperaturas se pueden clasificar como altas, mientras que las máximas y mínimas extremas oscilan de 33 a 35 °C y 15 a 17 °C, respectivamente. Las zonas donde se ha ubicado a *J. mexicana* presentan precipitación pluvial anual de 800 a 1200 mm, con una máxima en 24 h de 20 a 40 mm, sin presencia de granizo (Gómez, 2000).

Durante el mes de septiembre de 2010 se presentó el huracán “Karl” en la costa del estado de Veracruz, éste afectó la plantación experimental con las colectas establecidas en campo de. Los daños se concentraron en caída de plantas y pudrición de raíz por inundación; por lo cual, no fue posible obtener información de la totalidad de accesiones y falta de repeticiones para otras.

### **Género *Jacaratia***

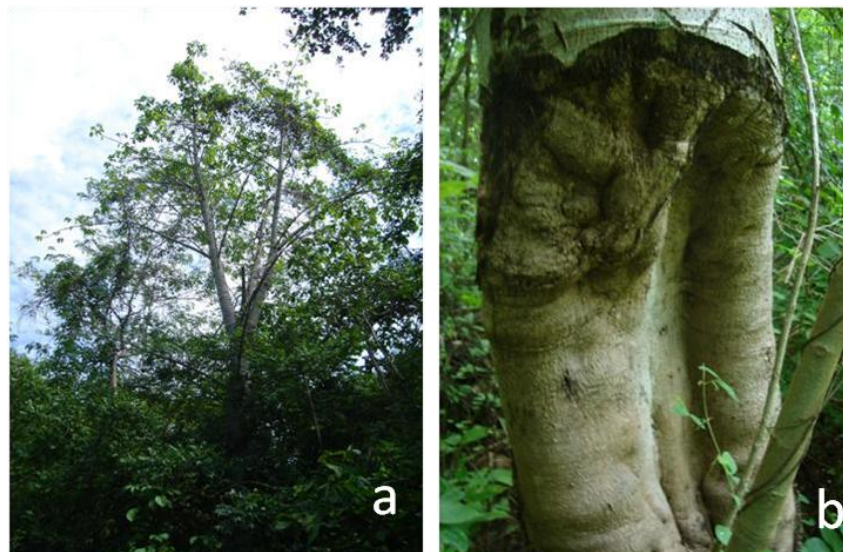
Los ejemplares observados de *Jacaratia mexicana* A. DC. (bonete o coahuayote), conocido localmente como “Carne de perro”, se localizaron en la zona centro de Veracruz en estado silvestre y a 314 msnm (Figura 3.1), sin poder afirmar que sólo en ésta área prosperen, pues Arias *et al.* (2010) y Lomelí-Sención (1998) mencionan su presencia desde Nayarit y Veracruz, México, hasta El Salvador y Nicaragua, donde han estado expuestas a efectos de domesticación.

El sitio donde se encontró a éstos árboles, se remite al fondo de la barranca conocida como “El Acuyal”, en el ejido de La Balsa, Municipio de Emiliano Zapata, Ver. en asociación con selva baja caducifolia. Este lugar se caracteriza por poseer temperatura media anual de 25 °C y precipitación superior a 800 mm. La especie presenta baja densidad por unidad de área, pues en el recorrido se lograron observar algunos ejemplares, varios de ellos en estado juvenil. Lo anterior, fue confirmado por pobladores

locales consultados durante la colecta y por resultados de investigación desarrollada por Bullock (2002), al referir que en Campeche, Yucatán, Puebla y Veracruz los árboles se encuentran en regiones aisladas.

La especie se caracteriza por presentar troncos succulentos, de forma cónica, poco leñoso y ramas frágiles, lo que los hace llamativos aunque también susceptibles a daños físicos con facilidad por efecto de golpes con objetos punzocortantes. Son árboles dioicos, aunque se ha reportado la presencia de “machos fructíferos” (hermafroditas), de más de 10 m de altura en etapa productiva, comportamiento caducifolio, por lo que de noviembre a mayo desprenden el follaje, periodo en el cual, además ocurre la floración (Aguirre *et al.*, 2007).

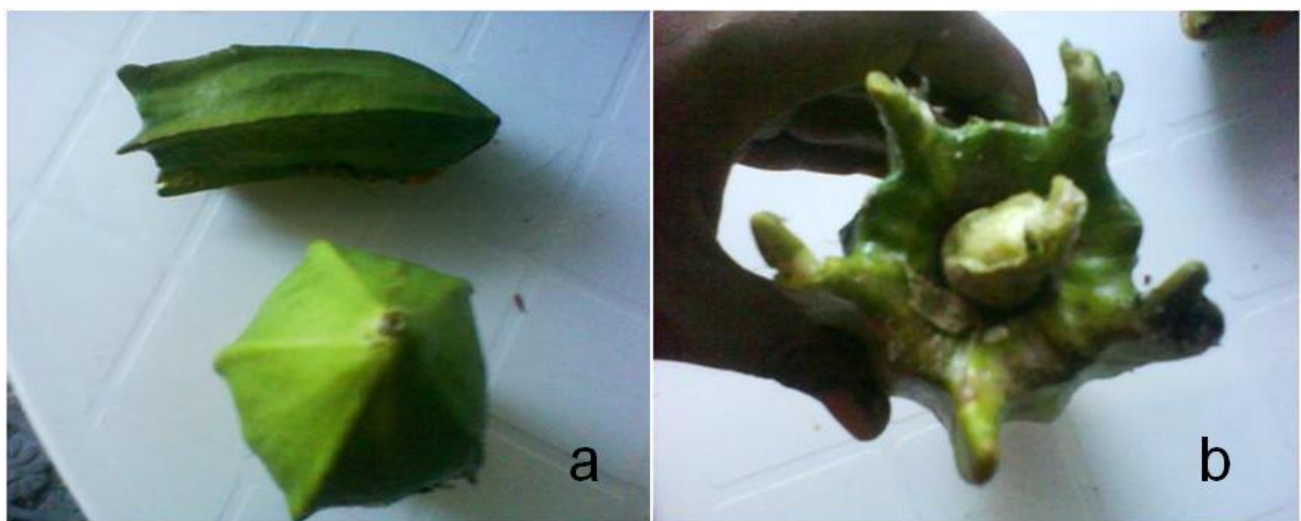
La corteza de la planta se utiliza ocasionalmente por pobladores de la región para tratar úlceras bucales y afecciones en riñones, por lo que al desprenderla dañan la zona particular del tallo (Figura 2.2). La utilidad medicinal de la planta es reconocida en el atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana (UNAM, 2009), sin embargo, ésta actividad resulta menos frecuente en la actualidad, por lo que las personas jóvenes desconocen su utilidad, consecuencia del desuso de la medicina tradicional. Arias *et al.* (2010) citan la utilización de semillas y hojas de la planta, tanto para la alimentación como para ablandamiento de carne, al contener proteasas semejantes a las de papaya.



**Figura 2.2** Árbol (a) y tallo dañado de *Jacaratia mexicana* A. DC (b).

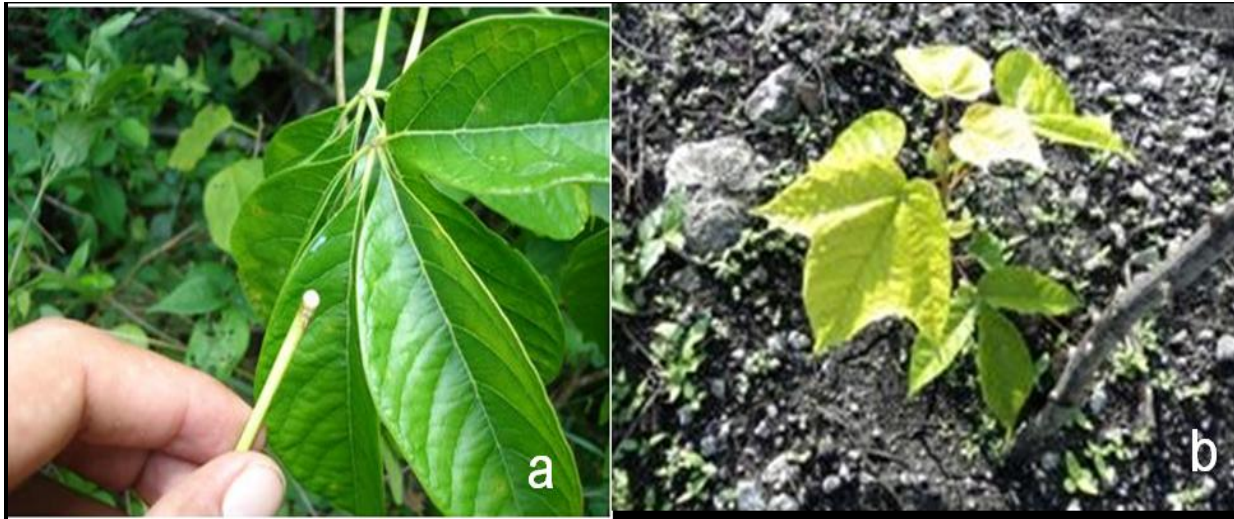
Los frutos son pulposos, con cinco lóculos y aristas angulares marcadas, entre 15 y 20 cm de longitud y diámetro de 5 cm y pueden pesar entre 200 y 500 g. La epidermis es de color verde intenso, que torna clara al madurar, mientras que el mesocarpio o pulpa es de color amarillo-naranja en madurez; el pedúnculo es resistente cuando el fruto no alcanza la madurez, lo que aunado a la altura a la que se encuentra, representa un inconveniente para desprenderlo del árbol; de forma natural caen hasta que se inicia el proceso de descomposición (Bullock, 2002). La epidermis posee diámetro de 2 a 3 mm, es rígida y posee aspecto coriáceo (Figura 2.3). El aroma y sabor de la pulpa es similar al fruto de papaya, no así la proporción de mesocarpio, la cual es escasa. Ciertas personas consumen el fruto, sin embargo, es más apreciado por sus propiedades medicinales.

Las semillas son semejantes a las de *Carica papaya* en forma y número, con alrededor de 500 por fruto aproximadamente, sin embargo, el tamaño es menor. Aves y murciélagos dispersan la semilla al consumir el fruto (Bullock, 2002). En las fechas en que se visitó la población de ésta especie no fue posible coleccionar suficiente cantidad de semilla, aunque algunas se sembraron y permitió determinar que germinan a los 7 días de la siembra, con emergencia irregular bajo las condiciones climáticas de la localidad de La Balsa, Municipio de Emiliano Zapata del estado de Veracruz y en la fecha en que se sembró, posiblemente debido a efectos de latencia (Cossa et al., 2009).



**Figura 2.3** Fruto de *J. mexicana* colectado en Veracruz (03/06/2010). a) Ápice de fruto con aristas y; b) Base del fruto.

Las plántulas emergidas mostraron hojas fusionadas que, posteriormente, adquieren la forma sagitada compuesta de tres folíolos y, finalmente, cinco folíolos en estado adulto, característica de la especie (Figura 2.4). En el sitio de trasplante, las plantas midieron 1.25 m de altura en promedio, a tres años después de la siembra.



**Figura 2.4** Hoja adulta (a) y plántula de un año de edad de *Jacaratia mexicana* (b).

La planta posee una enzima proteolítica más fuerte que la papaína, por lo que posee potencial industrial, además de ser ornamental, alimenticia y valor económico importante (Duran *et al.*, s/a; Bullock, 2002). Actualmente, *Jacaratia mexicana* pudiera estar en riesgo por el aumento del área deforestada para desarrollar actividades agrícolas y establecimiento de pastizales, así como la falta de atención aun tratándose de un frutal nativo. Por lo anterior, se requiere mayor investigación acerca del uso que pudiera dársele y difusión de la presencia de ésta especie en los municipios donde prosperan.

### **Género *Vasconcellea***

De acuerdo con lo citado por Cheno (2000), las poblaciones de *V. cauliflora* están formadas por plantas unisexuales, estaminadas y pistiladas en proporción 1:1, producen frutos pequeños esféricos de 6 a 10 cm (Figura 2.6), de pulpa dulce y

aromática. El follaje se concentra en el ápice del tallo notoriamente (acuminado), las hojas son palmatilobas o palmatífidas, cinco nervias y cinco lobadas, el tallo posee entrenudos muy cortos con la corteza de coloración plumiza a grisácea y presenta flores, tanto femeninas como masculinas, a lo largo del tallo (cauliflora), de donde toma su nombre (Figura 2.5).



**Figura 2.5.** Distribución de hojas y flores caulinares de *Vasconcellea cauliflora*.



**Figura 2.6.** Tallo con flores (a) y frutos (b) caulinares de *Vasconcellea cauliflora*.

Los frutos son solitarios, ovoides o elipsoides, subpentagonos o casi esféricos y maduran en el mes de julio, en algunas regiones. Posee semillas con placentación

central, a diferencia de *C. papaya* que es parietal; se menciona que los frutos no poseen cualidades comerciales, pero a nivel del estado de Veracruz se consume la sarcotesta, la cual es más abundante que *C. papaya*, sin embargo el resto de la semilla no se consume pues resulta muy toxica (Cheno, 2000). La distribución de ésta especie va desde México a Colombia y Venezuela, también trinidad, pero ausente en el reto de las Antillas a altitudes entre 800 y 1500 m; las poblaciones se suponen limitadas pues es poco común en bosques siempre verdes.

La especie es de las más conocidas del género debido a que antiguamente se mencionaba como tolerante a virus de la mancha anular del papayo (PRSV-P) y se ha intentado emplear en el mejoramiento genético de *Carica*, mediante híbridos intergenéricos, sin embargo, no ha sido tarea fácil ya que existe incompatibilidad genética entre especies (Hofmeyr y Elden, 1942). González y Trujillo (2005) difieren respecto a la tolerancia de *V. cauliflora* al virus de la mancha anular, ya que en pruebas realizadas con inoculación de cepas del virus, se observó que ésta sufre afectaciones al igual que *C. papaya*.

### **Género *Carica***

Dentro del género se encuentran dos tipos distintos en características del fruto, tales como tamaño y distribución de las semillas en la cavidad del fruto, por lo que bien pudiera subdividirse el género en dos especies. El primer grupo que en el presente escrito se ha denominado como “papaya silvestre” y que resultan confundidas con *Vasconcellea cauliflora* Jacquin. Son conocidas comúnmente como “Papayas de monte” o “Papaya cimarrona”, además fue descrita por pobladores de Veracruz y Puebla bajo el nombre de “Chiche o papaya de venado”, por la forma que adquieren los frutos (Figura 2.7), que generalmente cambian a forma redonda al alcanzar la madurez fisiológica (Figura 2.11).

La planta es dioica y de comportamiento perenne, puede crecer a una altura de 3 m al año de haber germinado, sin embargo, alcanza más de seis metros cuando se



desarrolla bajo la sombra de otras plantas, buscando la luz solar, para lo cual prolonga su tallo hasta lograrlo, o durante varios ciclos (Figura 2.7b).



**Figura 2.7** Frutos (a) y planta de aproximadamente tres años de papaya silvestre (b), establecida en la comunidad de La Balsa, Ver.

La planta tiene gran parecido a la papaya cultivada en casi todos los aspectos, al concluir el período de lluvias la planta reduce el número y proporción de hojas y frutos, para protegerse de la deshidratación y soportar la etapa de estiaje. Al prolongar su período de vida o sufrir daño del ápice, se producen ramas laterales que producen y soportan el peso de los frutos.

La producción de frutos puede ser a lo largo del año, siempre que la planta cuente con las condiciones de humedad y temperatura favorables, el fruto madura aproximadamente a tres meses de la polinización; en inmadurez es de color verde y amarillo al madurar. Los frutos poseen sabor parecido a *Carica papaya*, con epidermis lisa y forma elipsoide u ovoide, subpentágonos o casi esféricos, presenta cinco surcos que convergen en el ápice, el cual puede ser obtuso o agudo (Figura 2.8).



**Figura 2.8** Variación de la forma externa de frutos de papaya silvestre y cavidad unilocular.

Como se mencionó anteriormente ambos tipos de papaya se pueden distinguir entre sí por el tamaño de fruto, distribución de semillas en el lóculo y tamaño de semilla. El tipo silvestre posee fruto de menor tamaño, generalmente de 6 x 6 cm cuando tiene forma esférica, mide 7 x 4 cm cuando tiene forma elipsoide, pesa entre 21 y 26 g, y presenta un ovario en ocasiones con forma de estrella (Figuras 2.8 y 2.9), mientras que la semilla es aproximadamente 33 % más pequeña que la de *C. papaya* (Paz y Vázquez-Yanes, 1998). Sin embargo, el ovario de papaya silvestre es igual al de papaya cultivada pero una vez fecundado e iniciar el desarrollo de la semilla, la cavidad es ocupada por completo; las plantas que son funcionalmente “machos” poseen flores con ovario atrofiado y semidesarrollado (Figura 2.10)



**Figura 2.9** Frutos de papaya silvestre (pequeños, a la izquierda y abajo) y papaya cultivada (derecha).



**Figura 2.10** Inflorescencias masculinas y femeninas (a); Flor masculina y femenina (b); Óvulo (c) y; Fruto de papaya silvestre con exposición interna.

Es probable que la papaya cultivada como la conocemos actualmente haya evolucionado directamente de éste tipo, pues guarda mucho parentesco aunque se desconoce la posibilidad de hibridación natural entre ambas. De acuerdo a observaciones en los recorridos de campo, se puede afirmar que la planta silvestre es susceptible a enfermedades de origen viral (Figura 2.11), aunque muestra efectos de escape, ya que generalmente se encuentra en baja densidad de población, respecto a papaya cultivada, y rodeada de otras especies.



**Figura 2.11** Planta de papaya silvestre con daño evidente de virus de la mancha anular del papayo.

También se observaron plantas individuales o en grupo, en estado silvestre principalmente, en zonas poco alteradas por el hombre, como acahuals y barrancas; y en parcelas de cultivo como plantas espontáneas y de ornato en traspatio. Lo anterior, debido quizás a la semejanza con papaya cultivada, cantidad de semilla y cualidades ornamentales, puesto que atraen los numerosos frutos adheridos al tallo, en forma individual o en racimos hasta de tres frutos, y tamaño pequeño de los mismos.

La distribución de la papaya silvestre resulta superior a *Jacaratia* y ésta aparece en regiones con precipitación y temperatura alta, por lo que no se le encontró en la región centro del estado de Veracruz, donde se desarrolla la selva baja semi caducifolia; sólo en la parte próxima a la costa donde la precipitación es superior (Figura 2.1). También

resultó común observarla a orillas de carretera en San Luis Potosí, Veracruz y Puebla, mientras que en el estado de Michoacán esto no fue posible. La especie presenta una ligera variación en caracteres morfológicos, sí se compara con la papaya comercial; sólo algunos rasgos en el fruto se observaron distintos entre ejemplares de la especie silvestre.

El fruto de papaya silvestre se comercializa y consume en forma fresca ocasionalmente; posee alto contenido de azúcares que varía de 10 a 17 °Brix, valores iguales o superiores a materiales de papaya cultivada actualmente en el país. En regiones del norte de Veracruz y en San Luis Potosí, con esa especie se elabora postre cristalizado, que se comercializa localmente. La proporción comestible del fruto es escasa, en ocasiones inferior a 1 cm, mientras que semillas y placenta representan más de 50 % del fruto. Martínez *et al.* (2007) mencionan, además, el uso de la planta como jabón para lavado de ropa, en la sierra norte de Puebla, México.

La germinación inicia ocho días después de la siembra y puede continuar hasta más de un año. Las plántulas emergen del sustrato con las hojas cotiledonares, que posteriormente adquieren la forma palmatilobas o palmatifidas, con tres folíolos y finalmente con cinco (Figura 2.12).



**Figura 2.12** Plántulas de papaya silvestre de 65 días de edad, con hojas sagitadas.

La semilla se propaga por aves, coyotes, tlacuaches, iguanas e insectos como hormiga arriera que pudiera dispersar la semilla al consumir el fruto (Figura 2.13). Debido a que la planta produce gran cantidad de semillas pequeñas, alcanzan mayor área de dispersión y tienen mayor probabilidad de encontrar un sitio seguro para germinar, como sucede con otras especies de plantas con característica semejante (Vázquez *et al.*, 2005).



**Figura 2.13** Planta de papaya silvestre con frutos dañados por hormiga (a) y larvas de mosca de la fruta (b).

Existe evidencia de establecimiento de bancos de semillas en papaya silvestre en el suelo, al ser cubiertas por hojarasca de plantas vecinas, que junto a la manifestación de latencia, permite la conservación de semillas viables en el suelo hasta que las condiciones ambientales sean apropiadas para la germinación, respuesta fisiológica que podría ocurrir al año o prolongarse más tiempo, un comportamiento semejante al que muestran ciertas especies arbóreas pioneras de bosque lluvioso (Paz y Vázquez-Yanes, 1998).

Durante la colecta se constató que, en el norte de Veracruz, el fruto es hospedero de larvas de mosca de la fruta, que consumen la placenta antes de la maduración; en ocasiones se alimentan de la sarcotesta y parte de la mesotesta, sin dañar el embrión,

que permanece recubierto por una capa delgada de células lisas. A este daño se sumarían alguna especie de bacteria ya que el fruto despide aroma desagradable. Semillas bajo ésta condición se sembraron y germinaron de forma semejante a las semillas completas y sin problemas sanitarios. Este tipo de acción se ha adoptado y aprovecha en Cuba como método biológico de beneficio de la semilla de papaya, con lo que se logra desprender a la sarcotesta de la semilla (INIVIT, 2004).

La información de la especie requiere mayor especialización, dado lo poco que se conoce sobre ella y a la confusión con *V. cauliflora*, pues por algunos autores nacionales la confunden y generan información errónea. Por lo anterior, se pudiera agruparse este tipo de planta, por las diferencias evidentes entre ambas, de manera alterna a la especie *C. papaya*.

La especie cultivada de *Carica* es la que posee mayor distribución geográfica e información en la familia. La especie posee número importante de variedades y diversificación de especímenes nativos inestables denominados “tipos”, por la variación de formas y tamaños del fruto, consecuencia de su propagación casi en su totalidad por semilla producto de cruza no controladas. Ésta diversidad carente de homogeneidad, posibilita la generación de fuentes de variación con características útiles distintas.

El cultivo comercial de papaya evolucionó de cultivo perenne a anual, desde hace aproximadamente dos décadas, pues la edad promedio de la planta paso de año y medio a menos de un año, debido a la incidencia de virosis que sin ésta, la probabilidad de producción aumentaría a tres o más años (Chauvet *et al.*, 2012).

En el país, es notable la predominancia de la variedad Maradol roja, de origen cubano que se encontró prácticamente en todos los sitios donde se realizó el muestreo, sin embargo, no se colectó en todos los casos, debido a que es una variedad relativamente estable; por lo tanto, se decidió comprar la semilla a la empresa Semillas del Caribe, y sólo se colectó en campo cuando se observó alguna característica diferente. En estas condiciones, se le encontró como cultivo comercial en grandes extensiones y en traspatio de casa por familias que siembran sus semillas después de consumir el fruto (Figura 2.14). Maradol es una variedad cuyo germoplasma original se colectó en la

región central y oriental de Cuba, diseñada con tamaño de fruto para el consumo familiar propio de aquel país (Rodríguez, 2008).

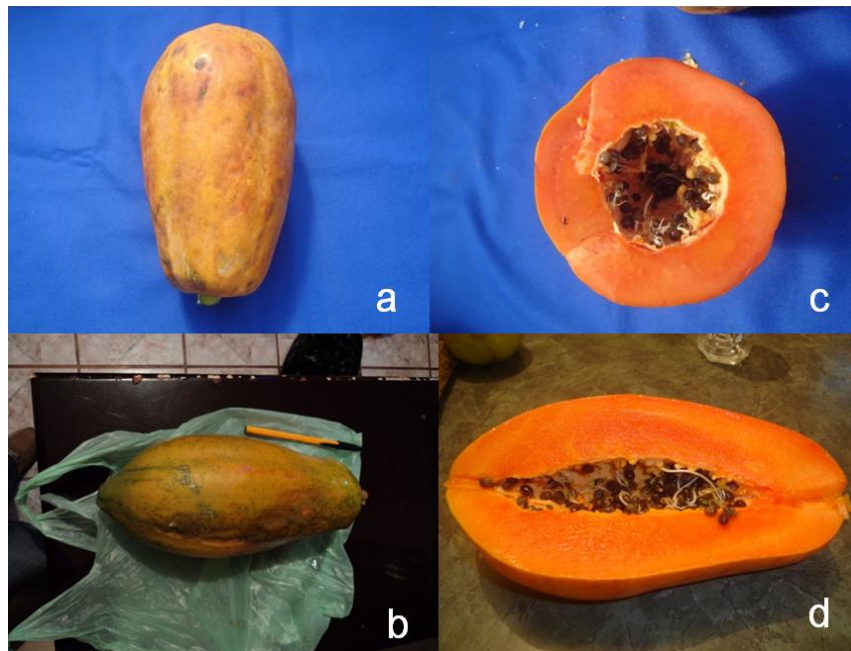


**Figura 2.14** Plantas femenina (a) y hermafrodita (b) de papaya var. Maradol en plantación comercial en Puente Nacional, Ver.

La variedad Maradol es de reciente cultivo en México, aunque se introdujo en 1987, su uso se extendió a partir de 1997 y desde entonces ha desplazado paulatinamente a los tipos nativos (Chauvet *et al.*, 2012). Maradol se caracteriza por presentar población ginodioica, producción de frutos con forma redonda cuando se generan de plantas femeninas o piriformes sí provienen de hermafroditas, las cuales pueden producir frutos homogéneos de acuerdo al tipo de planta; algunos tipos de flores hermafroditas pueden presentar carpelodia y regresión sexual en algunas épocas del año. Es de fructificación precoz con cosecha entre 6 ó 7 meses después de trasplante y posee buen amarre de fruto. El rendimiento promedio en el país es de  $50.1 \text{ t ha}^{-1}$ , pero puede alcanzar hasta las  $180 \text{ t/ha}$  (SIAP, 2012).



Comparativamente a materiales nativos, Maradol es muy susceptible a daños por el virus de la mancha anular; los frutos son tolerantes a Antracnosis y al manejo postcosecha. El fruto posee características deseables como tamaño mediano que oscila entre 1.3 a 2.2 kg, propio para el consumo de familias de 4 ó 5 integrantes, coloración rojo salmón, contenido de azúcares entre 12 y 14 °Brix, firmeza y grosor de la pulpa (Figura 2.15), que permiten mejor manejo postcosecha.



**Figura 2.15** Frutos de papaya Maradol de plantas hermafroditas. Vista externa lateral (a y b), sección polar (c) y ecuatorial (d) de fruto.

Además, es posible observar caracteres propios de mejoramiento avanzado, como la cavidad ovárica redonda en ejemplares provenientes de plantas hermafroditas y germinación de semilla dentro del fruto, conocido como viviparidad (Figura 2.15); lo que indicaría que han disminuido los mecanismos de supervivencia, como es la latencia (Srinivas, 1936; Gepts, 2004).

Otro material con avanzado grado de mejoramiento, fue observado en un mercado en Los Reyes, Michoacán, el cual se conoce con el nombre de “Cubana”, no se encontró en alguna otra parte de las regiones muestreadas. El fruto posee características de

color, sabor y firmeza de pulpa semejante a Maradol, a diferencia del tamaño y forma de fruto, puesto que el espesor del mesocarpio es menor (Figura 2.16).



**Figura 2.16** Frutos de papaya “Cubana” colectado en Michoacán. Vistas externa lateral (a) y apical (b), sección polar (c) y ecuatorial (d) de fruto.

El fruto posee epidermis lisa con cinco surcos marcados que convergen en el ápice, la cavidad ovárica es redonda y se caracteriza por ser fruto partenocarpico, al carecer de semillas, lo que no permitió su propagación para analizarla y conocer las características de la planta. Además, los frutos se observaron homogéneos en tamaño y forma en el establecimiento donde se comercializaba. El tamaño del fruto está entre 15 y 20 cm de longitud, con peso aproximado de 500 g, por lo que aunado a la ausencia de semilla, resulta atractivo para las tendencias actuales del mercado internacional y local, al ser apto para el consumo individual.

Por otro lado, también se colectó un material con características propias del cultivar “Solo” de origen Hawaiano, el cual se encontró en condición de traspato, en la localidad de Gutiérrez Zamora, Veracruz, cuya población evidenció plantas enanas con formación de frutos a una altura de 1 m y plantas altas con frutos por arriba de 2 m (Figura 2.17).



**Figura 2.17** Plantas de papaya tipo “Solo”, enana (a) y alargadas (b).

Los frutos resultaron de porte pequeño, entre 15 y 20 cm y peso próximo a los 500 g, forma aperlada, pulpa amarillo-naranja, consistencia firme y sabor dulce superior a los 12 °Brix (Figura 2.18). Entre los materiales analizados, presentó la mejor condición para manejo prolongado en anaquel, favorecido por la maduración lenta, tolerancia a antracnosis postcosecha y facilidad para estivado de frutos (De los Santos *et al.*, 2000).



**Figura 2.18** Frutos de papaya cultivar “Solo”, colectado en Gutiérrez Zamora, Ver.

Entre los materiales con mayor nivel de manejo se encuentran los nativos, como “Cera”, “Amarilla” y “Mamey”, que tienen su origen en la selección de tipos criollos y de adaptación a las diversas condiciones ambientales del país (Díaz *et al.*, 2002). Presentan frutos heterogéneos y generalmente de tamaño grande; carecen de polinización controlada y, por lo tanto, sus caracteres son inestables. El cultivo de estos ocurre preferentemente en localidades aisladas y condiciones de temporal, pues no requieren los cuidados que exigen otras variedades como Maradol (Chauvet *et al.*, 2012).

Existe la posibilidad de encontrar mayor resistencia al virus de la mancha anular del papayo en variedades criollas que Maradol debido a su diversidad, además posee potencial para extracción de papaína, como lo sugiere la experiencia que se tuvo en el Municipio de Soledad de Doblado, Veracruz con el comercio de ésta por contrato. De manera semejante se podrían exportar como fruto exótico o de nostalgia, al proporcionar diversidad de formas y sabores al consumidor. Además, se podría aprovechar sus cualidades de buena adaptación a las condiciones climáticas del país.

La papaya tipo “Cera” es un material criollo longevo con fecha imprecisa de surgimiento, que se cultivó intensamente en el país hasta finales de la década de los 90. Durante la colecta se encontró en condición de traspatio en una localidad del Municipio de Emiliano Zapata, Ver. La planta mostró crecimiento vigoroso y producción de más de 9 frutos con tamaño comercial en su ciclo productivo, aunque puede ser variable, ya que la población es altamente heterogénea (De los Santos *et al.*, 2000). Presenta una población polígama que determina la forma del fruto, desde esférica hasta ovoide, con ápice pronunciado; la producción de frutos en plantas macho es ausente (Figura 2.19).



**Figura 2.19** Planta en fructificación de papaya tipo “Cera”. En la comunidad de La Balsa, Ver.

La planta es susceptible a enfermedades virales y daño por viento, dado que su tallo no soporta el peso de los frutos aun con su desarrollo vigoroso; por lo que es común encontrarla apoyada con soportes (“atrancaderas”) al momento de la cosecha. El fruto de tamaño grande puede alcanzar más de 40 cm de longitud, pesar entre 3 y 5 kg; por lo que se puede inferir que ésta característica es consecuencia de la selección por muchos años, un efecto frecuente en algunos frutales (Gepts, 2004). La pulpa es jugosa y de color amarillo, con espesor mayor a 3 cm y algo más resistente al manejo que su antecesora conocida comúnmente como “Amarilla”, sin embargo, es aun susceptible a daño por magulladura y es difícil de estibar por su gran tamaño (Figura 2.20).



**Figura 2.20** Vista lateral externa (a) y corte ecuatorial (b) de fruto de papaya tipo “Cera”. Colectada en La comunidad de La Balsa, Ver.

El fruto posee alrededor de 9 °Bx, la epidermis muestra aspecto ceroso (de donde toma su nombre) y se caracteriza por mostrar vetas longitudinales color amarillo al madurar (Figura 2.20). Personas entrevistadas mencionan que la semilla es de menor tamaño que la papaya “Amarilla”. Su distribución actual es escasa, al ser desplazada por otra de mayor tolerancia al transporte; motivo por el que se logró ubicar en pocas ocasiones y en condición de traspatio.

La papaya tipo “Amarilla” o “Criolla” como algunos productores suelen llamarle, fue cultivada ampliamente antes de la introducción de Maradol y probablemente sea la progenitora de los tipos “Cera” y “Mamey”, pues comparten características comunes: poblaciones polígamas y fruto de gran tamaño, propio del consumo de familias numerosas. El material colectado fue encontrado y adquirido en la central de abastos de la ciudad de México, procedente del estado de Veracruz, en un local que sólo dispone por temporadas de este material. Los responsables del local mencionaron lo poco demandado que resulta, a pesar del bajo precio al cual se comercializa, y que les resulta poco redituable por ser muy sensible al manejo postcosecha. Los frutos adquiridos en éste lugar presentaron diversidad de formas y tamaños, con evidencia de daño por magulladura y problemas de antracnosis o pelado de la fruta (Figura 2.21).

Durante el recorrido por el estado de Veracruz se le encontró en localidades de los Municipios de Tlaltetela y Emiliano Zapata, en condición de traspacio o en parcelas mezclada con otros cultivos; los pobladores resaltaron la importancia que tuvo en otros tiempos al generar buenos ingresos, en algunas ocasiones, y por ser fuente alternativa de alimentación de animales domésticos como cerdos, bovinos y aves domésticas.



**Figura 2.21** Frutos de papaya tipo Amarilla para su comercialización. Central de Abastos, México, D.F.

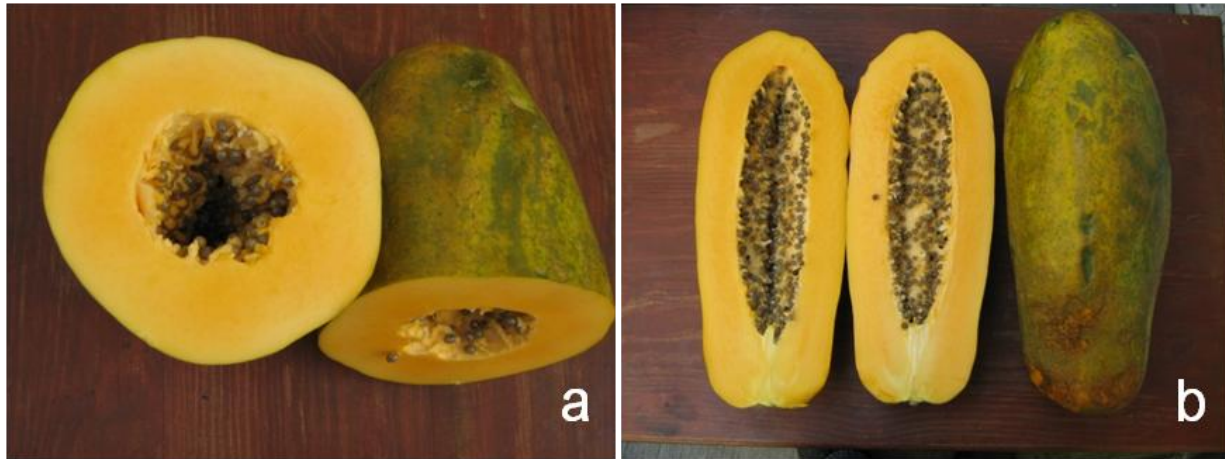
Las huertas comerciales de éste tipo de papaya se caracterizaron por utilizar semilla de la cosecha anterior, anteponiendo el tamaño a la forma de fruto; presentaban machos infructíferos que cumplían la función de polinizar; se establecían principalmente en regiones de temporal, debido a que tolera de mejor manera las condiciones de sequía que otros cultivares . La plantación demandaba intervención considerable de mano de obra, pues además de las labores de trasplante, sexado y cosecha, se requería de madera para brindar soporte a la planta en fructificación, hecho que no ocurre con la variedad que se cultiva actualmente (Figura 2.22).



**Figura 2.22** Planta de papaya tipo “Amarilla” establecida en la comunidad de La Balsa, Ver. a partir de la semilla colectada.

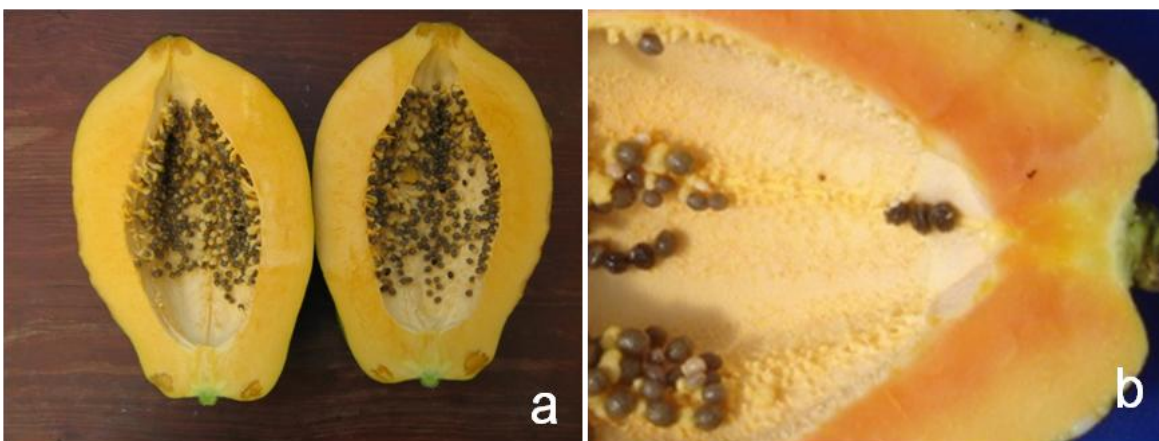
Actualmente, éste tipo de papaya no se cultiva comercialmente, sólo se conserva con cierta nostalgia por ex productores en traspatio o pequeñas huertas, para autoconsumo. Hecho que pudiera indicar que se encuentra en peligro de extinción (Chauvet *et al.*, 2012). El material presenta rasgos evidentes de mejoramiento, aunque no tan riguroso, ya que entre la diversidad de frutos, los que producen plantas hermafroditas poseen una proporción alta pulpa y la cavidad interior redondeada que facilita la remoción de la semilla (Figura 2.23).





**Figura 2.23** Corte ecuatorial (a) y polar (b) de frutos hermafroditas de papaya “Amarilla”. Colectadas en central de Abastos de la Ciudad de México.

Mota (2002) menciona que éste material se caracteriza por ser extremadamente sensible al manejo y plagas de postcosecha, como consecuencia del alto contenido de agua que lo constituye y que, aun ante daños ligeros ocasionados por el manejo de la cosecha y transporte, proliferen hongos descomponedores del fruto; lo que representa pérdidas cuantiosas para transportistas y comercializadores. También resultó frecuente en éste tipo de papaya, encontrar ovarios subdesarrollados, de aspecto cremoso, adheridos a la pared de la cavidad del fruto en la región próxima al pedúnculo (Figura 2. 24).



**Figura 2.24** Corte polar del fruto de papaya “Amarilla” con daños por magulladura en las zonas extremas (a) y presencia de ovario subdesarrollado (b).

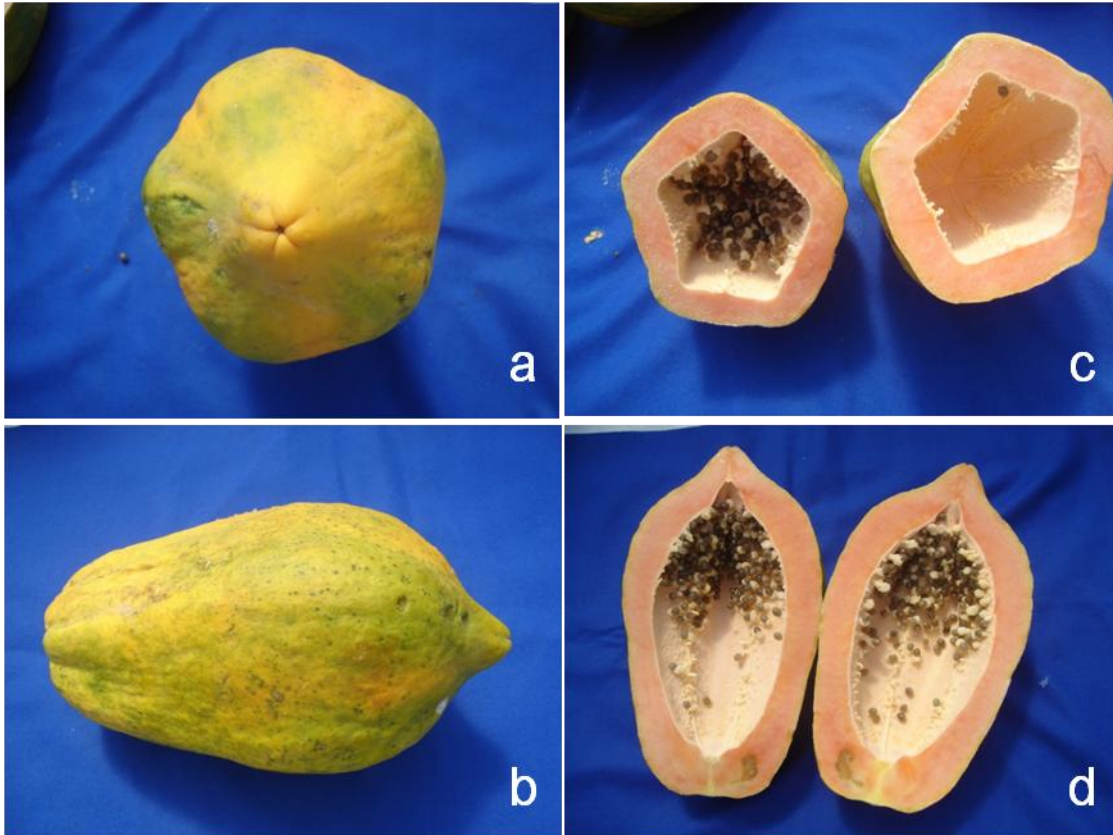
La papaya “Mamey” fue localizada en un traspatio del Municipio de los Reyes, Michoacán, a 1493 m de altura y en el Municipio de Apazapan, Veracruz a 216 msnm. La planta es de porte vigoroso y regular carga de frutos, producción tardía, de 10 a 11 meses después del trasplante inicia la cosecha. Al igual que la papaya tipo “Amarilla”, posee población polígama pero con mejores técnicas de mejoramiento, ya que durante el “desmache” se realizaba una selección de plantas hermafroditas, por ello la prevalencia de frutos alargados; su cultivo no ocupó áreas extensas quizás debido al bajo rendimiento (Figura 2.25).



**Figura 2.25** Planta de papaya tipo “Mamey” en traspatio, ubicado Los Reyes, Michoacán.

La papaya “Mamey” es otro tipo criollo caracterizado por frutos con forma aperada o alargada, ápice pronunciado, tamaño medio de 30 cm de longitud y peso de 2 a 5 kg, contenido de sólidos solubles de 10 °Brix en promedio, pulpa de consistencia firme y

color roja (De los Santos *et al.*, 2000). La epidermis puede ser rugosa y presentar cavidad interior en forma de estrella (Figura 2.26).



**Figura 2.26** Vista apical (a) y lateral (b) y cortes ecuatorial (c) y polar (d) de frutos de papaya “Mamey”. Colectados en los Reyes Michoacán.

Fue el segundo tipo de papaya en importancia en la República Mexicana (entre 1970 y 1990) y se cultivó principalmente en Morelos, Guerrero y Colima. Se estima que la semilla de estas variedades contiene una proporción superior de aceite respecto a variedades Hawaianas, con alto contenido de ácido linoléico, por lo que podría dársele uso en lugar de ser desperdiciada (Hernández, 1981).

Un material colectado en el Municipio de Santiago Tuxtla, Veracruz a 346 m de altura, conocida localmente como “Zapote”, mostró características de planta y fruto adecuadas para el consumo individual. La planta presentó buena carga de fruto; de acuerdo a la

altura de la planta, cicatrices y ramificación del tronco, se infiere que la planta posee más de un ciclo de producción (Figura 2.27).



**Figura 2.27** Planta de papaya tipo “Zapote”. Ubicada en Santiago Tuxtla, Veracruz.

El fruto es pequeño de 10 x 15 cm, y peso inferior a 500 g. La epidermis es lisa y presenta cinco surcos longitudinales hasta el ápice, el cual es pronunciado. La pulpa es suave y de color rojo, con sabor dulce superior a los 12 °Brix (Figura 2.30). El fruto guarda semejanza con el material denominado “Cubana” en características externas, pero difiere por la presencia de semillas.



**Figura 2.28** Fruto completo y en corte polar de papaya tipo “Zapote”. Ubicada en Santiago Tuxtla, Veracruz.

Los materiales colectados de *Carica* con poblaciones heterogéneas pero con menor proporción de características asociadas a mejoramiento, se mencionan a continuación.

La papaya conocida comúnmente como “Pajaritos” o “Pepe”, surge de manera espontánea en plantaciones de papayas criollas, así como entre cultivos de naranja, plátano, mango y en alrededores de las parcelas. Éste material fue colectado en comunidades pertenecientes a los Municipios de Vega de Alatorre, Martínez de la Torre, Ángel R. Cabada, Actopan, La Antigua y Veracruz, en el estado de Veracruz; la altitud a la que se encontró fue desde 6 a 104 m, con temperatura promedio anual de 25 °C y precipitación superior a 860 mm. La planta se caracteriza por ser vigorosa, en comparación al resto de plantas del cultivo que las rodea, además, tiene mayor porte y produce gran cantidad de frutos de tamaño pequeño (Figura 2.29).



**Figura 2.29** Planta de papaya tipo “Pajarito”. Se ubicó en el Paso de Varas, Veracruz.

Es probablemente un segregante de materiales parentales del cual surgió la variedad cultivada. El fruto tiene una longitud entre 10 y 15 cm, peso promedio de 300 g, y guarda forma semejante a las producidas por las plantas femeninas de la papaya “Amarilla”, pero en escala inferior (Figura 2.30).



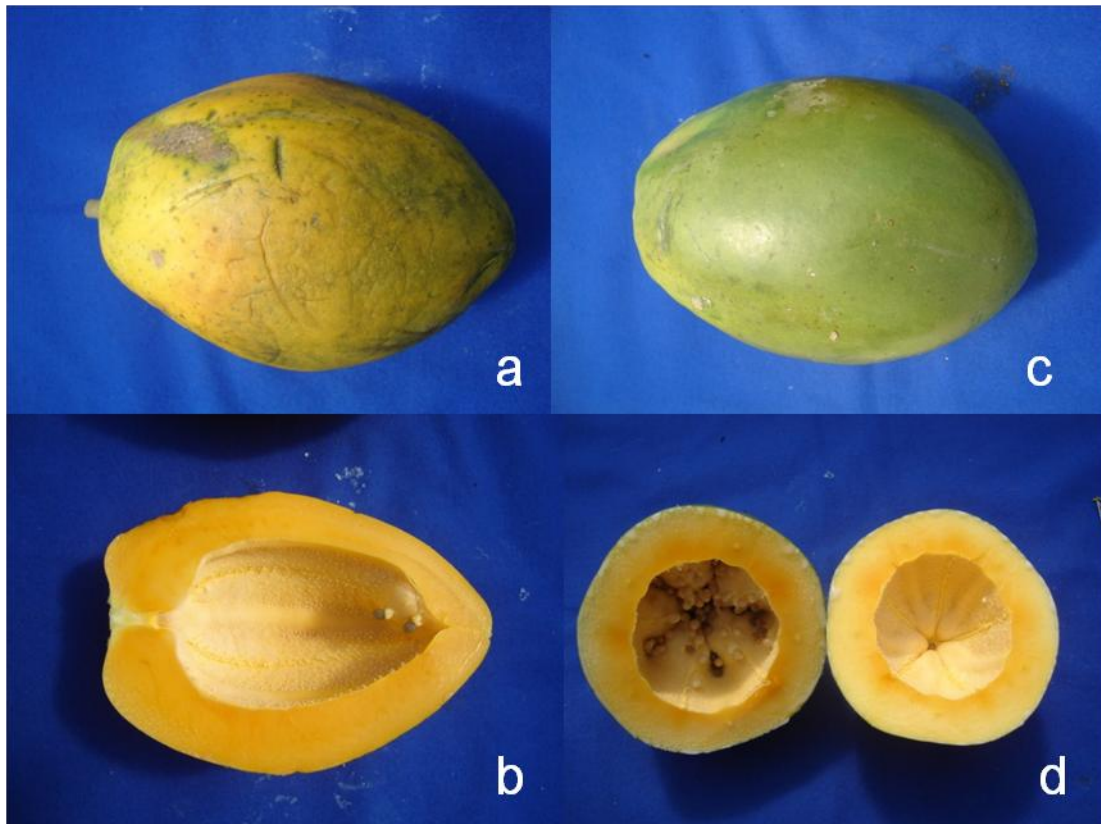
**Figura 2.30** Corte polar de fruto (a) y planta de papaya tipo “Pajarito” (b). Colectado en Vega de Alatorre, Veracruz.

El mesocarpio es color amarillo opaco y su sabor es mínimamente dulce; por lo que no se cosecha, ocasionalmente se consume el jugo para saciar la sed al macerar manualmente y beber a través de un orificio realizado en el ápice. Las aves son los principales consumidores y de ahí su nombre. No obstante, se conserva dentro de la plantación como curiosidad o planta exótica.

En una comunidad de los Reyes, Michoacán, se encontró un material caracterizado por poseer fruto con pericarpio fino, liso y suave, extremadamente sensible a daños por golpes o rozaduras, muy distinto al resto de los tipos de papaya mencionados anteriormente. La planta colectada se localizó en traspatio y su edad se estimó superior a los dos años, de acuerdo a las cicatrices de las hojas desprendidas del tallo, hecho por el cual los frutos fueron de tamaño mediano (Figura 2.31). El material no se multiplicó, dado la escasez de plantas y semilla por fruto; por ello se priorizó conservarla en cuarto frío. El fruto presenta mesocarpio color amarillo opaco, con cavidad ovárica redonda y contenido de azúcares totales inferior a los 9 °Brix (Figura 2.32).



**Figura 2.31** Planta de papaya ubicada en los Reyes, Michoacán.



**Figura 2.32** Vista lateral de fruto maduro (a) y verde (c) de papaya con epidermis lisa, y corte polar (b) y ecuatorial (d).

Dentro de las variedades o tipos de papaya puede existir gran diversidad de formas de frutos y otras características, fuertemente influenciadas por las condiciones del medio. En el estado de San Luis Potosí se encontraron frutos en racimos de dos y sujetos a la planta por un pedúnculo alargado, propio de plantas hermafroditas funcionalmente machos en casi todo el año, pero que cuando encuentra las condiciones adecuadas producen el fruto (Figura 2.33).

Los frutos se caracterizan por tener sabor picante, por lo que son poco apreciados para el consumo. Las semillas de éste tipo de frutos son de color negro mayormente (Figura 2.34).





**Figura 2.33** Planta adulta de papaya con frutos adheridos al tallo por pedúnculos alargado. Muestreado en San Luis Potosí.



**Figura 2.34** Frutos de papaya con pedúnculo largo y semillas de color negro.

El uso de materiales locales, utilizados en zonas del país donde la agricultura es principalmente de subsistencia, en el que se conservan aun variedades heredadas por los antepasados y cultivadas en pequeños lotes para autoconsumo, representan una fuente importante de germoplasma de papaya que pudieran presentar características

de adaptación a condiciones limitantes de la producción (bióticas y abióticas), lo que posibilitaría su utilización en programas de mejoramiento genético (Longar, 2007).

Cabe la posibilidad de obtener biocombustible a partir de frutos, semillas y hasta de la planta completa de papaya, debido al azúcar y otros compuestos que posee y que son útiles a la industria (Brooks tropicals, 2012).

El SINAREFI (2009) realiza la actualización del inventario de colectas de *C. papaya* con bases de datos nacionales e internacionales, localizados en 14 herbarios del país y uno más en Missouri, Estados Unidos. En dicho inventario aparecen 382 accesiones, con registros antiguos y recientes, estos últimos realizados en Baja California Sur (10 accesiones), Campeche (1), Guerrero (32), Hidalgo (11), San Luis Potosí (20), Tamaulipas (14), Oaxaca (1) y Veracruz (17). El 77 % de las accesiones se encontraron en altitudes de entre 19 y 400 m.

## **2.5 CONCLUSIONES**

Fue posible coleccionar, en algunos casos, e identificar germoplasma de los géneros *Carica papaya*, *Vasconcellea cauliflora* y *Jacaratia mexicana*. El germoplasma de *C. papaya* es la de mayor distribución y muestra variación considerable en características fenotípicas importantes como tamaño y forma de fruto, así como color, sabor y contenido de azúcares en pulpa. Además, cabe la posibilidad de que algunas especies nativas se encuentren en riesgo de extinción debido al abandono agrícola y la posibilidad de formación de nuevas variedades que amplíen y satisfagan la oferta en el mercado de éste frutal.

La especie de *V. cauliflora* se encontró en pocas ocasiones y es confundida con un tipo de papaya silvestre, la cual se distribuye ampliamente en la región cálido húmedo de Veracruz, Puebla y San Luis Potosí, y es utilizada ocasionalmente por los pobladores para consumirla como fruta o para elaborar dulce cristalizado. Esta especie posee cualidades que podrían aprovecharse en el mejoramiento de *C. papaya*, obtener

enzimas proteolíticas o darle un uso ornamental, sin embargo, debe estudiarse a mayor profundidad para conocer mejor sus cualidades.

La especie de *J. mexicana* tiene distribución limitada y prospera en regiones bajo condiciones climáticas específicas. El fruto se consume y la corteza de la planta se emplea como producto medicinal; además posee potencial industrial y ornamental; por lo que se justifica continuar con estudios de investigación.

## CAPITULO III. ESCARIFICACIÓN QUÍMICA DE SEMILLA DE PAPAYA

### 3.1 RESUMEN

La germinación tardía y errática de la semilla de papaya es afectada por la presencia de la sarcotesta, membrana que contiene compuestos fenólicos inductores de latencia e inhibe el intercambio de líquidos y gases, prolonga el período de secado y facilita la colonización de fitopatógenos. Las técnicas utilizadas en el beneficio de semilla de papaya para eliminar la sarcotesta son limitadas; por lo tanto, el objetivo del estudio fue obtener tecnología útil en éste aspecto, para lo cual se comparó tratamientos a base de hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y clorhídrico, y evaluó su efecto en la calidad física, sanitaria y fisiológica de la semilla. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, en el año 2011. El NaOH al 25% y 15 min de inmersión, eliminó 98% de sarcotesta, presentó sólo 2% de incidencia de micoflora, incremento y homogeneizó la germinación. El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eliminó al 100% la sarcotesta, inhibió la colonización de hongos con sólo 6%, cuando se empleó en forma concentrada, pero afecto negativamente la germinación. El HCl fue ineficiente en eliminar la sarcotesta (9.6%), presentó la más alta colonización de hongos (97% de incidencia) y el menor porcentaje de germinación (7%). Los efectos positivos del uso de NaOH en el beneficio de semilla de papaya, simula la degradación natural de la sarcotesta y mejora la condición de la semilla por lo que resulta una alternativa viable para su empleo en el acondicionamiento de semilla.

**Palabras clave:** *Carica papaya* L., sarcotesta, latencia, germinación, sanidad, vigor.

### 3.2 INTRODUCCIÓN

El cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) 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, en gran medida, del manejo dado a ésta durante el beneficio (Reboucas, 2000).

El beneficio, o acondicionamiento, es el conjunto de operaciones manuales, mecánicas o químicas, como limpieza, selección, tratamiento químico y envasado, a fin de conservar o mejorar la condición física de frutos o semillas, un proceso que varía según la especie vegetal y tipo de semilla (DOF, 26-05-1993).

La semilla de papaya consiste de un embrión pequeño, rodeado por el endospermo, y caracterizada por ser bitegumentada. El tegumento interno origina el tegmen, mientras que el externo a la testa, la cual es multiplicativa hasta con 60 capas y tres estratos distintivos: endotesta, mesotesta y exotesta (también conocida como sarcotesta). Ésta última tiene consistencia semipermeable, pulposa, humedad alta y concentra compuestos fenólicos que, en conjunto, inducen latencia (Gil y Miranda, 2005; Kubitzki, 2003; Santos *et al.*, 2009).

Además de mostrar latencia, una de las causas de la germinación tardía y errática comunes, la sarcotesta inhibe el intercambio de líquidos y gases por la cubierta seminal, prolonga el período de secado y facilita la colonización de fitopatógenos (Schmildt *et al.*, 1993; Tokuhsa *et al.*, 2007). En la etapa de semillero, la heterogeneidad del tamaño de plántulas aumenta la probabilidad de incidencia de enfermedades e insectos y la competencia con malezas; por lo que se requiere mayor cuidado del viverista e inversión económica del productor (Pertanika, 1995).

Diversos métodos se han desarrollado para aumentar la germinación de la semilla de papayo (Bautista-Calles *et al.*, 2008; Constantino *et al.*, 2010) y en la mayoría de ellos ha resultado positivo desprender la sarcotesta. La escarificación es el método más común de reducir la dureza de las semillas; implica la ruptura, abrasión o ablandamiento de la testa, que facilita la absorción de agua e intercambio de gases y

propicia el inicio de la germinación (Pittenger, 2004). Los métodos comunes utilizados en viveros para escarificar la semilla y mejorar la germinación, consisten en frotar las semillas sobre superficies abrasivas o inmersión en ácido. El uso de ácido sulfúrico concentrado para la digestión de la testa, es un método químico, utilizado en especies forestales y zacates, principalmente, que consiste en remojar la semilla en el reactivo hasta el desgaste y ablandamiento de la testa, para posteriormente enjuagarse la semilla en agua (Poulsen y Stubsgaard, 1995; Doijode, 2001)

Procedimientos empleados para escarificar la semilla de papaya, incluyen métodos físicos, biológicos y químicos (Storey, 1987; Schmildt *et al.*, 1993). Los dos primeros requieren mayor tiempo, son laboriosos e inadecuados para acondicionar grandes cantidades de semilla; mientras que el último aun demanda mayor investigación, puesto que reactivos como los ácidos clorhídrico y sulfúrico al 50% de concentración y en remojo con agitación por 15 min, eliminan la sarcotesta pero provocan toxicidad y desarrollo de microbiota, potencialmente patógena. El hidróxido de sodio al 20% y 15 min de remojo removió apropiadamente la sarcotesta e incrementó la germinación de semilla de *Jacaratia spinosa* (Cossa *et al.*, 2009).

El productor de papaya de México, regularmente utiliza tela de algodón para eliminar la sarcotesta al ejercer compresión, pero descuida aspectos sanitarios que podrían poner en riesgo la producción cualitativa de plántulas. Este tipo de decisiones, demuestra la necesidad de estudiar alternativas químicas que faciliten ese tipo de procedimientos por otro sencillo y eficaz, y que garantice la calidad de la semilla. Por lo anterior, el ensayo tuvo como objetivo generar tecnología básica con el uso de tratamientos químicos para eliminar la sarcotesta, sin afectar la calidad física, sanitaria y fisiológica de la semilla de papaya, bajo la hipótesis que el hidróxido de sodio es el agente indicado para eliminar la sarcotesta y mantener la calidad de la semilla de papaya.

### **3.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, en 2011.

#### **Material vegetal**

Se empleó semilla de papaya 'Maradol' colectada en el mes de junio de una plantación ubicada en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz (19°04'38.20" N y 96°29'39.06" O), a 184 m de altura. Se muestrearon 15 frutos al azar de un lote de producción comercial de aproximadamente 5 ha (2222 plantas/ha), que mostraban más del 90% de madurez comercial, de tamaño homogéneo ( $\pm 2$  kg) y obtenidos de plantas hermafroditas. La semilla se extrajo del fruto y colocó en un recipiente con agua; se agitó vigorosamente y decantó las veces necesarias para retirar los restos de mesocarpio, placenta y semillas vanas. A la vez, se logró homogeneizar el lote de semilla, con lo que se obtuvo una muestra representativa; posteriormente se procedió a pesar la semilla en estado fresco.

#### **Diseño de tratamientos**

Los tratamientos estuvieron compuestos por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 95-98%, NaOH al 96 % y HCl al 37.3 %, en concentraciones de 25, 50 y 100% v/v para H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, mientras que para los otros reactivos fue de 10, 25 y 50% v/v y el tiempo de inmersión de todos ellos fue de 5, 15 y 25 min., que originaron en total 27 tratamientos más testigo. Doscientos treinta gramos de semilla fresca por tratamiento fueron colocados en vasos de precipitado de cristal de 50 mL, con el reactivo correspondiente y se agitaron por 10 segundos en dos ocasiones. Inmediatamente después se enjuagaron con agua corriente a presión por 1 min, luego se extendieron sobre papel y expusieron a temperatura ambiente de laboratorio ( $26 \pm 1$  °C) para su deshidratación durante 7 días.

El método físico de remoción convencional de sarcotesta como tratamiento testigo, consistió en el remojo de la semilla en agua, por 72 h. En seguida, se ejerció una presión ligera por la fricción de la semilla entre la yema de los dedos, dentro del

recipiente. La semilla se separó al decantar el agua con los residuos (Storey, 1987). El procedimiento de secado de la semilla, fue el mismo que para la escarificación química.

### **Variables evaluadas**

**Calidad física.** Fue determinada por el porcentaje de semillas sin sarcotesta y aspecto físico de la semilla: grado de secado, coloración y daño externo a 7 días del tratamiento, en comparación al testigo. Se utilizaron dos repeticiones de 50 semillas por tratamiento.

### **Calidad fisiológica**

**Germinación.** Se utilizó el método sobre papel, con dos repeticiones de 50 semillas cada una, distribuidas sobre doble capa de papel secante (“sanitas”), humedecido con agua destilada y colocada al interior de recipiente plástico transparente (14 x 22 x 5 cm). Previamente, a la semilla se aplicó un tratamiento desinfectante por 5 min, con una solución hecha con hipoclorito de sodio (NaOCl/Cloralex<sup>®</sup> 5.25% *i.a.*), al 1%. La incubación se hizo en cámara germinadora CLELAND, modelo 1000 FAATR-1500, bajo condiciones de 80% de humedad relativa,  $30 \pm 2$  °C y luz continua.

Los caracteres evaluados fueron porcentaje de germinación 30 días después de la siembra, con base al número de plántulas normales (ISTA, 2004).

**Viabilidad.** Semillas sin germinar resultantes de la prueba de germinación, se sometieron a la prueba de viabilidad con Tetrazolio al 1 % (Cloruro 2, 3, 5 Trifenil-2H Tetrazolio). Después de remojar la semilla de papaya por 17 h en oscuridad y a  $24 \pm 2$  °C, se practicó un corte transversal en el extremo de la calaza para propiciar el contacto del reactivo y visualizar el embrión. Finalizado éste período, se realizó otro corte pero ahora longitudinal, para exponer el eje embrionario y examinar la intensidad y área coloreada mediante estereoscopio óptico (ZEIZZ); la interpretación se realizó de acuerdo a la categoría de semillas dicotiledóneas no leguminosas (Cossa *et al.*, 2009; Moreno, 1996).

**Vigor de semilla.** Estimación hecha con la prueba de velocidad de germinación, a partir de recuentos realizados cada 48 h, iniciados el 10° día y finalizados 30 después de la



siembra. La estimación de semilla germinada ocurrió cuando la protrusión radicular fue  $\geq 1$  mm. Para ello se empleó el coeficiente de velocidad de germinación, CVG (Scott *et al.*, 1984):

$$CVG = \frac{G_1}{G_1 T_1} + \frac{G_2}{G_2 T_2} + \dots + \frac{G_i}{G_i T_i} \cdot 100$$

Donde: G1 hasta Gi, es el número de semillas germinadas durante las 48 h transcurridas entre recuentos; T1 a Ti es el tiempo transcurrido desde la siembra a la fecha de lectura (días).

Además, se estimó el tiempo transcurrido (días) hasta alcanzar 50% de germinación (T50), con la formula citada por Scott *et al.* (1984).

**Calidad sanitaria.** Se determinó mediante la observación de evidencias del desarrollo de micoflora potencialmente patógena sobre la semilla, ocurrida durante el ensayo de germinación; sin embargo, al séptimo día de la siembra se decidió cambiar el papel absorbente de las cajas y se aplicó una solución de 2 g L<sup>-1</sup> de Captan 50 PH<sup>®</sup> (N-Triclorometiltio-4-Ciclohexeno-1,2-Dicarboximida), debido a la manifestación visual de una actividad fungosa intensa en el sustrato de ciertos tratamientos.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental empleado fue completamente al azar, con arreglo factorial 3<sup>3</sup>, más el testigo. Para determinar los factores determinantes en las variables estudiadas, los datos obtenidos del porcentaje de eliminación de sarcotesta por algún producto químico y colonización de hongos, fueron transformados por el método arco-seno  $(\%/100)^{1/2}$ , mientras que la germinación y el coeficiente de velocidad de germinación (CVG) con arco-seno  $[(\%/100)+0.5]^{1/2}$ , a fin de cumplir los supuestos de las varianzas (Infante y Zárate, 1990). El análisis de varianza y comparación de medias (Duncan,  $\alpha=0.05$ ), se realizó con el programa estadístico SAS V9 (2002), mediante el procedimiento GLM (García-Villalpando *et al.*, 2001). Además, se realizó análisis de correlación entre

variables, con el procedimiento CORR y la prueba de Pearson con el mismo programa estadístico.

### 3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eliminación de sarcotesta y colonización de la micobiota en la semilla de papaya, respondió significativamente a efectos simples e interacción provocados por los reactivos (R), concentración (C) y tiempo de inmersión (T) de la semilla. Mientras que, para germinación estándar (G) y coeficiente de velocidad de germinación (CVG), los efectos principales de R, C y la combinación de R x C, fueron de igual forma significativos (Cuadro 3.1).

**Cuadro 3.1.** Cuadrados medios del análisis de varianza del efecto de reactivo, su concentración y tiempo de inmersión de la semilla de papaya.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Eliminación de sarcotesta	Incidencia de hongos	G	CVG
Reactivo (R)	2	8260.53**	11509.61**	436.18**	0.25**
Concentración (C)	2	14150.50**	11821.49**	273.84**	0.16**
Tiempo de inmersión (T)	2	555.65**	2633.48**	27.28	0.01
RxC	4	3754.23**	2823.75**	177.90**	0.12**
RxT	4	176.66**	428.23*	49.08	0.03
CxT	4	89.43**	2129.39**	64.28	0.03*
RxCxT	8	136.42**	451.94**	49.58	0.02
Error	27	3.38	100.07	27.00	0.01
C.V. (%)		4.96	17.12	10.60	0.26
R <sup>2</sup>		0.99	0.96	0.80	0.83

\*,\*\* = efecto estadístico significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

#### Calidad física

La comparación de medias de los efectos principales, muestra al Hidróxido de Sodio, concentración de la solución y tiempo de inmersión más altos, como los tratamientos con mayor eficacia para eliminar por completo la sarcotesta de la semilla de papaya (Cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2** Comportamiento medio del efecto de la escarificación química, en las variables sanitarias y fisiológicas de semilla de papaya.

Factor	Nivel	Eliminación de sarcotesta (%)	Colonización de hongos (%)	Germinación (%)	CVG
Reactivo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	34.88 b	47.44 b	0.88 b	1 b
	NaOH	64.22 a	42.22 b	28.88 a	40 a
	HCl	9.66 c	97.22 a	7.55 b	9 b
Concentración	1	5.55 c	93.77 a	5.33 b	5 b
	2	30.44 b	54.11 b	25.76 a	36 a
	3	72.77 a	36.22 c	6.22 b	9 b
Tiempo de inmersión	5 min	29.55 c	78.22 a	15.55 a	12 a
	15 min	37.11 b	58.33 b	13.11 a	20 a
	25 min	42.11 a	50.33 b	8.66 a	19 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan,  $\alpha=0.05$ ).

Sin embargo, el efecto significativo de las interacciones indica que los factores no son independientes entre sí; por lo que cada compuesto químico podría responder de manera diferente al cambio de concentración y período de inmersión. En este sentido, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 100 % y tres tiempos de inmersión, fueron estadísticamente iguales al eliminar con eficiencia la sarcotesta de la semilla de papaya (Cuadro 3.3).

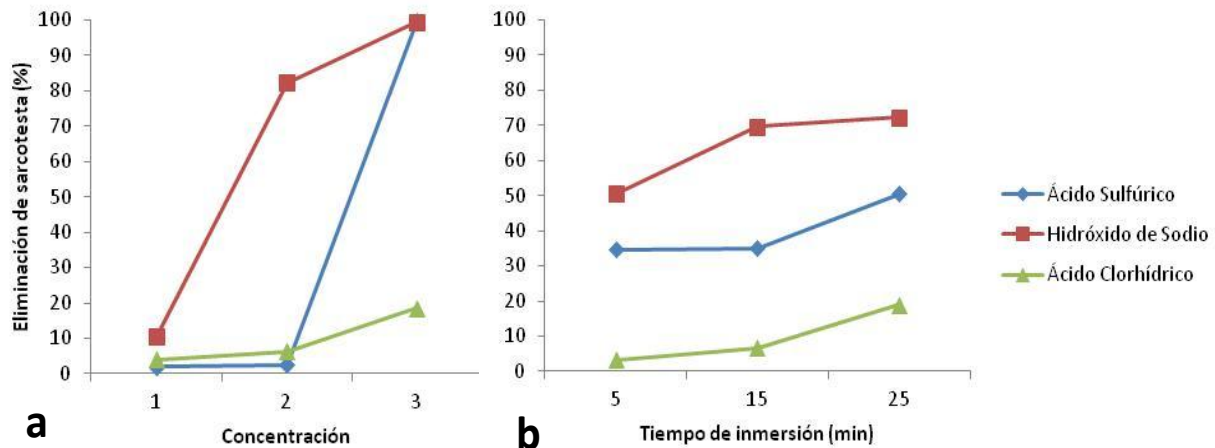
Efecto semejante al H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ocurrió al emplear NaOH como agente químico para eliminar la sarcotesta de la semilla de papaya, al utilizar combinaciones de 50% de concentración con tiempo de inmersión de 5, 15 y 25 min, y con la concentración al 25% y tiempo de inmersión de 25 min (Cuadro 3.3).

**Cuadro 3.3** Comparación de medias para efectos interactivos entre reactivos (R), su concentración y tiempo de inmersión en la calidad de semilla de papaya.

N° Trat.	Tratamiento	Eliminación (%)	Hongos (%)	Germinación 30 días (%)	CVG
1	Ácido sulfúrico al 25%/ 5 min	2 h	100 a	0 c	0c
2	Ácido sulfúrico 25%/15 min	2 h	99 ab	0 c	0c
3	Ácido sulfúrico 25%/ 25 min	2 h	100 a	0 c	0c
4	Ácido sulfúrico 50 %/5 min	2 h	100a	4 c	9.5c
5	Ácido sulfúrico 50 %/15 min	3 h	6 c	0 c	0c
6	Ácido sulfúrico 50 %/25 min	3 h	2 c	0 c	0c
7	Ácido sulfúrico 100 %/5 min	100 a	2 c	0 c	0c
8	Ácido sulfúrico 100 %/15 min	100 a	16 c	0 c	0c
9	Ácido sulfúrico 100 %/25 min	100 a	2 c	0 c	0c
10	Hidróxido de sodio 10%/5 min	2 h	100 a	19 bc	40bc
11	Hidróxido de sodio 10%/15 min	11 f	100a	2 c	4.5c
12	Hidróxido de sodio 10%/25 min	19 e	70 b	3 c	6.5c
13	Hidróxido de sodio 25 %/5 min	50 c	100a	27 b	78b
14	Hidróxido de sodio 25 %/15 min	98 b	2 c	47 a	152.5 a
15	Hidróxido de sodio 25 %/25 min	99 a	2 c	19 bc	48.5bc
16	Hidróxido de sodio 50 %/5 min	100 a	2 c	15 bc	38bc
17	Hidróxido de sodio 50 %/15 min	100 a	0 c	0 c	0c
18	Hidróxido de sodio 50 %/25 min	99 a	2 c	0 c	0c
19	Ácido clorhídrico 10 %/5 min	2 h	100 a	0 c	0c
20	Ácido clorhídrico 10 %/15 min	3 h	100 a	0 c	0c
21	Ácido clorhídrico 10 %/25 min	7 fg	100 a	0 c	0c
22	Ácido Clorhídrico 25 %/5 min	2 h	100 a	2 c	3.5c
23	Ácido Clorhídrico 25 %/15 min	7 fg	100 a	9 bc	21bc
24	Ácido Clorhídrico 25 %/25 min	10 f	75 ab	5 c	16.5bc
25	Ácido Clorhídrico 50 %/ 5 min	6 g	100 a	5 c	8.5c
26	Ácido Clorhídrico 50 %/ 15 min	10 f	100 a	1 c	2c
27	Ácido Clorhídrico 50 %/ 25 min	40 d	100a	9 bc	37.5bc
28	Testigo	99 a	2 c	2 c	5.5c

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales en la columna (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ).

Con lo anterior, se percibe que los reactivos no siguen la misma tendencia respecto a la concentración (interacción R x C) y que el NaOH requiere menor concentración y tiempo para eliminar la sarcotesta de la semilla de papaya, lo que denota el mayor grado corrosivo del NaOH (Figura 3.1).



**Figura 3.1** Efectos simples y de las interacciones R x C y R x T en la eliminación de sarcotesta de semilla de papaya.

La utilización de  $H_2SO_4$  concentrado en la escarificación de semillas es más común que el NaOH. Sin embargo, éste último posee características positivas que lo distinguen, entre ellas lo inodoro, posibilidad de cambio de pH alcalino hasta la neutralidad (con ácido clorhídrico) y de desecho sin daño ambiental aparente. La desventaja de utilizar NaOH radica en la producción de calor al momento de disolverlo en agua (incremento aproximado a 58 °C); por lo que se debe tener cuidado de enfriar la solución antes de agregarla a las semillas.

A pesar del efecto favorable del  $H_2SO_4$  en la eliminación de sarcotesta, la alta concentración requerida representa un inconveniente de manejo, al generar vapores tóxicos a altas concentraciones y requiere de instalaciones especiales para su manejo, por lo que resulta inviable para la escarificación química de semilla de papaya. El HCl resultó ineficaz para eliminar la sarcotesta (Cuadro 3.3), lo que aunado al olor fuertemente irritante y vapores corrosivos, tampoco es adecuado para utilizarse en la escarificación de la semilla de papaya.

Al término del período de secado, los tratamientos que no lograron eliminar la cubierta externa de la semilla, provocaron que permaneciera con mayor humedad; lo que concuerda con los resultados de Schmildt *et al.* (1993), donde aquellas semillas que se mantuvieron con la sarcotesta durante el secado por 7 días, bajo sombra o expuestas al

sol, conservaron entre 2 y 22 % más humedad que las semillas sin sarcotesta. La humedad juega un papel importante en la conservación de la semilla de papaya, y debido a ello se le ubica entre las semillas intermedias al tolerar desecación entre 8 y 11 %, sin pérdida de viabilidad significativa (Dias *et al.*, 2010). Santos *et al.* (1999) encontraron que la semilla de papaya cv Sunrise Solo, con menor contenido de humedad (7-9 %), conserva la calidad fisiológica durante 8 meses de almacenamiento en condiciones de temperatura controlada o no, en empaques diferentes, que aquellas con mayor humedad (11-14%).

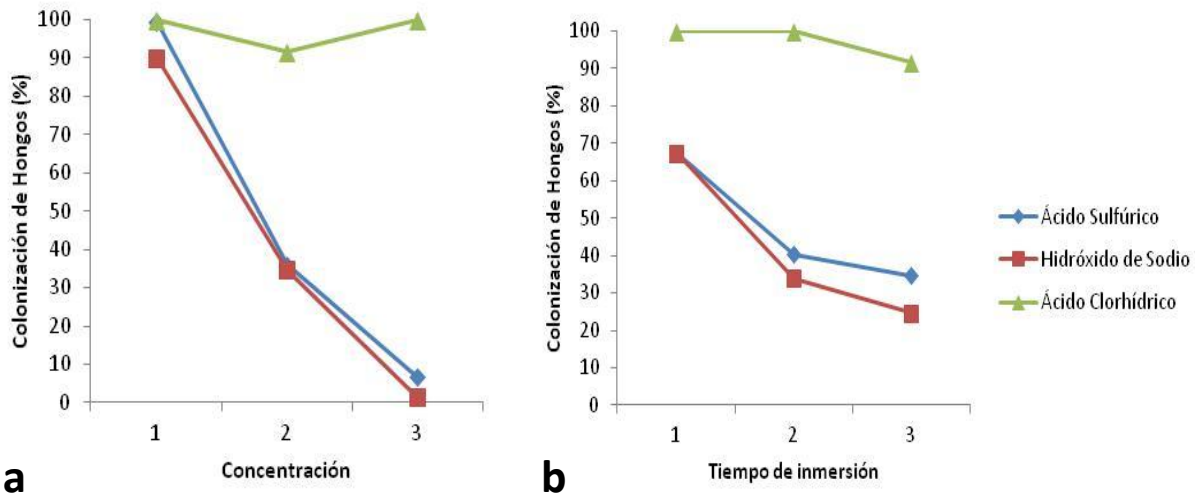
Por otro lado, las semillas que conservaron la sarcotesta no se decoloraron con la solución de NaCl, a diferencia de aquellas sujetas a remoción de la sarcotesta, al variar de un color negro inicial a café claro. De acuerdo con Lange (1961), esto podría ser debido a la función de barrera protectora que cumple la sarcotesta contra el intercambio; con lo que se evita la lixiviación de compuestos fenólicos inhibitorios de la germinación (ácido p-Hidroxibenzoico), imbibición rápida y contacto con sustancias estimulantes de la germinación tales como  $\text{KNO}_3$  y  $\text{AG}_3$  (Chow y Lin, 1991; Tokuhisa *et al.*, 2007).

### **Calidad sanitaria**

Al tercer día de iniciada la prueba se apreció desarrollo fungoso en los tratamientos de escarificación química, donde se identificó al tratamiento con ácido clorhídrico con mayor incidencia de hongos; también fue el tratamiento con menor porcentaje de sarcotesta eliminada. El testigo no presentó desarrollo de hongos, a simple vista (Cuadro 3.2). La colonización de hongos en la semilla, pudo ocurrir debido a que sus estructuras reproductivas se encuentran suspendidas en el aire de la atmosfera o partículas del suelo y que con la temperatura, humedad, luz, nutrientes y pH con los cuales se manejó la semilla (o propios de ella), facilitaron su desarrollo (Agrios, 1985).

Los efectos principales muestran a los tratamientos a base de NaCl y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , como los más eficientes para minimizar la colonización de hongos (Cuadro 3.2). De esta manera, las concentraciones 2 y 3, en combinación con tiempos de inmersión de 15 y 25 min, resultaron con la mejor respuesta para controlar el crecimiento fúngico (Cuadro 3.3). De igual forma, se apreció que los reactivos  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y NaOH siguen una misma tendencia al

minimizar la colonización de la microbiota, cuando se aumenta la concentración de R y tiempo de inmersión de la semilla (Figura 3.2).



**Figura 3.2** Efectos interactivos (a) Reactivo x Concentración y (b) Reactivo x Tiempo de inmersión en la colonización de hongos de la semilla de papaya.

La reducida colonización de la microflora en los tratamientos con  $H_2SO_4$  y  $NaOH$ , así como la alta colonización en tratamientos con  $HCl$ , se explica debido al grado de eliminación de sarcotesta, por lo que al relacionar ésta con la presencia de hongos, se encontró un valor para  $R = -0.77^{**}$ ; lo que indica que las semillas que conservaron la sarcotesta, en respuesta al tratamiento químico, se caracterizaron por una mayor presencia de hongos.

Lo anterior es posible debido a la naturaleza endozoocoria de la semilla de papaya, donde la sarcotesta, pulposa y compuesta de reservas (con alto contenido de proteínas), permite la atracción de agentes de dispersión y, a la vez, un medio apropiado para la colonización y desarrollo de la microbiota (Takhtajan, 2009).

La probable modificación del pH de los tratamientos parece no haber afectado la colonización de hongos, aun cuando las concentraciones de los ácidos, sulfúrico y clorhídrico, provocaron un pH próximo a 1, y las concentraciones de 10, 25 y 50% de  $NaOH$  indujeron pH de 13 ó 14, debido quizá, a que los hongos pueden tolerar intervalo

de pH bastante amplio, desde 0 hasta 9, aunque prefieran las condiciones ácidas, una condición donde bacterias y actinomicetos no pueden desarrollarse (Agrios, 1985).

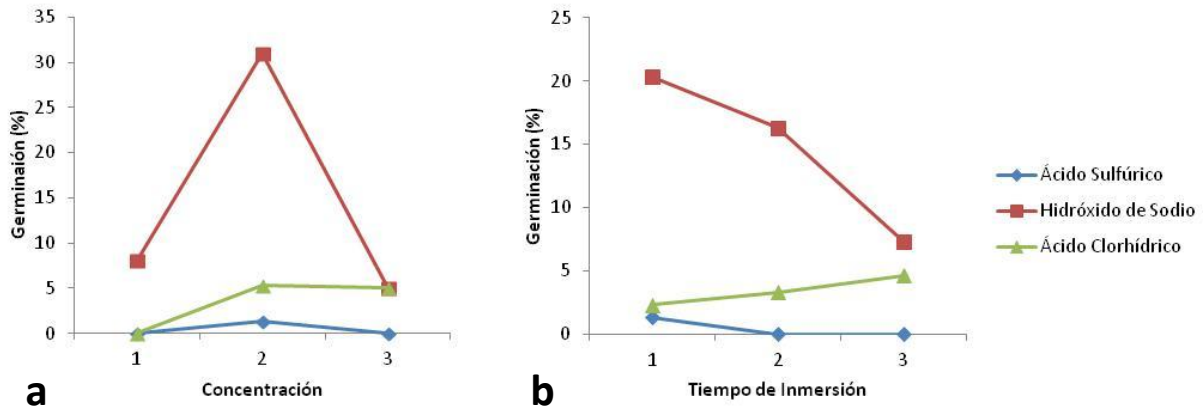
A simple vista se apreció el desarrollo de tres tipos de hongos; sin embargo, sólo uno de ellos se logró identificar, el cual pertenece al género *Rhizopus* sp., hongo considerado de almacén, caracterizado por ser cosmopolita, y desarrollar crecimiento rápido y adaptarse a una amplitud de condiciones ambientales; algunas especies de éste género, pueden ocasionar pudrición de semillas (Agrios, 1985).

## **Calidad fisiológica**

### **Germinación**

La germinación de la semilla de papaya tuvo respuesta significativa a los efectos principales de los productos químicos (R) y concentración (C), así como al efecto simple de la combinación R x C. El tratamiento a base de NaOH indujo el mayor porcentaje de germinación, además de haber provocado la mayor eliminación de sarcotesta y permitir el desarrollo mínimo de hongos (Cuadro 3.2). Los efectos simples indican que el uso de NaOH con la segunda concentración (25 %), estimuló significativamente la germinación de la semilla de papaya; mientras que los tiempos de inmersión 1 (5 min) y 2 (15 min), fueron significativamente mejores, por lo que a medida que aumentan ambos casos, concentración y tiempo de inmersión, disminuye la germinación (Figura 3.3).





**Figura 3.3** Efecto de las interacciones (a) Reactivo x Concentración y (b) Reactivo x Tiempo de inmersión en la germinación de la semilla de papaya.

El valor R de la correlación existente entre remoción de sarcotesta y germinación, fue bajo y significativo (0.26\*); lo que permite asumir que la mayor germinación de semilla de papaya, fue debida a la mayor y mejor remoción de la sarcotesta con el NaOH; respuesta que también fue encontrada por Lange (1961) y Gherardi y Valio (1976). Estudios de escarificación realizados por Abu-Qaoud (2005) y Bandino *et al.* (1999), con diferente tipo de semilla (*Olea europea* L.) pero con los mismos reactivos, afirman los efectos positivos del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la calidad de la semilla sobre NaOH.

En general, los promedios de germinación fueron bajos (Cuadro 3.3), tal es el caso del tratamiento con 25% de NaOH y 15 min de imbibición, que presentó el mayor porcentaje con sólo 47%, que si bien fue 20 veces superior a los valores de germinación obtenidos con el testigo, es menor al que se pudiera considerar para una semilla de papaya de buena calidad, es decir 70% como mínimo (Quintero *et al.*, 2006).

Tokuhisa *et al.* (2007) suponen que resultados como los aquí obtenidos se deben a la expresión de latencia combinada en la semilla de papaya, aun sin sarcotesta; por lo que sugieren lixiviar previamente los compuestos que acompañan a la semilla y que inhiben la germinación. Conforme a lo anterior, Salvador-Figueroa *et al.* (2005) y Bautista-Calles *et al.* (2008), obtuvieron entre 12 y 98% de germinación de semilla de papaya “Maradol” sin sarcotesta, al utilizar en su estudio el hidroacondicionamiento con

períodos de remojo entre 24 y 120 h, incubación a 28 °C, humedad relativa del 80% y oscuridad.

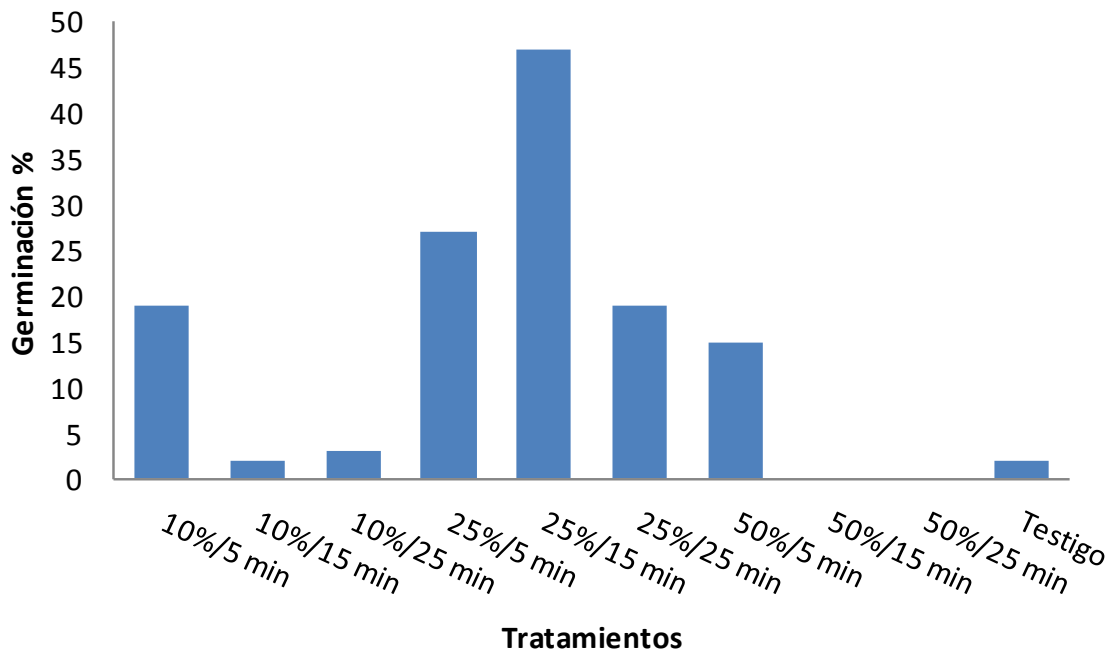
Otro hecho que pudo conducir hacia una respuesta inapropiada en la germinación del ensayo, es que no se hayan brindado las condiciones adecuadas de temperatura y luminosidad, pues estas se mantuvieron constantes tanto en el día como por la noche, y tal vez se haya inducido latencia secundaria en la semilla, puesto que el testigo tampoco germinó adecuadamente; además de que en áreas de producción comercial, como el sitio de colecta de la semilla, no se presentan problemas significativos relacionados con la germinación, al utilizar semilla fresca. Por ello la necesidad de contribuir con estándares internacionales o nacionales, con los cuales se pueda controlar la calidad de la semilla de papaya.

El efecto de la luz en la germinación, probado en varios tipos de semilla de papaya por Bhattacharya y Khuspe (2001), tiende a acelerar el proceso de germinación; de tal forma que, 10 días después de la siembra, el porcentaje total de germinación fue igual que el del ensayo desarrollado en oscuridad. Los mismos autores encontraron que a 30°C/24h se logró  $\pm$  70% de germinación. Paz y Vázquez-Yanes (1998) obtuvieron mayor porcentaje de germinación, al someter a oscuridad la semilla de papaya con distinto grado de domesticación; mientras que la temperatura constante de 25°C ó alterna de 30°C/8h-15°C/16 h, sólo logró entre 50 y 60% de germinación.

### **Viabilidad**

La prueba de viabilidad con Tetrazolio practicada en semillas sin germinar, resultó ineficaz debido a la ausencia de tinción de los embriones, como lo confirman los tratamientos químicos y testigo. No obstante, el corte realizado en la semilla permitió confirmar que la proporción de éstas sin embrión fue inferior a 1%; valor que descarta que ésta hubiese sido la razón de la germinación baja, ya que es común que la semilla de papaya presente una cantidad importante de semillas vanas.

Entre los efectos positivos que derivan del NaOH al 25%, fue el haber obtenido el porcentaje de germinación con mayor expresión, 45% por arriba del testigo (Figura 3.4).



**Figura 3.4** Tratamientos de escarificación química de la semilla de papaya mediante NaOH, y Testigo.

Tratamientos con NaOH que comprendieron el 10% de concentración, no fueron apropiados para remover la sarcotesta; por lo que la semilla pudo haber mantenido su estado de reposo, al evitar la lixiviación de compuestos fenólicos y retardar la imbibición (Figura 3.4). Cunha (2006) menciona la impermeabilidad a gases y la atribuye a compuestos fenólicos existentes en las glumas de la semilla de cereales (arroz, avena, cebada), que retienen y reducen la disponibilidad del O<sub>2</sub> para el embrión. De este modo, el NaOH tendría un efecto estimulante de la germinación, al actuar como posible oxidante ante éste tipo de compuestos en la semilla de papaya. Bewley y Black (1994) sugieren que algunas semillas como *Avena fatua* y *Xantium pennsylvanicum*, superan el estado latente al interactuar con compuestos oxidantes como hipoclorito u oxígeno.

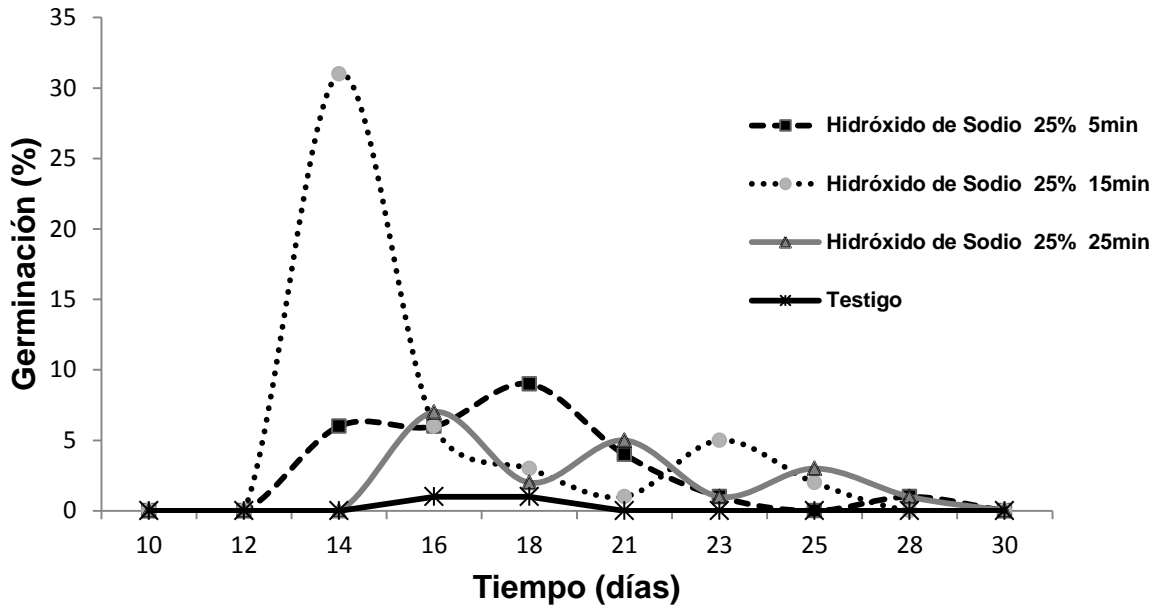
Es probable que la concentración al 50% del NaOH haya dañado el embrión de la semilla de papayo y alterar la viabilidad, con la consecuente falta de respuesta positiva en la germinación (Figura 3.4). El ácido sulfúrico al 100% removió la sarcotesta con mayor eficacia; sin embargo, también pudo haber tenido consecuencias desfavorables

en la viabilidad de la semilla. En un trabajo similar Cossa *et al.* (2009), mencionan la remoción exitosa de sarcotesta de semilla de *Jacaratia spinosa* (Caricaceae), mediante NaOH al 20% y remojo de 15 min, sin causar daño a la viabilidad; mientras que la aplicación de HCl y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, provocó la colonización de hongos y redujo la viabilidad de la semilla; lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

### **Vigor de semilla**

Los tratamientos a base de NaOH, además de producir el mayor porcentaje de emergencia, indujeron mayor vigor a la semilla de papaya. La combinación de NaOH al 25% y 15 min de inmersión de la semilla de papaya, produjo el coeficiente de velocidad de emergencia (CVG) más alto, equivalente a 152.5, a diferencia del testigo con 5.5 (Cuadro 3.3). Adicionalmente, éste tratamiento inició la emergencia de radícula 12 dds y en sólo 2 días más (14 d) alcanzó la mayor tasa de germinación (Figura 3.5); hecho que permite agregar la mejor uniformidad de la germinación y emergencia, al lograr el 50 % de germinación (T<sub>50</sub>) en menor tiempo. Resultados semejantes fueron encontrados por Salvador-Figueroa *et al.* (2005), al indicar que la emergencia ocurrió 13 dds, al remojar en agua la semilla de papaya Maradol por 120 y 96 h, mientras que el testigo (24 h de remojo) requirió hasta 18 días. En cambio, existen registros que muestran los mayores porcentajes de germinación de la semilla de papaya logrados entre 2 y 8 días, con hidroacondicionamiento (144 h) y semilla sin tratar, respectivamente (Bautista-Calles *et al.*, 2008).

La heterogeneidad de la distribución de la germinación, observada con respecto al tiempo en un mismo lote de semillas de papaya, con el fin de eliminar la sarcotesta (Figura 3.5), podría ser una respuesta de la especie para reducir el riesgo de fracaso en el establecimiento definitivo, en particular cuando no se tienen las condiciones idóneas para crecer y desarrollarse.



**Figura 3.5** Cinética de la germinación de semilla de papaya tratada con hidróxido de sodio, concentración y tiempo de inmersión.

La importancia de acelerar el proceso e incrementar el valor porcentual de la germinación, radica en la posibilidad de minimizar costos de producción, pues se aumenta la eficiencia para obtener plántulas por cantidad de semilla e invertir menor tiempo para el trasplante definitivo en campo; lo que se traduciría en mayor productividad y beneficios económicos para el productor.

### 3.5 CONCLUSIONES

Mediante la escarificación química es posible mejorar el acondicionamiento de semilla de papaya. El hidróxido de sodio, al usarlo al 25% y 15 min de inmersión, eliminó 98% de la sarcotesta, presentó sólo 2% de desarrollo de micoflora, incrementó la germinación de la semilla de papaya en 45%, más que lo obtenido con el testigo, y aceleró la tasa de germinación con un coeficiente de 152.5.

El efecto del ácido sulfúrico eliminó al 100% la sarcotesta de la semilla de papaya, cuando se empleó en forma concentrada y con los tres tiempos de inmersión, inhibió la

colonización y proliferación de hongos (con solo 6% en promedio por tratamiento), pero afecto negativamente la germinación. El ácido clorhídrico no eliminó la sarcotesta de la semilla de papaya, presentó la más alta colonización de hongos (97% de incidencia) y presentó bajo porcentaje de germinación (7%).

Los efectos positivos de la utilización de compuestos químicos, simula la degradación natural de la sarcotesta (paso por el tracto digestivo o degradación por microorganismos del suelo), por lo que podría sustituir la destrucción manual que con regularidad realizan los productores o viveristas de papaya, pues la evidencia estadística muestra lo eficiente que puede ser utilizarlo durante el beneficio de semilla.

## CAPITULO IV: LATENCIA Y LONGEVIDAD DE SEMILLAS DE *Carica papaya* L. Y *Vasconcellea cauliflora* Jacquin.

### 4.1 RESUMEN

La importancia de la conservación *ex situ* de las Caricáceas motiva el presente estudio, realizado con el objetivo de determinar longevidad y latencia de semilla de *Carica papaya* y *Vasconcellea cauliflora* con diferente grado de domesticación, en función del tiempo y condiciones de almacenamiento. La investigación se desarrolló en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, en 2009 y 2012. Se utilizó semilla de ambos géneros colectada en el estado de Veracruz, que se almacenó por 36 meses bajo dos condiciones, la primera en cuarto frío a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la segunda en condiciones ambientales en Texcoco. El tratamiento control se basó en semilla fresca obtenida por incremento de las colectas. La viabilidad, capacidad germinativa y presencia de latencia de las semillas se estimó con las pruebas de Tetrazolio y germinación, ésta última complementada con tratamientos de preacondicionamiento hídrico y ácido giberélico. La viabilidad potencial de las semillas de *C. papaya* y *V. cauliflora* fue superior al 90 %, sin ser afectada por el tiempo y condiciones de almacenamiento, lo cual indica longevidad semejante entre ellos y posibilidad de almacenarse durante al menos 3 años. Sin embargo, diferencias durante la germinación en intensidad y superación de la latencia fue observada entre géneros y condición de almacenamiento. Las especies de *Vasconcellea* mostraron alrededor de 60 % más de latencia que las de *Carica*, mientras que la semilla fresca de ambos géneros fue próxima al 50 % más profunda que la almacenada en diferentes condiciones.

**Palabras clave:** conservación, germinación, viabilidad, vigor, deterioro.

## 4.2 INTRODUCCIÓN

El estudio y conservación de los recursos fitogenéticos ha cobrado mayor interés en los recientes años, debido a las aportaciones realizadas a la investigación básica y aplicada para la obtención de nuevos cultivares, así como por el desarrollo de sistemas de producción sustentable en respuesta a los cambios ambientales (Alonso *et al.*, 2007).

México es reconocido por su riqueza y diversidad biológica así como a su contribución a la alimentación e industria mediante los recursos fitogenéticos, entre los que destacan los frutales (Molina y Córdova, 2006). Por lo anterior, es innegable la responsabilidad del país de investigar, divulgar y salvaguardar la integridad de su biodiversidad, debido a la reducción de la base genética por la homogenización de los cultivos con materiales mejorados, así como a la amenaza de liberación al ambiente de materiales genéticamente modificados que pudieran ocasionar flujo genético (Chauvet *et al.*, 2012).

Es la familia *Caricaceae* un ejemplo de recurso fitogenético local poco conocido y, por ende, subutilizado. El país concentra cinco de los seis géneros que integran la familia, dos de ellos endémicos y se considera a la región sureste como el lugar de domesticación de *Carica papaya* L., la cual es la de mayor importancia social y económica, forma parte significativa en la alimentación, su cultivo se aprovecha para comercializar los frutos, lo que ha consolidado al país históricamente como el principal exportador y uno de los mayores productores a nivel mundial (Salvador-Figueroa, 2005; Chauvet *et al.*, 2012). Sin embargo, varias especies de la familia entre ellas la del género *Vasconcellea* se encuentran desconocidas a pesar de que poseen potencial que podría aprovecharse como un nuevo frutal o alternativa agroindustrial con la obtención de papaína, así como fungir de reservorio de genes para mejorar la productividad o resistencia de *Carica papaya* (Coppens, 2003).

Las plantas de *Carica papaya* L. y *Vasconcellea cauliflora* J. son muy semejantes, diferenciadas principalmente por el número de lóculos en el ovario, el primero es unilocular y el segundo pentalocular (Kyndt y Gheysen, 2007). Ambas especies, son



perennes y guardan características semejantes a las plantas pioneras, mismas que se desarrollan de forma natural en vegetación secundaria y acahuales de ambientes tropicales y subtropicales. Pueden producir frutos durante todo el año, sin embargo, en regiones donde la temporada de lluvias es mayormente en verano, las plantas producen frutos en los meses de invierno, los cuales poseen de 200 a 500 semillas y son dispersadas especialmente por aves (Paz y Vázquez-Yanes, 1998).

La preservación del material genético *ex situ* de las caricáceas que se desarrollan en el país, representa uno de los primeros pasos necesarios para su eficiente utilización, así como para evitar la pérdida de la diversidad, para lo cual es imprescindible conocer el tiempo en el que pueden permanecer viables sus semillas en determinadas condiciones de temperatura y humedad (Alonso *et al.*, 2007). El progresivo deterioro de las semillas a consecuencia de la disminución de reservas, alteración del material genético y acumulación de metabolitos tóxicos, se retarda al disminuir la humedad y temperatura de almacenamiento, ya que por cada unidad porcentual que se rebaje el contenido de humedad o disminuya en 5 °C su temperatura de conservación, ésta duplicara su longevidad como consecuencia de la disminución de la actividad metabólica (Pérez y Pita, 2001).

La información existente sobre la longevidad de las semillas de *Caricaceae* se basa por completo en *Carica*, la cual es de tipo oleaginosa endospermada, con latencia combinada, promovida por la testa semipermeable y compuestos fenólicos que la integran (Tokuhisa *et al.*, 2007). La latencia que presenta la semilla de *Carica* es probable que contribuya a una longevidad prolongada, Berbert *et al.* (2008) mencionan que la semilla de *Carica papaya* se clasifica como intermedia, al tolerar desecación entre 10 y 15 % de humedad y permanecer viable por 5 ó 6 años en almacenamiento a 10 °C, y sugieren que ésta es aún más aproximada a las semillas ortodoxas.

No obstante, la longevidad de las semillas varía a nivel individual, cultivar o de especie dentro de un grupo genético, aun cuando reciben tratamiento idéntico y se almacene en las mismas condiciones (Kitinoja y Kader, 2004) y existe evidencia sobre la variabilidad entre *Caricaceae* según el grado de domesticación (Paz y Vázquez-Yanes, 1998). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue ampliar el conocimiento para la

conservación *ex situ* del germoplasma de *Caricaceae*, genética y económicamente importantes, para lo cual se determinó la viabilidad, vigor y latencia de la semilla de *Carica papaya* L. y *Vasconcellea cauliflora* J., en función del tiempo y condiciones de almacenamiento.

#### **4.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación fue desarrollada en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, en 2009 y 2012.

##### **Material genético**

El germoplasma consistió de los géneros *Carica* (papaya) y *Vasconcellea* (papaya de monte), con dos especies por género, colectadas en localidades del estado de Veracruz, México (Cuadro 4.1), mediante el muestreo de frutos fisiológicamente maduros, un indicativo fue en la epidermis un color amarillo, y buen aspecto sanitario. Para ello se colectaron cuatro frutos por individuo a tres plantas de la población y se extrajo la semilla; enseguida se acondicionaron mediante remojo por 48 h, posteriormente se realizó el lavado y remoción manual de sarcotesta, así como de las semillas que permanecieron flotando en la superficie del agua. El secado se realizó a temperatura ambiente de  $16 \pm 7^{\circ}\text{C}$  con humedad relativa baja durante una semana, hasta que la semilla alcanzó 9% de humedad, aproximadamente.

**Cuadro 4.1** Sitios de colecta de germoplasma de semilla de Caricaceae en Veracruz, México.

Cultivar	Género y especie	Municipio	Localidad	Intensidad de manejo	Altitud (msnm)	Latitud N	Longitud O
Amarilla	<i>Carica papaya</i>	Emiliano Zapata	La Balsa	Alto	400	19° 21'	96° 38'
Papaya del monte	<i>Vasconcellea cauliflora</i>	Santiago Tuxtla	Boca del Monte	Bajo	63	18° 23'	95° 22'
Chiche de venado	<i>Vasconcellea cauliflora</i>	Ángel R. Cabada	Ángel R. Cabada	Bajo	35	18° 35'	95° 25'
Maradol	<i>Carica papaya</i>	Puente Nacional	Casa Blanca	Alto	179	19° 20'	96° 31'

Posteriormente, la semilla se colocó en sobres de papel y estos, a su vez, en bolsa metalizada, que fue sellada herméticamente y almacenó por 36 meses, bajo dos condiciones: a) Cuarto frío a  $-5 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y b) Condiciones ambientales de laboratorio en Texcoco, estado de México, ubicado a  $19^{\circ}30'21''$  N y  $98^{\circ} 53' 00''$  O a 2250 msnm; el clima es templado semi-seco [C(w2)(w)b(1)g] con temperatura media anual de  $16^{\circ}\text{C}$  y oscilación térmica de  $5-7^{\circ}\text{C}$  (Meza, 2005). Además, se empleó un tratamiento control con semilla fresca obtenida por incremento en la localidad de La Balsa, municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, a partir de las colectas referidas en el Cuadro 4.1. La siembra se realizó en 2010 en bolsas de polietileno y mezcla de suelo arcilloso, arena y materia orgánica como sustrato en proporciones iguales, donde aquellas que no registraron emergencia permanecieron en el lugar de establecimiento del semillero, y la cosecha se realizó en enero de 2012.

## Viabilidad

Fue estimada con la prueba topográfica de Tetrazolio (Cloruro de 2,3,5, Trifenil Tetrazolio/Sigma<sup>®</sup>) al 0.1% con dos repeticiones de 50 semillas beneficiadas. En ellas se practicó una disección longitudinal del eje cotiledonar con navaja de afeitar, posterior al remojo en agua estéril por 24 h, que permitió su exposición a la solución de

Tetrazolio. Las semillas disectadas se introdujeron en recipientes de plástico de 50 mL, luego se añadió la solución de Tetrazolio hasta cubrir por completo las semillas y se colocaron bajo una malla de metal para evitar su flotación. Finalmente, se introdujeron en una estufa a 33 °C por 24 h y oscuridad total. Al término de éste periodo, las semillas se retiraron de la solución, enjuagaron en tres ocasiones con agua destilada y se observó con una lupa el área teñida e intensidad de la coloración en el embrión, para ser clasificadas de acuerdo con las semillas dicotiledóneas no leguminosas (ISTA, 2004). Semillas viables totales (VT), fueron producto de la suma de semillas viables con vigor alto y vigor medio. Además, durante la disección de las semillas se hizo un recuento de aquellas carentes de embrión y se repusieron por otras completas.

## **Germinación**

Mediante la prueba de germinación en sustrato orgánico derivado de musgo, mismo que se complementó con tratamientos estimulantes para observar efectos de latencia, siendo conocido que la semilla de *Caricaceae* la presenta y sería posible no obtener germinación sin ellos. Estos tratamientos consistieron en: a) hidroacondicionamiento de la semilla durante 72 h, con cambio de agua cada 24 h; y b) Solución de ácido giberélico (Activol<sup>®</sup> 40 % GS) a una concentración 600 ppm y remojo de 24 h (Constantino *et al.*, 2010). Posteriormente, las semillas fueron sembradas a 1 cm de profundidad en sustrato *peat moss*, contenido en charolas de plástico transparentes (14 x 22 x 5 cm) e incubadas en un cuarto acondicionado para la germinación con luz constante, a  $30 \pm 2$  °C y humedad relativa superior a 70 %. Las charolas se cambiaron de manera aleatoria cada 48 h en las repisas donde se incubaron, para proporcionarles condiciones de manejo semejantes. En el primer riego se aplicó Captan (Captagro<sup>®</sup>/0.5 g/L<sup>-1</sup>) para prevención de enfermedades y los riegos posteriores se aplicaron cuando el sustrato mostró apariencia café claro, como un indicativo de falta de humedad. Se evaluó el período de inicio de emergencia y el porcentaje total de germinación, 48 días después de la siembra. La semilla se considero germinada al observar la presencia del cuello del epicótilo sobre la superficie del sustrato.

## Vigor

Se determinó la Tasa de Germinación con base a la fórmula citada por Onofri *et al.* (2010). Una vez registrada la emergencia inicial de plántulas, los recuentos se realizaron cada 48 h; además, se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de la emergencia. Los datos obtenidos fueron transformados con el método arco-seno  $[(\%/100)+0.5]^{1/2}$  (Infante y Zárate, 1990).

## Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3x4, donde los factores fueron: 1) Tratamiento germinativo con los niveles de hidroacondicionamiento y tratamiento con AG<sub>3</sub>; 2) Período y condiciones de almacenamiento con los niveles de semilla con 3 años de almacenamiento y semilla fresca y; 3) Cultivares con diferente grado de manejo (Cuadro 4.1). En la prueba de germinación se emplearon dos repeticiones de 50 semillas por charola y los resultados obtenidos se transformaron mediante la función arco-seno  $[(\%/100)]^{1/2}$ , para obtener una aproximación a la distribución normal. Los resultados de la presencia de embrión en la semilla, fueron transformados mediante arco-seno  $[(\%/100)+0.5]^{1/2}$ . Los resultados se examinaron estadísticamente a través de análisis de varianza y, se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan con  $\alpha = 0.05$  de probabilidad, con el programa SAS V9 (2002).

## 4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza no se observaron diferencias estadísticas significativas en la proporción de semillas vanas entre géneros de papaya silvestre y cultivada ( $P \leq 0.36$ ; CV = 6.11), lo mismo que entre la semilla almacenada de colectas y semilla fresca ( $P \leq 0.89$ ); por lo que 6 % de las semillas, en promedio, no germinarían por esta condición fisiológica. Este valor es bajo respecto a lo mencionado por Doijode (2001), quien

asoció el 20 % de semillas de papaya vanas con la ausencia de formación de endospermo y embrión, a pesar de mostrar la testa bien diferenciada.

No hubo diferencias estadísticas significativas en la viabilidad potencial de las semillas entre especies ( $P \leq 0.50$ ) y en la modalidad de almacenamiento ( $P \leq 0.49$ ), lo que indica que las semillas de *Carica* y *Vasconcellea* almacenadas en distintas condiciones y la fresca, tienen 94 % de probabilidad de producir plántulas normales, en ausencia de latencia y condiciones ideales de incubación. Son escasos los estudios de viabilidad con Tetrazolio en semillas de *Caricaceae*, ya sea recién extraída o almacenada. Caso particular son los resultados de Montejo *et al.* (2002), al dictaminar 90 % de viabilidad en semilla fresca de tres variedades de papaya Maradol, resultados que coinciden a los obtenidos en esta investigación al obtener también el 90 %.

En cambio, los porcentajes y velocidad de germinación respondieron con diferencias estadísticas significativas por efecto del tipo de almacenamiento, cultivar y tratamiento germinativo, mientras que las interacciones no fueron significativas, al igual que días a emergencia después de la siembra (Cuadro 4.2).

El coeficiente de variación fue alto para ambas variables respuesta, hecho que indicaría la variabilidad alta en tiempo y porcentaje total de germinación de las diferentes semillas analizadas, resultados que coinciden con lo reportado por Salvador-Figueroa *et al.* (2005), al afirmar que la germinación de semilla de papaya varía en cantidad y en el tiempo en que ésta se da. Lo anterior, es posible debido al polimorfismo en las semillas de *Caricaceae*, ya que al encontrarse diferentes niveles de latencia en la semilla de un mismo fruto, como hace referencia Balbinot *et al.* (2003), favorecería su dispersión y germinación en ambientes impredecibles, tales como los ocasionados por fenómenos climáticos, ejemplo de ello el llamado “Niño”, lo que diversifica la capacidad de la progenie de las plantas para escapar a las situaciones desfavorables, en espacio o tiempo (Vázquez *et al.*, 2005).

**Cuadro 4.2** Cuadrados medios de las variables germinación, coeficiente de la velocidad de germinación (CVG) y emergencia en días después de la siembra (EDS).

Fuente de variación	GL	Germinación (%)	CVG	EDS
Método germinativo (MG)	1	1792.55**	15926.46**	135.07
Tipo de almacenamiento (TA)	2	740.37**	2879.91*	22.40
Cultivar (Cv)	3	1325.30**	6021.28**	89.47
MG x TA	2	237.05	54.43	64.41
MG x Cv	3	57.81	1055.53	82.27
TA x Cv	6	272.92	1337.99	138.52
MG x TA x Cv	6	68.01	723.58	118.79
Error	24	127.29	821.77	100.67
C.V.		41.7	73.88	17.25
R <sup>2</sup>		0.76	0.73	0.49

\*,\*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

La aplicación de ácido giberélico en las semillas de papaya produjo valores estadísticamente superiores que el efecto de hidroacondicionamiento, se tuvo mayor porcentaje de germinación, con un CVG superior (Cuadro 4.3). Bautista-Calles *et al.* (2008), encontraron que con cuatro días de hidroacondicionamiento obtuvieron 84 % de germinación y con 3 d sólo 35 %, lo que indicaría que en nuestro caso, el período de remojo en agua debió ser más prolongado. Además, refieren que los efectos del remojo se deben a la adecuada remoción de sustancias inhibitoras de la germinación, mientras que los del AG<sub>3</sub> se deben a que regulan mecanismos génicos de síntesis, transporte y señalización entre hormonas que detonan la germinación.

Once días después de la siembra, comenzó la emergencia de plántulas en semillas tratadas con AG<sub>3</sub>, y a los 14 días en semillas hidroacondicionadas, sin embargo, no hubo diferencias significativas y, en promedio, la germinación inició a los 24 días.

**Cuadro 4.3** Comportamiento medio para germinación y coeficiente de velocidad de germinación (CVG) de la semilla de *Caricaceae*.

Factor	Nivel	Germinación (%)	CVG
Método pregerminativo	Hidroacondicionamiento	17.75 b	20.58 b
	Ácido giberélico	31.40 a	57.01 a
Tipo de almacenamiento	Medio ambiente	30.50 a	42.54 ab
	5 °C	29.50 a	49.95 a
	Fresca	13.74 b	23.91 b
Cultivar	Papaya de monte	7.66 b	13.29 c
	Amarilla	31.00 a	49.43 ab
	Maradol	41.16 a	64.00 a
	Papaya de monte	18.50 b	28.47 bc

Medias seguidas con la misma letra, son estadísticamente semejantes entre si, de acuerdo a la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).

Las semillas almacenadas durante 36 meses en cuarto frío a  $-5 \pm 2$  °C y temperatura ambiente de  $16 \pm 7$  °C, mostraron resultados estadísticamente semejantes respecto al porcentaje de germinación y en velocidad de germinación, lo cual supone que la semilla de las especies *C. papaya* y *V. cauliflora*, se puede resguardar en estas condiciones por lo menos 3 años y mantener 30 % de germinación mínima con periodo de emergencia semejante, tal como ocurre en semillas ortodoxas. Las semillas frescas, utilizadas como testigo, al no germinar en forma semejante a las que fueron almacenadas, se infiere presentaron algún grado relativo de latencia (Cuadro 4.3). Existe mayor información de germinación y almacenamiento de semilla de *C. papaya*, aunque es imprecisa en cuanto a contenido apropiado de humedad, técnicas de colecta, beneficio y almacenamiento (Alonso *et al.*, 2011). Por ejemplo, se tienen registros de germinación de semilla almacenada de *C. papaya*, que varían desde ausencia de germinación a tres meses después de secar la semilla expuesta a rayos solares y con o sin desprendimiento de sarcotesta, hasta seis años a 10 °C y 9 % de humedad, con porcentaje de germinación aceptable (Alonso *et al.*, 2011). Éstos mismos autores sugieren que la semilla de *C. papaya* puede ser almacenada a 15 y 4 °C, con contenido de humedad entre 8 y 12 %, para obtener 89 % de germinación después de 12 meses.



En cambio, estudios relacionados con la germinación y conservación de semillas de *Vasconcellea* son escasos, sin embargo, resultados de Alarcón *et al.* (1997) obtenidos en *V. Cundinamarcensis* postulan hasta 80 % de germinación después de 4 meses de almacenamiento a  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , en tanto que semillas recién extraídas presentaron germinación lenta que alcanzó el 36 % en el periodo que duro el estudio.

Semilla fresca de las especies de *Carica* y *Vasconcellea* muestran germinación heterogénea y bajo porcentaje, lo que supone cierto grado de latencia, situación semejante a los resultados obtenidos por Aroucha *et al.* (2007), quienes obtuvieron 9 % de germinación en semilla fresca del cultivar Golden. Sin embargo, Alonso *et al.* (2011) y Martins *et al.* (2005) informan porcentaje de germinación superior al 87 % con semilla fresca de papaya Maradol y Tainung; por lo que no existe uniformidad en los resultados experimentales obtenidos en diferentes estudios.

Los cultivares Maradol y Amarilla presentaron el mayor porcentaje de germinación y mejor uniformidad sobre los materiales silvestres (Cuadro 4.3), probablemente debido a efectos de domesticación puesto que es en éstos materiales donde también se da la germinación de la semilla al interior del fruto, hecho que pudiera considerarse consecuencia del efecto de la selección recurrente realizada por el hombre. Paz y Vázquez-Yanes (1998) encontraron que la germinación de semilla de papaya cultivada fue 31 % superior que la silvestre, debido a que la primera ha disminuido los mecanismos de sobrevivencia en condiciones ambientales adversas, bindando durante su propagación condiciones favorables y ello ha sido realizado durante cientos de años.

A pesar del incremento de germinación con la aplicación de  $\text{AG}_3$ , los resultados no se acercaron a los obtenidos con la prueba de Tetrazolio, lo que pudiera indicar que las semillas no superaron la condición de latencia, debido a múltiples factores entre ellos el período de remojo de la semilla con la solución de  $\text{AG}_3$ . Lima *et al.* (2007) mencionan que con 500 ppm y 96 h de remojo obtuvieron porcentajes superiores al 80 % en papaya tipo “Hawái”, por lo que es probable se requiera de mayor tiempo para permitir la imbibición de la solución, hecho que pudiera reforzarse con las diversas capas de la cubierta de la semilla de *Carica* y *Vasconcellea*. Otro factor que pudo influir son las condiciones de incubación, éstas pudieron ser subóptimas y diferir de las predicciones

realizadas con la prueba de viabilidad. La temperatura a la que se sometió la semilla durante la incubación pudo contribuir a la germinación baja, Constantino *et al.* (2010) y Balbinot *et al.* (2003) encontraron que al someter la semilla a alternancia de temperatura de 15 y 36 °C por 24 y 4 h, respectivamente, así como al someterá la semilla a envejecimiento acelerado a 42 °C durante 72 h, y posterior incubación a 30 °C, promueve la germinación superior que a temperatura constante de 30 °C.

De modo que cabe la posibilidad de que la oscilación térmica promueva la germinación de semilla de papaya, tal como ocurre con las plantas pioneras. En nuestro caso, después de tres meses del establecimiento de las semillas en la localidad de “La Balsa”, aún ocurría emergencia de plántulas de papaya, y durante el incremento de semilla, transcurridos los 12 meses y en la siguiente época de lluvias, ocurrió germinación de materiales de *Vasconcellea cauliflora*.

Al respecto, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1996), mencionan que la semilla de papaya silvestre puede permanecer viable en el suelo por dos años y luego germinar. La estructura semipermeable de la testa y composición lipídica de la semilla de *C. papaya* y *V. cauliflora*, así como el hábitat discontinuo en el que prosperan, favorecen en forma natural a las semillas de éstas especies una longevidad ecológica intermedia, debiendo sobrevivir las semillas producidas durante la época húmeda en el suelo durante la estación seca, para iniciar su crecimiento durante la siguiente estación húmeda (Vázquez *et al.*, 2005).

La latencia esta íntimamente relacionada con la longevidad de la semilla, por lo que después de la maduración de ésta en la planta madre, se acumulan sustancias inhibitoras de la germinación que evitan que ésta se dé en forma prematura y sufren una deshidratación profunda natural, que mantienen al mínimo su metabolismo retardando el deterioro (Vázquez *et al.*, 2005). De igual manera, durante el beneficio y conservación de la semilla de *C. papaya* y *V. cauliflora* se induce una latencia secundaria, al reducir aún más la humedad natural y someter a condiciones no favorables para la germinación, lo que contribuye a aumentar en mayor medida el período de vida de las semillas. Es probable que el tratamiento de la semilla con compuestos inhibidores de la germinación como el ácido abscísico u otros, así como el

secado de la semilla sin desprender la sarcotesta antes del almacenamiento, prolonguen la vida de la semilla.

#### **4.5 CONCLUSIONES**

La viabilidad potencial de las semillas de *C. papaya* L. y *V. cauliflora* J. fue superior al 90 %, sin ser afectado por el tiempo y condiciones de almacenamiento, lo cual indicaría que ambos géneros poseen longevidad semejante y que pueden almacenarse al menos durante 3 años, a temperatura de -5 °C y en condiciones de clima templado semi-seco con temperatura media de  $16 \pm 7$  °C.

Sin embargo, diferencias en la intensidad de latencia y la superación de ésta se observó durante la prueba de germinación entre géneros y condición de almacenamiento. Las especies de *Vasconcellea cauliflora* mostraron latencia en mayor proporción que las de *Carica papaya*, es decir, conservan de mejor manera el mecanismo que le permite su supervivencia a las condiciones adversas. Mientras que las semillas frescas de ambos géneros presentaron latencia más profunda que las almacenadas en diferentes condiciones, las cuales se comportaron de manera semejante.

## DISCUSIÓN GENERAL

La exploración realizada en busca de especímenes de la familia *Caricaceae* en algunas regiones de los estados de Veracruz, Puebla, San Luis Potosí y Michoacán, México, permitió constatar la importante variabilidad de especímenes de la familia, distribuidos en esas regiones. Especies de *Jacaratia mexicana*, *Vasconcellea cauliflora* y *Carica papaya* fueron observadas distribuidas en las regiones muestreadas, con cierta importancia local. Caso especial el del género *Carica*, en el cual fue posible diferenciar dos grupos importantes de plantas en base a características del fruto, como lo son el tamaño y distribución de las semillas en la cavidad interna del fruto, cualidades que las hacen distintas y que bien pudieran propiciar la reorganización del género con dos especies. Además lo anterior, postula al país como probable centro de origen y diversificación de la papaya, pues a diferencia de otros países, México cuenta con diversidad de especies silvestres de *Carica papaya* y otros géneros, lo que contrasta con lo mencionado por Fitch (1995), quién afirma la no existencia de papayas silvestres de la especie *C. papaya*.

Los tipos cultivados de *Carica papaya* presentaron aspectos de mejoramiento asistido como tamaño de fruto y, como característica distintiva, la cavidad ovárica hueca con arreglo parietal de las semillas, mismas que la distinguen de su pariente silvestre, en el cual las semillas y masa placentaria, ocupan por completo la cavidad, tal como lo afirma Badillo (1970). A pesar de ello, es complicado distinguir ambas plantas en la etapa vegetativa pues poseen porte similar, con forma y número de nervaduras semejantes. Otro aspecto relativo a las papayas silvestres es la similitud con la especie *Vasconcellea cauliflora*, la cual generó confusión en el presente estudio y en el capítulo 5, se establece a papaya silvestre como *V. cauliflora*, pues al estar la cavidad del fruto de la papaya silvestre ocupada completamente por las semillas se interpretó como pentalócular, afirmación errónea pues al corroborar la agrupación y forma de las hojas en el tallo en *V. cauliflora* se confirmó el error.

Lo anterior, genera la duda de si los tipos de *C. papaya* cultivada y silvestre, son compatibles para realizar cruza naturales o si este último espécimen pudiera ser el vínculo entre *C. papaya* cultivada y el resto de los géneros, por lo que es interesante realizar estudios posteriores de caracterización molecular para conocer su similitud con el resto de los integrantes de la familia.

La distribución de *J. mexicana* y *V. cauliflora* es limitada por lo que el conocimiento y utilidad que se les da es restringida, a pesar del potencial con el que cuentan como frutales, plantas de ornato o fuente de productos medicinales e industriales, pero que resultan con importancia sólo local. El estado de riesgo en el que se encuentran estas especies parece no haber cambiado, ello respecto a la información que se tiene de ellas generada hace ya algunas décadas. En el caso de ambos tipos de papaya la distribución es superior al resto de los géneros y similar entre ellos, pero las formas por las que lo hacen difieren, ya que en el tipo cultivado ha sido asistido por la acción del hombre desde hace mucho tiempo atrás, lo que ha provocado que sin su ayuda sea baja la probabilidad de éxito en su establecimiento, por lo que se le encuentra comúnmente coexistiendo en lugares con alguna actividad antrópica, como cultivo intensivo, planta de traspatio o de forma espontánea en acahuales u en otros cultivos. Mientras que, en el tipo silvestre la semilla se propaga por la acción de animales, principalmente aves, que se alimentan del fruto y semillas, favorecidos por el polimorfismo que presenta la semilla, que incluye una latencia combinada superior al del tipo cultivado, hecho que permite su mejor establecimiento en lugares poco o muy disturbados.

Es el cultivar Maradol el más cultivado de forma comercial y en traspatio, la variedad de origen Cubano caracterizado por ser ginodioico, ha puesto en riesgo los tipos criollos que se cultivaron previamente en el país, hecho que aunado a la amenaza de introducción de materiales transgénicos motiva el resguardo de la diversidad, no sólo de *Carica* sino del resto de la familia que se mencionan se distribuyen en el país y presuponen endémicos, pues no se descarta sean útiles sus genes en el mejoramiento del cultivo y evitar así genes ajenos a la familia en la composición genética.

Para lo anterior, es prioritario conocer las formas eficientes de manejo que permitan prolongar la vida del material genético, y entre ellas las pruebas que permitan conocer el estado de la semilla. Es conocido que la semilla de *C. papaya* y otros integrantes de la familia *Caricaceae* presentan dificultad para emerger homogéneamente durante la siembra, bajo condiciones ajenas de su medio natural, por lo que se han realizado varias investigaciones tendientes a favorecerla y de esta forma conocer el estado en que se encuentra. Se ha establecido que la eliminación de la cubierta más externa favorece la germinación, por lo que como parte del beneficio de la semilla colectada se planteó algunos métodos de escarificación química, lo que dio como resultado al hidróxido de sodio como el mejor escarificante, pues en cierta concentración y tiempo de exposición elimina en su totalidad la sarcotesta y favorece la emergencia, permitiendo conocer su estado fisiológico.

Sin embargo, conocer la longevidad de la semilla en condiciones de almacenamiento diverso, es importante. Por lo que se estudio el comportamiento de semilla de tipos de papaya cultivada y silvestre en almacenamiento, dando como resultado que se comportan de forma semejante al de las semillas clasificadas como intermedias, pero que pudieran estar dentro de las ortodoxas, pues se pueden desecar hasta 9% de humedad y permanecer viables durante al menos 3 años, en condiciones de clima templado semi-seco con temperatura media de  $16 \pm 7$  °C o en almacenamiento a temperatura de -5 °C, es decir, el material puede ser resguardado en forma *ex situ* por un lapso de al menos tres años con aceptable porcentaje de germinación. Pero se requiere de más estudios para abundar más en éste aspecto y confirmar las hipótesis propuestas.

## CONCLUSIONES GENERALES

La exploración realizada en busca de especímenes de la familia *Caricaceae* en algunas regiones de los estados de Veracruz, Puebla, San Luis Potosí y Michoacán, México, permitió constatar la importante variabilidad de especímenes de la familia, distribuidos en esas regiones. Especies de *Jacaratia mexicana*, *Vasconcellea cauliflora* y *Carica papaya* fueron observadas distribuidas en las regiones muestreadas, con cierta importancia local. Caso especial el del género *Carica*, en el cual fue posible diferenciar dos grupos importantes de plantas en base a características del fruto, como lo son el tamaño y distribución de las semillas en la cavidad interna del fruto, cualidades que las hacen distintas y que bien pudieran propiciar la reorganización del género con dos especies. Además lo anterior, postula al país como probable centro de origen y diversificación de la papaya, pues a diferencia de otros países, México cuenta con diversidad de especies silvestres de *Carica papaya* y otros géneros, lo que contrasta con lo mencionado por Fitch (1995), quién afirma la inexistencia de papayas silvestres de la especie *C. papaya*.

Los tipos cultivados de *Carica papaya* presentaron aspectos de mejoramiento asistido como tamaño de fruto y, como característica distintiva, la cavidad ovárica hueca con arreglo parietal de las semillas, mismas que la distinguen de su pariente silvestre, en el cual las semillas y masa placentaria, ocupan por completo la cavidad, tal como lo afirma Badillo (1970). A pesar de ello, es complicado distinguir ambas plantas en la etapa vegetativa pues poseen porte similar, con forma y número de nervaduras semejantes. Otro aspecto relativo a las papayas silvestres es la similitud con la especie *Vasconcellea cauliflora*, la cual generó confusión en el presente estudio y en el capítulo 5, se establece a papaya silvestre como *V. cauliflora*, pues al estar la cavidad del fruto de la papaya silvestre ocupada completamente por las semillas se interpretó como pentalócular, afirmación errónea pues al corroborar la agrupación y forma de las hojas en el tallo en *V. cauliflora* se confirmó el error.

Lo anterior, genera la duda de sí los tipos de *C. papaya* cultivada y silvestre, son compatibles para realizar cruza naturales o sí este último espécimen pudiera ser el vínculo entre *C. papaya* cultivada y el resto de los géneros, por lo que es interesante realizar estudios posteriores de caracterización molecular para conocer su similitud con el resto de los integrantes de la familia.

La distribución de *J. mexicana* y *V. cauliflora* es limitada por lo que el conocimiento y utilidad que se les da es restringida, a pesar del potencial con el que cuentan como frutales, plantas de ornato o fuente de productos medicinales e industriales, pero que resultan con importancia sólo local. El estado de riesgo en el que se encuentran estas especies parece no haber cambiado, respecto a la información que se tiene de ellas generada hace ya algunas décadas. En el caso de ambos tipos de papaya la distribución es superior al resto de los géneros y similar entre ellos, pero las formas por las que lo hacen difieren, ya que en el tipo cultivado ha sido asistido por la acción del hombre desde hace mucho tiempo atrás, lo que ha provocado que sin su ayuda sea baja la probabilidad de éxito en su establecimiento, por lo que se le encuentra comúnmente coexistiendo en lugares con alguna actividad antrópica, como cultivo intensivo, planta de traspatio o de forma espontánea en acahuales o en otros cultivos. Mientras que, en el tipo silvestre la semilla se propaga por la acción de animales, principalmente aves, que se alimentan del fruto y semillas, favorecidos por el polimorfismo que presenta la semilla, que incluye una latencia combinada superior al del tipo cultivado, hecho que permite su mejor establecimiento en lugares poco o muy disturbados.

Es el cultivar Maradol el más cultivado de forma comercial y en traspatio, la variedad de origen Cubano caracterizado por ser ginodioico, ha puesto en riesgo los tipos criollos que se cultivaron previamente en el país, hecho que aunado a la amenaza de introducción de materiales transgénicos motiva el resguardo de la diversidad, no sólo de *Carica* sino del resto de la familia que se mencionan se distribuyen en el país y presuponen endémicos, pues no se descarta sean útiles sus genes en el mejoramiento del cultivo y evitar así genes ajenos a la familia en la composición genética.



Para lo anterior, es prioritario conocer las formas eficientes de manejo que permitan prolongar la vida del material genético, y entre ellas las pruebas que permitan conocer el estado de la semilla. Es conocido que la semilla de *C. papaya* y otros integrantes de la familia *Caricaceae* presentan dificultad para emerger homogéneamente durante la siembra, bajo condiciones ajenas de su medio natural, por lo que se han realizado varias investigaciones tendientes a favorecerla y de esta forma conocer el estado en que se encuentra. Se ha establecido que la eliminación de la cubierta más externa favorece la germinación, por lo que como parte del beneficio de la semilla colectada se planteó algunos métodos de escarificación química, lo que dio como resultado considerar al hidróxido de sodio como el mejor escarificante, pues en cierta concentración y tiempo de exposición elimina en su totalidad la sarcotesta y favorece la emergencia, permitiendo conocer su estado fisiológico.

Sin embargo, conocer la longevidad de la semilla en condiciones de almacenamiento diverso, es importante. Por lo que se estudio el comportamiento de semilla de tipos de papaya cultivada y silvestre en almacenamiento, dando como resultado que se comportan de forma semejante al de las semillas clasificadas como intermedias, pero que pudieran estar dentro de las ortodoxas, pues se pueden desecar hasta 9% de humedad y permanecer viables durante al menos 3 años, en condiciones de clima templado semi-seco con temperatura media de  $16 \pm 7$  °C o en almacenamiento a temperatura de -5 °C, es decir, el material puede ser resguardado en forma *ex situ* por un lapso de al menos tres años con aceptable porcentaje de germinación. Pero se requiere de más estudios para abundar más en éste aspecto y confirmar las hipótesis propuestas.

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Abadie T. y Berretta A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. PROCISUR, INIA, Uruguay. 8 p.
- Abud-Qauod H. 2005. Germination of 'Arabequina' Olive seeds as affected by chemical scarification, hot water treatment and endosperm tissue. *Jordan J. of Agr. Sci.* 1:12-17.
- Acosta C. S. 2002. Plantas vasculares raras, amenazadas, o en peligro de extinción del estado de Oaxaca, un panorama preliminar. *Polibotánica* 13:47-82.
- Agrios G. N. 1985. Fitopatología. 2° ed. Limusa, México. 819 p.
- Aguirre A., Vallejo-Marín M., Piedra-Malagón M. E., Cruz-Ortega R. and Dirzo R. 2008. Morphological variation in the flowers of *Jacaratia mexicana* A. DC. (Caricaceae), a subdioecious tree. *Plant Biology* :1-8.
- Aguirre A., Vallejo-Marin M., Salazar-Gorozieta L., Arias D. M. and Dirzo R. 2007. Variation in sexual expression in *Jacaratia mexicana* (Caricaceae) in southern Mexico: frequency and relative seed performance of fruit-producing males. *Biotropica* 39:79-86.
- Alarcón L., Benavides L., Parodi G. 1997. Efecto de la temperatura y periodo de almacenamiento sobre la geminación de papayuela (*Carica pubescens* Lenné et Koch). *Proceedings of the interamerican society for tropical horticulture.* 497:189-193.
- Alonso E. M., Ortiz-López., Ramos-Ramírez R., Oliva-Díaz H., Capote S. M. 2011. Dormancia en semillas de papaya Cv Maradol roja durante el almacenamiento. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):351-357.
- Alonso E. M., Ramos R. R., Tome Q. Y. 2007. Caracterización y evaluación de los recursos genéticos de papaya (*Carica papaya* L.). *CitriFrut* 24: 38-42.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group). 2003. [Online]: <http://www.mobot.org/mobot>. Consultado 04/2011.

- Aradhya M. K., Manshardt R. M., Zee F. and Morden C. W. 1999. A phylogenetic analysis of the genus *Carica* L. (Caricaceae) based on fragment length variation in a cpDNA intergeneric spacer region. *Genet. Resour. Crop Evol.* 46:579-586.
- Arias D., Peñaloza-Ramírez J., Dorado O., Cuevas-Reyes P., Leyva E., Albarrán-Lara A. L. y Rangel-Altamirano G. 2010. Phylogeographic patterns and posible incipient domestication of *Jacaratia mexicana* A. DC. (Caricaceae) in Mexico. *Genet Resour Crop Evol.* [Online]: Springer Science+Business Media.
- Aroucha M. M., Da Silva F. R., Balbinot E., Nunes S. H. G. 2007. Qualidade fisiológica de semente de mamão após o armazenamento dos frutos e de sementes. *Rev. caatinga.* 20(3):136-143.
- Badillo V. M. 1967. Esquema de las Caricaceae. *Agronomía Tropical* 17(4):245-269.
- Balbinot E., Araújo C. E., Reis M. A. V., Aparecida S. N., Ferreira S. R. 2003. Qualidade fisiológica de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) em função da posição no fruto. *Papaya Brasil.* 1:336-338.
- Bandino G., Sedda P. and Mulas M. 1999. Germination of olive seeds as affected by chemical scarification, hot water dip, and gibberellic acid treatments. *Acta Horticultural* 474:35-38.
- Bautista-Calles F., Carrillo-Castañeda G. y Villegas-Monter A. 2008. Recuperación de la alta capacidad de germinación de la semilla de papaya mediante la tecnología de preacondicionamiento y biorreguladores. *Agrociencia* 42:817-826.
- Berbert A. P., Carlesso V. O., Da Silva F. R., Araújo F. E., Thiébaud L. T. J., Oliveira R. M. T. 2008. Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes* 30: 40-48.
- Bewley J. D. and Black M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*, 2nd ed. Plenum Press. New York, 445 p.

- Bhattacharya J., Khuspe S. S. 2001. In vitro and in vivo germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Scientia Horticulturae* 91:39-49.
- Bullock S. H. 2002. *Jacaratia mexicana* A. DC. (Caricaceae). Bonete. In: Noguera F. A., Vega-Rivera J. H., García-Aldrete A. N. y Quezada M. (Eds), *Historia natural de Chamela*. Instituto Nacional de Biología, UNAM, México DF. pp 155-157.
- Calderón R. G. y Lomelí S. J. A. 1993. Flora del Bajío y regiones adyacentes: Caricaceae. Fascículo 17. INECOL, A. C. y Universidad Autónoma de Guadalajara. México. 12 p.
- Chauvet M., Castañeda Y., Trigueros P., González A., Massieu Y. y González R. L. 2012. Efectos sociales de la papaya transgénica: una evaluación *ex ante*. UAM Azcapotzalco, México. 234 p.
- Chow Y. J. and Lin C. H. 1991. p-Hydroxibenzoic the mayor phenolic germination inhibitor of papaya seed. *Seed Sci. And Tech.* 19:167-174.
- Constantino M., Gómez-Álvarez R., Álvarez-Solís J. R., Pat-Fernández J. y Espín G. 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya* L. *Revista Colombiana de Biotecnología* 2:103-115.
- Coppens G (2003). Aprovechamiento de los recursos genéticos de las papayas para su mejoramiento y promoción. BID/IICA. Informe final. 355 p.
- Cossa C. A., Lima B. C., Osipi F. E. A., Sorace F. M. A., Batista A. N., Lourenço C. C. e Polônio U. V. D. 2009. Remoção da mucilagem e análise da viabilidade de sementes de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A. DC. *Rev. Bras. de Agroecol.* 4:41-44.
- Cunha F. S. D. D. 2006. Dormancia en semillas. *Revista Seed News*. [Online: [www.seednews.inf.br](http://www.seednews.inf.br)]. Consulta 05/08/2012.
- De los Santos R. F., Becerra L. E. N., Mosqueda V. R., Vásquez H. A. y Vargas G. A. B. 2000. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz. INIFAP-CIRGOC. Campo experimental Cotaxtla. Folleto técnico núm. 17. Veracruz, México. 87 p.

- Dias D. C. F. S., Estanislau T. W., Finger L. F., Alvarenga M. E. e Dias D. S. L. A. 2010. Physiological and enzymatic alterations in papaya seed during storage. *Revista Brasileira de Sementes* 32:148-157.
- Díaz G. G., Garza L. J. G. y Munro O. D. 2002. Evaluación de cultivares y guía para producir papaya en la costa de Jalisco. INIFAP-CIRPAC. Campo experimental costa de Jalisco. Folleto técnico núm. 1. La huerta, Jalisco, México. 90 p.
- Díaz L. C. L. y Lomelí S. J. A. 1992. Revisión del género *Jarilla* Rusby (Caricaceae). *Acta Botánica Mexicana* 20:77-99.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1993. Reglamento de la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión. Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de mayo de 1993.
- Doijode S. D. 2001. Seed storage of horticultural crops. Food product press. New york, USA. Pp. 7-8.
- Durán H. D., Lazcano R. H. G., Sánchez E. G. T., Villanueva A. R. y Gutiérrez H. G. F. s/a. Descripción molecular del 'Cuahuayote' (*Jacaratia mexicana*, A. DC.). Instituto Politécnico Nacional.
- García C. J. C. 2010. Biogeografía. Universidad de Cantabria. España. 53 p.
- García-Villalpando J. A., Castillo-Morales A., Ramírez-Guzmán M. E., Rendón-Sánchez G. y Larqué-Saavedra M. U. 2001. Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia* 35:79-86.
- Gherardi E. and Valio I. F. M. 1976. Occurrence of promoting and inhibitory substances in the seed arils of *Carica papaya* L. *Journal of Horticultural Science* 51:1-14.
- Gil A. L. y Miranda D. 2005. Morfología de la flor y la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana* 23:217-223.

- Gómez C. M. 2000. Caricaceae. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. Fascículo 22. 32 p.
- González A. y Trujillo G. 2005. Susceptibilidad de *Vasconcellea cauliflora* al virus de la mancha anillada de la lechosa. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 22:228-239.
- Grijalva P. A. 2006. Flora útil etnobotánica de Nicaragua. MARENA-ARAUCARIA Managua, Nicaragua. pp 82- 83.
- Halfter G., Lorente-Bousquets J. y Morrone J.J. 2008. La perspectiva biogeográfica histórica, en capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 67-86.
- Hernández R. A. L. 1981. Estudio comparativo de carbohidratos de semilla de papaya (*Carica papaya* L.) tipos cera y mamey. Tesis UNAM. 51 p.
- Hofmeyr J. D. J. and Elden V. H. 1942. Tetraploidy in *Carica papaya* L. induced by colchicine. South African Journal Science 38:181-185.
- Infante G. S. y Zárate L. G. P. 1990. Métodos Estadísticos: Un Enfoque Interdisciplinario. Trillas. México. pp. 448-451, 575-577.
- INIVIT (Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales). 2004. Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba. Ministerio de la Agricultura. Cuba. 16 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2004. International rules for seed testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland, 243 p.
- Kim M. S., Moore P. H., Zee F., Fitch M. M. M., Stelger D. L., Manshardt R. M., Paull R. E., Drew R. A., Sekloka T. and Ming R. 2002. Genetic diversity of *Carica papaya* as revealed by AFLP markers. Genome 45: 503-512.
- Kitinoja L., Kader A. A. 2004. Small-scale Post.harvest handling practices: A manual for horticultural crops. 4th ed. Agriculture and Consumer Protection. University of California [Online]: <http://www.fao.org/wairdocs/>. Consulta: Julio 09, 2013.

- Kubitzki K. 2003. Caricaceae. In: Kubitzki K. and Bayer C., eds. The families and genera of vascular plants. Vol. 5. Springer-Verlag. Berlin. p. 57-61.
- Kupicha F. K. 1978. Caricaceae. Flora Zambesiaca. [Online]: <http://apps.kew.org/efloras/namedetail.do;jsessionid=BB70CA355D70499B57B46592B0B4F9EE?flora=fz&qry=key&taxon=3815&keyid=843>. Consulta 24/05/2013.
- Kyndt T., Gheysen G. 2007. Evolutionary relationships between and within the Highland papayas (genus *Vasconcellea*) and the common papaya (*Carica papaya*). Acta Hort. 740:61-72.
- Lange A. H. 1961. Effect of sarcotesta on the germination of papaya (*C. papaya*) Botanique Gazzet Paris 122:305-311.
- Leal F. 1999. Acerca de la historia y taxonomía de las papayas y sus parientes silvestres. In: Memorias del Primer Taller Internacional sobre *Caricaceae*. Ed. Leal F. y Geo Coppens d'Eeckenbrugge. FONTAGRO-IIICA. Cali, Colombia. pp 2-10.
- Lima M. C. S., Galarca S. P., Tomaz P. Z. F., Betemps L. D., Gonçalves C. X., Rufato D. R. A. 2007. Efeito do ácido giberélico na germinação de sementes e crescimento de plântulas de mamão (*Carica papaya* L.). XVI congresso de iniciação científica, Brasil.
- Litz R. E. 2005. Caricaceae. In: Biototechnology of fruit and nut crops. CAB international. Pp 173-197.
- Lobo A. M. y Medina C. I. 1999. Las *Caricaceae* en el sistema de bancos para la alimentación y la agricultura de Colombia. In: Taller internacional de Caricáceas. Eds. Leal F. y Coppens E. G. Maracay, Venezuela. pp 11-17.
- Lomelí-Sención J. A. 1998. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 21. Caricaceae Durmort. UNAM México D.F. 10 p.
- Longar B. M. P. 2007. Marginalidad de los cultivos y pérdida de recursos fitogenéticos alimentarios. Actividades humanas ¿causas? Equilibrio económico. 3(2):149-162.

- López G. G. 2006. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. 2<sup>ed</sup>. Mundi-Prenas. Madrid, España. Tomo 2. pp. 1612.
- López L. A. y Sánchez L. C. J. M. 2001. Árboles en España: manual de identificación. 2<sup>ed</sup>. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 244-245.
- Lorence D. H. and Torres C. R. 1988. *Carica cnidoscoloides* (sp. Nov.) and select. *Holostigma* (sect. Nov.) of Caricaceae from Southern Mexico. *Systematic Botany* 13(1):107-110.
- Martínez M. A., Evangelista V., Basurto F., Mendoza M. y Cruz-Rivas A. 2007. Flora útil de los cafetales en la sierra norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de biodiversidad*. 78:15-40.
- Martins G. N., Da Silva F. R., Araújo F. E., Pereira G. M., Vieira D. H., Viana P. A. 2005. Influencia do tipo de fruto, peso específico das sementes e periodo de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo Formosa. *Revista Brasileira de Sementes* 27(2):12-17.
- Maselli A., Rosales L. C., Guevara Y. Suárez H. Z. 2010. Comportamiento de materiales de los géneros *Carica* y *Vasconcellea* frente a *Erwinia papayae*, *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*. *Revista Protección Vegetal* 25(3):157-165.
- Meza H. M. 2005. Diagnóstico ambiental de la región VII: Texcoco. Secretaria de Ecología Gobierno del Estado de México [Online]: <http://www.fundaciontlaloc.org/biblioteca/DiagnosticosAmbientales>. Consulta: Agosto 28, 2012.
- Molina M. J. C., Córdova T. L. 2006. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe nacional 2006. SAGARPA y SOMEFI. Chapingo, México. 172 p.
- Montejo A. L., Sánchez J. A., Muñoz B. 2002. Incremento de la germinación en semillas de fruta bomba por aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación. *Cultivos tropicales* 23(4):27-31.



- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª edición. UNAM. México. 393 p.
- Moreno N. P. 1980. Flora de Veracruz: Caricaceae. Fascículo 10. Instituto Nacional de Investigadores sobre Recursos Bióticos. Xalapa, México. 20 p.
- Morshidi M. 1996. Genetic Variability in *Carica papaya* and its related taxa. Dissertation submitted to the University of Hawaii, Honolulu. 282 p.
- Mota G. D. A. 2002. Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de tres genotipos de papaya (*Carica papaya* L.). Tesis UACH. 61 p.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2005. Consensus document on the biology of papaya (*Carica papaya*). OECD Environment, Health and Safety Publications. Paris, Francia. [Online]: <http://www.oecd.org/document/html>. Consulta: 24/04/2012.
- Oliveira J. E., Loyola D. J. L. y Silva C. M. 2009. Conservação e uso do germoplasma de mamoeiro na embrapa. Agrosoft Brasil. Página en línea: [www.agrosoft.org.br/agropag/101280.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/101280.htm). Fecha de consulta: 24/07/09.
- Olson E. M. 2002. Intergeneric relationships with the Caricaceae-Moringaceae clade (Brassicales) and potential morphological synamorphies of the clade and its families. *International Journal of Plant Sciences* 163(1):51-65.
- Onofri A., Gresta F., Tei F. 2010. A new method for the analysis of germination and emergence data of weed species. *Weed Research* 50:187-198.
- Passera C. and Spettoli P. 1981. Chemical composition of papaya seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 31:77-83.
- Paz L., Vázquez-Yanes C. 1998. Comparative seed ecophysiology of wild and cultivated *Carica papaya* trees from a tropical rain forest region in México. *Tree Physiology* 18:277-280.

- Pérez G. F., Pita V. J. M. 2001. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. Hojas divulgadoras 2112 HD: 16 p.
- Pertanika J. 1995. Influence of seed ripeness, sarcotesta, drying and storage on germinability of papaya (*Carica papaya* L.) Seed. Tropical Agricultural Science 18:193-199.
- Pittenger R. D. 2004. California master gardener handbook. 3ra ed. ANR publications. California USA. 95 p.
- Poulsen K. and Stubsgaard F. 1995. Intermediate/recalcitrant tropical forest tree seeds. Humlebaek, Denmark. 169 p.
- Quintero F. S., Rodríguez N. A. y Didut A. 2006. Estimulación de la germinación de la semilla de la fruta bomba (*Carica papaya* L.). Agrotecnia 30(2):117-123.
- Reboucas S. J. A. 2000. Aspectos sobre la Producción de la Papaya. Chemonics International. Managua, Nicaragua. 9 p.
- Reyes S. C. 1999. Los recursos genéticos de la familia *Caricaceae* en el mejoramiento de *Carica papaya* L. en Colombia. In: Taller internacional de Caricáceas. Eds. Leal F. y Coppens E. G. Maracay, Venezuela. pp 28-32.
- Rieger J. E. 2009. Genetic and morphological diversity of natural populations of *Carica papaya*. Thesis Master of science. Miami University. Oxford, Ohio, EUA. 85 p.
- Rodríguez M. A. 2008. De la ciencia popular a la industria: la variedad cubana de papaya "Maradol". SinncO 1-23.
- Rzedowski j. 2005. México como área de origen y diversificación de linajes vegetales. In: Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines. Llorente J. y Morrone J. J. (Eds.). Conabio-Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp 375-382.

- Salvador-Figueroa M., Adriano-Anaya M. de L. y Becerra-Ortiz C. 2005. Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya var. Maradol. Revista Chapingo Serie Horticultura 11:27-30.
- Santos D. S. A., Ferreira D. S. R., Gonzaga P. M., Alves E., Cruz M. J. D., Meira B. F., Mendes G. R., Rosemeire M. E. 2009. Estudos morfo-anatômicos de sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes 31(2):116-122.
- Santos R. C. A., Sampaio V. L. S. e Costa A. J. 1999. Condição ambiental, teor de agua e embalagem na viabilidade e no vigor de sementes de mamão. Revista Brasileira de Sementes 21:194-202.
- SAS (Statistical Analysis System Institute). 2002. SAS/SAT User's Guide. Version 9. Cary, N.C. USA.
- Schmidt R. E., Fronza V., Saavedra D. J. L., Unêda S. L. e Mantovani A. E. 1993. Comparação de métodos físicos de remoção da sarcotesta e de métodos de secagem de sementes de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes 15: 147-151.
- Scott S. J., Jones R. A. and Williams W. A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science 24:1192-1199.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. [Online]: <http://www.siap.gob.mx>. Consultada 13/05/2012.
- SINAREFI (Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos). 2009. Red papaya: conservación *in situ*, conservación *ex situ* y caracterización de la biodiversidad en *Carica papaya* L. SNICS. Veracruz, México. 48 p.
- Storey B. W. 1987. Papayo. *In*: Genotecnia de Cultivos Tropicales Perennes. Ferwerda, P. F. y Wit, F. (Ed.). AGT. México. p. 374 - 391.
- Takhtajan A. 2009. Flowering plants. Springer-Verlag, New York. 871 p.

- Teixeira S. J. A., Rashid Z., Tan N. D., Sivakumar D., Gera A., Teixeira S. M., Tennant F. P. 2007. Papaya (*Carica papaya* L.) biology and biotechnology. *Tree and forestry Science and Biotechnology* 1:47-73.
- Tokuhisa D., Dias D. C. F. S., Alvarenga E. M., Dias L. A. S., Alvarenga M. E., Hilst P. C., Demuner A. J. 2007. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes* 29(3): 161-168.
- Tokuhisa D., Dias D. C. F. S., Alvarenga E. M., Dias L. A. S., Marin S. L. D. 2007. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes* 29: 131-139.
- Toledo V. M. 1997. La diversidad ecológica de México *in*: El patrimonio nacional de México. FCE-CONACULTA, México.
- UNAM. 2009. Bonete *In*: Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. [Online]: [www.velvet.unam.mx](http://www.velvet.unam.mx). Consulta 12 junio 2013.
- Vázquez Y C; Orozco A; Rojas M; Sánchez M E; Cervantes V (2005). La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Reimpresión 2005. Fondo de Cultura Económica. México. 170 p.
- Vázquez-Yanes C. and Orozco-Segovia A. 1996. Comparative longevity of seeds of five tropical rain forest woody species stored under different moisture conditions. *Canadian Journal Botany* 74:1635-1639.
- Vibrans C. A. e Oliveira A. A. 2010. Apostila Dendrologia. Universidade Regional de Blumenau – FURB. Blumenau, Brasil. 73 p.
- Villacis V. R. 2009. Curación con la papaya. Ed. Época, México, D. F. 95 p.
- Watson L. and Dallwitz M. J. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. [Online]:<http://delta-intkey.com>. Consulta 04/03/2011.

- Willingham B. C. and White G. A. 1976. Agronomic evaluation of prospective new crop species. *V. jarilla chocola*: A proteinase source. *Economic Botany* 30(3): 189-192.
- Gepts P. 2004. Plant and animal domestication as human-made evolution. In: Cracraft J. and Bybee R. W. Eds. *Evolutionary Science and Society: Educating a new generation*. American Institute of Biological Science, Washinton, DC. 180-186.
- Srinivas R. H. 1936. Germination of the seeds of *Carica papaya* inside the fruit. *Current Science* 4:81-83.
- Piñeyro-Nelson A., Van H. J., Perales H. R., Serratos-Hernández A., Rangel A., Hufford M. B., Gepts P. Garay-Orroyo A., Rivera-Bustamante R., Álvarez- Buylla E. R. 2009. Transgenes in mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology* 18:750-761.
- Turrent-Fernández A., Serratos-Hernández J. A., Mejía-Andrade H., Espinosa-Calderón A. 2009. Propuesta de cotejo de impacto de la acumulación de transgenes en el maíz (*Zea mays* L.) nativo mexicano. *Agrociencia* 43:257-265.
- Brooks tropicals. 2012. Empresa Hawaiana transforma papayas en biocombustibles. [www.biotork.com](http://www.biotork.com). Consultada 06/06/2012
- Gheno H. Y. A. 2000. Morfogénesis *in vitro* de *Carica cauliflora* Jacq. Tesis Maestría. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Universidad Veracruzana. 170 p.
- Badillo V. M. 1971. Monografía de la familia Caricaceae. Asociación de Profesores, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 207 p.
- Fitch M. M. M. 1995. Somatic embryogenesis in papaya (*Carica papaya* L.). *Biotechnology in Agriculture and Forestry* 30:260-279. Springer-Verlag Berling Heidelberg. Germany.

## APÉNDICE

**Cuadro A-1. Datos tomados durante la colecta de germoplasma de caricáceas.**

Clave	Estado	Municipio	Localidad	N. científico	N. común	Fecha de colecta
33MC	Chapingo - comedor			<i>C. papaya</i>	Maradol	15/04/2010
20MC	Colima	Central de abastos		<i>C. papaya</i>	Maradol	13/11/2009
MI-075-11	Michoacán	Los Reyes	El Palillo	<i>C. papaya</i>		13/11/2009
MI-075-12	Michoacán	Los Reyes	Corona	<i>C. papaya</i>	Cascara suave	14/11/2009
MI-045-16	Michoacán	Jiquilpan de Juárez		<i>C. papaya</i>		05/01/2010
MI-075-19	Michoacán	Los Reyes	Corona	<i>C. papaya</i>	Mamey	13/11/2009
SR	Michoacán	Mercado	Los Reyes	<i>C. papaya</i>	Cubana	13/11/2009
28NV	Michoacán	Ario de Rosales	Ejido Nuevo Valle	<i>C. papaya</i>	Mucha semilla	18/03/2010
29MS	Michoacán	Ario de Rosales	Dr. Miguel Silva	<i>C. papaya</i>	Fruto pequeño	18/03/2010
32NY	Nayarit	Sta. María del Oro	Sta. María del Oro	<i>C. papaya</i>	Amarilla	14/04/2010
PU-196-03	Puebla	Xicotepec	Villa Juárez	<i>C. papaya</i>		08/11/2009
PU-196-04	Puebla	Xicotepec	Villa Juárez	<i>C. papaya</i>		08/11/2009
PU-196-05	Puebla	Xicotepec	Las Pilas	<i>V. cauliflora</i>		08/11/2009
PU-196-06	Puebla	Xicotepec	Desviación Jalpa	<i>C. papaya</i>		08/11/2009
PU-087-07	Puebla	Jalpa	Rancho Zoquiapan	<i>C. papaya</i>	Pepe	08/11/2009
PU-087-08	Puebla	Jalpa	Rancho Zoquiapan	<i>C. papaya</i>		08/11/2009
PU-193-09	Puebla	Venustiano Carranza	El Ajengibre	<i>V. cauliflora</i>	Papaya de venado	08/11/2009
PU-193-10	Puebla	Venustiano Carranza	El Ajengibre	<i>V. cauliflora</i>	Papaya de venado	08/11/2009

---

**Continuación...**

SLP-054-60	San Luis Potosí	Xilitla	La Escalera			13/12/2010
SLP-036-61	San Luis Potosí	Tamasopo	Campamento Alfa (Los Cuates)	<i>C. papaya</i>		13/12/2010
SLP-003-62	San Luis Potosí	Aquismón	Aquismón	<i>V. cauliflora</i>		13/12/2010
SLP-054-63	San Luis Potosí	Xilitla	Xilitla	<i>C. papaya</i>	Amarilla	13/12/2010
SLP-013-64	San Luis Potosí	Cd. Valle	San Antonio	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	13/12/2010
SLP	San Luis Potosí	Aquismón	Palo de Arco	<i>V. cauliflora</i>	p. de monte	13/12/2010
VE-01	Veracruz	Emiliano Zapata	La Balsa	<i>J. mexicana</i>	Carne de perro	03/06/2010
13MY	Veracruz	Apazapan	Aguacaliente	<i>C. papaya</i>	Mamey	11/10/2009
VE-193-14	Veracruz	Veracruz	Dos Lomas	<i>C. papaya</i>	Pepe	12/10/2009
VE-016-15	Veracruz	La Antigua	La Gloria	<i>C. papaya</i>	Maradol	13/10/2009
VE-016-17	Veracruz	La Antigua	La Gloria	<i>C. papaya</i>	p. de monte	13/10/2009
18AL	Veracruz	Central de abastos		<i>C. papaya</i>	Amarilla	14/12/2009
22RC	Veracruz		Rancho Casas	<i>C. papaya</i>	Maradol	15/02/2010
23DL	Veracruz	Veracruz	Dos Lomas	<i>V. cauliflora</i>	Chiche de venado	26/02/2010
24DL	Veracruz	Veracruz	Dos Lomas	<i>V. cauliflora</i>	Chiche de venado	26/02/2010
25DL	Veracruz	Veracruz	Dos Lomas	<i>C. papaya</i>	Pepe	26/02/2010
26CR	Veracruz	Emiliano Zapata	La Balsa	<i>C. papaya</i>	Cera	05/03/2010
27VA	Veracruz	Apazapan	Aguacaliente	<i>C. papaya</i>	Amarilla	25/01/2010
30MD	Veracruz			<i>C. papaya</i>	Maradol dura	23/03/2010

---

**Continuación...**

31AL	Veracruz	San Andrés Tuxtla	Arrollo de Liza	<i>V. cauliflora</i>	Silvestre	12/04/2010
34DL	Veracruz	Veracruz	Dos Lomas	<i>C. papaya</i>	Papaya chiquita	12/03/2010
T8	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>C. papaya</i>		28/06/2010
C1	Veracruz	San Andrés Tuxtla	Cascada Costa de Oro	<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
CO1	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
T6	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
T10	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
CO2	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
VE-011-41	Veracruz	Alvarado	Alvarado	<i>C. papaya</i>	Zapote	28/06/2010
VE-143-42	Veracruz	Santiago Tuxtla	Boca del Monte	<i>V. cauliflora</i>	p. de monte	28/06/2010
T9	Veracruz	Santiago Tuxtla		<i>C. papaya</i>		28/06/2010
C2	Veracruz	Santiago Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
C4	Veracruz	Santiago Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
T2	Veracruz	Santiago Tuxtla		<i>C. papaya</i>		28/06/2010
AE	Veracruz	San Andrés Tuxtla	Arrollo de Lisa	<i>C. papaya</i>		28/06/2010
T3	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>C. papaya</i>	Fruto rojo	28/06/2010
T7	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>C. papaya</i>		28/06/2010
T4	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>C. papaya</i>		28/06/2010
C5	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>		28/06/2010
C3	Veracruz	San Andrés Tuxtla		<i>V. cauliflora</i>	p. de monte	28/06/2010



---

**Continuación...**

VE-065-53	Veracruz	Emiliano Zapata	Bocana	<i>C. papaya</i>	Amarilla	10/11/2010
VE-024-54	Veracruz	Tlaltetela	Puente los pescados	<i>C. papaya</i>	Amarilla	11/11/2010
VE-192-55	Veracruz	Vega de Alatorre	Las Higueras	<i>C. papaya</i>	Pajaritos	27/11/2010
VE-004-56	Veracruz	Actopan	Sta. Rosa (Gral. Pinzón)	<i>C. papaya</i>	Pajaritos	03/12/2010
VE-069-57	Veracruz	Gutiérrez Zamora	Gutiérrez Zamora	<i>C. papaya</i>	Hawaiana	13/12/2010
VE-124-58	Veracruz	Papantla	Tajín	<i>V. cauliflora</i>	Papaya de venado	26/11/2010
VE-131-59	Veracruz	Poza Rica	Vicente Herrera	<i>V. cauliflora</i>	Papaya de venado	27/11/2010
VE-141-65	Veracruz	San Andrés Tuxtla	Puerta Nueva	<i>C. papaya</i>	Zapote	15/12/2010
VE-143-66	Veracruz	Santiago Tuxtla	El Polvorín	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	15/12/2010
VE-143-67	Veracruz	Santiago Tuxtla	Rancho López	<i>C. papaya</i>	Zapote	15/12/2010
VE-143-68	Veracruz	Santiago Tuxtla	Rancho López	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	15/12/2010
VE-032-69	Veracruz	Catemaco	Mayacapan	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	15/12/2010
VE-015-70	Veracruz	Ángel R. Cabada	Ángel R. Cabada	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	15/12/2010
VE-015-71	Veracruz	Ángel R. Cabada	Ángel R. Cabada	<i>C. papaya</i>	Pajaritos	15/12/2010
VE-	Veracruz	Papantla	Papantla	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	26/11/2010
VE	Veracruz	Poza Rica	Poza Rica	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	27/11/2010
VE	Veracruz	San Andrés Tuxtla	Caña Amarilla	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	15/12/2010
VE	Veracruz	Ángel R. Cabada	Ángel R. Cabada	<i>V. cauliflora</i>	P. de monte	14/12/2010

---