

**Comportamiento floral, desarrollo del fruto y
propagación sexual de la badea
(*Passiflora quadrangularis* L.)**

Fausto Xavier Marín Sinche

**EL ZAMORANO
Departamento de Horticultura**

Diciembre, 1999

1. INTRODUCCIÓN

La badea (*Passiflora quadrangularis*, L.), originaria de Sudamérica, pertenece a la familia de las Passifloraceae y es considerada la especie con mayor potencial de mercado, luego del maracuyá (*Passiflora edulis*). Por ahora sólo se cultiva para su venta en mercados locales, siendo preferida por su jugo fresco, como postre o mermelada. Esto se debe a sus excelentes propiedades como alimento suave y sus posibles usos en medicina y en la industria.

La badea es cultivada empíricamente en algunos países de América, en los cuales recibe varios nombres, por ejemplo: tumbo costeño en Perú, parcha en Venezuela, pasionaria en Cuba, granadilla real en Costa Rica, maracuyá melao en Brasil y giant granadilla en países de habla inglesa.

Muchas de las especies de importancia económica a nivel mundial han sido objeto de estudios en cuanto a la biología floral y del fruto, los cuales son utilizables posteriormente en la aplicación de nuevas prácticas culturales dirigidas a aumentar el rendimiento comercial y rentabilidad de dichos cultivos. Estas prácticas tienen por objeto mejorar la polinización, el punto óptimo de cosecha, el tamaño del fruto, etc.

La información acerca de estos aspectos para la badea es prácticamente nula, por lo que se hace imperante la necesidad de aclarar dudas sobre el comportamiento floral y del fruto, las cuales se trataron determinar en la medida de lo posible en esta investigación.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo fue conocer el desarrollo floral y del fruto en la badea (*Passiflora quadrangularis* L.), siendo necesario para esto cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las diferentes etapas de la floración y el tiempo de duración de cada una de ellas y que insectos visitaban la flor.
- Establecer el porcentaje de cuaje del fruto en condiciones normales.
- Establecer la curva de desarrollo del fruto y el tiempo que tarda de flor a cosecha.
- Realizar pruebas de germinación, para establecer el inicio de la capacidad germinativa de las semillas, los mejores tratamientos pre-germinativos en base a fermentación y el tiempo de almacenamiento que puede tener la semilla.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

La familia de las Pasifloraceas tiene aproximadamente 400 especies, de las cuales 50 ó 60 producen frutos comestibles; probablemente todas ellas son originarias de los trópicos americanos. De estas especies la más importante es el maracuyá (*Passiflora edulis*), sin embargo existen otras especies con potencial como la badea (*Passiflora quadrangularis*) (Martín y Nakasone, 1970).

Según Schwentesius y Gómez (1997), las flores de las passifloráceas son llamadas flores de la pasión, no por tener propiedades afrodisiacas, sino porque en la época de la colonia los misioneros españoles, las utilizaban para explicar como fue la pasión de Cristo, sus tres estigmas simbolizan los tres clavos en la cruz, los estambres las cinco heridas y los filamentos la corona de espinas, los cinco sépalos y cinco pétalos coinciden con los 10 apóstoles presentes en el martirio y los zarcillos axilares, las cuerdas de los azotes .

2.1.1. Botánica

Passiflora quadrangularis debe el nombre de la especie a su tallo de cuatro lados o cuadrangular, con excepción de su base que con el tiempo se vuelve fistuloso, puede tener de 5 a 50 metros de largo, posee zarcillos axilares enredados en espiral o envueltos en los soportes que encuentra. Las hojas son enteras de peciolo largo, de 10 a 20 cm de largo por 8 a 15 cm de ancho (Geilfus, 1994), son alternas, estipuladas, con lámina ovalada o elíptica, verde oscura en el haz y verde clara en el envés, con 10 a 12 venas laterales (Nagy *et al.*, 1990).

Tiene flores de unos 12 cm de diámetro de color blanco, azul, violáceo o rosado. Tubo del cáliz acampanado, sépalos aovados de hasta 3.5 cm de largo, carnosos, verdes en el lado externo, blancos o rosados en el interno. Pétalos oblongo-aovados hasta oblongo-lanceolados, de igual tamaño que los sépalos. Los estambres son connatos en su parte inferior con el ginoforo, para formar una columna que está marcada con puntos verde-amarillentos y violetas; con anteras transversales, versátiles, de dos celdas. El ovario es de color amarillento, elipsoide, opaco, de una celda con numerosos óvulos; los tres estilos son clavados de 1.5 a 2 cm de largo, cubiertos de pelusa corta de color rojizo en su base, de color blanco más arriba y muy engrosados. Los estigmas son reniformes; de color amarillo claro y posteriormente color café (Avilán *et al.*, 1989).

El fruto es una baya de 10 a 25 cm de largo por 8 a 10 cm de diámetro (Córdoba, 1980), con un peso de 225 a 450 g o más, el mesocarpio o pulpa es blanco de 2.5 a 4 cm de espesor, jugoso y con sabor insípido (Nagy *et al.*, 1990). La cubierta del fruto es una capa lisa y delgada de color verde pálido que a la madurez se vuelve amarillenta.

Las semillas son duras, aplanadas, con 3 dientes y cubiertas con un arilo color salmón en la base, traslúcido, jugoso y de agradable sabor saubácido, que predomina en los jugos y demás preparaciones que se hacen con esta fruta (Córdoba, 1980).

2.1.2. Variedades

Se conocen dos variedades de badea, la forma pequeña, con frutos de 18 a 25 cm de largo y la grande (Macrocarpa) con frutos de hasta 35 cm de largo y peso de hasta 3 kilos. En la variedad grande las flores no pueden polinizarse a sí mismas y requieren polinización cruzada con otras matas, o hasta polinización a mano; produce frutos más grandes, pero en menor cantidad (Geilfus 1994)

Según Córdoba (1980), las dos variedades “Chocó” (pequeña) y “Gigante” (grande), no tienen barreras comerciales por su diferencia en tamaño. Una mayor acogida en el mercado internacional puede tener la variedad “Chocó”, gracias a su mayor contenido de azúcar, menos cáscara y por consiguiente más alto contenido de jugo. Finalmente, se recomienda cruces entre estas dos variedades para obtener un fruto de mayor tamaño que el de “Chocó” y más dulce que el de “Gigante”.

2.1.3. Usos y Valor Nutricional

El conjunto de semillas con sus arilos, al igual que el maracuyá, constituye la parte más apreciada del fruto siendo ácido-dulce y agradablemente perfumado y al preparar el jugo normalmente se licúa este conjunto y luego se cuele el jugo, Otras veces se licúa la pulpa con los arilos y las semillas (Geilfus, 1994). Algunos usuarios licúan el mesocarpio con agua y azúcar y luego le echan este conjunto de semillas con arilo sin licuar para ir encontrando las semillas que van saboreando y luego pasan. Según Córdoba (1980), el jugo de badea puede remplazar al jugo de pera, con el cual tiene mucha semejanza, también se pueden hacer helados y se puede mezclar con varias frutas como el durazno y la papaya. No existen mayores ensayos sobre la industrialización de esta fruta.

La pulpa de la badea tiene poco sabor, se come cruda o cocida como un vegetal. Se puede preparar en cubos, agregar las semillas con sus arilos y algún jugo como de naranja, poner un poco de azúcar y se tiene una deliciosa ensalada de fruta.

Cuadro 1. Composición química de la badea (*Passiflora quadrangularis*):

Calorias	41
Agua	87
Proteínas	0.9 g
Grasa	0.2 g
Carbohidratos	10.1 g
Cenizas	0.9 g
Calcio	10.0 mg
Fósforo	22.0 mg
Hierro	0.6 mg
Riboflavina	0.1 mg
Niacina	2.7 mg
Acido ascórbico	20 mg
Vitamina A	70 U.I.

Fuente: Córdoba, 1980

Este análisis no incluye la cáscara y pulpa, que son el 60% del peso del fruto.

Según Geilfus (1994) la badea es rica en hierro (1.39 mg por 100 g) y en niacina (0.8 mg por 100 g); contiene más vitamina C que el maracuyá (43 mg por 100 g) y es una buena fuente de fósforo.

2.1.4. Inducción floral

La etapa de floración se inicia con la inducción de la flor, la cual consiste en un cambio fisiológico interno en un punto de crecimiento individual, que precede a cualquier cambio morfológico. Sólo son inducidos algunos de los puntos de crecimiento del tallo que subsecuentemente producen flores, otros pueden permanecer vegetativos.

A fin de iniciar la fase de transición, las plantas de muchas especies deben crecer hasta cierto tamaño o edad para alcanzar la capacidad de florecer. En algunas especies la maduración se describe con mayor precisión en términos del número de nudos producidos más que por su edad cronológica. Las bases fisiológicas y genéticas de la fase de maduración específica se encuentran en las células de los puntos individuales de crecimiento. Sin embargo, el control es complejo y también pueden intervenir influencias hormonales de las hojas y la raíz. La floración puede responder a varios estímulos de inducción de la misma. Estos pueden ser señales ambientales como fotoperiodos específicos o regímenes de temperatura determinados, etc (Hartmann y Kester, 1997)

La mayoría de las especies no son sensitivas a los efectos del ambiente para florear. Algunas son especialmente afectadas en forma cuantitativa, mientras que otras son completamente controladas por estos factores. Además, conforme la planta avanza en edad, la tendencia a florear es más persistente. En este caso muchas especies pierden su dependencia a factores ambientales para florear. El efecto ambiental sirve para sincronizar el tiempo de floración. El manejo de los factores ambientales sirve así, en los trabajos de cruzamiento, para lograr la sincronía necesaria (Montes, 1998).

Según Haddad y Figueroa (1972) citados por Avilán *et al.* (1989), al estudiar la floración de la badea encontraron lo siguiente:

- a.- Las flores abren una sola vez y al no ser polinizadas, mueren.
- b.- La apertura floral comienza en las primeras horas de la mañana, al aparecer los primeros indicios de luminosidad. Una vez abierta la flor sus estilos erectos se van colocando en posición horizontal.
- c.- El tiempo transcurrido desde el inicio del botón floral hasta la apertura de la flor, varió entre 17 y 24 días, con un promedio de 21 días.

2.1.5. Polinización y Fecundación

Polinización es el proceso en el cual el polen se transfiere de la antera a los estigmas de la misma u otra flor. Luego de esta viene la fase de la fecundación en que el polen germina y llega el tubo polínico al saco embrionario. El tubo polínico crece por el estilo hacia abajo hasta que llega al saco embrionario que está dentro del óvulo. En el saco embrionario son descargados dos gametos masculinos, uno que se unirá con el gameto femenino (fecundación) para producir el cigoto y otro se unirá con los dos núcleos polares para producir el endospermo (Hartmann y Kester, 1997).

La badea como todas las passifloraceas presentan como regla general la fecundación cruzada dependiente de agentes polinizadores. Lo anterior se debió entre otras razones, a la localización de los órganos sexuales, los estigmas están colocados en el ápice de la flor y las anteras quedan debajo de ellas. Por otra parte presentan dicogamia protándrica, es decir la madurez de las anteras antecede a la de los estigmas en algunas horas (Schwentenius y Gómez, 1997).

Nagy *et al.*(1990), confirma que *Passiflora quadrangularis* y *Passiflora ligularis* tienen protandria y ambas especies producen frutos pequeños sin la presencia de insectos polinizadores adecuados. En adición la badea requiere temperaturas medias para una normal fructificación. Aparte en la época más caliente del verano puede florear normalmente pero no llegará a formar frutos.

Haddad y Figueroa (1972) citados por Avilán, *et al.* (1989), afirman que cuando las flores de la badea abren, aparecen de inmediato los insectos polinizadores *Xilocopa spp* y *Trigona spp*. Agregan que un alto número de flores no se fecunda y en su ensayo el porcentaje de flores que dio origen a frutos osciló entre un 7% y 20%, siendo el promedio 12.4%.

En estudios de polinización controlada de maracuyá en El Zamorano, se encontró que sus flores son eficientemente polinizadas por la abeja carpintera *Xilocopa spp.* Además se encontró que el grano de polen es pesado y pegajoso, lo cual dificulta la polinización por el viento y por eso depende de los insectos, los cuales son atraídos fuertemente por los colores de la flor, su vistosidad, su aroma y abundancia de néctar (Echeverría, 1997).

2.2. DESARROLLO MORFOLÓGICO DEL FRUTO

2.2.1. Cuaje del Fruto

Cuando ocurre la polinización y fecundación con éxito, se produce el crecimiento y desarrollo del ovario. Al mismo tiempo se inicia la marchitez de los pétalos y estambres, así como su abscisión. Estos cambios que establecen la transición de la flor a fruto constituyen lo que se llama cuaje del fruto. La capacidad de la flor para cuajar depende en muchas instancias de la receptividad del estigma a los granos de polen. Esta receptividad puede durar pocas horas como en el mango o más de una semana como ocurre en tomate (Montes, 1998).

Según Montes (1998), se puede clasificar en tres categorías los factores que causan limitación en el cuaje de frutos:

- a.- Polinización limitada. Insuficiente polen.
- b.- Limitación de nutrientes.
- c.- Caída de flores (vientos, riegos, extemporáneos y pesticidas).
- d.- Incompatibilidad.

2.2.2. Desarrollo del fruto

Existe una secuencia básica del desarrollo, que se aplica a todas las especies, pero existen variaciones que establecen patrones únicos de ciertas familias, los cuales tienen efectos sobre la fisiología de la germinación de las semillas. Hartmann y Kester (1997) usando como ejemplo la lechuga pueden mostrar las etapas de desarrollo morfológico del fruto y la semilla.

La etapa 1, durante los primeros cuatro días, comprende el incremento inicial del tamaño del ovario (fruto) y del óvulo (semilla). El endospermo se desarrolla y toma una consistencia celular, pero permanece pequeño y encierra al embrión muy pequeño, más o menos globular (estado de proembrión). Hacia el final del periodo de cuatro días, el endospermo ha crecido algo y el embrión se vuelve de forma cordada a medida que sus cotiledones empiezan a agrandarse.

En la etapa 2 cesan el crecimiento del ovario y del óvulo. El rápido crecimiento y aumento de tamaño del endospermo es seguido por el crecimiento del embrión dentro del óvulo. El crecimiento de la mayoría de los frutos presenta un patrón característico que es la curva sigmoide. Este tipo de curva es común en frutos como manzana, piña, fresa, arveja, tomate, berenjena y muchos otros. Un segundo grupo de frutos tiene un patrón de

crecimiento más complicado, involucrando dos periodos de crecimiento con un periodo de poco o ningún crecimiento. Esta curva doble es común en frutales de hueso y también en frutos como higo y uva (Montes 1998).

Según Echeverría (1997), el fruto del maracuyá tiene un patrón de crecimiento que se asemeja a la curva sigmoide simple, lograndose la maduración del mismo en aproximadamente 70 días y llegando a un punto máximo de crecimiento en 20 días.

2.3 PROPAGACIÓN

Según Geilfus (1994) la badea se puede propagar por los dos métodos, sexual y asexualmente:

- a.- Por semillas las cuales pueden germinar en 2 o 3 semanas,
- b.- Por estacas semi-leñosas de 30 a 40 cm de largo, que se colocan en arena,
- c.- Por acodo simple o acodo aéreo.

2.3.1. Semilla

La semilla se define en un sentido botánico estricto como un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal. En un sentido más amplio, la semilla es la unidad de dispersión de las espermatofitas, o sea, el conjunto de tejidos que integran los propágulos sexuales de estas plantas y que incluyen además de los tejidos derivados del óvulo, otros como el pericarpio, perianto y brácteas, que protegen a los primeros, y que ayudan tanto a diseminar los propágulos en el ambiente, como a controlar el crecimiento de los meristemos (Camacho, 1994).

Para producir semilla viable deben producirse tanto la polinización como la fecundación. Sin embargo, en algunos casos pueden madurar el fruto y contener sólo testas chupadas y vacías sin embriones o con algunos, delgados y arrugados. Esta aspermia puede resultar de diferentes causas:

- a.- Partenocarpia (el desarrollo del fruto sin polinización o fecundación).
- b.- Aborto del embrión (muerte del embrión durante el desarrollo).
- c.- Incapacidad del embrión para acumular las reservas alimenticias necesarias.

Si el aborto del embrión ocurre temprano, lo más probable es que pronto se caiga el fruto o que no crezca a su tamaño normal (Hartmann y Kester, 1997).

2.3.2. Germinación

Según Montes (1998) la germinación puede ser definida como el proceso por el cual el embrión reasume un crecimiento activo, resultando en la ruptura de las envolturas y la emergencia de la nueva planta; una planta se considera germinada cuando desarrolla o se convierte en una planta normal en la cual se espera continúe su desarrollo bajo condiciones favorables. Camacho (1994) la define como el proceso mediante el que un

embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta.

Jann y Amen (1977) citados por Camacho (1994) listan los pasos comunes que se realizan en la germinación:

- 1.- Imbibición de la semilla
- 2.- Desaminación de los aminoácidos del eje embrionario.
- 3.- Utilización en la glicólisis, de los monómeros obtenidos a partir de los aminoácidos.
- 4.- Reducción de los nucleótidos de la piridina mediante las pentosas fosfatadas y la glicólisis.
- 5.- Oxidación de los nucleótidos de la piridina mediante el sistema nitrato-reductasa con formación de ATP.
- 6.- Asimilación de los monómeros para el crecimiento celular, (este paso es inducido por las auxinas).
- 7.- Hidrólisis de los polímeros de los tejidos nutritivos, (este paso es inducido por las giberelinas).
- 8.- Translocación de los monómeros de los tejidos nutritivos al eje embrionario, en este punto, el metabolismo de la semilla pasa de una fase predominantemente anaeróbica a una predominantemente aeróbica.
- 9.- Aumento de la actividad del ciclo de Krebs.
- 10.- Incremento de la transcripción del ADN en el embrión.
- 11.- Síntesis de nuevas proteínas en el embrión.
- 12.- Replicación de ADN y división celular en el embrión, lo que es inducido por las citocininas.
- 13.- Incremento de la respiración y síntesis de nuevas proteínas en el embrión, para que por último se inicie un crecimiento visible con la emisión de la radícula.

2.3.3. Factores que afectan la viabilidad de semilla pre-almacenamiento

Según Montes (1998) la viabilidad es afectada por condiciones de la semilla antes del almacenamiento.

1.- Madurez de la semilla al momento de la cosecha, limpieza y tratamientos. Por ejemplo; los frijoles pueden ser dañados por la operación de trillado. En el caso de tomate, la viabilidad puede ser reducida cuando se prolonga mucho el proceso de fermentación de la pulpa. En el caso del melón si está inmaduro, no germinará la semilla.

2.- Condiciones de campo durante el crecimiento del cultivo, tienen efecto en la calidad de semilla y en su germinación.

a.- Riego: Existe poca evidencia que pueda sustentar el efecto del riego en la germinación de la semilla, pero en una situación que afecta el desarrollo del fruto.

b.- Fertilización: Bajos contenidos de K y Ca en las plantas disminuyen el porcentaje de germinación de la semilla.

c.- Control de malezas: Las malezas afectan el rendimiento pero no el vigor de la semilla.

d.- Insectos: Los insectos que atacan las flores o frutos pueden reducir seriamente el vigor de la semilla (Umbelíferas) o dañarla.

e.- Enfermedades: Algunas enfermedades que atacan flores, pueden reducir la germinación de la semilla, por ejemplo la pudrición de la mazorca en maíz.

f.- Otros factores como la alta temperatura y vientos calientes durante el proceso de maduración de la semilla disminuyen la germinación.

2.3.4. Post-almacenamiento

Por lo general, después de la cosecha las semillas se almacenan por períodos de tiempo variables. La viabilidad al final de cualquier periodo de almacenamiento es la resultante de la viabilidad inicial en la cosecha, determinada por factores de la producción y métodos de manejo y por la tasa con que se efectúe el deterioro. Esta tasa de cambio fisiológico, o envejecimiento, varía con la especie de semilla y las condiciones ambientales de almacenamiento, principalmente temperatura y humedad (Hartmann y Kester, 1997).

Las semillas de ciertas especies pueden ser de vida corta si no se les permite germinar de inmediato en su hábitat natural. Su periodo de viabilidad puede ser tan corto como de unos cuantos días, de meses o, cuando más, un año. Este grupo contiene semillas de muchas plantas tropicales que crecen en condiciones de temperatura y humedad elevada. Las semillas de vida mediana pueden permanecer viables durante periodos de 2 a 15 años; en este grupo están las semillas de la mayoría de especies de hortalizas, flores y granos. Las semillas que tienen vida larga, aun con temperatura cálida, por lo general, tienen cubiertas duras, impermeables al agua (Hartmann y Kester, 1997).

2.3.5. Factores de almacenamiento de semilla que afectan la viabilidad

Las condiciones de almacenamiento que mantienen la viabilidad de las semillas, son aquellas que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar al embrión. Las más importantes son el contenido bajo de humedad de la semilla, temperatura baja de almacenamiento y modificación de la atmósfera de almacenamiento. De ellas, las relaciones de humedad / temperatura son las de mayor significación práctica (Hartmann y Kester, 1997).

2.3.6. Tratamientos utilizados para facilitar la germinación de las semillas

El término tratamiento de semilla, simplemente indica que la semilla ha sido sometida a un componente (químico, nutricional, hormonal, etc.), a un proceso (imbibición, secado, etc.), a distintas formas de energía (irradiación, calor, magnetismo, electricidad, etc.). Dentro del término tratamiento se semillas también debe incluirse el término menos comúnmente usado de revestimiento de semillas (“seed dressing”), que se refiere a la aplicación de partículas sólidas (usualmente un fungicida o insecticida), muy finas,

pulverizadas sobre la superficie de las semillas en pequeñas cantidades para protegerlas de plagas y/o enfermedades (Duran, 1994, citado por Echeverría, 1997).

2.3.7. Germinación de la badea

Según Avilán *et al.* (1989), las semillas de badea deben ser provenientes de frutos grandes, bien formados y de plantas de alta producción. Los frutos seleccionados son cortados por la mitad y las semillas colocadas en un recipiente donde permanecerán en fermentación natural durante algunos días, facilitándose así la remoción de la pulpa. Otro procedimiento para la remoción de la pulpa es extraer la bolsa que contiene las semillas, exprimirla suavemente en un colador y luego lavarlas bien con agua hasta desprender la sustancia mucilaginosa. Las semillas ya libres se ponen a secar a la sombra, bien extendidas sobre un papel o cedazo. Una vez secas, se eliminan aquellas mal formadas o muy pequeñas.

En otra Passiflorácea el tratamiento es muy parecido; según Echeverría (1997) en maracuyá la fermentación mejoró el proceso de germinación y a mayor tiempo se aceleró la velocidad de este, pero hubo una tendencia a reducir su porcentaje total a medida que se sobrepasó los cuatro días de fermentación. El mejor tratamiento desde el punto de vista práctico fue el de fermentado por un día, lavado y oreado por tres días.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la plantación de badea (*Passiflora quadrangularis*) y en los invernaderos de Propagación de Plantas del Departamento de Horticultura en la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, a 30 km del oeste de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 800 metros sobre el nivel del mar, 14°00 latitud norte y 87°02 longitud oeste, con una temperatura media anual entre los 19 y 29° C y una precipitación entre 1100 y 1250 mm por año.

Dada la naturaleza del estudio el método utilizado para definir el comportamiento floral y el desarrollo del fruto fue el de observación y conteo, por lo que el análisis y presentación de datos es más que nada de tipo descriptivo-numérico.

3.1. COMPORTAMIENTO FLORAL

Para determinar las diferentes etapas de la floración se visitó la plantación desde el 26 al 30 abril y del 26 al 29 de mayo de 1999, cuando se presentaron los ciclos de floración. Se visitó cada hora la plantación desde las 4 am hasta las 6 pm, observando el momento del día en que ocurrió la fase receptiva, el movimiento de los estilos, los insectos que visitaron la flor y cualquier evento que afectó el comportamiento floral en 20 botones florales previamente marcados.

Para establecer el porcentaje de cuajado del fruto se marcaron 97 flores en tres picos de floración, el día 5 de mayo (36 flores), el 28 de mayo (36 flores) y el 17 de junio de 1999 (25 flores).

3.2. DESARROLLO DEL FRUTO

La curva de desarrollo del fruto se determinó en base al promedio de 8 frutos cuajados y llevados a madurez, los mismos se marcaron el día 28 de mayo de 1999. La medición longitudinal se tomó desde la base del ovario hasta la parte superior del fruto y la medición del ancho, se tomó en la zona ecuatorial del fruto. Debido a la fragilidad del ovario y la protección natural de los sépalos y pétalos en los siete primeros días, se promedió los datos de cinco frutos, los cuales fueron desechados posteriormente. Las mediciones se tomaron dejando un día de por medio y a determinada hora del día, entre las 16 y 18 horas .

Se estudió el desarrollo interno del fruto, partiendo frutos cada 5 días, a partir del día 30 hasta la madurez del mismo. analizando las características de la cáscara, la pulpa, el arilo y las semillas.

3.3. DETERMINACION DEL INICIO DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA

Para determinar el inicio de la capacidad germinativa de la semilla de badea se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro repeticiones de 20 semillas por repetición, colocadas en 20 celdas de bandejas de germinación tipo “Speedling” de 96 celdas cada una, en que cada bandeja era un tratamiento. En los tratamientos para determinar el inicio de la capacidad germinativa, las semillas fueron sembradas con su arilo, tal como fueron sacados del fruto, para evitar daños mecánicos a la semilla. Los tratamientos fueron los siguientes:

- T 35 : Semilla de fruto de 35 días de edad.
- T 40 : Semilla de fruto de 40 días de edad.
- T 45 : Semilla de fruto de 45 días de edad.
- T 50 : Semilla de fruto de 50 días de edad.
- T 55 : Semilla de fruto de 55 días de edad.
- T 60 : Semilla de fruto de 60 días de edad.
- Testigo : Semilla de fruto maduro (70 días de edad).

3.4. TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN BASE A FERMENTACION

Para esta parte del experimento se recogió el día 5 de junio de 1999, 10 frutos maduros de badea, de los cuales se extrajo las semillas con su arilo y se mezclaron todas para lograr aleatorizarlas. De este banco se extrajeron las semillas para cada tratamiento.

Para determinar el mejor tratamiento germinativo en base a fermentación de la semilla de badea se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro repeticiones de 20 semillas por repetición, colocadas en 20 celdas de bandejas de germinación tipo “Speedling” de 96 celdas cada una, en que cada bandeja era un tratamiento. Los tratamientos pre-germinativos a la semilla fueron los siguientes:

- Testigo : Fresca con pulpa sin orear, tal como salía del fruto.
- T0: Fresca con el arilo lavado y oreado por tres días.
- T1: Fermentada un día en su arilo, lavada y oreada por tres días.
- T2: Fermentada dos días en su arilo , lavada y oreada por tres días.
- T3: Fermentada tres días en su arilo, lavada y oreada por tres días.
- T4: Fermentada cuatro días en su arilo, lavada y oreada por tres días.
- T5: Fermentada cinco días en su arilo , lavada y oreada por tres días.
- T7: Fermentada siete días en su arilo, lavada y oreada por tres días.

Adicionalmente, para determinar la capacidad de almacenamiento de la semilla de badea, se sembró bajo el mismo diseño semillas almacenadas en el tiempo, los tratamientos fueron los siguientes:

T1M : Semilla fermentada 3 días en su arilo, lavada, oreada por tres días y almacenada un mes, en ambiente seco y temperatura promedio de 15° C.

T2M : Semilla fermentada 3 días en su arilo, lavada, oreada por tres días y almacenada dos meses, en ambiente seco y temperatura promedio de 15° C.

La siembra de los tratamientos pre-germinativos y de la determinación del inicio de la capacidad germinativa, se realizó en distintas fechas, debido a la necesidad de remojo, fermentación, oreo y edad del fruto que cada uno tenía. Las siembras empezaron el 3 de junio y terminaron el 23 de agosto de 1999.

3.5. FECHAS DE SIEMBRA DE LOS TRATAMIENTOS

Tratamiento:	Fecha de siembra:
Testigo	5 de junio de 1999
T0	2 de julio de 1999
T1	10 de junio de 1999
T2	11 de junio de 1999
T3	12 de junio de 1999
T4	13 de junio de 1999
T5	14 de junio de 1999
T7	16 de junio de 1999
T35	26 de julio de 1999
T40	27 de julio de 1999
T45	2 de agosto de 1999
T50	6 de agosto de 1999
T55	12 de agosto de 1999
T60	27 de julio de 1999
T1M	3 de junio de 1999
T2M	3 de julio de 1999

En el estudio realizado en el invernadero se utilizaron 17 bandejas de 96 celdas con medio de crecimiento convencional a base de cuatro partes de casulla de arroz quemada, una parte de arena y una parte de compost (4:1:1). La temperatura en el invernadero fue alrededor de 35°C en el día y 23°C en la noche, se regaba dos veces por día mediante el sistema de aguilón, que es un riego por aspersión y produce una precipitación de 3 mm por riego.

Para tomar los datos de germinación se consideró a la semilla germinada a la aparición del hipocotilo y salida de los cotiledones. Este proceso de conteo de plantas germinadas duró

desde la aparición de la primera semilla germinada, hasta 10 días después que apareció la última semilla germinada, luego de esto se consideró el fin de la germinación para fines prácticos.

Una vez terminado el conteo de germinación de semillas, se procedió a la tabulación, análisis e interpretación de datos para lo cual se utilizó el programa estadístico “Michigan Statistics” (MSTATC). Las separaciones de medias se realizaron si el valor “F” fue significativo, mediante la prueba Duncan.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CRECIMIENTO.

En el marco del presente estudio se realizó un control del crecimiento del fruto. En la Figura 1 se puede ver que tanto en altura como en diámetro del fruto, la curva de crecimiento fue del tipo sigmoideal simple, lo que concuerda con la forma como crece la mayoría de frutos de otras especies, en ambos casos alrededor de los 25 días dejó de haber un incremento sustancial de diámetro o altura. En maracuyá Echeverría (1997) encontró algo similar ya que la curva también fue una sigmoide simple y el fruto alcanzó su tamaño final a los 20 días si bien la maduración ocurrió a los 70 días.

Los frutos maduraron alrededor de los 70 días después de la floración, pero esta variación puede estar sujeta a variaciones climáticas, sobre todo de temperatura y si se trata de la variedad “Choco” o “Gigante”.

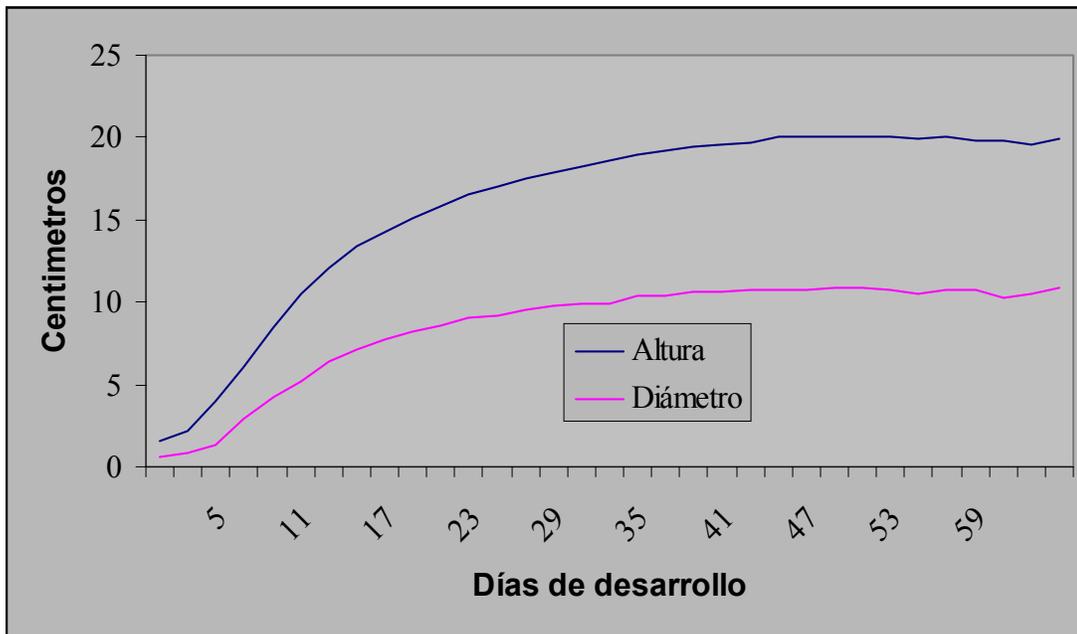


Figura 1. Curva de crecimiento de frutos de badea en diámetro y altura. El Zamorano, junio a agosto, 1999.

Esto coincide con lo presentado por Avilán *et al.* (1989), que afirman que el periodo comprendido entre la floración hasta la maduración de la badea oscila entre 62 y 85 días con un promedio de 75 días.

4.2. BIOLOGIA FLORAL

El presente estudio de la biología floral, permitió observar tres partes importantes en la que se desarrollaba la misma, siendo las mismas observadas en diferentes flores marcadas en los picos florales descritos en la sección de Materiales y Métodos.

4.2.1. Apertura floral

Los brotes florales marcados antes de la apertura floral, mostraron una ligera apertura de los sépalos el día anterior a la misma, se permitió observar una coloración violeta, blanquecina perteneciente a los pétalos que se mantenían cerrados. Durante toda la noche previa a la apertura el brote floral permaneció en el mismo estado. Esto fue comprobado en visitas a las 4:00 am. Con la llegada de los primeros rayos solares, la flor recibió el estímulo, que la llevó a la apertura floral aproximadamente a las 5:30 am.

La flor en el lapso de 1 hora abrió a su máxima capacidad los sépalos y pétalos, permitiendo mostrar sus estructuras internas, apéndices, estilos, estigmas y ovario. Cabe anotar que en este momento los estigmas se encontraban en posición totalmente vertical y la anteras no presentaban granos de polen o no los soltaban.

4.2.2. Receptividad floral

Al avanzar la mañana (9:00 am) los sépalos y pétalos presentaban la mismas características de la apertura floral, pero los estigmas, adquirieron una posición horizontal, perpendicular al ovario, lo que le permitió un acercamiento a las anteras, que a su vez ya empezaron a soltar polen, aunque no en gran cantidad.

En esta etapa se pudo observar una gran cantidad de insectos, específicamente abejas carpinteras (*Xilocopa spp.*), las cuales al parecer actúan como polinizadores, ya que su forma de colocarse en la flor, para absorber el néctar alrededor de los apéndices, le permitía, recoger polen de las anteras, con la parte posterior del abdomen o “espalda”, este polen lo podía luego depositar en los estigmas de la misma flor o de otras flores. Este insecto se pudo observar en el segundo y tercer pico de floración, en los cuales la plantación, se encontraba en época lluviosa, en la primera floración no se observó la presencia de este insecto. Esto coincide con lo hallado por Haddad y Figueroa (1972) citados por Avilán *et al.* (1989), quienes reportan el papel de *Xilocopa spp.* como insecto polinizador de la badea.

La etapa de receptividad estigmática y presencia de insectos polinizadores duró hasta las 2 pm y hubo un máximo de granos de polen disponibles por antera, entre las 9am y las 2 pm, pero en algunas flores se pudo observar polen hasta el siguiente día.

4.2.3. Marchitez floral

La marchitez se pudo observar en las últimas horas de la tarde, en que los sépalos y pétalos de la flor perdieron turgencia y cubrieron las estructuras reproductivas. Asimismo los estigmas volvieron a su posición original, pudiéndose notar en la zona receptiva un ligero color amarillento.

El segundo día después de la apertura floral, se observó que la flor no volvió a abrir, pero al abrirla, se pudo notar en su interior la presencia de polen, en los estigmas. Al final de la tarde se pudo observar que la parte receptiva del estigma tenía un color café.

Al tercer día se observó una completa marchitez de la flor, los estigmas tenían un color café negruzco y el ovario de la mayoría de las flores presentó un crecimiento mínimo en comparación al tamaño que tuvo el día de la apertura floral.

4.2.4. Cuaje del fruto

De los tres ciclos de floración estudiados sólo en el segundo hubo cuaje de frutos, de 36 flores marcadas, cuajaron 15. Con un porcentaje de cuaje del 41.6%. De estos frutos cuajados solo 8 llegaron a madurar, con un porcentaje de floración hasta maduración del 22%.

En los otros 2 ciclos de floración no hubo cuaje de fruto, esto se debió probablemente a las condiciones climáticas de exceso de lluvia, que se presentó en los días de estos ciclos de floración y en primer ciclo pudo haber influido además la ausencia de *Xylocopa spp.* que se indicó anteriormente.

Si se observa el total de flores marcadas en todos los ciclos de floración, el porcentaje de flor a fruto maduro fue de 8.8%, lo que concuerda con lo afirmado por Haddad y Figueroa (1972), citados por Avilán *et al.* (1989), de que un alto número de flores de badea no se fecunda y el número de flores que dieron origen a frutos osciló entre un 7% y 20%, siendo el promedio 12.4%.

4.3. CAMBIOS FENOLOGICOS DEL FRUTO

Los cambios en la fenología del fruto fueron examinados al abrir frutos para realizar las pruebas de germinación. Las observaciones se realizaron desde los 15 días del cuajado del fruto y luego, a partir del día 35, se examinaron frutos cada 5 días hasta que alcanzaron su madurez. Los cambios fenológicos en las partes del fruto en las diferentes etapas de desarrollo se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estados fenológicos de frutos y semillas de badea. El Zamorano, junio a agosto de 1999.

EDAD DEL FRUTO (d)	SEMILLA	ARILO	PULPA	CASCARA
15	Blanca, turgente, al abrir hay líquido en su interior, semi-transparente	Abierto en su parte distal y sin jugo en su interior	Sin sabor, dura y verde	Color verde claro, delgada y dura.
35	Blanca (cremosa) , empieza a endurecerse, interior hueco.	En forma de bolsa, cerrado en su parte distal, empieza a acumular jugo ácido.	Sin sabor, jugosa y verdosa.	Color verde claro, delgada y dura.
40	Cremosa empieza a endurecerse, interior hueco.	En forma de bolsa, cerrado en su parte distal, empieza a acumular jugo ácido.	Sin sabor, jugosa y verdosa.	Color verde claro, delgada y dura.
45	Color crema a café, borde blanco, dura, al romperla. En su interior se notan cotiledones formados.	Semilleno de jugo ácido, de color blanquecino.	Insipido, jugosa, suave y verde.	Color verde claro, delgada y dura.
50	Color crema oscuro, es dura y con borde blanco. Cotiledones formados.	Cerrado en su parte distal, mantiene forma de campana. Su jugo tiene sabor ácido, semi-dulce	Insípida y acuosa, verde blanquecina.	Color verde claro, delgada y dura.
55	Color café claro, dura, completamente formada.	Completamente lleno, jugoso y sabor menos ácido que en día 50.	Insípida, jugosa y verde claro.	Color verde claro, delgada y dura.
60	Color café oscuro, presuntamente madura.	Color transparente, jugo dulce. Por dentro en la parte proximal se ve de color anaranjado.	Insípida, jugosa y verde claro.	Color verde claro, delgada y lisa.
65	Color negro, presuntamente madura y viable.	Amarillo, cerrado, con jugo dulce y aromático.	Dulce, consistencia arenosa, muy suave y verde claro.	Color amarillento en la punta, delgada, debil, "nariz" violeta.
70	Color negro, presuntamente madura y viable.	Amarillo, cerrado, con jugo dulce y aromático.	Dulce, consistencia arenosa, muy suave y verde claro	Amarillo verdoso intenso, muy sensible a golpes.

4.4. DETERMINACIÓN DEL INICIO DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA.

Como se puede observar en el Cuadro 3 las semillas de 60 días de edad fueron las únicas que no presentaron diferencia significativa con respecto a las semillas de fruto maduro (70 días de edad).

Cuadro 3. Germinación de semillas de frutos de badea de diferentes edades. El Zamorano, 1999.

Edad del fruto (días)	Germinación (%)
35	0 a ¹
40	0 a
45	23 b
50	56 c
55	69 c
60	96 d
70	87 d

¹ Duncan al 0.05%, C.V. =15.25%

Se puede decir que la semilla de badea no necesita que el fruto esté 100% maduro, para alcanzar su máxima capacidad de germinación, se puede empezar a sembrar comercialmente a los 60 días de edad del fruto y en caso de factores ambientales adversos se puede sembrar semilla de 55 días de edad, pero con un porcentaje menor al 70% de germinación.

La semilla de frutos menores a 55 días no germinó bien y germinó escasamente, probablemente debido a la falta de acumulación de reservas por parte del endospermo o cotiledón y/o a una falta de desarrollo del embrión, cabe resaltar que en estos tratamientos se encontró algunas plantas mal formadas y débiles.

4.5. TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN BASE A FERMENTACIÓN.

En esta parte del estudio se evaluó la respuesta germinativa de las semillas de frutos maduros de badea a los tratamientos pre-germinativos en base a fermentación descritos en la sección de Materiales y Métodos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Respuesta germinativa de las semillas de frutos maduros de badea a diferentes tratamientos pre-germinativos en base a fermentación. El Zamorano, 1999.

TRATAMIENTOS			Germinación (%)
Fermentación en su arilo (días)	Lavado	Oreado (días)	
2	Si	3	98 a ¹
3	Si	3	92 abc
4	Si	3	89 abcd
No	Si	3	88 bcd
No	No	No	87 bcd
1	Si	3	84 cde
5	Si	3	77 de
7	Si	3	15 e

¹ Duncan al 0.05%, C.V. = 15.25

En el Cuadro 4 se puede observar que hubo dos tratamientos que superaron el 90% de germinación, el de fermentado dos días y oreado por tres días, y el de fermentado tres días y oreado por tres días. Sin embargo estos tratamientos no mostraron diferencia significativa pero si numérica con el de fermentado cuatro días y oreado por tres días. Además se puede observar que sólo la semilla fermentada por dos días mostró una diferencia estadísticamente significativa con respecto al testigo y demás tratamientos con excepción de los de cuatro y tres días de fermentación y el lavado sin fermentación, por lo que comercialmente se mostró como el mejor, ya que los tratamientos de fermentado por tres y cuatro días no mostraron diferencia significativa con el testigo y la semilla sin fermentación y lavada.

Se puede decir que la diferencia en germinación entre el testigo, la semilla sin fermentación y la fermentada sólo un día, con la fermentada dos días; se debe al arilo, que posiblemente debe tener alguna sustancia inhibidora de la germinación y/o la misma acidez de su jugo, que sería descompuesta por el proceso de fermentación, aunque se puede observar que con cuatro y cinco días de fermentación hubo una baja de la germinación 84% y 77% respectivamente, y que con siete días de fermentación se produjo un drástico decremento al 15%. Esto puede deberse a la acumulación de sustancias tóxicas por el excesivo periodo de fermentación o porque el cambio producido por la fermentación obliga a la semilla a mantenerse en el líquido de fermentación que ya no tiene las características normales de su arilo, el cuál pudo inducir asfixia a la semilla, por excesivo tiempo en un ambiente con poco oxígeno

4.6. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN LA SEMILLA DE BADEA

La capacidad de la semilla de mantenerse viable en condiciones de ambiente de oficina se puede visualizar en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Capacidad de germinación de la semilla de badea luego de diversos períodos en condiciones de oficina a temperatura de 18 - 25° C. El Zamorano, 1999.

TRATAMIENTOS				Germinación (%)
Fermentación (días)	Lavado	Oreado (3 días)	Tiempo a la siembra (meses)	
No	No	No	Inmediata	87 a ¹
3	Si	Si	1	9 b
3	Si	Si	2	10 b

¹ Duncan al 0.05%, C.V. = 15.25

En el Cuadro 5 se puede observar que hubo diferencia significativa entre la germinación de semillas sembradas inmediatamente después del tratamiento pre-germinativo; con las semillas almacenadas por uno o dos meses luego de haber recibido el tratamiento. Se puede observar una caída drástica de la germinación de 87% en la semilla fresca a 10% en la almacenada por uno o dos meses. Se puede observar también que no hubo diferencia significativa entre la semilla almacenada un mes con la almacenada dos meses, lo que quiere decir que bajo estas condiciones la duración no supera al mes.

Por lo tanto, para obtener la mejor germinación comercial se debe sembrar la semilla lo antes posible, después de haber sido cosechada y recibido su tratamiento pre-germinativo. Esto concuerda con lo expuesto por Hartmann y Kester (1997) quienes dicen que las semillas de ciertas especies pueden ser de vida corta si no se les permite germinar de inmediato en su hábitat natural. Su periodo de viabilidad puede ser tan corto como de unos cuantos días, de meses o, cuando más, un año. Este grupo incluye semillas de muchas plantas tropicales que crecen en condiciones de temperatura y humedad elevada.

5. CONCLUSIONES

- La flor de la badea abre un sólo día en el que es visitada por insectos polinizadores, que se presume tienen un impacto importante en la polinización y cuaje del fruto. Las condiciones climáticas de temperatura y humedad influyen drásticamente en el proceso de cuaje de fruto en este ensayo. Las lluvias intensas parecen ser negativas, tanto para la flor como para el polinizador.
- El patrón de crecimiento del fruto de badea es una sigmoide simple y su desarrollo hasta madurez en condiciones de este ensayo fue de 70 días.
- La semilla de badea puede empezar a germinar a partir del día 45 de edad, pero se puede obtener una germinación mayor al 90% a partir del día 60 de edad.
- La fermentación mejoró el porcentaje de germinación de la badea, pero hubo una tendencia a reducirlo cuando superó los 4 días. Este proceso facilita el manejo de la semilla, que al estar cubierta por el arilo se vuelve resbalosa y de difícil manipulación.
- Se debe sembrar la semilla lo más pronto posible luego de cosechada, ya que pierde viabilidad muy rápidamente.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de polinización, para determinar si la badea es planta autógama, alógama, si existe autoincompatibilidad, y en que porcentaje depende de los insectos para su polinización, en especial *Xylocopa spp.*
- Utilizar el tratamiento pre-germinativo de fermentación por 2 o 3 días a niveles comerciales, ya que ayuda a mejorar el porcentaje de germinación y facilita el manipuleo de la semilla.
- Determinar la importancia del oreado en los tratamientos germinativos y probar otro tipo de tratamientos como el ácido giberélico que puede aumentar la velocidad y porcentaje de germinación.

7. LITERATURA CITADA

AVILAN, L.; LEAL, F. y BAUTISTA, P. 1989. Manual de Fruticultura. Caracas, Venezuela. Editorial América. P.1023 -1025.

CAMACHO, F. 1994. Dormición de Semillas, Causas y Tratamientos. México, México. Editorial Trillas, . 125 p.

CORDOBA, J.A. 1980. La Badea. Revista Eso Agrícola. Bogotá, Colombia. 1 (1): 16-21.

ECHEVERRIA, M.A. 1997. Determinación del inicio de la capacidad germinativa y tratamientos más adecuados para la germinación de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deg.). Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 29 p.

GEILFUS, F. 1994. El Arbol al Servicio del Agricultor. Tomo 2 Guía de Especies. Turrialba, Costa Rica. Enda-Caribe y CATIE. 778 p.

HARTMANN, H.T. y KESTER, D.E. 1997. Propagación de plantas. 2 ed. México. Compañía Editorial Continental S.A., 760 p.

MARTIN, F.W. y NAKASONE, H.Y. 1970. The Edible Species of Passiflora. Economic Botany. 24: 333-343. U.S.A.

MONTES, A. 1998. Folleto del curso de Olericultura Avanzada: Fisiología de semillas de hortalizas. E.A.P. El Zamorano, Honduras.

NAGY,S.; SHAW, P.E. y WARDOWSKI, W.F. 1990. Fruits of Tropical and Subtropical Origin. Florida, U.S.A. Florida Science Source. 392 p.

SCHWENTESIUS, R. y GOMEZ, M.A. 1997. El Maracuyá, Fruta de la Pasión. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 246 p.