

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA

**ESTRUCTURA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL
NANCHE [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] CON BASE EN
HOJA, FRUTO Y SEMILLA**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

EUSEBIO MARTÍNEZ MORENO



DIRECCIÓN GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México, Febrero de 2007

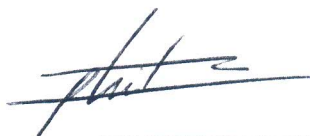


Estructura y caracterización morfológica del nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] con base en hoja, fruto y semilla

Tesis realizada por Eusebio Martínez Moreno bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJERO:



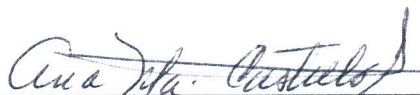
DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

ASESOR:



DR. TARSICIO CORONA TORRES

ASESOR:



DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:



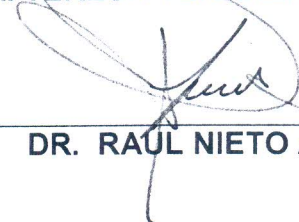
DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

ASESOR:



DRA. TERESA TERRAZAS SALGADO

LECTOR EXTERNO:



DR. RAÚL NIETO ÁNGEL

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo (Mi alma mater), en particular al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia, el cual me dió la oportunidad de realizar los estudios doctorales.

A la Secretaría de Educación Pública (SEP), que por conducto de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica (SESIC), el cual dentro del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) quien otorgó los recursos económicos a través de una beca para la realización de mis estudios de posgrado.

A los distinguidos profesores del Programa de Posgrado de Horticultura por sus excelentes enseñanzas y orientaciones recibidas durante las diferentes asignaturas cursadas.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, el cual a través de la Dirección de Investigación y Posgrado (DIP) y la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) me brindaron las facilidades necesarias y el tiempo requerido para la realización de mis estudios de doctorado.

Al Dr. Edilberto Avitia García, presidente del jurado examinador, por su constante asesoría, consejos y apoyo durante el desarrollo del trabajo de campo y laboratorio, así como por las constantes correcciones de los manuscritos.

A los demás integrantes del jurado: Dr. Tarsicio Corona Torres, Dra. Ana María Castillo González, Dra. María Teresa Colinas León, Dra. Teresa Terrazas Salgado, estoy muy agradecido por las constantes críticas, observaciones, correcciones y aportes que se le hicieron al manuscrito con el afán de mejorarlo.

De igual manera, agradezco de manera especial al lector externo, Dr. Raúl Nieto Ángel, quien en la etapa final fue muy importante su apoyo, en las observaciones que se le hicieron al borrador final del trabajo.

Al Ing. Cecilio Bautista Bañuelos encargado del Laboratorio de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia, por haberme facilitado un espacio para la determinación de algunas variables físicas de los frutos de nanche.

A la QFB Ángela Barrera Cortés, encargada del Laboratorio de Anatomía de Frutales por su gran apoyo y asesoría en el trabajo de laboratorio, en particular en las técnicas de cortes anatómicos.

A los productores de la región sierra del Estado de Tabasco, quienes me permitieron coleccionar partes de las plantas de nanche que sirvió para realizar los estudios de caracterización.

A todos quienes de manera involuntaria omito, pero de alguna u otra forma colaboraron en la culminación del presente trabajo.

Muchas gracias.

DEDICATORIA

De manera especial a mis padres:

Juan Martínez Silva
y
Zita Moreno de Martínez

A mis hermanos: Juana, Francisca, María Ramona, María del Consuelo, Margarita, María Guadalupe y Mario Alberto.

A mi esposa Lupita, quien tuvo la paciencia necesaria y supo comprenderme en los momentos más difíciles y de tensión durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

A mis hijos: Luis Alberto y Juan Carlos, quienes representan la razón de mi vida y motivo de superación constante.

A todos mis sobrinos y sobrinas, porque el fruto de este esfuerzo académico sea motivo de ejemplo para que guíen sus vidas por el camino de la sabiduría y el conocimiento universal.

A los compañeros de la tercera generación del Doctorado en Ciencias en Horticultura (2003-2005):

Arturo Luna Paéz
Eusebio Martínez Moreno
Jesús Herrera Basurto
Jesús Magdaleno Villar
Jorge Ayala Pérez
Juan Carlos Reyes Alemán

Quienes en todo instante compartimos momentos de camaradería, en algunos casos difíciles y a veces amargos, pero a la vez amenos, en un periodo de tiempo corto de nuestras vidas, siempre pensando y llevando en alto la bandera de la superación académica y profesional.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació en la comunidad “El Jabalí”, municipio de Rioverde, San Luis Potosí. Realizó los estudios elementales en la Escuela Primaria Rural Federal “Nicolás Bravo” de la misma localidad; en la Escuela Secundaria Tecnológica Agropecuaria Núm. 131 de “El Refugio”, Ciudad Fernández, y los de bachillerato en la Escuela Preparatoria de Rioverde en el mismo Estado. Estudió la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Los estudios de Maestría en Ciencias en Fruticultura en el Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco en Cárdenas, Tabasco. El Doctorado en Ciencias en Horticultura con orientación en Fruticultura se llevó a cabo en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Durante el ejercicio profesional y como apoyo para el desarrollo de las funciones sustantivas universitarias ha recibido los siguientes Diplomados: Docencia, Administración universitaria a mandos medios, Desarrollo agropecuario, Extensión de la cultura y los servicios, Manejo de Software de Aplicaciones y Docencia para la flexibilidad curricular.

Las actividades profesionales han sido:

- a) Ayudante de campo y laboratorio en el Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas del Colegio de Postgraduados (actualmente Campus San Luis Potosí) en Salinas de Hidalgo, S. L. P.
- b) Profesor por asignatura en la Escuela Preparatoria de Rioverde, S. L. P.
- c) Técnico profesional en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) en el Centro de Apoyo al Desarrollo Rural en Balancán, Tabasco, donde la actividad principal fue la asistencia técnica para la producción de arroz bajo condiciones de temporal y de riego en la sabana de Balancán.
- d) Asesor técnico de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA-BANAMEX) en la Agencia Emiliano Zapata, Tabasco, siendo encargado de la programación, producción primaria, operación financiera, comercialización y cálculo del rendimiento industrial del cultivo del arroz de la

parcela demostrativa "EL PIPILA", dentro del Programa de atención especial del cultivo del arroz en el sureste.

- e) Profesor-investigador en la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), en donde las principales actividades son docencia, investigación, extensión y difusión cultural, tutorías académicas y apoyo en comisiones institucionales.
- f) En el ámbito de las actividades administrativas universitarias, fue jefe del Área de Investigación en la DACA.

Desde el ingreso a la UJAT, las actividades de investigación se enfocaron a la validación de sistemas de producción de arroz flotante en las tierras bajas inundables de Tabasco; estudio de los cultivos asociados de Tabasco; desarrollo de sistemas de producción de raíces y tubérculos tropicales, en especial ñame (*Dioscorea* spp.) y jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe); estudios de caracterización de genotipos de ñame (*Dioscorea* spp.) en la región Chontalpa del estado de Tabasco y actualmente los estudios de caracterización de los recursos fitogenéticos de frutales subexplotados, en particular el nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.].

Forma parte del Sistema Estatal de Investigadores de Tabasco desde el año de 2001.

Es socio de las siguientes sociedades profesionales: Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas (SOMECH), Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI) y la Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible (SOMAS, A. C.); así como de las sociedades gremiales, Colegio de investigadores de Tabasco, A. C., Federación Agronómica Nacional, Sección Tabasco, Colegio de Ingenieros Agrónomos de México, Sección Tabasco y la Asociación Nacional de Egresados de Chapingo, Sección Tabasco.

CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO.....	<i>i</i>
ÍNDICE DE CUADROS.....	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>vi</i>
RESUMEN GENERAL.....	<i>viii</i>
GENERAL ABSTRACT.....	<i>x</i>
 I INTRODUCCIÓN GENERAL.....	 1
Objetivo general.....	9
Objetivos particulares.....	9
LITERATURA CITADA.....	10
 II ESTRUCTURA DE FLOR Y FRUTO Y FRECUENCIA DE SEMILLAS EN NANCHE [<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.].....	 16
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
REVISIÓN DE LITERATURA	19
Estructura Floral en Angiospermas.....	19
Gineceo.....	19
Placentación.....	21
Estructura y Tipos de Óvulos o Rudimentos Seminales.....	21
Megasporogénesis y Megagametogénesis.....	23
Androceo.....	24
Microsporogénesis y Microgametogénesis	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
Tiempo de Muestreo y Número de Árboles.....	26
Microtecnia.....	27
Observaciones al Microscopio.....	30

Metodología para la Cuantificación de Semillas.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Estructura floral.....	31
Observaciones Sobre Semilla.....	35
CONCLUSIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	46
 III CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE NANCHE [<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.].....	49
RESUMEN.....	49
ABSTRACT.....	50
INTRODUCCIÓN.....	51
REVISIÓN DE LITERATURA.....	52
MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
Análisis de Componentes Principales.....	57
Análisis de Conglomerados Jerárquico.....	60
CONCLUSIONES.....	69
LITERATURA CITADA.....	71
 IV CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE HOJAS DE NANCHE [<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.].....	78
RESUMEN.....	78
ABSTRACT.....	79
INTRODUCCIÓN.....	80
REVISIÓN DE LITERATURA.....	83
MATERIALES Y MÉTODOS.....	85
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
Análisis de Componentes Principales.....	90
Análisis de Conglomerados Jerárquico.....	93
CONCLUSIONES.....	99

LITERATURA CITADA.....	100
V CONCLUSIONES GENERALES.....	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1 Proceso para la inclusión en parafina de flores y frutos de nanche [<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.]	28
2 Número y porcentaje de semillas encontradas en 25 endocarpios por accesión de frutos desarrollados en el estado de Tabasco (2005).....	43
3 Número de semillas encontradas y porcentaje de aborto de las accesiones de nanche de Tabasco, en condiciones de polinización natural. Los promedios fueron obtenidos de una muestra de 25 endocarpios por accesión.....	44
4 Sitios de colecta y nombre de las accesiones de frutos de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] colectados en el Estado de Tabasco.....	55
5 Proporción de la varianza global, vectores y valores propios de los primeros tres componentes principales en 23 colectas de nanche de Tabasco.....	59
6 Medias de los caracteres morfométricos de fruto y semilla de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma, así como la prueba de Tukey.....	64
7 Cuadrados medios y nivel de significancia del análisis de varianza entre y dentro de grupos de 22 caracteres de nanche de Tabasco, México.	65
8 Sitios de colecta y nombre de las accesiones de hojas de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] colectadas en el estado de Tabasco.....	86
9 Caracteres morfométricos evaluados en hojas de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.).....	88
10 Valores propios y proporción de la variación explicada por los primeros tres componentes principales en 38 colectas de hoja de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.].....	91

11	Eigenvectores de los primeros tres componentes principales en 38 colectas de hoja de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] procedentes de Tabasco y su coeficiente de correlación (R^2).....	92
12	Medias de los caracteres morfométricos de hoja de nanche [<i>B.</i> <i>crassifolia</i> (L.) H.B.K.] generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma, así como la prueba de Duncan.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Esquema de diferentes estructuras del nanche [<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.]. (A) Flor; (B) Gineceo; (C) Estambre; (D) Glándulas; (E) Rama con frutos; (F) Fruto; (G) Fruto y semillas.....	32
2A	Corte longitudinal del gineceo.....	36
2B	Corte longitudinal del nectario y sépalo.....	36
2C	Corte transversal de los estilos.....	36
2D	Corte transversal del ovario.....	36
3A	Corte transversal de una antera.....	38
3B	Corte transversal de un saco polínico.....	38
3C	Corte longitudinal del embrión.....	38
3D	Corte longitudinal de una semilla.....	38
4A	Corte longitudinal de un óvulo.....	40
4B	Corte longitudinal de un óvulo.....	40
4C	Corte longitudinal de un fruto.....	40
4D	Corte longitudinal de un fruto.....	40
5	Endocarpios del fruto de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] mostrando la cantidad y presencia de semillas.....	45
6	Diagrama de dispersión de 23 colectas de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] con base en los componentes principales 1 y 2.....	61
7	Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método de UPGMA para 22 caracteres morfométricos de fruto y semilla de 23 colectas de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] procedentes de Tabasco, con base en distancias euclidianas.	63
8	Distribución de las colectas de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] en función de las variables canónicas CAN1 y CAN2.	70
9	Hoja representativa de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] con los caracteres evaluados.	89

10	Diagrama de dispersión de 38 colectas de hoja de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] con base en los componentes principales 1 y 2.....	94
11	Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método de UPGMA para 17 caracteres morfométricos de hoja de 38 colectas de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] procedentes de Tabasco, con base en distancias euclidianas.....	95
12	Distribución de las colectas de hoja de nanche [<i>B. crassifolia</i> (L.) H.B.K.] en función de las variables canónicas CAN1 y CAN2.....	98

RESUMEN GENERAL

El nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] es un árbol frutal ampliamente distribuido en México en diversas condiciones ambientales. Es nativo de Mesoamérica y tiene una gran variabilidad fenotípica, principalmente en las características de fruto (tamaño, color, sabor y dulzura) más usadas por el hombre desde tiempos prehispánicos. Hay un limitado número de estudios que tengan un conocimiento integral de esta especie. La presente investigación fue realizada para caracterizar algunas poblaciones de nanche en Tabasco, México para contribuir al conocimiento de su diversidad. En un estudio, el objetivo fue establecer las características estructurales de flores y frutos. Para ello se recolectaron flores y frutos en varios estados de desarrollo. Las flores presentan óvulos campilótropos y su frecuencia de aborto es alta. De todas las colectas, el 35.7 % presentaron más del 70 % de óvulos abortivos. Las colectas 10 y 12 presentaron el mayor número de semillas, el mayor número de semillas por endocarpio y el menor porcentaje de aborto. El 62.86 % de las colectas presentaron una semilla por endocarpio, seguido por endocarpios con dos semillas. Sólo el 1.57 % de las colectas tuvieron endocarpios con 3 semillas. En el segundo estudio, el objetivo fue caracterizar la morfología de frutos y semillas de 23 colectas, las cuales fueron analizadas mediante 22 caracteres digitalizados utilizando un analizador de imágenes. Los datos obtenidos fueron analizados usando algunos métodos numéricos y multivariados. La colecta, llamada Grupo III, presentó frutos con los mejores caracteres de calidad: peso de fruto, mayor porcentaje de pulpa, peso de pulpa y menor peso de endocarpio con relación al fruto. En el tercer estudio, se evaluaron 38 colectas de

hoja evaluando 17 caracteres. Se muestrearon hojas del crecimiento de la misma estación, seleccionando las 10 más representativas. La variabilidad de las hojas fue mejor explicada por la longitud del eje menor (LEMNL), índice de redondez (IRL), ángulo basal (AB), ángulo de la quinta vena (A5V), relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor (LEMYLLEMNL), relación longitud del eje menor/longitud del pecíolo (LEMNLLP) y relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena (ABA5V). Los caracteres anteriores son importantes en la producción de frutales y pueden ser utilizados como criterios de selección para el mejoramiento.

GENERAL ABSTRACT

Nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] is a fruit tree that is extensively distributed in Mexico in diverse environmental conditions. It is native to Mesoamerica and has a broad phenotypic variability, mainly in fruit characteristics (size, color, flavor, and sweetness), the most used by humans plant part since prehispanic times. There are a limited number of studies to have an integral knowledge of this species. Present research was conducted to characterize some populations of nanche in Tabasco, Mexico, in order to contribute to the knowledge of its diversity. In one study, the objective was to establish the structural characteristics of flowers and fruits. Flowers and fruits were collected in different developmental phases. The flowers have campylotropous ovules and the frequency of abortive ovules is high. Of all the collections, 35.7 % exhibited over 70 % abortive ovules. Collections 10 and 12 showed the highest number of seeds, the highest number of seeds per endocarp, and the lowest percent of abortion. The 62.86 % of all the collections have a 1-seed endocarp, followed by endocarps with two seeds. Only 1.57 % of the collections had endocarps with 3 seeds. In the second study, the objective was to characterize the morphology of fruits and seeds of 23 collections, which were analyzed by 22 digitalized characters using an image analyzer. The data obtained were analyzed using some numerical and multivariate methods. A collection of plants, called Group III, had fruits with the best quality related characters: fruit weight, high percent of pulp, pulp weight, and low endocarp weight in relation to the fruit. In the third study, 38 leaf collections were evaluated using 17 traits. Leaves developed during the same season

were sampled, selecting the 10 most representative. The variability of the leaves was best explained by the low axis length (LAL), roundness index (RI), basal angle (BA), fifth vein angle (5VA), the higher axis length/lower axis length ratio (HALLAL), the lower axis length/petiole length ratio (LALPL), and the basal angle/fifth vein angle (BA5VA) ratio. Previous characters are important in tree fruit production and can be used as selection criteria for plant breeding.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos (RFG) es de primordial interés para la humanidad. Las regiones centro y sudamericana se encuentran dentro de los centros de mayor diversidad biológica del mundo.

Con respecto a nuestro país, se tiene una enorme diversidad de especies y la inmensa mayoría no han sido estudiadas, observándose un desconocimiento generalizado en su aprovechamiento, manejo y conservación. Lo anterior se explica porque tradicionalmente las ciencias agronómicas han enfocado su estudio e investigación hacia el desarrollo de tecnologías para los sistemas de producción en los que se considera solo a los cultivos tradicionales. En la actualidad existe interés de diversos organismos por rescatar y evaluar las especies vegetales subexplotadas útiles al hombre para planificar su uso y conservar el germoplasma.

México cuenta con una gran riqueza frutícola. Borys y Leszczyńska-Borys (2001) mencionan que en nuestro país crecen un total de 712 especies de frutales pertenecientes a 75 familias y 169 géneros. De ese total, solo 32 especies nativas se aprovechan de manera comercial, 14 son objeto de comercio aunque no figuran en las estadísticas oficiales y 620 especies se encuentran en huertos familiares y solo se recolecta el fruto; por lo que para la mayoría de este inventario de especies frutícolas aún se desconoce su potencial hortícola.

En el estado de Tabasco la agricultura representa una de las actividades importantes de la economía. Según datos de la SAGARPA (2005), para el año agrícola 2005 se destinó una superficie de 234 751.8 ha, distribuyéndose de la manera siguiente: cultivos básicos 109 881.5 ha, lo que representa un 46.81 %; cultivos de plantación con 86 941.0 ha, lo cual es un 37.04 %, en los que se incluyen los cultivos de cacao, caña de azúcar, cocotero, palma africana, hule Hevea y café. La superficie con frutales es de 32 182.3 ha, lo que representa un 13.71 %; en lo referente a hortalizas se cultivaron 3 593 ha, lo que es un 1.53 %. En el grupo de las especias se reportó una superficie de 1 206 ha plantadas con pimienta gorda (*Pimienta dioica*), representando el 0.51 %; en las raíces y tubérculos se tienen 798 ha con yuca, representando esto el 0.34 % y finalmente en colorantes se tienen 150 ha plantadas con achiote, el cual es el 0.06 %. En el caso de los frutales, destacan por la superficie sembrada en orden de importancia los cítricos (naranja, limón persa y toronja), plátano, piña y papayo; además de otros de menor importancia como mango, aguacatero, mamey, tamarindo y chicozapote. Pero existen otros frutales que no figuran en las estadísticas oficiales, debido a que se les encuentra cultivados en pequeñas superficies, tales como el pitahayo, guanábana, nanche, guayabo, maracuyá, rambután y pejibaye.

Los frutales nativos en el sureste mexicano constituyen un recurso potencial para el trópico, ya que algunos forman parte de la flora autóctona y otros se cultivan en huertos familiares y en parcelas pequeñas, cuya producción generalmente es de recolección y aporta alimento a la población en determinadas temporadas. Se menciona que de 120 especies frutícolas potenciales, solo se

cultivan 45. Por ejemplo, considerando especies frutícolas tropicales, en Tabasco se mencionan al menos 33 especies subcultivadas (INEGI-CP, 1998). El aprovechamiento de éstas ha sido parte importante en la dieta de los pueblos mesoamericanos.

Para el caso particular del nanche, en México para el año de 2005 se cosechó una superficie de 1 476.2 ha, con una producción de 6 007.88 ton, un rendimiento medio de 4.07 t ha⁻¹, dando un valor de la producción de \$21 383.25 (SAGARPA, 2005). Los principales estados productores por orden de importancia fueron Guerrero, Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Veracruz, Campeche, Chiapas y Yucatán. Solamente en los estados de Guerrero y Oaxaca se cosechó el 54.7 % del total de la superficie nacional.

Ramírez *et al.* (2000) y Hernández (1985) mencionan que el nanche es un cultivo nativo de Centroamérica y México; actualmente tiene gran importancia, ya que ofrece diversos satisfactores a la población (fuente de alimento, medicinal, ornamental, construcción y combustible). En Tabasco, generalmente se le encuentra en huertos familiares y de manera semicultivada. No obstante, es posible llevar a cabo trabajos para intensificar las investigaciones de esta especie con el fin de contribuir al conocimiento agronómico y de la variabilidad genética existente, ya que de observaciones preliminares se ha encontrado una gran variación en cuanto a color de fruto, tamaño y sabor. Lo anterior, contribuiría en el mediano plazo a apoyar la diversificación frutícola de la región.

Por otro lado, la especie en cuestión se ubica en la familia Malpighiaceae, la cual comprende aproximadamente 63 géneros y 1 100 especies (Cordovil y Pessoni, 2006). Los géneros más grandes son ocho, al cual pertenecen la mayoría de las especies: *Byrsonima* (150 spp.), *Heteropterys* (120), *Banisteriopsis* (100), *Tetrapteryx* (90), *Stigmaphyllon* (90), *Bunchosia* (75), *Mascagnia* (55) y *Acridocarpus* (50). Lawrence (1951; citado por Juárez, 1998) menciona que alrededor de 16 géneros son nativos de México.

Todas las especies son nativas de las regiones tropicales y subtropicales del Viejo y Nuevo Mundos (Cronquist, 1981; Gomes y Machado, 2000). Cerca del 80 % de los géneros y 90 % de las especies se localizan en el Nuevo Mundo (Indias Occidentales y de la parte sureste de los Estados Unidos hasta Argentina) y el resto en el Viejo Mundo (África, Madagascar y de la parte de Indomalasia hasta Nueva Caledonia y Filipinas). En América Central se encuentran distribuidos de 14 a 15 géneros (Williams, 1981).

El género *Byrsonima* es el más numeroso de la familia, el cual consta de alrededor de 150 especies (García y García, 1992; Gentry, 1996) y todas se distribuyen en tierras americanas (Stevens *et al.*, 2001). Generalmente son árboles característicos de sabana, aunque también son componentes estructurales del dosel forestal, especialmente en áreas que presentan suelos pobres.

Kunkel (1910; citado por García y García, 1992) menciona que en México se encuentran cuatro especies de *Byrsonima* distribuídas en las regiones tropicales y subtropicales: *B. spicata*, *B. karwinskiana*, *B. oaxacana* y *B. crassifolia*. Sin embargo, Standley (1923, citado por García y García, 1992) ubica a *B. karwinskiana* y *B. oaxacana* como sinónimos de *B. crassifolia*.

Williams (1981) cita que en el territorio mexicano, principalmente en el sureste, se encuentran las especies *B. bucidaefolia* Standl y *B. crassifolia* (L.) H.B.K.; menciona otras especies de la familia Malpighiaceae que son nativas de Mesoamérica que tienen importancia económica y se distribuyen en la misma región, las cuales son *Malpighia glabra* L., conocida como acerola y *Malpighia puniceifolia* L.

Reyes (1987) reporta que en el estado de Guerrero se encuentran las siguientes especies del género *Byrsonima*: *B. cotinifolia*, *B. crassifolia*, *B. glaberrima*, *B. spicata* y *B. karwinskiana*.

En otro estudio para la Región del Alto Balsas, (Guízar y Sánchez, 1991) además de *B. crassifolia*, mencionan la distribución de otras especies de la familia Malpighiaceae y que regionalmente tienen nombres comunes similares al “nanche”, las cuales son *Malpighia mexicana* Jussie y *Bunchosia lanceolata* Turcz.

Byrsonima crassifolia (L.) H.B.K. también es conocida con los siguientes sinónimos: *Byrsonima cumingana* Juss.; *Byrsonima fendleri* Turcz.; *Byrsonima panamensis* Beurl.; *Byrsonima pulchra* Sessé & Mociño ex DC.; *Malpighia crassifolia* L.; *Malpighia pulchra* Sessé & Mociño (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Cordero y Boshier, 2003), *Byrsonima cotinifolia* Kunth, *Byrsonima cubensis* Juss., *Byrsonima curnigiana* A. Juss., *Byrsonima karwinskiana* A. Juss., *Byrsonima lanceolata* DC., *Byrsonima laurina* Kunth, *Byrsonima laurina* var. *guatemalensis* Nied., *Byrsonima rufescens* Bertol. y *Malpighia crassifolia* L. (Niembro *et al.*, 2004); *Byrsonima laurifolia* Kunth (Stevens *et al.*, 2001); *Byrsonima cynerea* Dec., y *Byrsonima ferruginea* (Cavalcante, 1996; Villachica, 1996); *Byrsonima oaxacana* Juss (Standley, 1982); *Malpighia cubensis* A. Juss., *Byrsonima crassifolia jamaicensis* Urban & Niedzu, *Malpighia cubensis brachypoda* Turcz (Reyes, 1987).

Standley y Steyermark (1946); Miranda (1976); García y García (1992); Pennington y Sarukhán (1998); Juárez (1998); Vázquez-Yanes *et al.* (1999); Moreno (2000) y Cordero y Boshier (2003) presentan la siguiente descripción biológica de la especie.

Es un árbol de 10 a 15 m de altura. Cordero y Boshier (2003), mencionan que alcanza de 2 a 7 m de altura, se adapta a condiciones secas y presenta un sistema radical profundo y abundante. La copa es abierta, redonda o extendida, y a veces irregular. El tronco es cilíndrico, normalmente el diámetro a la altura del pecho es de 30 a 40 cm. Presenta ramas ascendentes.

La corteza externa es escamosa, que se desprende en pedazos rectangulares, de color gris pardo, café oscuro hasta un color moreno claro. La corteza interna es de color crema rosado, que cambia a pardo rosado, fibrosa, amarga. El grosor total de la corteza varía de 12 a 25 mm.

La madera es rojiza, dura, flexible, fuerte y pesada. La albura es de color más claro (crema amarillento) con vasos grandes, radios estrechos y numerosos. No toma un acabado liso natural.

Las ramas jóvenes son de un color gris pardo, con cicatrices anulares de las hojas y estípulas caídas, lenticelas escasas, pubescentes en las hojas más jóvenes. Las hojas generalmente son alargadas, decusadas, simples; láminas de 5 x 2 hasta 15 x 7.5 cm, de forma elíptica, con el margen entero, ápice agudo o redondeado y base aguda; verde oscuro y casi glabras en el haz y verde amarillento grisáceo con abundantes tricomas en el envés, algunos tienen forma de T. Cordero y Boshier (2003) mencionan que presentan consistencia coriácea y se distinguen porque el envés está cubierto de tricomas grisáceos o rojizos. Los pecíolos son de 5 a 25 mm de largo y pubescentes. Presenta yemas de 3 a 7 mm, agudas y cubiertas por dos estípulas ferruginosas.

La flores se agrupan en racimos terminales de hasta 12 cm de largo (Cordero y Boshier, 2003). Son hermafroditas, actinomorfas y pentámeras. El cáliz está formado de cinco sépalos de forma oval-triangules; cada uno con dos prominentes glándulas en la base. Son pubescentes; los pedicelos de 7 a 15 mm

de largo. Las flores presentan un tamaño de 1.5 cm de diámetro; cáliz verde de 5 mm de largo, cupular en la base, con 5 lóbulos ovados, agudos o redondeados, pubescentes en la superficie externa, con 10 glándulas grandes, oblongas, glabras en la base de la superficie externa. La corola está constituida por 5 pétalos amarillo-anaranjados, libres, alternos respecto a los lóbulos del cáliz, de 1 cm de largo, orbiculares o reniformes, con la parte superior cóncava, con márgenes ondulados o dentados, unguiculados, glabros. El limbo es circular, cóncavo, con la base unguiculada. El gineceo contiene al ovario que es súpero y está formado por 3 carpelos, lóculos uniovulares, ovoides y glabros. Presenta tres estilos que miden entre 3 y 4 mm. El androceo consiste de 10 estambres de un tamaño de 5 mm de largo, filamentos amarillos, vilosos en la parte inferior. Las anteras son pardas, alargadas, basifijas con los filamentos glabros, insertados en un torus hirsuto (Cavalcante, 1996).

Los frutos se presentan en infrutescencias péndulas de 10 a 15 cm de largo; botánicamente son drupas globosas de 1.7 a 2 cm de diámetro, con todas las partes florales (menos los pétalos), persistentes, amarillentas a ligeramente anaranjadas; con abundante pulpa agridulce que rodea al hueso (endocarpio) y que contiene de 1 a 3 semillas blancas rodeadas por una testa delgada. Exocarpio delgado, de color amarillo, verde o rojizo cuando el fruto está maduro; el mesocarpio (parte comestible) es de consistencia pastosa, amarillo, con cerca de 5 mm de espesor, de color y sabor característico; el endocarpio es redondeado u oval, rígido y reticulado (Cavalcante, 1996).

La semilla se encuentra encerrada en un endocarpio duro y leñoso (Sánchez, 1986). Tienen forma ovoide o subglobosa arrugada, gruesa o ligeramente comprimida, de unos 4 a 4.5 mm de diámetro; la testa es de color café claro, lisa, lustrosa, membranosa, muy delgada. El embrión es curvo, enrollado, de color amarillo verdoso y ocupa toda la cavidad de la semilla (Niembro, 1983; 1989; 2002; Niembro *et al.*, 2004). Cada fruto contiene de 0 a 3 semillas, las cuales contienen dos cotiledones grandes, largos, planos, carnosos, frecuentemente desiguales, enrollados a manera de espiral; la radícula es corta, superior, oblonga y carece de endospermo (Sánchez, 1986).

Con base en las consideraciones anteriores, surgió la idea de trabajar esta especie poco estudiada desde el punto de vista de la anatomía, morfología y cualidades de los frutos de diferentes tipos hortícolas encontrados en el estado de Tabasco.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar algunas poblaciones de nanche en el estado de Tabasco, para contribuir al conocimiento de la diversidad de la especie.

OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Realizar estudios sobre la estructura floral de la especie.

- ❖ Caracterizar las poblaciones naturales desde el punto de vista morfológico.
- ❖ Caracterizar los frutos de las diferentes colectas encontradas.

LITERATURA CITADA

- Borys M. W.; Leszczyńska-Borys H. 2001. El potencial genético frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec de Harinas, Estado de México. 99 p.
- Cavalcante, P. B. 1996. Frutas comestíveis da Amazônia. 6ª Edição. Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. Belém – Pará, Brasil. pp: 174-176.
- Cordero, J.; Boshier, D. H. (eds.). 2003. Árboles de Centroamérica. Un Manual para extensionistas. Instituto Forestal de Oxford-CATIE. San José, Costa Rica. 1 079 p.
- Cordovil B., R.M.; Pessoni L. A. 2006. Biología floral e sistema reproductivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. *Acta amazonica* 36(2): 159-168.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. The New York Botanical Garden. Columbia University Press. New York. U.S.A. 1 262 p.

García R., M. A. y García C., J. M. 1992. Contribución al estudio etnobotánico del nanche *Byrsonima* spp., distribución geográfica y alternativas de conservación de su plasma germinal. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 139 p.

Gentry A. H. 1996. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. The University of Chicago, Press. U.S.A. pp: 574-583.

Gomes T., L. A.; Machado, I. C. 2000. Sistema de Polinização e Reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Bot. Bras.* 14 (3): 347-357.

Guízar N., E.; Sánchez V., A. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 207 p.

Hernández X., E. 1985. Biología agrícola. Primera edición. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología. C.E.C.S. A. México, D. F. 62 p.

INEGI-CP.1998. Recursos agrícolas del trópico y subtrópico mexicano. Primera edición. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F. 174 p.

Juárez D., J. C. 1998. La Familia Malpighiaceae en el Estado de Morelos. Tesis profesional. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas. Cuernavaca, Mor. 90 p.

Miranda F. 1976. La vegetación de Chiapas. Segunda parte. Instituto del Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 324 p.

Moreno G., M. N. 2000. El nanche *Byrsonima crassifolia* (L) H.B.K. como recurso natural antimicrobiano en enfermedades gastrointestinales y respiratorias. Primera edición. Universidad de Ciencias y Artes del estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 74 p.

Niembro R., A. 1983. Caracterización morfológica y anatomía de semillas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo, México. pp: 111.

Niembro R., A. 1989. Semillas de plantas leñosas. Morfología comparada. Primera Edición. Editorial Limusa. México, D. F. pp: 121.

Niembro R., A. 2002. Banco de imágenes de árboles y arbustos comunes en el estado de Veracruz. Primera parte. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. [CD-ROM].

Niembro R., A.; Morato I.; Cuevas S., J. A. 2004. Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. 928 p.

Pennington T., D.; Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. pp: 304-305.

Ramírez V., P.; Ortega P., R. A.; López H., A.; Castillo G., F.; Livera M., M.; Rincón S., F.; Zavala G., F. (eds.). 2000. Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura. Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. 130 p.

Reyes R., M. V. 1987. Estudio genérico de la familia Malpighiaceae del estado de Guerrero. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D. F. 68 p.

SAGARPA. 2005. SIACON 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta 1980-2005.

Sánchez V., A. 1986. El nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) y otros elementos reforestadores no convencionales para los trópicos secos. Revista Chapingo 50-51: 33-41.

Standley P. C.; Steyermark J. A. 1946. Flora of Guatemala. Part 5. Fieldiana: Botany 24(5): 468-500.

Standley P. C. 1982. Trees and shrubs of Mexico. Reprint. Contributions from the United States National Herbarium. Volume 23. Washington. U. S. A. pp: 563-568.

Stevens W. D.; Ulloa U. C.; Pool A.; Montiel O. M. (eds.). 2001. Flora de Nicaragua. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis Missouri U. S. A.

Vázquez-Yanes, C.; Batis M., A. I.; Alcocer S., M. I.; Gual D., M.; Sánchez D., C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. CONABIO. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. México, D. F. pp. 138-140.

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonia. Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaría Pro Tempore. Lima, Perú. 367 p.

Williams L. O. 1981. The useful plants of Central America. *Ceiba* 24(1-4): 203-204.

II. ESTRUCTURA DE FLOR Y FRUTO Y FRECUENCIA DE SEMILLAS EN NANCHE [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron caracterizar la estructura de flores y frutos de nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] y cuantificar el número de semillas por fruto para determinar las tasas de aborto. Se recolectaron flores y frutos en varios estados de desarrollo de diferentes árboles localizados en la Región Sierra en Tabasco, México. Las muestras se colocaron en una solución fijadora antes de la disección e inclusión en parafina. Se realizó la descripción morfológica y anatómica de los diferentes verticilos reproductivos. Los óvulos fueron campilótrofos y su frecuencia de aborto fue alta. De todas las colectas, el 35.7 % tuvieron porcentajes de aborto superiores al 70 %. Se encontró variabilidad entre las colectas. Las colectas 10 y 12 presentaron el mayor número de semillas, el mayor número de semillas por endocarpio y el menor porcentaje de aborto. El 62.86 % de las colectas presentaron endocarpios con una semilla, seguido por endocarpios con dos semillas. Solo el 1.57 % del total de las colectas presentó endocarpios con 3 semillas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: anatomía, caracterización histoquímica, semillas.

II. FLOWER AND FRUIT STRUCTURE AND SEED FREQUENCY IN NANCHE

[*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]

ABSTRACT

The objectives of present study were to characterize the structure of flowers and fruits of nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] and to quantify the number of seeds per fruit to determine abortion rate. Flowers and fruits in varied developmental phases were collected from various trees located in the Sierra region in Tabasco, Mexico. The samples were placed in a fixing solution previous to dissection and inclusion in paraffin. Morphological and anatomical descriptions of the reproductive verticillia were conducted. The ovules were campylotropous and the frequency of abortive ovules was high. Of all the collections, 35.7 % had an abortion rate above 70 %. Variability among the collections was identified. Collection 10 and 12 showed the highest seed number, the highest number of seeds per endocarp, and the lowest abortion rate. A 62.86 % of the collections exhibited a 1-seed endocarp, followed by endocarps with two seeds. Only the 1.57 % of all the collections had endocarps with 3 seeds.

ADDITIONAL KEY WORDS: anatomy, histochemical characterization, seeds.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las especies frutales no se han hecho trabajos suficientes para el entendimiento de su biología floral, y dichos estudios adquieren especial relevancia, ya que en un momento determinado permiten tomar decisiones acerca de las prácticas culturales para mejorar la polinización, el tamaño del fruto, el momento oportuno de cosecha y otros aspectos que puedan incrementar los rendimientos y de esta manera lograr una mejor rentabilidad de los sistemas de producción frutícola.

El nanche pertenece a la familia Malpighiaceae, la cual comprende plantas distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Botánicamente el fruto es una drupa, compuesta de exocarpio, mesocarpio y endocarpio. El endocarpio corresponde a la parte endurecida que encierra de una a tres semillas.

Para el caso particular del nanche existe escasa información relacionada con trabajos anatómicos sobre la flor y el fruto; en particular para *B. crassifolia*, por lo que se justifica plenamente la realización de este tipo de estudios.

Dentro de los pocos trabajos realizados se encuentran los de Vernon (1995), cuyo estudio fue desarrollado en el Zamorano, Honduras y tuvo como objetivos determinar el comportamiento floral y reproductivo del nanche para establecer la curva de desarrollo de la inflorescencia, definir las etapas de floración y el tiempo de duración de cada una; establecer el porcentaje de amarre

del fruto, y su curva de desarrollo; así como el tiempo que tarda de flor a cosecha. Además de determinar la importancia de los insectos en la polinización de las flores.

Por lo que los objetivos del presente trabajo fueron estudiar las características estructurales de la flor y el fruto del nanche; así como cuantificar el número de semillas por fruto y determinar sus porcentajes de aborto.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estructura Floral en Angiospermas

Desde el punto de vista morfológico, la flor es un tallo de crecimiento determinado que contiene los esporófilos y otros apéndices estériles asociados. Una flor clásica consta de pedicelo, receptáculo floral (tálamo), cáliz (sépalos), corola (pétalos), androceo (estambres) y gineceo (carpelos). El androceo y gineceo constituyen los órganos fértiles; el cáliz y la corola son estructuras vegetativas estériles (Flores-Vindas, 1999).

Gineceo

El gineceo se entiende como un término colectivo usado para los óvulos y las estructuras que los encierran (Esau, 1985; Greyson, 1994). El gineceo consta

de tres partes: el ovario, que es la estructura donde se albergan los rudimentos seminales u óvulos; el estilo, que resulta de la prolongación de la pared del ovario; y el estigma, que es la estructura terminal del estilo.

Durante la antesis, los carpelos muestran solo parénquima y tejido conectivo y una cubierta epidérmica con cutícula. Cuando el ovario se transforma en fruto es cuando ocurren grandes cambios histológicos en la pared del ovario. El estilo y el estigma presentan características histológicas especiales encaminadas a facilitar la germinación y la entrada de los tubos polínicos hacia los óvulos o rudimentos seminales. La prolongación del estigma se diferencia en una epidermis glandular, cuyas células son ricas en protoplasma. Esta parte es papilosa y cubierta de cutícula, la cual segrega el líquido estigmático que contiene aceites, azúcares y aminoácidos. Entre el estigma y el ovario existe un tejido especializado a través del cual penetra el tubo polínico. Este tejido alimenta al tubo polínico y se llama tejido de transmisión. El estilo puede ser hueco o sólido, dependiendo del grado de fusión o de soldadura de los carpelos libres. El estilo hueco en los gineceos sincárpicos puede tener uno o varios canales, siendo en este último tantos como carpelos. Los canales estilares se encuentran revestidos por tejido de transmisión que puede ser papiloso. Las células de este tejido están recubiertas de cutícula. En el estilo sólido, el tejido de transmisión está formado por tiras alargadas de células ricas en citoplasma. Las células muestran pocas vacuolas, ricas en almidón y poseen abundantes ribosomas y muy desarrollado el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi (Fahn, 1978).

Placentación

La placentación es el tipo de distribución de los rudimentos seminales en el carpelo y se localizan en la parte basal del carpelo u ovario. La placentación se denomina basal, aunque morfológicamente es pseudobasal, si el o los rudimentos seminales se encuentran cerca de la base del carpelo y, es suspendida si éste o éstos se localizan cerca del extremo distal. Cuando los carpelos son abiertos y fusionados entre sí (sincarpia), la placentación es parietal; si los carpelos se fusionaron entre sí después de cerrarse, la placentación es axial. En algunos casos, las paredes formadas por los carpelos cerrados y fusionados se destruyen en la temprana ontogenia. Entonces se forma una columna central de tejido en el ovario del cual se originan los rudimentos seminales. Este tipo de placentación se denomina cental libre y ocurre en cacao. Por lo general, un carpelo tiene tres venas, una dorsal (media) y dos ventrales (laterales). En algunos carpelos pueden existir venas adicionales y en otros casos una reducción (Flores-Vindas, 1999).

Estructura y Tipos de Óvulos o Rudimentos Seminales

El rudimento seminal consiste de la nucela que está rodeada de uno o dos integumentos y está unido a la placenta por el funículo. En el extremo libre del óvulo los integumentos dejan una abertura pequeña que se denomina micrópilo. La región en donde los integumentos se unen con el funículo se llama calaza (Fahn, 1978).

Según Foster y Gifford (1974), Fahn (1978), Greyson (1994) y Flores-Vindas (1999) existen los siguientes tipos de óvulos:

Ortótropo o átropo. Se encuentra en miembros de las familias *Poligonaceae*, *Juglandaceae* y *Najadaceae*. En éste el ápice nucelar está en línea recta con el funículo y no tiene curvatura. En la madurez, el hilo está en el extremo opuesto al micrópilo.

Anátropo. Son los más comunes en angiospermas. Está invertida su orientación como resultado de una curvatura de 180° del funículo, por lo que el ápice de la nucela está dirigido hacia la base del funículo. La curvatura se localiza en el nivel del funículo; éste se desplaza hacia un lado mediante crecimiento diferencial en la zona de unión con el rudimento y reduce el tegumento externo del lado ventral.

Hemítropo. En este tipo el grado de curvatura es intermedio entre el típico óvulo ortótropo y el anátropo.

Campilótropo. Es una variante del tipo ortótropo. Éstos desarrollan un micrópilo el cual está direccionado hacia la base del funículo debido a la curvatura ontogénica, o distorsión de la nucela. Un excesivo curvamiento del contorno del tejido nucelar (y del saco embrionario) es producido por la intrusión de la calaza, que es un tejido nucelar especializado llamado hipostasa. Este tipo de óvulos son característicos de miembros de las familias *Caryophyllaceae*, *Caparidaceae* y *Fabaceae*.

Anfitrópo. Éste es una variante del tipo anátropo. Hay intenso crecimiento diferencial en los lados del rudimento seminal, del funículo y la calaza; el funículo se desplaza hacia un lado y la nucela, los tegumentos y el saco embrional se curvan hacia el lado opuesto. El eje principal de la nucela forma un ángulo superior a 100° con el eje de la calaza. Los integumentos son más cortos del lado hacia el cual se desplaza el funículo.

Megasporogénesis y Megagametogénesis

La megasporogénesis es el proceso que se realiza en la parte femenina de la flor, en el ovario; y que da origen al saco embrionario (Stansfield, 1986; Greyson, 1994). Una célula madre diploide (megaspocito) se divide en el óvulo por meiosis formando en la primera división un par de células haploides. La segunda división meiótica produce un grupo de cuatro megasporas haploides. Después de la meiosis, tres de las megasporas degeneran. Durante la megagametogénesis, la megaspora que queda sufre tres divisiones mitóticas de los cromosomas sin que intervenga la citocinesis (cariocinesis), lo que produce una célula grande con ocho núcleos haploides (saco embrionario inmaduro). Este saco está rodeado por los tejidos maternos del óvulo que se llaman integumentos, y por el megasporangio (nucela). En un extremo del saco hay una abertura en los integumentos (micrópilo) por la cual entra el grano de polen. Tres núcleos del saco se orientan por sí mismos cerca del extremo micropilar y dos de estos (sinérgidas) degeneran. El tercer núcleo se desarrolla en un núcleo huevo u ovocélula. Otro grupo de tres núcleos se dirige hacia el extremo opuesto del saco y degeneran

(antípodas). Los dos núcleos restantes (polares) se encuentran unidos cerca del centro del saco formando un núcleo simple de fusión diploide. Así el saco embrionario maduro (megagametofito) está listo para la fecundación.

Androceo

La epidermis del filamento posee una cutícula y en algunas especies tricomas. Consta de parénquima con vacuolas bien desarrolladas y con pequeños espacios intercelulares. El tamaño y la forma externa varían entre las especies (Fahn, 1978).

Cada antera contiene cuatro sacos polínicos (microsporangios) que se disponen por pares en dos lóbulos. Los dos lóbulos se separan por una zona de tejido estéril que se denomina tejido conectivo, a través del cual pasan los haces conductores. La antera consta de protodermis y una masa de meristema fundamental. Todas las capas subepidérmicas de la antera joven pueden ser esporógenas. En las cuatro esquinas de la antera en desarrollo hay una fila de células iniciales hipodérmicas que se dividen periclinalmente para formar dos capas. La capa interna forma las *células esporógenas primarias*, que por divisiones forman las células madre del polen. La capa superior de las iniciales citadas, forma las *células parietales primarias*, de las que se forma la pared de los sacos polínicos y una gran parte del *tapete*. El tapete sirve para nutrir a las células madre de polen en desarrollo y a las microsporas (granos de polen). La capa más externa de las células parietales se localiza debajo de la epidermis de la antera.

Antes de la liberación del polen las paredes celulares de las células de esta capa se engruesan. Esta capa celular se denomina *endotecio* y responde a la dehiscencia del saco polínico (Fahn, 1978). En la mayor parte de las especies la dehiscencia es longitudinal, mediante líneas de dehiscencia llamadas fisuras. Antes de la dehiscencia el tejido existente entre los dos sacos de la teca suele desintegrarse, quedando esta zona solo recubierta por la epidermis antes de la dehiscencia.

Microsporogénesis y Microgametogénesis

La microsporogénesis se inicia con la meiosis y termina con la formación de microsporas haploides. Las células esporógenas primarias comienzan a dividirse mitóticamente en diferentes planos al mismo tiempo que se desarrolla la pared del saco polínico. De estas divisiones se derivan las células madre de los granos de polen, llamadas microsporocitos. Cada célula madre sufre una meiosis y forma una tétrada de microsporas haploides. Al finalizar el proceso meiótico las microsporas haploides se aíslan en la tétrada rodeándose cada una de una pared de calosa.

De acuerdo con la forma en que se construyan las envueltas de calosa de las microsporas, dentro de la tétrada, se distinguen varios tipos de disposición, misma que varía con las especies e incluso dentro de una misma especie. Las disposiciones más frecuentes son la tetraedral y la isobilateral.

Se distinguen dos tipos de formación de la pared. 1) el tipo sucesivo, es aquel en que cada división nuclear se acompaña de la formación de la pared, 2) el tipo simultáneo, es en el que las constricciones periféricas comienzan a producirse sólo después de que los cuatro núcleos están constituidos, la pared se forma hacia dentro desde estas constricciones. El tipo simultáneo es el más frecuente en dicotiledóneas, en tanto que el sucesivo lo es en monocotiledóneas.

La microgametogenesis es el proceso mediante el cual la microspora unicelular se divide (mitosis) en forma asimétrica y da origen a dos células hijas de diferente tamaño, que constituye el microgametofito (Flores-Vindas, 1999). La célula grande es la célula vegetativa y la pequeña es la célula generatriz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tiempo de Muestreo y Número de Árboles

El muestreo fue realizado durante el mes de abril, siendo esta la temporada de floración de la especie en Tabasco. Se consideraron cinco árboles de los cuales se colectaron 10 inflorescencias por cada uno, tomando como criterio que tuvieran partes florales en diferentes estadios (botones florales, flores abiertas y frutos con diferentes grados de desarrollo). De este último estadio se consideraron cuatro subestadios en base a su desarrollo.

Microtecnia

Para desarrollar el estudio se aplicó la metodología utilizada por Avitia (1996), la cual consiste en las fases siguientes:

1. Fijación

El material vegetal colectado se fijó en una solución FAA [50 % de etanol al 96 % + 5 % de ácido acético glacial + 10 % de formalina (formaldehído al 37 %) + 35 % de agua destilada] entre 15 y 30 minutos después de haber sido colectado. Para la fijación se utilizó una proporción de aproximadamente 2 partes de la solución FAA por una parte del tejido vegetal, mismo en el que permaneció por un periodo de un mes. Después los tejidos se lavaron en agua corriente durante 4 horas; luego se dieron dos lavados al material vegetal con alcohol etílico al 50 % y se colocaron en alcohol etílico al 70 % por un periodo de 4 horas. Posteriormente se colocaron en fijador GAA (25 % de glicerol + 50 % de etanol al 100 % + 0.0002 % de safranina o fast green + 25 % de agua destilada).

2. Deshidratación y transparentación

Se hizo en un procesador de tejidos automático (Histokinette), el cual consta de los procesos de deshidratación, transparentación e inclusión, tal como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Proceso para la inclusión en parafina de flores y frutos de nanche
[*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.].

Proceso	Reactivo	Tiempo (h)
Deshidratación	1. Etanol 50 %	6
	2. Etanol 70 %	6
	3. Etanol 96 %	6
	4. Etanol 96 %	6
	5. Etanol 100 %	6
	6. Etanol 100 %	6
Transparentación	7. Etanol 100 % xileno 100 % (1:1)	6
	8. xileno 100 %	6
	9. xileno 100 %	6
	10. xileno 100 %	6
Inclusión	11. parafina 56 °C	24
	12. parafina 56 °C	24

3. Inclusión en parafina

Todos los tejidos se llevaron a parafina fundida (al menos dos cambios) y se mantuvieron por 12 horas para cada cambio. Después se colocaron en pequeñas bandejas de aluminio con parafina fundida, orientándose las muestras en el plano deseado. Después de que se solidificó la parafina, se sacaron los bloques y se guardaron a temperatura ambiente.

4. Corte y montaje

Se cortaron pequeños trozos de parafina, los cuales contenían los tejidos vegetales. Después estos trozos se montaron en bases de madera para realizar los cortes anatómicos de $12\ \mu m$ de espesor, para lo cual se utilizó un microtomo rotatorio marca Leica Modelo 820.

Una vez que se obtuvieron los cortes en serie se seleccionaron los mejores, mismos que se montaron en un portaobjetos con adhesivo de Haupt (1 % de gelatina + 13 % de glicerol + 2 % de fenol en agua), se pusieron de 4 a 5 gotas de formaldehído al 10 %, lo que facilitó el montaje. El tejido se extendió sobre una platina. Los portaobjetos se dejaron escurrir durante 12 horas y después se colocaron sobre la platina a 55 °C por 24 horas para adherir mejor el tejido al portaobjetos.

5. Remoción de la parafina

La parafina se removió del tejido al momento de colocar los cortes en tres cambios de xileno al 100 % (3 minutos en cada cambio). Luego se hidrataron parcialmente, pasando los cortes a etanol al 100 %, 96 %, 70 % y 50 %, con duración de tres minutos en cada concentración.

6. Tinción con safranina y fast green (verde fijo)

Los cortes desparafinados y parcialmente hidratados se colocaron en safranina al 0.1 % durante 3 a 10 minutos.

Los cortes se lavaron en agua y se deshidrataron, pasándolos a etanol al 50 %, 70 %, 96 % y 100 % (5 segundos en cada concentración).

En la parte final del proceso los tejidos se montaron en bálsamo de Canadá para que las preparaciones fueran permanentes.

Observaciones al Microscopio

Después de la selección de las preparaciones, éstas fueron observadas utilizando un microscopio de luz blanca marca Carl Zeiss.

Metodología para la Cuantificación de Semillas

Se partieron un total de 700 endocarpios de nanche (25 por cada accesión) con el auxilio de unas tijeras de podar. De cada endocarpio se fueron contando las semillas presentes, así como lóculos vacíos, la cual se registró por accesión como: endocarpios con ninguna semilla, endocarpios con una semilla, endocarpios con dos semillas y endocarpios con tres semillas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura Floral

La flor contiene cinco pétalos, de los cuales uno es pequeño y aplanado (Figura 1A); los otros cuatro son más grandes y en forma de cuchara o espátula. Los cinco pétalos se insertan al receptáculo a través de un tallo corto semejante a un pedúnculo. La epidermis abaxial de los pétalos contiene uno a dos estratos celulares, cuyas células se alargan tangencialmente; mientras que la epidermis adaxial contiene únicamente un estrato de células; interiormente cada pétalo contiene de dos a seis estratos de células de parénquima, así como un sistema vascular. La flor contiene cinco sépalos gruesos (Figura 1D), alternos con los pétalos, y cuyas proyecciones subtienden a los pétalos. Los sépalos se encuentran enrollados a manera de caracol (Figura 2B). En su ápice contienen aproximadamente cuatro estratos celulares, mientras que en la base hay más de 30 estratos, siendo las células cercanas a la epidermis las más pequeñas; exteriormente los sépalos contienen tricomas unicelulares.

Por debajo del receptáculo se ubican 10 glándulas agrupadas en pares (Figura 1D), las cuales son de forma arriñonada. La epidermis de las glándulas está compuesta de un estrato de células muy alargadas tangencialmente, y tanto las células epidermales como las hipodermales contienen taninos abundantes (Figura 2B). La flor contiene 10 anteras, las cuales miden de 3 a 5 mm de longitud y contienen un filamento extremadamente corto de aproximadamente 1 mm de

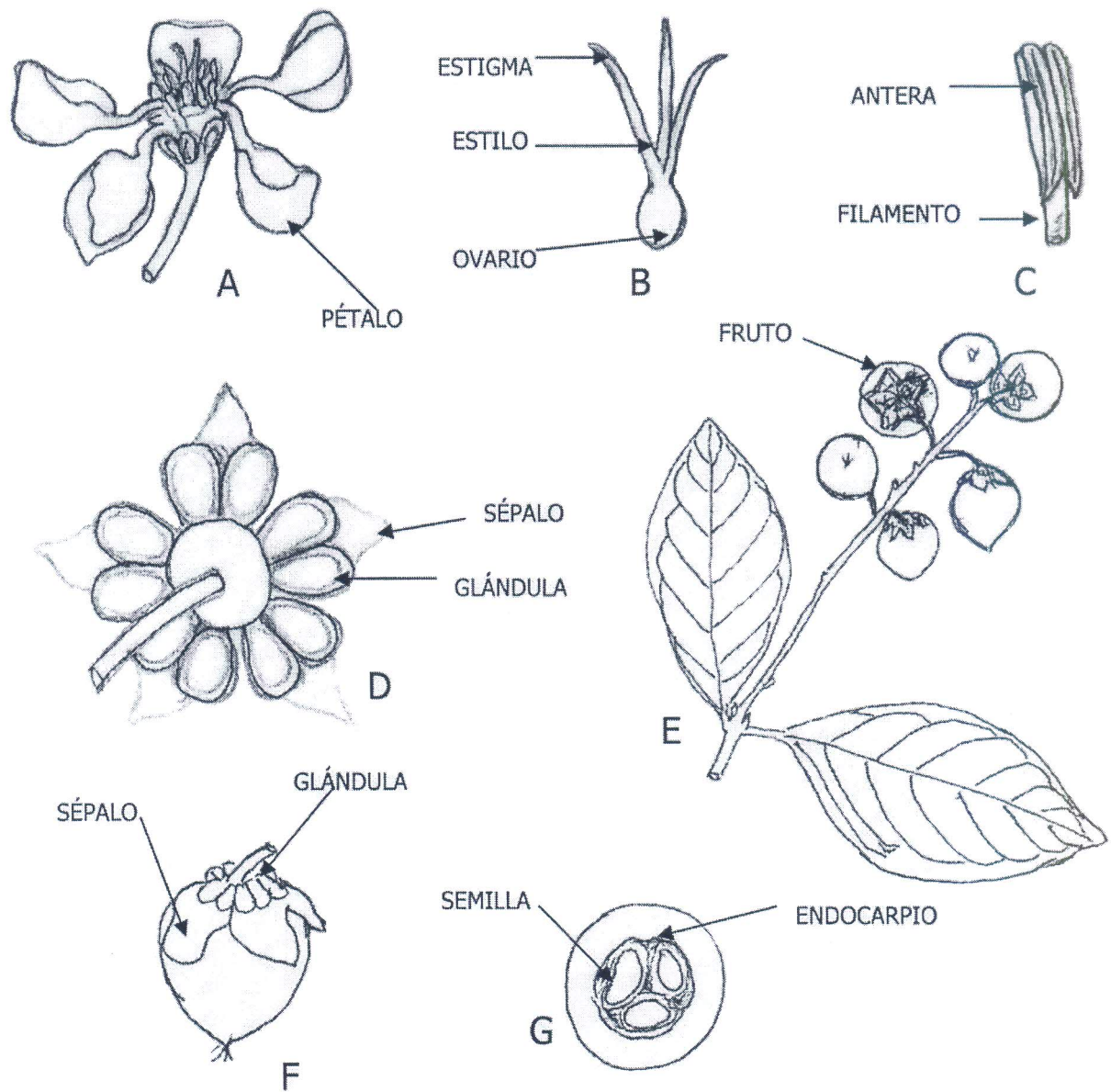


Figura 1. Esquema de diferentes estructuras del nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]. (A) Flor; (B) Gineceo; (C) Estambre; (D) Glándulas; (E) Rama con frutos; (F) Fruto; (G) Fruto y semillas.

largo (Figura 1C), contienen dos tecas y cuatro sacos polínicos (Figura 3A) y presentan una dehiscencia longitudinal; sus paredes contienen únicamente tres estratos celulares de los cuales uno corresponde a la epidermis, otro al endotecio y uno a las capas medias (Figura 3B). Hacia el estomio la pared se va haciendo cada vez más delgada; de tal manera, que en la parte del estomio las células del endotecio inicialmente son muy pequeñas y finalmente se destruyen. En algunas células del endotecio y las capas medias se encuentran drusas de oxalato de calcio.

Los granos de polen son tricolpados (Figura 3B). En la epidermis dorsal de las anteras se ubica una capa de células taníferas grandes y alargadas tangencialmente. En la base de los sacos polínicos se ubican cavidades grandes (Figura 3A). La unión de la antera al filamento es dorsifija.

El ovario es súpero, globoso a ovado y contiene tres carpelos (Figura 2A). Contiene tres estilos sólidos y encorvados que terminan a manera de aguja (Figura 1B). Cada uno de ellos contienen un canal exterior, que se proyecta desde la punta hasta la base del estilo; interiormente y paralelo hay un canal interno, el cual aparentemente se prolonga hasta la base de los estilos (Figura 2C).

Cada lóculo contiene un óvulo campilótropo (Figura 2D) que puede ser normal o abortivo (Figura 4A y 4C). La epidermis de los estilos contiene una sola capa de células y el estigma es sumamente delgado y sin células papilares. La epidermis del ovario contiene una sola capa de células alargadas de manera

tangencial y las células interiores del parénquima contienen cristales abundantes (Figura 2A).

Las células de la epidermis interior del ovario son más pequeñas. Los óvulos contienen abundante nucela y es más ensanchada en el extremo calazal. Es notoria la presencia de abundantes taninos en el extremo calazal, así como en la capa epidermal (Figura 4B). El funículo es extremadamente corto y muy próximo al micrópilo, con placentación axial (Figura 2A y 4C). Es muy frecuente la presencia de óvulos abortivos (Figura 4C). Aparentemente el aborto de óvulos se presenta después de la antesis; es probable que ocurra en los óvulos que no fueron polinizados y fecundados. El primer indicio del aborto es un colapso de los mismos, el cual inicia en la parte más desarrollada de la nucela, para posteriormente continuarse hacia el micrópilo y el funículo para terminar con un colapso total (Figura 4C).

Posterior a la fecundación inicia el desarrollo del embrión, el cual se ubicó muy cerca del micrópilo. Durante este proceso ocurrió la desintegración de la nucela y el endospermo (Figura 3C). Posteriormente se alargan los cotiledones, adquiriendo el embrión la etapa conocida como torpedo (Figura 3D) y el suspensor se reduce a una o dos células.

En el fruto la epidermis es monoestratificada, conteniendo células ligeramente alargadas tangencialmente. Aparentemente hay células de esclerénquima en el mesocarpio y la mayor parte de las células contiene

abundantes taninos. El mesocarpio contiene de 40 a 60 estratos celulares (Figura 4D). Las células del endocarpio son sumamente pequeñas y alargadas, orientadas por grupos en diferentes direcciones, y contiene de 30 a 60 estratos celulares, los cuales inicialmente son de parénquima y posteriormente se convierten en esclerénquima para formar el endocarpio o hueso del fruto (Figura 4D).

Observaciones Sobre Semilla

Antes de analizar las semillas de nanche, brevemente se comentará algunos conceptos botánicos. El pericarpio de los frutos consiste de exocarpio (capa exterior), mesocarpio (parte comestible) y endocarpio (hueso o parte endurecida). Por lo que endocarpio es diferente de semilla. En el interior del endocarpio del fruto de nanche se encuentran tres cavidades o lóculos en donde se pueden tener de cero a tres semillas.

Se encontró una gran variación en cuanto al número de semillas en las diferentes accesiones de nanche. Las accesiones 10 y 12 presentaron el mayor número de semillas por endocarpio; asimismo los menores porcentajes de aborto de las mismas. Con excepción de éstas, las demás accesiones tuvieron porcentajes de aborto superiores al 50 %, y un 35.7 % del total presentó abortos superiores al 70 %. Es importante indicar que de la población muestreada el 62.86 % presentó endocarpios con una semilla, seguido por endocarpios con dos semillas. Los mayores porcentajes de aborto de semillas se presentaron en las accesiones 24 (80 %), 19 (78.6 %) y 7 (77.3 %) (Cuadros 2 y 3, Figura 5).

Figura 2A. Corte longitudinal del gineceo.

ST – Estilo

PE – Pétalo

OA – Ovario

OV – Óvulo

LO – Lóculo

Figura 2B. Corte longitudinal del nectario y sépalo

SP – Sépalo

PE – Pétalo

GL – Glándula

Figura 2C. Corte transversal de los estilos

SU – Surco exterior

CA – Canal interno

EP – Epidermis

Figura 2D. Corte transversal del ovario

SE – Saco embrionario

OV – Óvulo

EP – Epidermis

LO – Lóculo

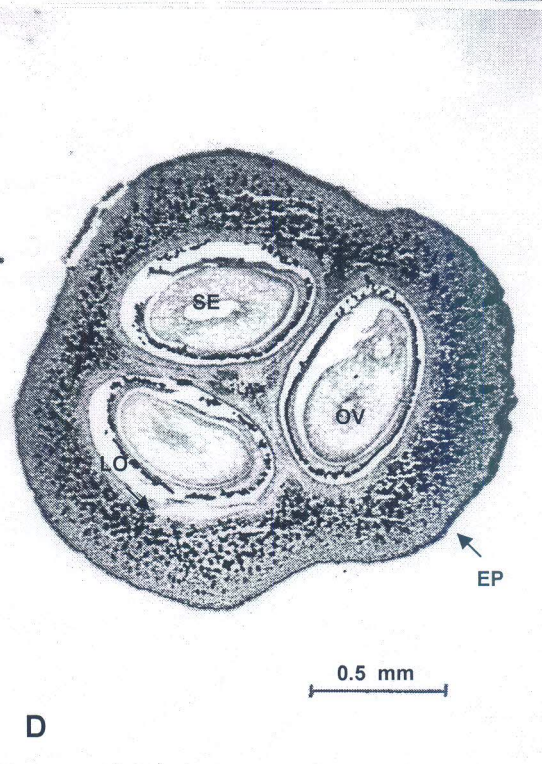
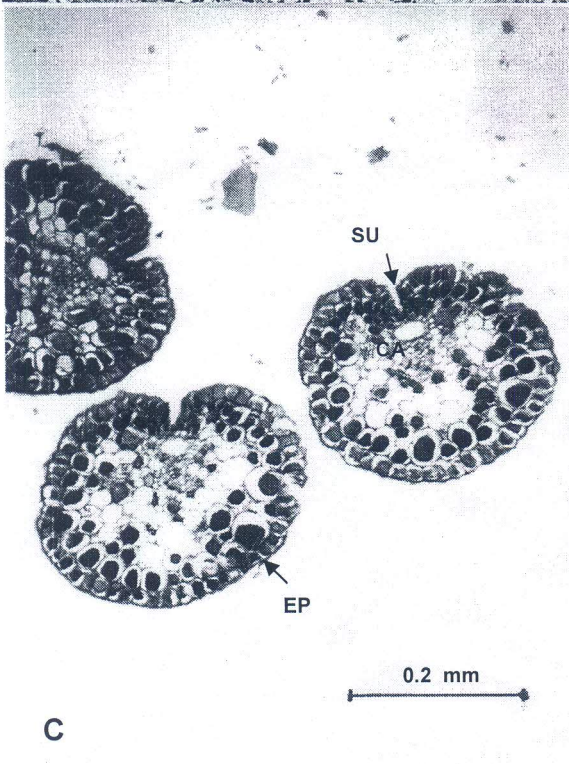
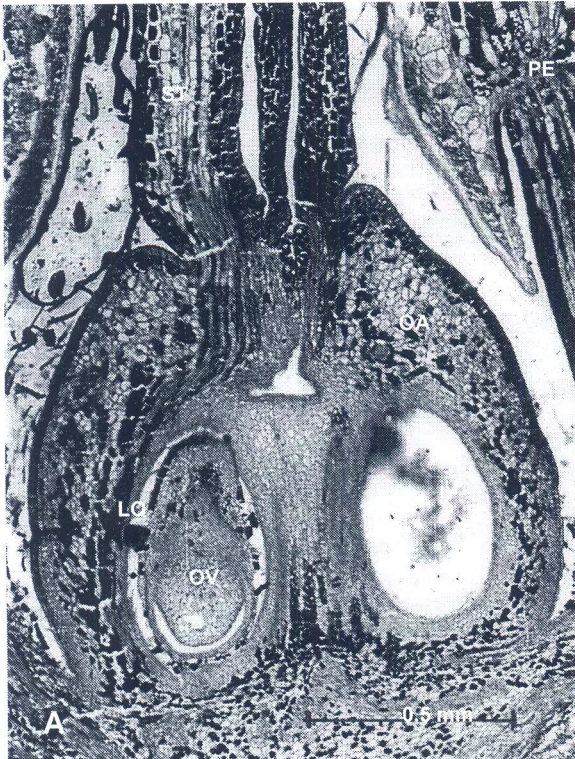


Figura 3A. Corte transversal de una antera

PA – Pared de la antera

CV – Cavity

VA – Sistema vascular

EP – Epidermis

ST – Estomio

SP – Saco polínico

Figura 3B. Corte transversal de un saco polínico

PA – Pared de la antera

PO – Granos de polen

ES – Endotecio

CM – Capas medias

Figura 3C. Corte longitudinal del embrión

PC – Primordios de cotiledones

SU – Suspensor

EN – Endospermo

Figura 3D. Corte longitudinal de una semilla

EN – Endospermo

CO – Cotiledones

NU – Nucela

TE – Tegumento

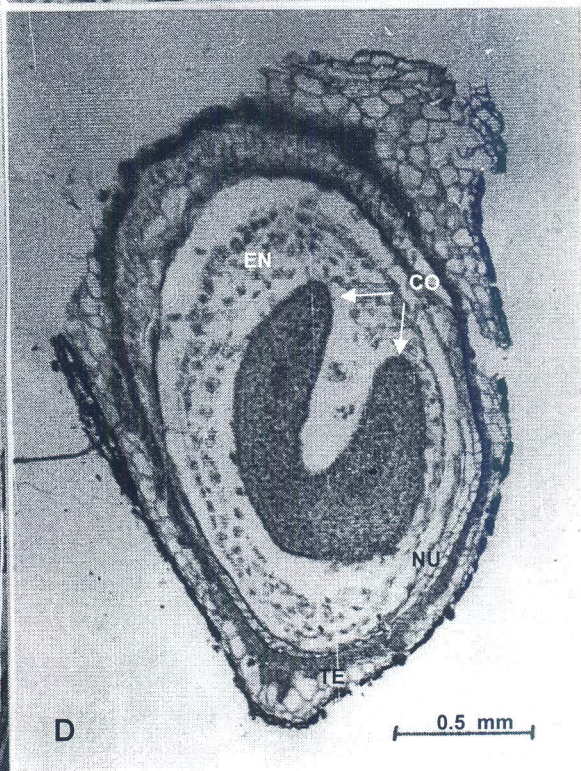
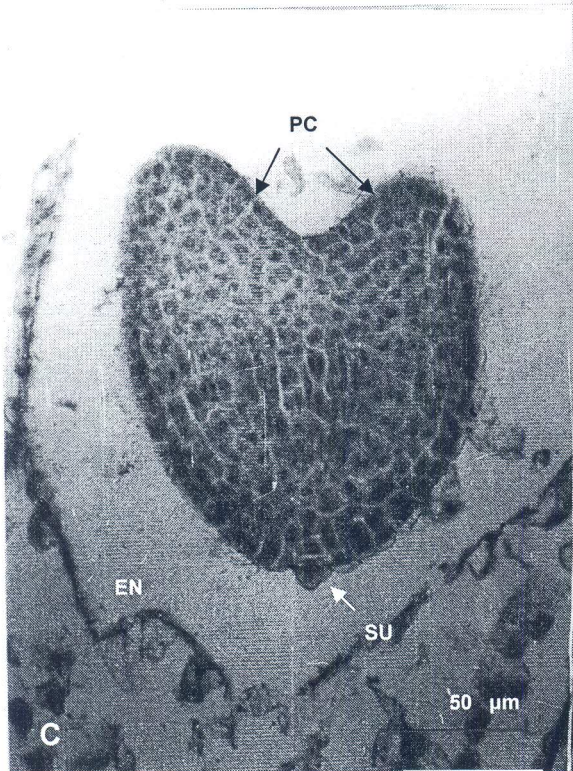
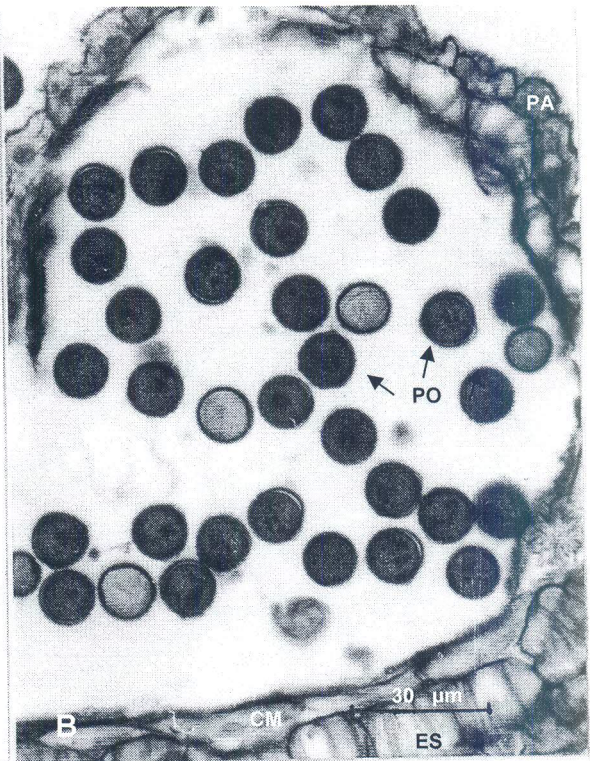
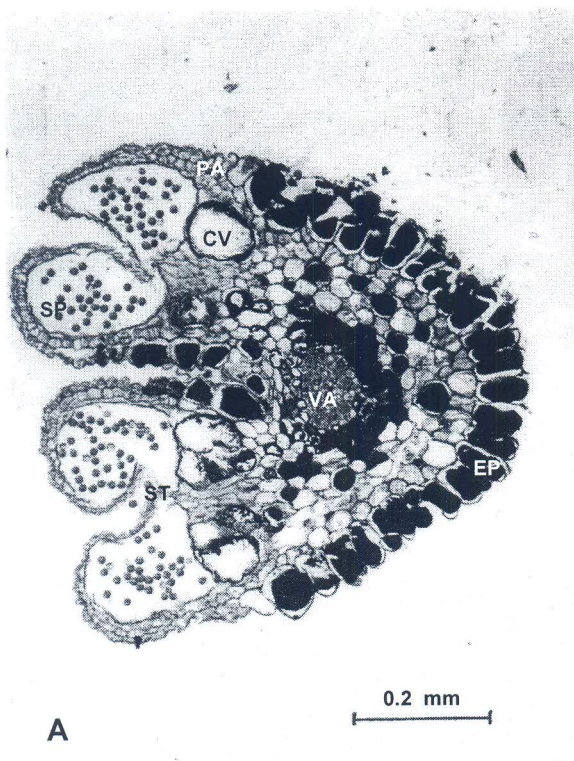


Figura 4A. Corte longitudinal de un óvulo

CA – Calaza

FU – Funículo

SE – Saco embrionario

LO – Lóculo

NU – Nucela

EI – Epidermis interna

Figura 4B. Corte longitudinal de un óvulo

NU – Nucela

CA – Calaza

MI – Micrópilo

TE – Tegumentos

FU – Funículo

Figura 4C. Corte longitudinal de un fruto

EI – Epidermis interna del ovario

LO – Lóculo

TE – Tegumento

NU – Nucela

CA – Calaza

FU – Funículo

OA – Ovario

Figura 4D. Corte longitudinal de un fruto

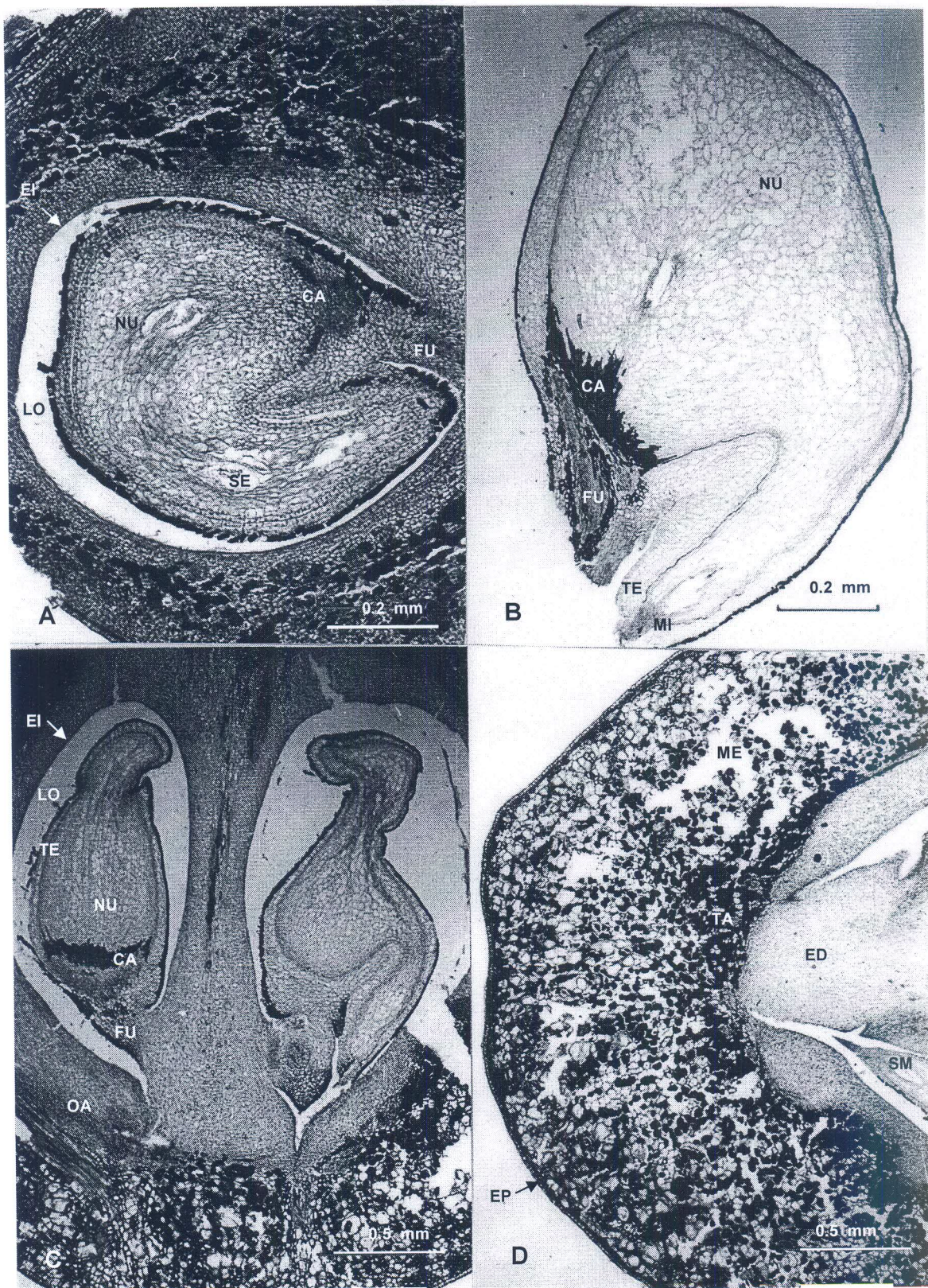
ME – Mesocarpio

TA – Taninos

ED – Endocarpio

SM – Semilla

EP – Epidermis



El 16.71 % del total de los endocarpios analizados no tuvieron semillas y 1.57 % del total presentaron endocarpios con tres semillas, siendo esto un número muy reducido, los cuales se encontraron en las accesiones 2, 10, 12, 13, 17 y 20 (Cuadro 2). El endocarpio del fruto de nanche está constituido por estructuras duras y leñosas, de forma ovoide o subgloboso, arrugado, de unos 10 a 13 mm de largo y con bordes afilados. Cavalcante (1996) menciona que el endocarpio posee una semilla viable. El embrión es ligeramente curvo, enrollado, de color amarillo verdoso y ocupa la mayor parte del lóculo. Presenta dos cotiledones desiguales y enrollados. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo contrastan con lo reportado por Villachica (1996), quien menciona que el endocarpio contiene de una a tres semillas viables. La mayor frecuencia (71 %) es de endocarpios con tres semillas, seguido por los de dos semillas (21.5 %) y con una semilla (7.5 %). Cuando un endocarpio contiene más de una semilla, éstas se encuentran en lóculos separados.

Los resultados anteriores, muestran la variabilidad en la cantidad de semillas en el endocarpio, el cual posiblemente tenga relación con el grado de dispersión de la especie por las aves y mamíferos que consumen esta fruta de manera natural. Asimismo, el hecho de que algunas accesiones tengan un alto porcentaje de aborto, tal vez sea un mecanismo biológico natural para la regulación poblacional de la especie. Además es probable que las diferencias encontradas en el número de semillas de las diferentes accesiones tengan relación con su grado evolutivo.

Cuadro 2. Número y porcentaje de semillas encontradas en 25 endocarpios por
 accesoión de frutos desarrollados en el estado de Tabasco (2005).

Accesión	Código	Número de Semillas Presentes (%)			
		0	1	2	3
1	IXT1	6 (24)	18 (72)	1 (4)	0 (0)
2	TEA1	0 (0)	18 (72)	5 (20)	2 (8)
5	TEA2	5 (20)	19 (76)	1 (4)	0 (0)
6	IXT2	3 (12)	19 (76)	3 (12)	0 (0)
7	TEA3	8 (32)	17 (68)	0 (0)	0 (0)
8	IXT3	6 (24)	16 (64)	3 (12)	0 (0)
9	CEN3	7 (28)	14 (56)	4 (16)	0 (0)
10	TEA4	0 (0)	9 (36)	12 (48)	4 (16)
11	TEA5	3 (12)	19 (76)	3 (12)	0 (0)
12	TEA6	0 (0)	13 (52)	11 (44)	1 (4)
13	TEA7	6 (24)	6 (24)	11 (44)	2 (8)
14	TEA8	3 (12)	17 (68)	5 (20)	0 (0)
15	TEA9	3 (12)	16 (64)	6 (24)	0 (0)
16	TEA10	1 (4)	13 (52)	11 (44)	0 (0)
17	TEA11	3 (12)	16 (64)	5 (20)	1 (4)
19	TEA13	11 (44)	12 (48)	2 (8)	0 (0)
20	TEA14	11 (44)	8 (32)	5 (20)	1 (4)
21	TEA15	5 (20)	18 (72)	2 (8)	0 (0)
22	TEA16	3 (12)	17 (68)	5 (20)	0 (0)
23	HUI1	4 (16)	14 (56)	7 (28)	0 (0)
24	HUI2	10 (40)	15 (60)	0 (0)	0 (0)
25	HUI3	1 (4)	16 (64)	8 (32)	0 (0)
26	HUI4	1 (4)	24 (96)	0 (0)	0 (0)
27	TEA17	3 (12)	17 (68)	5 (20)	0 (0)
34	IXT5	5 (20)	10 (40)	10 (40)	0 (0)
36	TEA18	6 (24)	19 (76)	0 (0)	0 (0)
37	TEA19	1 (4)	22 (88)	2 (8)	0 (0)
38	TEA20	2 (8)	18 (72)	5 (20)	0 (0)
TOTAL		117 (16.71)	440 (62.86)	132 (18.87)	11 (1.57)

Al respecto, se presentan varias interrogantes para lograr el entendimiento del alto porcentaje de aborto presentado en las semillas de nanche, por lo que es importante continuar con estos estudios evaluando una mayor cantidad de accesiones para apoyar y cotejar la información presentada.

Cuadro 3. Número de semillas encontradas y porcentaje de aborto de las accesiones de nanche de Tabasco, en condiciones de polinización natural. Los promedios fueron obtenidos de una muestra de 25 endocarpios por accesión.

Accesión	Número de Semillas en 25 Frutos (%)*	Número de Semillas Promedio por Endocarpio	Porcentaje de Aborto
1	20 (27)	0.8	73.33
2	34 (45)	1.4	54.66
5	21 (28)	0.8	72.00
6	25 (33)	1.0	66.66
7	17 (23)	0.7	77.33
8	22 (29)	0.9	70.66
9	22 (29)	0.9	70.66
10	45 (60)	1.8	40.00
11	25 (33)	1.0	66.66
12	38 (51)	1.5	49.33
13	34 (45)	1.4	54.66
14	27 (36)	1.1	64.00
15	28 (37)	1.1	62.66
16	35 (47)	1.4	53.33
17	29 (39)	1.2	61.33
19	16 (21)	0.6	78.66
20	21 (28)	0.8	72.00
21	22 (29)	0.9	70.66
22	27 (36)	1.1	64.00
23	28 (37)	1.1	62.66
24	15 (20)	0.6	80.00
25	32 (43)	1.3	57.33
26	24 (32)	1.0	68.00
27	27 (36)	1.1	64.00
34	30 (40)	1.2	60.00
36	19 (25)	0.8	74.66
37	26 (35)	1.0	65.33
38	28 (37)	1.1	62.66

* El número de semillas esperadas en 25 frutos es de 75.

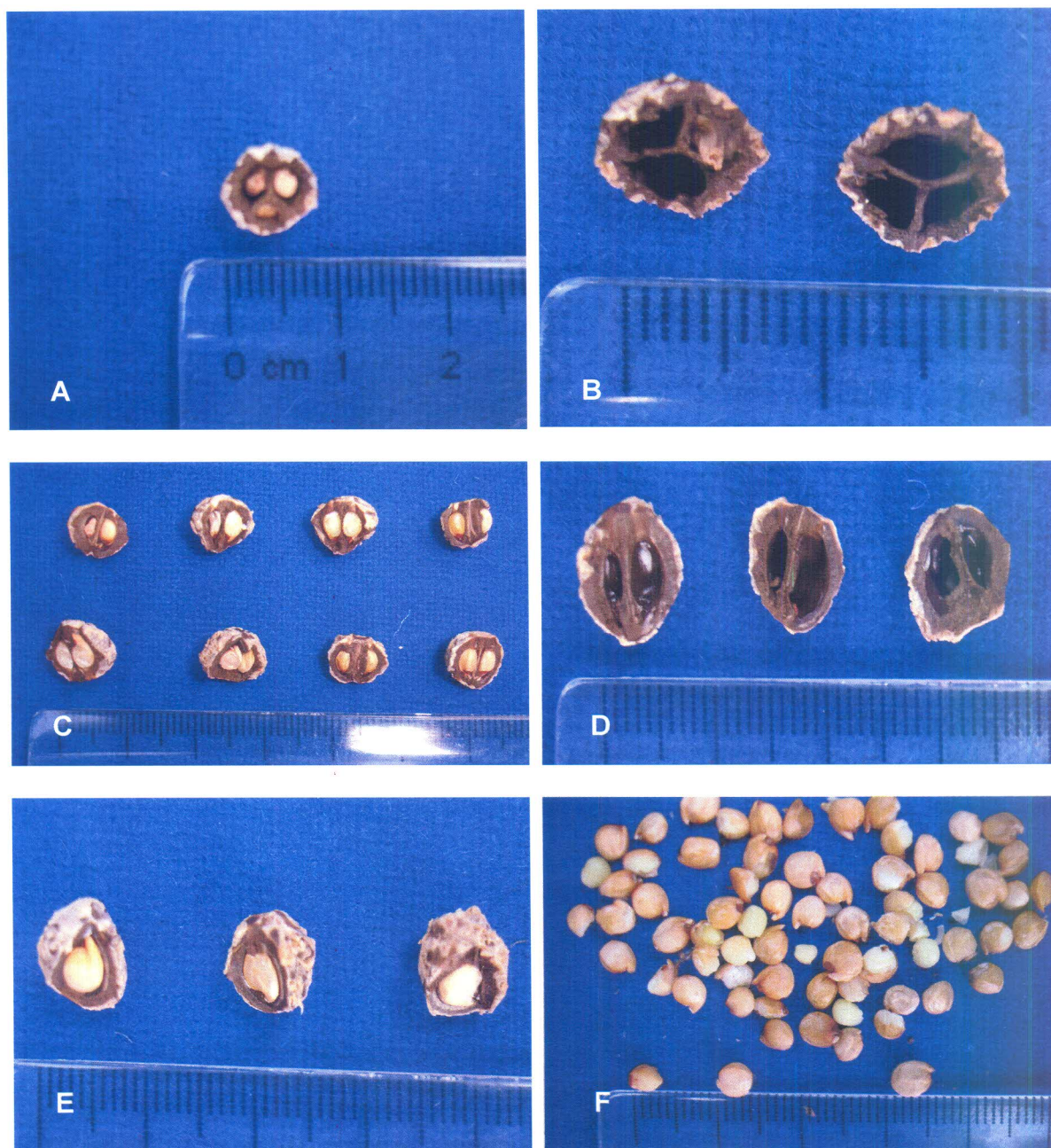


Figura 5. Endocarpios del fruto de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] mostrando la cantidad y presencia de semillas. A. Endocarpio mostrando tres semillas; B. Tres lóculos; C. Endocarpio mostrando dos semillas; D. Dos lóculos; E. Endocarpio mostrando una semilla; F. Tamaño relativo de las semillas de nanche.

CONCLUSIONES

Las accesiones 10 y 12 presentaron el mayor número de semillas por endocarpio, así como los menores porcentajes de aborto de las mismas.

En el nanche es frecuente la presencia de semillas abortivas, ya que de las accesiones evaluadas un 35.7 % del total presentó porcentajes de aborto superiores al 70 %.

El 62 % de los endocarpios presentaron una semilla, seguido por endocarpios con dos semillas. Sólo el 1.57 % del total de endocarpios presentó 3 semillas.

LITERATURA CITADA

Avitia G., E. 1996. Anatomía precigótica y postcigótica en relación al aborto de óvulos y semillas en *Spondias purpurea* L. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 118 p.

Cavalcante, P. B. 1996. Frutas Comestíveis da Amazônia. 6ª Edição. Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. Belém – Pará, Brasil. pp: 174-176.

Cordero, J.; Boshier D. H. (eds.). 2003. Árboles de Centroamérica. Un Manual para extensionistas. Instituto Forestal de Oxford-CATIE. San José, Costa Rica. 928 p.

Esau, K. 1985. Anatomía vegetal. Tercera edición revisada. Trad. del inglés por el

para la caracterización de los mismos. En particular para el nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.], no se han realizado trabajos en los que se aplique la metodología de los programas de imagen para la caracterización de la diversidad genética existente en las poblaciones naturales de una determinada región.

Los descriptores propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos para algunos frutales (como por ejemplo, aguacate, vid, marañón, persimonia y litchi, por mencionar algunos) toman en consideración las características morfométricas de los órganos vegetales, particularmente los diversos atributos de la hoja. Con base en diversos estudios sobre la diversidad morfométrica de las hojas, es posible dilucidar los caracteres que permitan definir e identificar materiales con características similares. Además con esta información, es posible encontrar aquellos atributos más estables de las hojas y en el mediano plazo estar en posibilidades de proponer los descriptores de este órgano vegetal para la especie de referencia. Esta metodología ya ha sido aplicada en otras especies frutales para la definición y caracterización de cultivares, como en el caso de vid (Montero *et al.*, 1999; citado por Andrés-Agustín *et al.*, 2004) y chirimoya (Andrés-Agustín *et al.*, 2004). Aunque anteriormente Potes (1987), sin la utilización de imágenes, realizó un estudio con mediciones de las hojas de olivo y utilizó caracteres morfológicos para la diferenciación de cultivares, en donde encontró que presentan alta estabilidad, baja fluctuación en los valores cuando se trabaja a través de los años y tienen gran valor discriminante.

Rojas (1987) y Reyes (1988) realizaron un estudio anatómico morfológico en hojas de 12 especies frutales caducifolias en la región de Saltillo, Coahuila. Encontraron variación significativa en la densidad estomática entre las especies estudiadas, las hojas que presentaban mayor radiación solar siempre tuvieron mayor peso específico. La caracterización histológica mostró marcadas diferencias en cuanto al número de capas de parénquima en empalizada, grado de compactación del tejido esponjoso, espacios aéreos y tamaño de células, tanto en empalizada como esponjoso. Finalmente se correlacionó la estructura del mesófilo encontrado con algunas características ecológicas, en donde se sugiere que el grado de compactación celular varía en función del medio en el que se desarrolla la especie frutal.

García y Rodríguez (1994) realizaron un trabajo con siete cultivares de duraznero en donde encontraron que los caracteres de hojas más útiles para diferenciar cultivares fueron: el tamaño de los nectarios peciolares y el número de los estipulares, indican además que los otros caracteres carecen de importancia.

Por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo realizar la caracterización morfométrica de las hojas de diferentes colectas de nanche del estado de Tabasco.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las hojas son los órganos laterales que se originan en sucesión en el meristemo apical del tallo. La hoja es un órgano de crecimiento determinado y simetría dorsiventral; muy variable en estructura y función, aunque suele mostrar especialización como órgano fotosintético. Una hoja típica consta de una lámina o limbo, un pie o peciolo y la base foliar. Las hojas de la mayoría de las dicotiledóneas presentan una vena central o vena media continua con el haz del peciolo y los haces vasculares que forman una red en la lámina. La lámina foliar difiere en tamaño, forma, textura y tipo de margen (Flores-Vindas, 1999). Histológicamente la hoja está formada por tres tipos de sistemas de tejidos: epidermis, mesófilo y tejidos vasculares (Fahn, 1978; Esau, 1985; Flores-Vindas, 1999).

La epidermis de las hojas varía en cuanto a número de capas, forma, estructura, disposición de los tricomas y existencia de células especializadas. Dada la estructura aplanada de la superficie de la hoja, la parte que está más próxima al entrenudo superior y que mira hacia arriba (haz) se llama superficie adaxial; y la otra superficie inferior (envés) se denomina abaxial (Fahn, 1978). La epidermis de las hojas puede estar compuesta de diversas células: guardianas u oclusivas de los estomas, subsidiarias, tricomas o tricomas glandulares o no glandulares, células silíceas y del corcho, células buliformes y litocistos (Flores-Vindas, 1999).

El mesófilo es el tejido parenquimatoso situado entre la epidermis adaxial y abaxial. Éste sufre diferenciación para dar lugar a los tejidos fotosintéticos; es decir, las células presentan gran cantidad de cloroplastos. Existen dos tipos de parénquima: 1) *en empalizada*, cuyas células son alargadas y dispuestas en sección transversal de la hoja, tienen apariencia tubular y en hileras. En una sección paralela a la superficie foliar, se encuentra una hilera de células redondeadas. 2) *esponjoso*, que contiene células de distintas formas. Pueden parecerse a las células del parénquima en empalizada o ser isodiamétricas, o alargadas en dirección paralela a la superficie de la hoja. La característica de las células de este parénquima es la presencia de lóbulos que contactan con los de las células vecinas.

El peciolo es la parte que une a la hoja con el tallo. Existen semejanzas en las estructuras del tejido del peciolo con las del tallo. La epidermis del peciolo es continua con la del tallo. Las células parenquimatosas del peciolo, como las del córtex, contienen pocos cloroplastos comparadas con las de la lámina foliar. Los tejidos de sostén del peciolo están compuestos de colénquima, esclerénquima o ambos. Los haces vasculares pueden ser colaterales, bicolaterales, o concéntricos. El floema está acompañado en muchas especies por grupos de fibras. La disposición de los tejidos vasculares en el peciolo difiere en las distintas plantas (Fahn, 1978), pudiendo aparecer en forma de media luna, anillo continuo o discontinuo, o como un anillo con haces adicionales externos e internos (Flores-Vindas, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron hojas con peciolo de árboles de nanche de la Región Sierra del estado de Tabasco, México, durante el mes de marzo de 2005. La ubicación de los árboles se determinó con un geoposicionador etrex Vista Cx los cuales se presentan en el Cuadro 8. La condición antropocéntrica se evaluó de manera visual y mediante la información proporcionada por habitantes del lugar. Se tomaron ramas de los cuadrantes que forman los cuatro puntos cardinales del árbol marcado, y de cada cuadrante la parte media y periférica de la copa del árbol (Potes, 1987). Las hojas muestreadas fueron del crecimiento del mismo año, de las cuales se eligieron 10 hojas representativas por cada accesión (Alavez-López *et al.*, 2000). Los criterios para la colecta fueron que éstas tuvieran madurez completa, sanas y sin daños físicos en la superficie foliar. Se colocaron en una prensa botánica por varios días y constantemente se hicieron cambios de papel periódico para lograr un mejor secado. Posteriormente se digitalizaron con un scanner marca EPSON PERFECTION modelo 2400 PHOTO. Para lograr mejor nitidez de las imágenes se utilizó el programa Adobe Photoshop versión 7.0 y se midieron con un analizador de imágenes, utilizando el programa Image Tool versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002), y se calcularon las variables morfométricas. Con la ayuda del programa Adobe Photoshop versión 7.0 se eliminó el peciolo, dejando solo el limbo para digitalizarse por separado y determinar las variables relacionadas con este órgano vegetal.

Cuadro 8. Sitios de colecta y nombre de las accesiones de hojas de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] colectadas en el estado de Tabasco.

Accesión	Código	Condición antropocéntrica*	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud
1	IXT1	T	379	17° 29' 31"	92° 57' 38"
2	TEA1	F	71	17° 33' 24"	92° 57' 2"
3	CEN1	F	22	17° 47' 56"	92° 58' 48"
4	CEN2	F	22	17° 47' 31"	92° 56' 31"
5	TEA2	T	87	17° 33' 22"	92° 56' 53"
6	IXT2	F	344	17° 29' 27"	92° 57' 42"
7	TEA3	T	70	17° 33' 48"	92° 56' 17"
8	IXT3	T	312	17° 29' 31"	92° 57' 39"
9	CEN3	F	22	17° 47' 31"	92° 56' 31"
10	TEA4	T	37	17° 33' 15"	92° 56' 53"
11	TEA5	T	37	17° 33' 15"	92° 56' 53"
12	TEA6	T	36	17° 33' 22"	92° 56' 53"
13	TEA7	T	37	17° 33' 15"	92° 56' 52"
14	TEA8	F	37	17° 33' 14"	92° 56' 52"
15	TEA9	F	18	17° 45' 15"	93° 1.2' 15"
16	TEA10	F	18	17° 45' 15"	93° 00' 41"
17	TEA11	F	18	17° 42' 17"	93° 00' 35"
19	TEA13	T	45	17° 34' 16"	92° 59' 25"
20	TEA14	S	41	17° 34' 16"	92° 59' 25"
21	TEA15	S	51	17° 33' 22"	93° 00' 9"
22	TEA16	S	41	17° 34' 16"	92° 59' 25"
23	HUI1	T	37	17° 38' 59"	93° 23' 55"
24	HUI2	F	50	17° 40' 0.9"	93° 24' 21"
25	HUI3	F	37	17° 38' 59"	93° 23' 55"
26	HUI4	F	50	17° 40' 04"	93° 24' 22"
27	TEA17	F	18	17° 45' 15"	93° 1.2' 15"
28	CHA1	S	44	17° 33' 27"	92° 51' 58"

Continúa...

Continuación...

Accesión	Código	Condición antropocéntrica*	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud
29	CHA2	S	44	17°33'27"	92°51'58"
30	CHA3	S	24	17°33'26"	92°51'58"
31	CHA4	S	23	17°33'27"	92°51'58"
32	CHA5	S	24	17°33' 31"	92°51'50"
33	IXT4	T	338	17°29'31"	92°57'42"
34	IXT5	F	349	17° 29' 31"	92° 57' 42"
35	CHA6	S	24	17°33'31"	92°51'50"
36	TEA18	S	39	17° 33' 25"	93° 00' 18"
37	TEA19	S	40	17° 33' 25"	93° 00' 18"
38	TEA20	S	54	17° 34'16"	92° 59' 25"
39	CHA7	S	24	17° 33' 31"	92° 51' 50"

* S= Silvestre; T= Tolerado; F= Fomentado.

Las variables morfométricas que se determinaron fueron las que se presentan en el Cuadro 9, las cuales se muestran en la hoja representativa (Figura 9).

Con las medias obtenidas de los caracteres anteriores se realizó una primer matriz básica de datos (MBD), de la que se obtuvo un análisis de correlación de Pearson, con el fin de seleccionar los caracteres altamente correlacionados ($P \leq 0.01$), para luego elaborar una nueva MBD a partir de la cual se hizo un análisis de componentes principales. Para ello se estandarizaron los datos para reducir el efecto de las diferentes escalas de medición. Se calculó la matriz de similitud y disimilitud entre las unidades taxonómicas operativas (OTU) en función

Cuadro 9. Caracteres morfométricos evaluados en hojas de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.].

Variable	Notación	Tipo de medición
Área foliar (cm ²)	AF	Automática
Perímetro foliar (cm)	PF	Automática
Índice de redondez del limbo $[(4 \pi \text{ área})/\text{perímetro}^2]$	IRL	Automática
Ángulo de la quinta vena de la base al ápice (°)	A5V	Manual
Ángulo apical (°)	AA	Manual
Ángulo basal (°)	AB	Manual
Longitud del eje mayor del limbo (cm)	LEMYL	Automática
Longitud del eje menor del limbo (cm)	LEMNL	Automática
Longitud del peciolo (cm)	LP	Manual
Ancho del peciolo (cm)	AP	Manual
Relación longitud del eje mayor de limbo/longitud del eje menor	LEMYLLEMNL	Manual
Relación longitud del eje mayor de limbo/longitud del peciolo	LEMYLLP	Manual
Relación longitud del eje menor del limbo/longitud del peciolo	LEMNLLP	Manual
Relación longitud del peciolo/ancho del peciolo	LPAP	Manual
Relación ángulo apical/ángulo basal	AAAB	Manual
Relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena	ABA5V	Manual
Relación ángulo apical /ángulo de la quinta vena	AAA5V	Manual

del coeficiente de distancia taxonómica, así como el diagrama bidimensional. También se realizó la agrupación de las OTU por el método de la media aritmética no ponderada (UPGMA). Posteriormente se realizó un análisis discriminante canónico para identificar diferencias entre grupos de individuos y entender las

relaciones de las variables medidas dentro de los grupos, así como verificar el agrupamiento formado por el análisis de conglomerados. El análisis de la

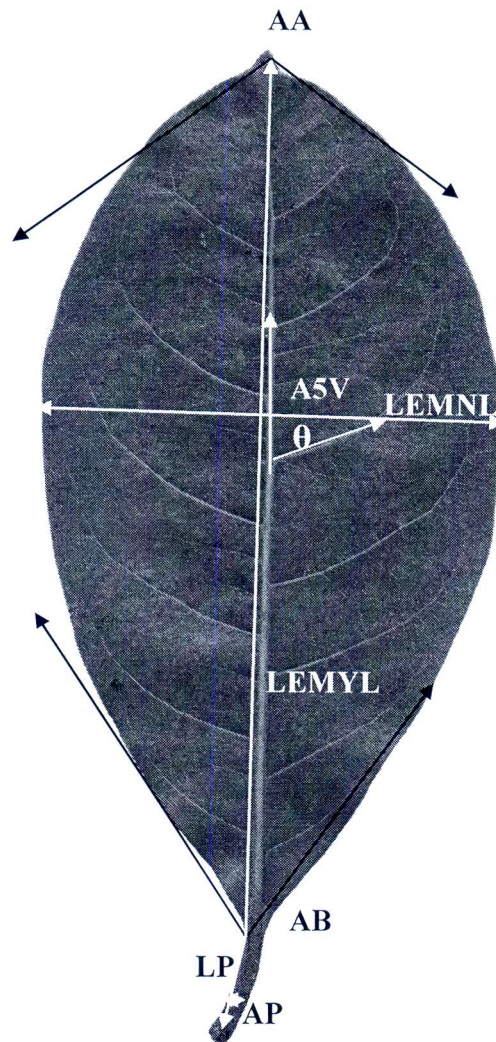


Figura 9. Hoja representativa de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] con los caracteres evaluados. LEMYL: Longitud del eje mayor del limbo; LEMNL: Longitud del eje menor del limbo; A5V: Ángulo de la quinta vena; AA: Ángulo apical; AB: Ángulo basal; LP: Longitud del peciolo; AP: Ancho del peciolo.

información resultante se llevó a cabo mediante los programas SAS para Windows versión 8.0 (Broschat, 1979; Crisci y López-Armengol, 1983; Pla, 1986; SAS Institute, Inc., 1999; Johnson, 2000; González-Andrés, 2001; Franco e Hidalgo, 2003). También se realizó un análisis de varianza dentro de cada grupo formado y la prueba de comparación de medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Componentes Principales

Los tres primeros componentes principales describen el 77.28 % de la variación (Cuadro 10). El componente principal 1 (CP1), explica el 31.35 % de la variabilidad total, las variables que mejor describen y explican esta variación son: longitud del eje menor del limbo (LEMNL); índice de redondez del limbo (IRL); ángulo basal (AB); ángulo de la quinta vena de la base al ápice (A5V); relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor (LEMYLLEMNL); relación longitud del eje menor del limbo/longitud del peciolo (LEMNLLP) y la relación entre el ángulo basal/ángulo de la quinta vena (ABA5V) (Cuadro 11). El componente principal 2 (CP2), explica el 25.79 % y las variables que describen esta variación son: perímetro foliar (PF); longitud del eje mayor del limbo (LEMYL); ángulo apical (AA); relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del peciolo (LEMYLLP) y la relación longitud del peciolo/ancho del peciolo (LPAP). El componente principal 3 (CP3) explica el 20.13 % de la variabilidad total y las variables que la explican son:

área foliar (AF); longitud del peciolo (LP); ancho del peciolo (AP); relación entre el ángulo apical/ángulo basal (AAAB) y la relación ángulo apical/ángulo de la quinta vena (AAA5V). De acuerdo con los vectores característicos, el CP1 se explica por siete caracteres, de los cuales cuatro son mediciones individuales y tres son variables generadas mediante relación y los CP2 y CP3 son explicados por cinco caracteres (Cuadro 11).

Cuadro 10. Valores propios y proporción de la variación explicada por los primeros tres componentes principales en 38 colectas de hoja de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.].

Componentes principales	Valor propio	Valor propio acumulado	Proporción de la varianza total explicada (%)	
			Absoluta	Acumulada
1	5.3295	5.3295	0.3135	31.35
2	4.3847	9.7142	0.2579	57.14
3	3.4226	13.1368	1.6544	77.28

La dispersión de los individuos que se muestra en el diagrama bidimensional (Figura 10) en un plano formado por los componentes principales 1 y 2 (57.14 % de la variabilidad total), agrupa las colectas de nanche en cinco grupos. Con respecto al componente principal 1 (CP1) el grupo IV está muy alejado de la media tomando valores positivos. Los individuos que conforman este grupo son (11, 20, 33 y 39). En esta región del cuadrante, pero más cercano a la media se encuentra el grupo III. El grupo II está sobre la media general. En la parte izquierda se encuentran los grupos I y V, los cuales toman valores negativos.

Cuadro 11. Eigenvectores de los primeros tres componentes principales en 38 colectas de hoja de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] procedentes de Tabasco y su coeficiente de correlación (R^2).

Caracter	CP1	CP2	CP3	R^2		
				CP1	CP2	CP3
AF	0.2416	0.2187	0.3532	0.55	0.45	0.65**
PF	0.1254	0.3221	0.3467	0.28	0.67**	0.64
LEMYL	0.0237	0.3910	0.2787	0.05	0.81**	0.51
LEMNL	0.3281	0.0411	0.3236	0.75**	0.08	0.59
IRL	0.3233	-0.2985	0.0195	0.74**	-0.62	0.03
AB	0.3659	-0.1783	-0.0963	0.84**	-0.37	-0.17
AA	0.1681	-0.2934	0.2665	0.38	-0.61**	0.49
LP	-0.2044	-0.1578	0.3702	-0.47	-0.33	0.68**
AP	0.1407	0.2265	0.2336	0.32	0.47	0.43*
A5V	0.1887	-0.0466	0.0065	0.43*	-0.09	0.01
LEMYLLEMNL	-0.3017	0.3107	-0.0728	-0.69**	0.65	-0.13
LEMYLLP	0.1974	0.3161	-0.2308	0.45	0.66**	-0.42
LEMNLLP	0.3408	0.1715	-0.1789	0.78**	0.35	-0.33
LPAP	-0.2424	-0.2886	0.1687	-0.55	-0.60**	0.31
AAAB	-0.2171	-0.0647	0.3200	-0.50	-0.13	0.59**
ABA5V	0.3138	-0.1843	-0.1117	0.72**	-0.38	-0.20
AAA5V	0.0549	-0.2467	0.2570	0.12	-0.51	0.47*

Área foliar (cm^2) (AF); perímetro foliar (cm) (PF); Longitud del eje mayor del limbo (cm) (LEMYL); Longitud del eje menor del limbo (cm) (LEMNL); Índice de redondez del limbo (IRL); Ángulo basal ($^\circ$) (AB); Ángulo apical ($^\circ$) (AA); Longitud del peciolo (cm) (LP); Ancho del peciolo (cm) (AP); Ángulo de la quinta vena ($^\circ$) (A5V); Relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor (LEMYLLEMNL); Relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del peciolo (LEMYLLP); Relación longitud del eje menor del limbo/longitud del peciolo (LEMNLLP); Relación longitud del peciolo/ancho del peciolo (LPAP); Relación ángulo apical/ángulo basal (AAAB); Relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena (ABA5V); Relación ángulo apical/ángulo de la quinta vena (AAA5V).

Tomando como referencia al componente principal 2 (CP2) los grupos I, IV y V se encuentran cercanos a la media y toman valores positivos; en tanto que los

grupos II y III toman valores negativos, aunque el grupo III se encuentra más cerca de la media (Figura 10).

Análisis de Conglomerados Jerárquico

En el dendrograma de ligadura completa formado por 38 colectas de nanche, considerándose una distancia euclidiana de 0.07, se formaron cinco grupos con características morfométricas similares de las hojas (Figura 11). En general, la agrupación coincidió con los grupos proyectados por los componentes principales 1 y 2 del diagrama bidimensional (Figura 10). Después de haber obtenido los grupos, se realizó un concentrado de las medias de los caracteres evaluados por cada grupo formado en el dendrograma, para definir las similitudes y diferencias entre caracteres de cada grupo (Cuadro 12).

El grupo I está conformado por las colectas 2, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 23, 24, 25 y 28. Las hojas tienen distinta procedencia. Se diferencian de los demás grupos por presentar los mayores valores en las variables: área foliar (AF), perímetro foliar (PF), longitud del eje menor del limbo (LEMNL) y ancho del pecíolo (AP). El área foliar es un carácter de importancia relacionado con la productividad. Por lo que al tener este grupo gran disponibilidad de superficie foliar para el desarrollo de fotosíntesis potencial, se esperaría que produjeran gran cantidad de fotosintatos y por lo tanto altos rendimientos de fruto (Roper, 1991).

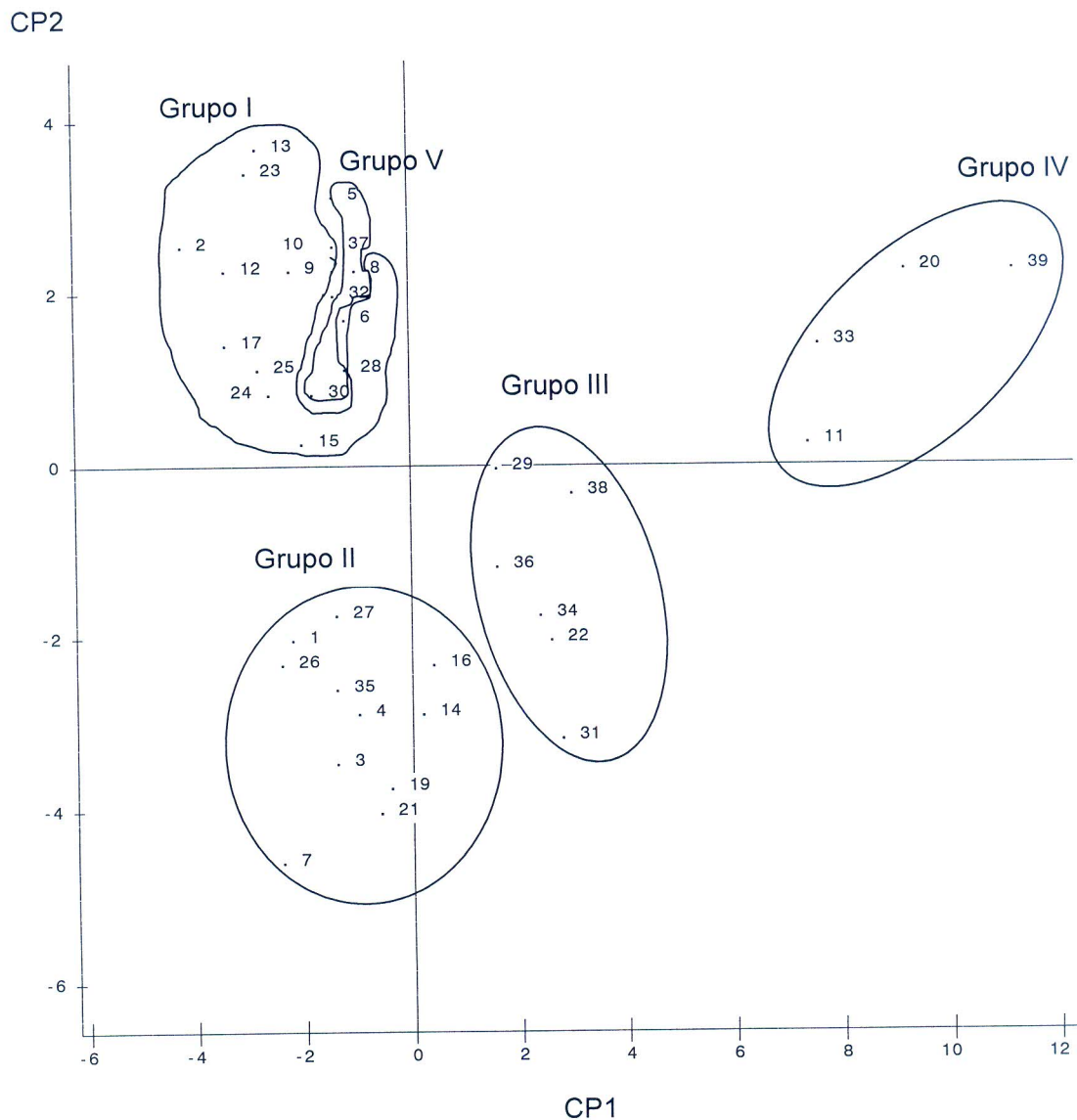


Figura 10. Diagrama de dispersión de 38 colectas de hoja de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] con base en los componentes principales 1 y 2.

El grupo II está formado por las colectas 1, 3, 4, 7, 14, 16, 19, 21, 26, 27 y 35, los cuales tienen diferentes procedencias. Presentan los mayores valores en los caracteres: longitud del eje mayor del limbo (LEMYL), relación longitud del eje

mayor del limbo/longitud del eje menor (LEMYLLEMNL), relación ángulo apical/ángulo basal (AAAB). Además presentan los menores valores en las variables: índice de redondez del limbo (IRL), ángulo basal (AB), relación longitud del eje menor del limbo/longitud del pecíolo (LEMNLLP), relación entre el ángulo basal/ángulo de la quinta vena (AB/A5V) y la relación entre el ángulo apical/ángulo de la quinta vena (AA/A5V).

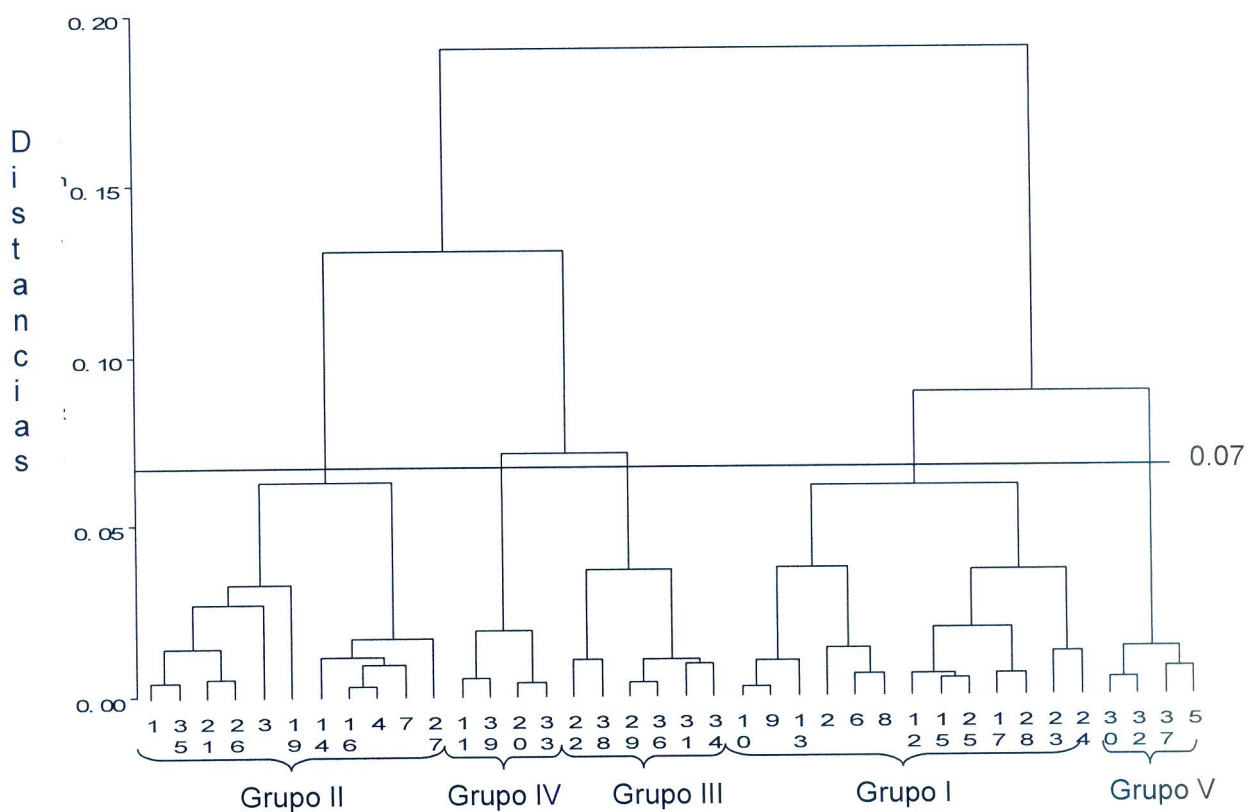


Figura 11. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método de UPGMA para 17 caracteres morfométricos de hoja de 38 colectas de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] procedentes de Tabasco, con base en distancias euclidianas.

Cuadro 12. Medias de los caracteres morfométricos de hoja de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma, así como la prueba de Duncan.

Caracter	Grupos									
	I (13)		II (11)		III (6)		IV (4)		V (4)	
AF ^z	49.25	ab	56.54	a	42.53	cd	36.91	d	46.02	bc
PF	31.02	a	31.30	a	28.15	b	26.22	b	28.41	a
LEMYL	12.66	a	12.07	a	11.34	a	10.43	b	11.13	b
LEMNL	5.59	b	6.56	a	5.31	b	5.01	c	5.83	b
IRL	0.64	c	0.72	b	0.67	c	0.66	c	0.72	a
AB	66.81	b	87.89	a	79.26	a	73.94	b	87.26	a
AA	111.86	b	124.08	a	115.14	b	107.94	b	121.46	ab
LP	1.99	a	1.66	b	1.28	c	1.67	ab	1.88	a
AP	0.22	a	0.22	a	0.21	a	0.15	a	0.19	a
A5V	63.56	ab	67.82	a	66.24	ab	60.98	b	66.99	ab
LEMYLEMNL	2.27	a	1.85	b	2.14	a	2.11	a	1.91	b
LEMYLLP	6.53	b	7.40	b	9.13	a	6.29	b	6.02	c
LEMNLLP	2.88	c	4.04	b	4.26	a	2.99	c	3.17	bc
LPAP	9.34	b	7.72	b	6.34	c	10.90	a	9.93	ab
AAAB	1.67	a	1.42	ab	1.48	a	1.47	ab	1.40	b
ABA5V	1.06	c	1.30	a	1.20	b	1.21	a	1.29	a
AAA5V	1.77	ab	1.84	a	1.74	b	1.77	ab	1.80	ab

^z Valores con igual letra dentro de cada línea son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$

Área foliar (cm²) (AF); perímetro foliar (cm) (PF); Longitud del eje mayor del limbo (cm) (LEMYL); Longitud del eje menor del limbo (cm) (LEMNL); Índice de redondez del limbo (IRL); Ángulo basal (°) (AB); Ángulo apical (°) (AA); Longitud del peciolo (cm) (LP); Ancho del peciolo (cm) (AP); Ángulo de la quinta vena (°) (A5V); Relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor (LEMYLEMNL); Relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del peciolo (LEMYLLP); Relación longitud del eje menor del limbo/longitud del peciolo (LEMNLLP); Relación longitud del peciolo/ancho del peciolo (LPAP); Relación ángulo apical/ángulo basal (AAAB); Relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena (ABA5V); Relación ángulo apical/ángulo de la quinta vena (AAA5V).

El grupo III está formado por las colectas 22, 29, 31, 34, 36 y 38. Se diferencia de los demás grupos porque presentan los menores valores en las variables: área foliar (AF), perímetro foliar (PF), longitud del eje menor del limbo (LEMNL) y ángulo de la quinta vena (A5V).

El grupo IV contiene las colectas 11, 20, 33 y 29. Se caracterizan por presentar los mayores valores en las variables: relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del peciolo (LEMYLLP) y la relación longitud del eje menor del limbo/longitud del peciolo (LEMNLLP). Presentan además los menores valores en las variables: ángulo apical (AA), longitud del peciolo (LP), relación longitud del peciolo/ancho del peciolo (LPAP) y en la relación entre el ángulo apical/ángulo basal (AAAB).

El grupo V lo constituyen las colectas 5, 30, 32 y 37. Tienen distintas procedencias. Presentan los mayores valores en las variables: índice de redondez del limbo (IRL), ángulo basal (AB), ángulo apical (AA), longitud del peciolo (LP), ángulo de la quinta vena (A5V), relación entre la longitud del peciolo/ancho del peciolo (LPAP), relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena (ABA5V), relación ángulo apical/ángulo de la quinta vena (AAA5V). Presentan además los menores valores en las variables: longitud del eje mayor del limbo (LEMYL), ancho del peciolo (AP), relación entre la longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor del limbo (LEMYLLEMNL) y la longitud del eje mayor del limbo/longitud del peciolo (LEMYLLP).

En la Figura 12 se grafica la variable canónica 1 (CAN 1) contra la variable canónica 2 (CAN 2), en donde se observa que hay homogeneidad en la distribución de los cinco grupos que se formaron en el dendrograma.

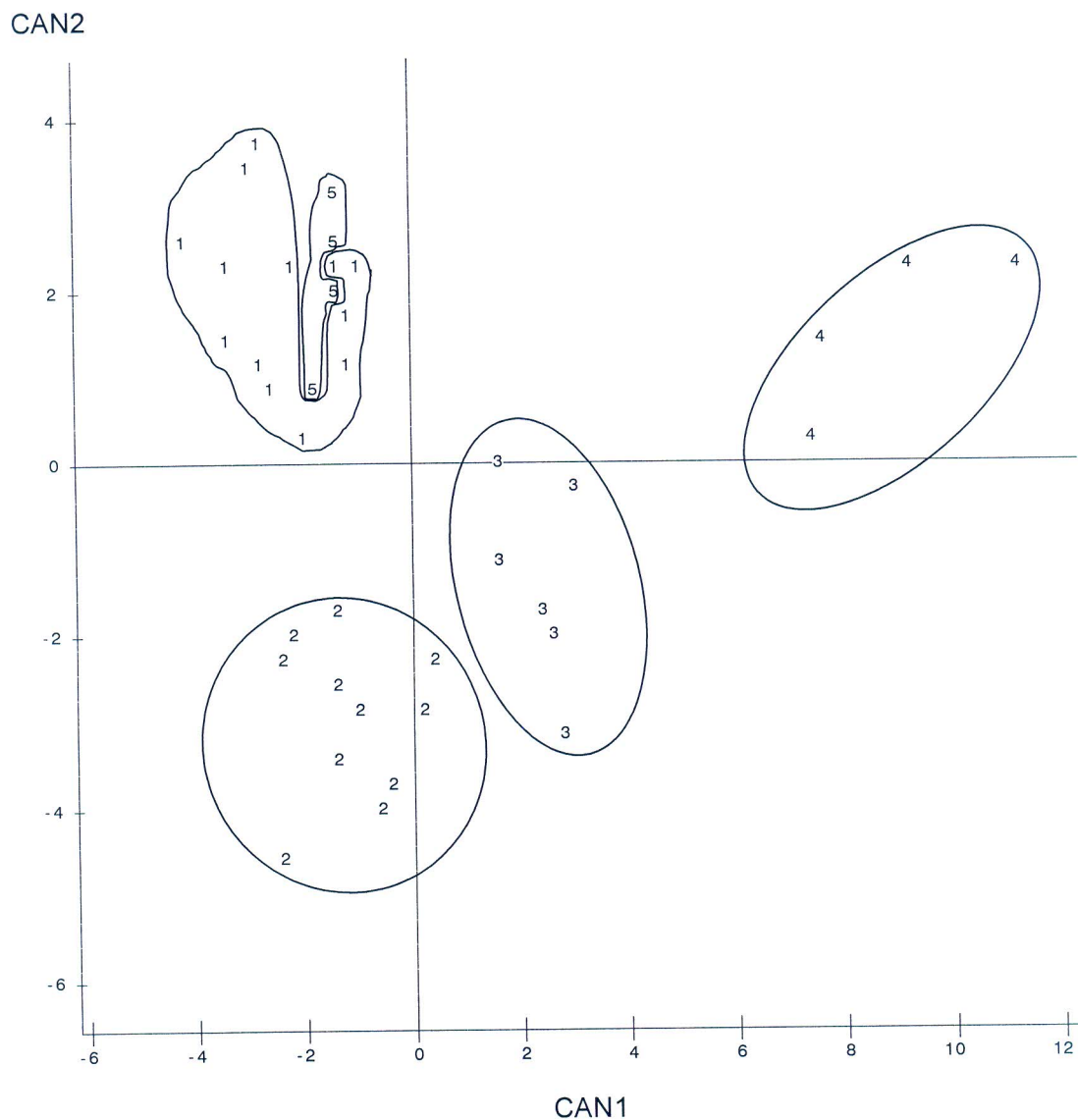


Figura 12. Distribución de las colectas de hoja de nanche [*B. crassifolia* (L.) H.B.K.] en función de las variables canónicas CAN1 y CAN 2.

Los resultados encontrados en el trabajo concuerdan con lo reportado por otros autores. Por ejemplo, Potes (1987) concluye de su investigación que las características evaluadas en hojas de olivo: longitud (a), ancho (b), distancia entre

el ápice a la intercepción del eje con la línea que define el ancho mayor (c), área foliar (d), espesor de la región media de uno y otro lado del eje de la hoja (e), relación a/b y a/c. Encontró que estas características presentan alta estabilidad, baja fluctuación a través de los años y gran valor discriminante.

Por otra parte, Andrés-Agustín *et al.* (2004) encontraron para chirimoyo que los caracteres morfológicos que más aportaron para la diferenciación de los cultivares fueron: área del limbo, índice de redondez, longitud del peciolo, ángulo de la quinta vena, relación eje longitudinal/eje radial y número de venas secundarias.

CONCLUSIONES

Tres componentes principales explican el 77.28 % de la variabilidad de hoja de nanche en la región sierra de Tabasco.

En el dendrograma a una distancia euclidiana de 0.07 se formaron cinco grupos con características morfométricas de hoja similares.

Los caracteres que mejor explican la variabilidad en las hojas de nanche son: longitud del eje menor (LEMNL), índice de redondez (IRL), ángulo basal (AB), ángulo de la quinta vena (A5V), relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor (LEMYLLEMNL), relación longitud del eje menor/longitud del peciolo (LEMNLLP) y relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena (ABA5V).

LITERATURA CITADA

- Alavez-López, M. J.; Cruz-Castillo, J. G.; Marroquín-Andrade, L. M.; Rubí-Arriaga, M. 2000. Caracterización hortícola de árboles de chirimoyo *in situ*. Revista Chapingo Serie Horticultura 6(2): 179-193.
- Andrés-Agustín, J.; Nieto-Ángel, R.; Barrientos-Priego, A. F.; Martínez-Damián, M. T.; González-Andrés, F.; Segura-Ledezma, S. D.; Cruz-Castillo, J. D.; Gallegos-Vázquez, C. 2004. Variación morfológica de la hoja del chirimoyo. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2):103-110.
- Brookstein, F. L. 1982. Foundations of morphometrics. Ann. Rev. Ecol. Sys. 13:451-470.
- Broschat, T. K. 1979. Principal component analysis in horticultural research. HortScience 14(2): 114-117.
- Cordero, J.; Boshier D. H. (eds.). 2003. Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. Instituto Forestal de Oxford-CATIE. San José, Costa Rica. 928 p.
- Crisci, J. V.; López-Armengol, M. F. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C., U. S. A. 132 p.
- Esau, K. 1985. Anatomía vegetal. Tercera edición revisada. Trad. del inglés por el Dr. José Pons Rosell. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 779 p.

- Fahn, A. 1978. Anatomía vegetal. Primera edición española. Trad. del inglés por Fernando García Arenal, Javier Fernández Casas, Joaquín Fernández Pérez. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 643 p.
- Flores-Vindas, E. M. 1999. La planta: estructura y función. Vol I y II. Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica. 884 p.
- Franco, T. L.; Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico Núm. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
- García V., E.; Rodríguez A., J. 1994. Importancia de la hoja en la caracterización de cultivares de durazno. *In*: Memorias de la XL Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Campeche, Camp. 13-19 de noviembre de 1994.
- González-Andrés, F. 2001. Caracterización morfológica, pp. 199-217. *In*: Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; PITA-VILLAMIL., J. M. (eds.). Publicaciones Instituto Nacional de Educación Agrícola. Valladolid, España.
- Johnson D., E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Internacional Thomson Editores. México, D. F. 566 p.
- Pla, L. E. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Departamento de Producción Vegetal. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Falcón, Venezuela. 93 p.

- Potes M. de F. 1987. Contribuição da morfologia externa das folhas de *Olea europea* L. para a caracterização das respectivas cultivares. *Agronomia lusit.* 42 (3-4): 247-260.
- Reyes L., A. 1988. Estudio anatómico morfológico en hojas de 12 especies frutales caducifolias. *In: Memorias del XII Congreso Nacional de Fitogenética.* Chapingo, México. 10 al 22 de julio de 1988.
- Rojas R., H. 1987. Estudio anatómico morfológico de hojas de 12 especies frutales caducifolias. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 59 p.
- Roper, T. R. 1991. Leaf area and fruiting efficiency of large and small fruited cranberry cultivars. *Fruit Varieties Journal* 45(1): 56-59.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT user' guide. Release 8.0 edition. North Carolina, U.S.A. 1 289 p.
- Wilcox, C. D.; Dove, S. B.; McDavid, W. D.; Greer D. B. 2002. UTHSCSA. Image Tool for Windows versión 3.00. University of Texas Health Science Center. San Antonio, Texas, USA. 57 p.

V. CONCLUSIONES GENERALES

Se encontró que de 28 árboles muestreados en la Región Sierra de Tabasco, el 62.86 % del total presentan endocarpio con una semilla, seguido por endocarpios con dos semillas. Asimismo el 35.7 % del total mostró porcentajes de aborto superiores a 70 %. Estas diferencias probablemente tengan relación con sus procesos evolutivos.

Las colectas 4 y 21 fueron las que mostraron las mejores características de interés hortícola en cuanto a mayor tamaño de fruto, más °Brix y en general mejor calidad; sin embargo, el fruto es de color verde, el cual probablemente tenga una menor aceptación en el mercado.

Los caracteres que mejor explican la variabilidad en las hojas de nanche son: longitud del eje menor, índice de redondez, ángulo basal, ángulo de la quinta vena, relación longitud del eje mayor del limbo/longitud del eje menor, relación longitud del eje menor/longitud del peciolo y relación ángulo basal/ángulo de la quinta vena.

La identificación de los anteriores caracteres, permiten ir registrando y seleccionando aquellos materiales sobresalientes para futuras selecciones y su utilización en futuros trabajos de mejoramiento, asimismo se podrán definir materiales promisorios para destinarlos a diferentes usos.