



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"I Z T A C A L A"

BIOLOGIA FLORAL EN CUATRO ESPECIES DE  
*Bauhinia* (CAESALPINOIDEAE) EN EL ISTMO  
DE TEHUANTEPEC, OAX.

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O  
P R E S E N T A :

RAFAEL TORRES COLIN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES Y HERMANOS:  
QUIENES CON SU EJEMPLO Y SACRIFICIOS  
ME HAN APOYADO SIEMPRE.

- AGRADECIMIENTOS -

El trabajo de Tesis fue realizado en el Herbario Nacional MEXU - del Instituto de Biología de la UNAM, bajo la asesoría del Dr. - Mario Sousa Sánchez, a quien reitero mi agradecimiento por sus -- valiosas observaciones y enseñanzas.

Al Dr. Alfonso Delgado Salinas por sus críticas al trabajo y por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

A los Biólogos, Daniel Tejero Diez, Martha Castilla Hernández, - Silvia Romero Rangel y a la M. en C. Beatriz Flores Peñafiel, -- por sus atinadas observaciones, así como al Dr. Héctor Hernández M. por sus valiosos consejos.

Al Biol. Osear Dorado, a Gilberto Torres C., así como a Felipe, - por la elaboración de algunos dibujos y gráficas.

Al Sr. Cipriano Martínez, así como al Biol. Pedro Tenorio L., - por su compañía y ayuda en el trabajo de campo.

A la Srta. Alicia Ortíz por su colaboración en la mecanografía - del trabajo.

Al Lic. Armando Butanda C., por la revisión de la Bibliografía.

A Miriam, quien con cariño siempre me dió ánimos en los momentos de flaqueza.

## INDICE

CONTENIDO DE FIGURAS	1
CONTENIDO DE TABLAS	2
RESUMEN	3
INTRODUCCION	4
ANTECEDENTES	9
El GENERO <u>BAUHINIA L.</u>	10
AREA de ESTUDIO	13
OBJETIVOS	22
MATERIAL Y METODOS	23
RESULTADOS	26
DISCUSION	70
CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFIA CITADA	85
APENDICE	91

## CONTENIDO DE FIGURAS

Fig.	Pag.
1.- Mapa de localización de la zona de estudio.	14
2.- Gráficas de temperatura y precipitación anual de la estación Tehuantepec.	17
3.- Gráficas de temperatura y precipitación anual en Hda. de Sto. Domingo.	18
4.- Gráfica de floración anual de las especies estudiadas.	29
5.- Morfología floral de <u>Bauhinia unguolata</u> L.	37
6.- Polinizador de <u>Bauhinia unguolata</u> L.	37
7.- Gráfica de frecuencia de visitantes en <u>Bauhinia unguolata</u> L.	38
8.- Morfología floral de <u>Bauhinia divaricata</u> L.	45
9.- Polinizador de <u>Bauhinia divaricata</u> L.	45
10.- Gráfica de frecuencia de visitantes en <u>Bauhinia divaricata</u> L.	46
11.- Morfología floral de <u>Bauhinia subrotundifolia</u> Cav.	57
12.- Polinizador de <u>Bauhinia subrotundifolia</u>	57
13.- Gráfica de frecuencia de visitantes en <u>Bauhinia subrotundifolia</u> Cav.	58
14.- Morfología floral de <u>Bauhinia glabra</u> Jacq.	67
15.- Polinizador de <u>Bauhinia glabra</u> Jacq.	67
16.- Gráfica de frecuencia de visitantes en <u>Bauhinia glabra</u> Jacq.	68
17.- Tabla de morfología floral comparativa de las especies estudiadas.	69
18.- Esquema de radiación adaptativa a diferentes vectores de polen.	77

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla	pag.
1.- Resultados de polinización artificial en <u>Bauhinia unguolata</u> L.	31
2.- Características del néctar de <u>Bauhinia unguolata</u> L.	42
3.- Análisis para determinar el sexo de las flores en <u>Bauhinia divaricata</u> L.	33
4.- Características del néctar de <u>Bauhinia divaricata</u> L.	49
5.- Análisis para determinar el sexo de las flores en <u>Bauhinia subrotundifolia</u> Cav.	41
6.- Características del néctar de <u>Bauhinia subrotundifolia</u> Cav.	51
7.- Regiones del cuerpo de los polinizadores de <u>Bauhinia subrotundifolia</u> con cargas de polen.	56
8.- Regiones del cuerpo de los polinizadores de <u>Bauhinia glabra</u> Jacq. con cargas de polen.	66
9.- Lista de caracteres primitivos y derivados en el género <u>Bauhinia</u> .	76
10.- Arreglo de alianzas y subalianzas de <u>Bauhinia</u>	81

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio de Biología floral y polinización en cuatro especies del género Bauhinia L. (Leguminosae). Se comprobaron por observación directa los polinizadores de cada especie; se obtuvo información de los sistemas reproductivos y se discutió la morfología floral desde un punto de vista adaptativo.

Tomando en cuenta algunas características primitivas y avanzadas de las cuatro especies, se consideraron las principales líneas filogenéticas y se realizó un pequeño esquema evolutivo.

Finalmente se hicieron agrupaciones de algunas especies relacionadas, tomando en cuenta la morfología floral y síndromes de polinización.

## INTRODUCCION

Las primeras ideas sobre fusión sexual en la reproducción de plantas y la determinación de órganos masculinos y femeninos, surgen en la mente de los botánicos hacia el final del siglo XVII; entre los trabajos más importantes se encuentran los de Kolreuter; 1761- 1766 y de Sprengel; 1787- 1793. El origen de las especies, así como otros trabajos de Darwin de 1859 a 1882, generaron interés sobre las relaciones entre plantas e insectos y las épocas subsiguientes son el período clásico de la biología floral en el cual fue reunido la mayor parte de nuestro conocimiento de los mecanismos de polinización ( Proctor y Yeo, 1973).

Los estudios de polinización son importantes desde diferentes puntos de vista; en plantas que tienen importancia económica, el conocimiento de su biología floral y polinizadores más efectivos produce un mejor rendimiento de estas. Muchas otras plantas cultivadas sólo dan fruto en presencia de vectores de polen adecuados. Por otra parte el conocimiento de cambios direccionales en polinización y sistemas reproductivos, puede proveer valiosos indicios para reconstruir filogenias, las cuales son importantes para sondear juicios sistemáticos aplicables a la taxonomía.

La diversidad de Angiospermas entre la mayoría de las categorías superiores, así como entre una gran proporción de especies relacionadas, esta principalmente más asociada con la eficiencia reproductiva y el exitoso establecimiento del germoplasma, que con cualquiera de las características morfológicas de las partes vegetativas (Stebbins, 1970), esta eficiencia depende de la interacción de las plantas con el medio ambiente y de factores naturales y agentes animales. Estas interacciones son uno de los temas más estudiados actualmente para comprender mejor la diversidad desde el punto de vista evolutivo.

Por otra parte en este tipo de estudios es necesario integrar una serie de conocimientos estrechamente relacionados de las características reproductivas; es necesario analizar el período de floración dentro de las comunidades donde se realiza la investigación, por otra parte en la interpretación de los diferentes mecanismos de polinización de las especies, el análisis de la morfología floral es de vital importancia. Por último la diversidad de los sistemas sexuales o sistemas de cruzamiento van de la mano con el establecimiento de los diferentes sistemas de polinización.

La presencia de diferentes épocas de floración se ha interpretado como el resultado de la competencia de especies

por un grupo de polinizadores (Levin y Anderson, 1970; Mosquin, 1971; Frankie, et al., 1974; Gentry, 1974, 1974a; Delgado y Sousa, 1977).

Percival (1965) ha discutido la importancia de relacionar los mecanismos de polinización con la morfología floral de las especies, afirma que cada una de las partes florales tiene la capacidad para funcionar de acuerdo a las necesidades requeridas por la flor en su interacción con insectos y otros animales; cáliz, corola, estambres, estilo y estigma, forman un sistema con funciones específicas de protección, sostén, atracción, almacenamiento, producción de néctar y germinación de polen. La diversidad de los sistemas sexuales o de cruzamiento esta bien relacionada con el establecimiento de los diferentes modos de polinización.

En 1876 Darwin fue el primero en documentar y explicar la diversidad de sistemas sexuales y de cruzamiento en plantas ( citado en Proctor y Yeo, 1973), hizo estudios de autopolinización y tuvo gran impacto al discutir ideas sobre la evolución de sistemas sexuales. Después del desarrollo de la teoría sintética de la evolución, las implicaciones genéticas de la diversidad en sistemas sexuales surgieron en beneficio de la biología evolutiva de las plantas, por otra parte la presión selectiva para la recombinación, llego a ser

la fuerza esencial en la evolución de los sistemas sexuales (Stebbins, 1958; Darlington, 1958; Grant, V. 1958; Baker, 1960; Lewis y John, 1963; Mather, 1973), actualmente se estudian diferentes mecanismos por los cuales se favorece la polinización cruzada, tales como: dicogamia, heterostilia y otros complejos sistemas sexuales (Vuilleumier, 1967; Solbrig, 1976; Lewis, 1979; Bawa y Beach, 1981).

Según Stebbins (1974) las diferentes formas de flores están relacionadas a modos específicos de polinización de tal forma que la significancia de síndromes de caracteres, es uno de los principios involucrados en radiación adaptativa. Los más especializados vectores son atraídos a las flores por una variedad de estímulos, de los cuales el olor podría ser aún más importante que la forma o el color (Bateman 1951; Dodson et al., 1969; Manning, 1956). Con respecto al color, podríamos reconocer que tanto la sensibilidad visual de los vectores como sus reacciones a los colores, son muy variables. Grant (1966) demostró que los colibríes pueden visitar flores de cualquier color, no obstante la gran sensibilidad de los ojos de éstos a los colores rojos, podría significar que una flor roja es más fácil detectarla desde larga distancia que las de otros colores.

Leppik (1953,1956) enfatizó la capacidad de las abejas y otros visitantes especializados para reconocer patrones de números definidos de partes, por ejemplo; flores tetrameras o pentameras, aunque esta hipótesis necesita confirmación experimental. Este mismo autor (1957,1964) intentó clasificar y poner en una secuencia evolutiva las diferentes formas de las flores que están relacionadas a modos específicos de polinización. Este intento satisface solo parcialmente dado que los tipos de flores son muy difíciles para clasificar, y algunas veces una forma particular no esta asociada con los polinizadores esperados. Una clasificación un poco más satisfactoria es presentada, por Faegri y van der Pijl (1966).

Los intentos anteriores por clasificar las diferentes formas de flores, sugieren que, al hacer estudios directos de las relaciones entre clases particulares de flores y polinizadores, se podrán realizar nuevas clasificaciones y generalizaciones evolucionarias.

## ANTECEDENTES

En México el género Bauhinia L. (Caesalpinioideae) presenta una gran diversidad de síndromes de polinización en sus especies, sin embargo la documentación de polinizadores y visitantes florales es muy escasa.

El primer reporte de polinización en Bauhinia fue por Hart (1897), quien observó murciélagos polinizando a Bauhinia multinervia, reportada como B. megalandra Griseb. Vogel (1954), documentó la polinización por esfíngidos en B. macrantha y por mariposas diurnas en B. galpinii en África. Heithaus et al. (1974) reportaron dos murciélagos (Phyllostomatidae) involucrados en la polinización de B. pauletia Pers. Wunderlin (1983) afirma que la polinización del grupo Bauhinia en Centroamérica es usualmente por murciélagos, mariposas diurnas y nocturnas, abejas y aves, de las cuales solo la primera ha sido documentada. El reporte más reciente de polinización en este género es el de Ramirez et al. (1984) quienes observaron que B. unguolata L. es polinizada por murciélagos en Venezuela.

## EL GENERO BAUHINIA L.

Es un género que contiene aproximadamente 300 especies en el mundo, es más abundante principalmente en el norte de Sudamérica y sur de Asia. En América se distribuye desde los Estados Unidos hasta el norte de Argentina y solo unas cuantas especies se encuentran en las Antillas.

La taxonomía de este género ha sido tratada por varios autores; Dietrich (1840), hizo la revisión del género y reconoció 81 especies; Britton y Rose (1930) revisaron las especies de Norte América (México, Centroamérica, Panamá y Antillas) en este estudio se reconocen Alvesia, Caspareopsis y Schnella como géneros distintos de Bauhinia.

Schery (1951), trató los miembros panameños y solo reconoce 11 especies nativas de América Central (México, Centroamérica y las Antillas) en donde reconoce 27 especies arborescentes, de las cuales 20 son endémicas. En América Central hay 31 especies nativas, de las cuales 22 están México (Wunderlin, 1983). Existen otras cuatro especies que no fueron tratadas por Wunderlin (1983) en su revisión; B. glabra, B. herrerae, B. guianensis, y B. microstachya, las cuales son bejucos y México es su límite norte de distribución ya que se encuentran en centro y Sudamérica.

Arboles, arbustos y bejucos, con espinas intraestipulares o inermes; hojas enteras, bilobadas o bifolioladas; estipulas pequeñas, lineares, lanceoladas a ovadas, caducas o raramente persistentes; inflorescencias racemosas, paniculadas, o flores pareadas o solitarias, terminales o subterminales y axilares; brácteas solitarias pequeñas, lineares a ovadas; bracteolas 2, similares a las bracteas pero pequeñas; botones florales lineares a lanceolados; sepalos 5 valvados, unidos casi al ápice, limbo espataceo o dividido en 2 a 5 lóbulos; nectarios usualmente presentes en el interior de la base del cáliz; hipantio ciatiforme a tubular; pétalos 5, rara vez menos, libres, imbricados, usualmente subiguales, unguiculados o sésiles, espatulados o filiformes, blancos, rosas a rojos, verdes, o amarillos; estambres 10, basalmente connatos, diplostémonos, 1,3,5, 0 los 10 fértiles, filamentos filiformes o robustos, anteras ovadas a lineares ápice apiculado a emarginado, base sagitada, --versátiles, teca abriendo longitudinalmente; polen esférico de a peroblado, inaperturado, 3-6 o 3-4 colporoidado ó 3-6 poroidado, exina estriada, estriada-reticulada, o reticulada, algunas veces con procesos suprategmiales o infra

tectales; gineceo frecuentemente similar en tamaño al androceo, estípite largo, acéntrico, adnato, abaxial a la pared del hipantio o libre, ovario con varios ovulos, estilo filiforme o robusto, estigma capitado u oblicuo. Legumbre leñosa, elasticamente dehiscente o indehiscente; semillas lateralmente comprimidas, superficie inconspicuamente marcada, albumen presente, radícula recta o casi, cotiledones deprimidos, lobulos del arilo cortos, cada uno comprimiendo a la semilla al madurar y formando una estrecha cicatriz.

## AREA DE ESTUDIO

### Localización

Las observaciones se realizaron en tres localidades del Istmo de Tehuantepec Oax. (fig.1); Piedra de Cal Distr. de Tehuantepec, en donde se estudio Bauhinia subrotundifolia Cav. situada entre los 16° 17' lat. N y 95° 18' long O.

Alt. 50 m/s.n.m.

Magdalena Tlacotepec, Distr. de Tehuantepec, en donde se estudio B. divaricata L., situada entre los 16° 29' lat N y 95° 09' long O.

Alt. 170 m/s.n.m.

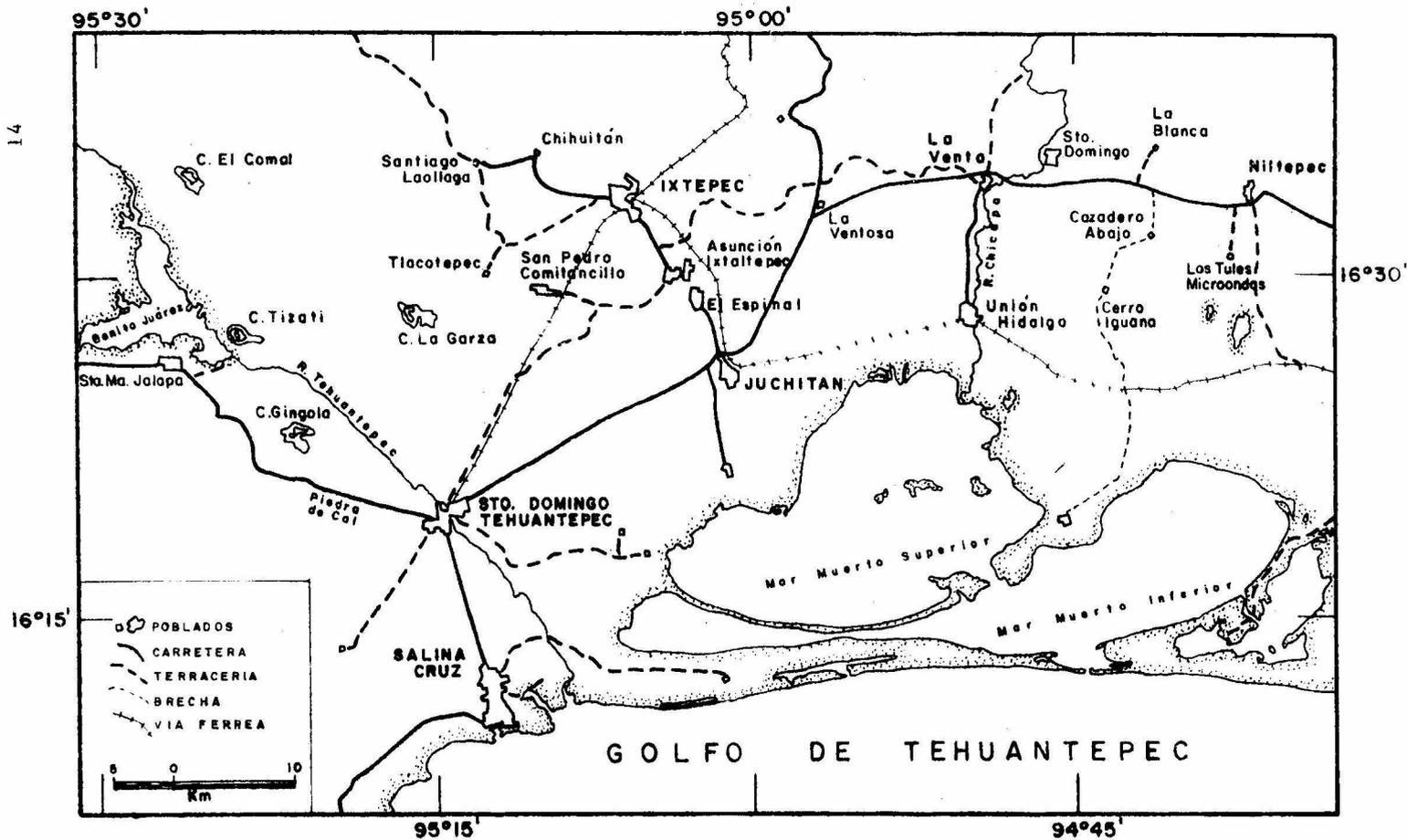
Microondas los Tules, Niltepec Distr. de Juchitán, en donde se hicieron observaciones de B. ungulata L. y B. glabra Jacq., situada entre los 16° 28' lat N y 94° 35' long O.

Alt. 94 m/s.n.m.

## FISIOGRAFIA

El Istmo de Tehuantepec queda comprendido dentro de la planicie costera suroriental, la cual " se extiende desde la Sierra de Naolinco, en el centro de Veracruz; abarcando el Istmo casi la totalidad del estado de Tabasco, porciones del de Chiapas y toda la parte mexicana de la Península de Yucatán" y a la Planicie de Sotavento (Rzedowski, 1978).

Fig. 1 Localización de la zona de estudio



## MEDIO FISICO

En el area de estudio se registran climas de tipo cálido-húmedo ( $Aw_0$  y  $Aw_i$ ) por lo general estos tipos de clima presentan condiciones de temperatura muy cálidas, en donde la temperatura media anual oscila sobre los  $26^{\circ}c$  y la del mes más frío es mayor de  $18^{\circ}c$  (fig. 2 y 3) la temperatura del mes más caliente es antes de junio.

De acuerdo con García (1973) en la zona cercana a la estación Tehuantepec se registra un clima  $Aw''^o(w)ig$ , el cual presenta régimen de lluvias de verano y es el más seco de los subhúmedos. En el area de Miltepec prevalece el clima  $Aw''_i(w)ig$ , el cual es parecido al anterior, con algunas diferencias; es intermedio entre el más seco de los subhúmedos y el más húmedo de estos.

Esta es una localidad que se encuentra en la zona que constituye la puerta natural de salida para las masas de aire aprisionadas por las montañas del E de México, por lo que durante la mayor parte del año existen fuertes corrientes de aire, las cuales son descargadas en el Golfo de Tehuantepec con gran fuerza, las velocidades maximas absolutas de los vientos del N NE, se registran de noviembre a enero (Rzedowski, 1973).

Según el sistema de clasificación de suelos FAO en su edición de 1970, el suelo de la zona de Tehuantepec se interpreta como Regosol+Cambisol, son suelos poco profundos asentados sobre roca caliza. En Miltepec la unidad de suelo es Cambisol Eútrico con una cantidad regular de arenas.

Estas diferencias en el clima y tipo de suelos, permite el establecimiento de diferentes especies en la vegetación de esta zona, las cuales responden a condiciones medio ambientales específicas, por ejemplo; *B. glabra* Jacq. y *B. unguolata* L. usualmente crecen en selvas húmedas, por eso dentro del Istmo se localizan en lugares cercanos a Miltepec, donde el clima es un poco más húmedo, *B. subrotundifolia* Cav., se encuentra viviendo en lugares más secos y sobre suelos de roca caliza.

Las diferencias de clima y suelo en la zona de estudio, parecen no influir en que las especies tengan diferentes épocas de floración, ya que estos están sobrelapados en la época más seca del año (figs. 2,3, y 4), respondiendo probablemente a factores fisiológicos o de estrategia para su polinización. Por otra parte, los fuertes vientos que prevalecen en la zona, pueden jugar un papel determinante en la reproducción de las plantas que ahí crecen; provocan una baja en la temperatura y se retrasa la antésis de las flores, provoca la caída de las flores antes de ser polinizadas y no permite que los visitantes florales tengan una actividad normal.

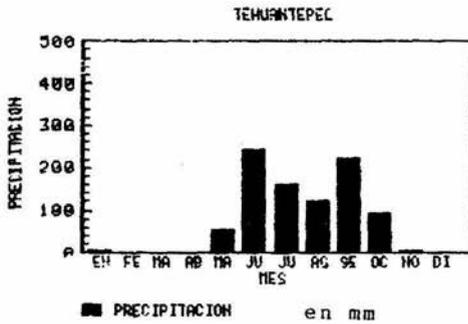
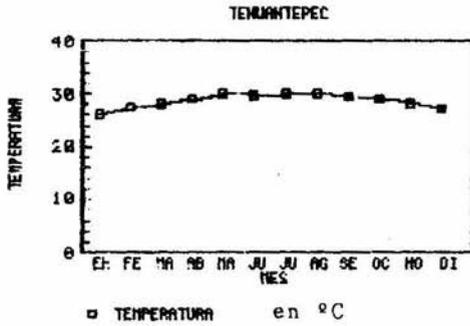


Fig. 2. La figura muestra los promedios mensuales de la temperatura y precipitación durante el año, en la estación meteorológica Tehuantepec.

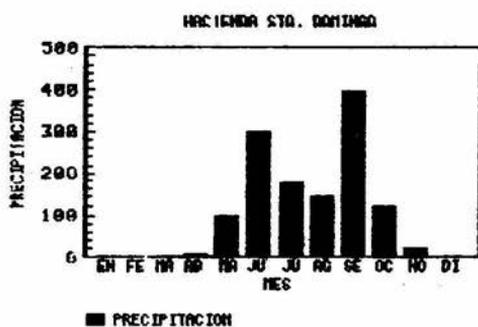
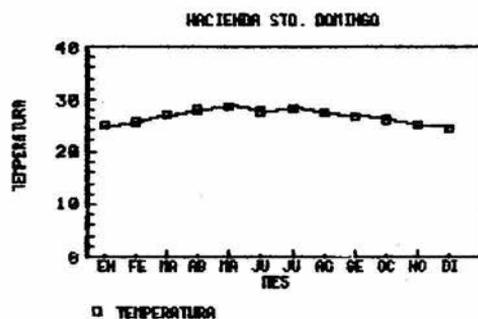


Fig. 3 La figura muestra los promedios mensuales de temperatura y precipitación durante el año, en la estación metereológica Hacienda de Sto. Domingo.

## VEGETACION

En general los tipos de vegetación que predominan en esta zona son: selva baja caducifolia y selva baja caducifolia espinosa de Miranda y Hernández X. (1963), el primer tipo lo podemos encontrar cubriendo los cerros en un rango de altitud de 300-1000 m/s.n.m, esta vegetación lleva como dominantes; Bursera exelsa Engl., B. heterestes Bullock, B. schlechtendalii Engl., B. simaruba (L.) Rose, Plumeria rubra L., Thevetia ovata (Cav.) A.DC, Tonduzia longifolia (A.DC.) Woodson, Cordia eleagnoides DC, Capparis incana H.B.K., Capparis odoratissima Jacq., Forchammeria pallida Liebm., Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng., Bucida macrostachya Standl ., Fouquieria formosa H.B.K., Gyrocarpus americanus Jacq., Amphipterygium adstringens L., Apoplane-sia paniculata Presl., Lonchocarpus emarginatus Pittier Lonchocarpus parviflorus, Benth., Lonchocarpus torresii M. Sousa, Senna racemosa P. Mill., y Randia thurberi S.Watson entre otras especies.

La selva baja espinosa se establece en las partes bajas desde el nivel del mar hasta los 100 m predominando los suelos de tipo calizo. El estrato arboreo esta compuesto por las siguientes especies; Capparis incana H.B.K., Cae-salpinia sclerocarpa Standl., Acacia picachensis T.S Brandeg.

Lonchocarpus parviflorus Benth., Pithecellobium campylacanthus L.Rico y M.Sousa, Ziziphus amole Sessé & Moc.) M.C. Johnston, Jatropha alamani Muell. Arg., Randia laevigata Standl., Thounidium decandrum (H & B) Radlk, Bourreria Oxyphyla Standl., Crataeva tapia L. y Amphipterygium adstringens L. En el estrato arbustivo encontramos las siguientes especies; Acacia cochliacantha H.et B. ex Willd., Acacia pringlei Rose, Aeschynomene fascicularis Slech.& Cham. Bauhinia subrotundifolia Cav., Cercidium praecox (Ruiz & Pavon) Harms., Haematoxylon brasiletto Karst., Mimosa nelsonni Rob., Pithecellobium calostachys Standl., Mimosa psilocarpa Rob., Senna skinneri (Benth.) I.& B., Exostema caribeum (Jacq.) Roem & Schult., Guetarda elliptica Sw., Hamelia patens Jacq., Agonandra obtusiflora Standl., Karwinskia humboldtiana (Roem & Shult.) Zucc., Dyospiros oaxacana Standl., Malpighia emarginata DC., Cordia curassavica (Jacq.) R.& S., Celtis iguanea (Jacq.) Sarg, Haplophiton cimididium A.DC. En la parte SE del Istmo de Tehuantepec, en los limites con Chiapas, se establece la selva baja caducifolia en lomas y bajos sobre los 100 m/s.n.m, algunas de las especies conocidas son las siguientes; Caesalpinia coriaria (Jacq.) Willd., Bauhinia glabra Jacq., Bauhinia pauletia Pers., Bauhinia unguolata L., Enterolobium cyclocarpum (Jacq.)Griseb., Hymenaea courbaril L., Lonchocarpus sericeus (poir) DC. subsp. palmeri, Trichilia trifolia L., Curatella sp., Jaquinia pungens A.Gray, Bunchosia

palmeri S.Wats. Existen otros tipos de vegetación que no han sido reportados en la bibliografía y poco se conoce de ellos, al E en la zona de los Chimalapas encontramos una importante extensión de selva alta perennifolia, la cual esta muy relacionada con la vegetación de la parte húmeda de Veracruz, en la Sierra Chontal existen bosques de pino-encino así como grandes extensiones de bosque mesófilo de montaña, en la zona de Guevea de Humboldt (Torres com. pers.).

## OBJETIVOS

En el presente trabajo, se pretende dar a conocer varios de los aspectos de la polinización de cuatro especies del género Bauhinia, en el Istmo de Tehuantepec Oax. Información que abra un panorama, para una mejor comprensión de este género y sus posibles implicaciones taxonómicas;

- 1) Conocer la fenología de las especies.
- 2) Obtener información sobre los sistemas de cruzamiento.
- 3) Describir la morfología floral.
- 4) Obtener información de la Biología floral.
- 5) comprobar por observación directa, los polinizadores y visitantes de las especies.

## MATERIAL Y METODOS

Las cuatro especies estudiadas se localizaron en el Istmo de Tehuantepec Oax., en los alrededores de Tehuantepec y Niltepec; en estas localidades se establecieron sitios permanentes de observación para cada una de las especies y con base en los objetivos se realizó la siguiente metodología:

- 1) previo al trabajo de campo se obtuvo información de la floración y fructificación de ejemplares depositados en los herbarios MEXU y ENCB.
- 2) Se marcaron los individuos necesarios para realizar las observaciones.
- 3) Se hicieron pruebas de polinización artificial cruzada en algunas especies:
  - A) Se encapucharon los botones florales más maduros con bolsas de tela (tul).
  - B) Se retiraron las anteras de las flores tratadas inmediatamente después de la antésis (emasculación), debido a que las anteras hacen dehiscencia poco después de la abertura de la flor.
  - C) Se depositó polen de otra planta sobre los estigmas receptivos de las flores emasculadas.

- D) Se encapucharon las flores tratadas, y se siguió el desarrollo del fruto.
- 4) Se hicieron pruebas de Auto-polinización artificial en algunas especies:
- A) Se encapucharon los botones florales más maduros con bolsas de tela (tul).
- B) Se depositó polen de la misma planta sobre los estigmas receptivos, después de la antésis.
- C) Se encapucharon las flores tratadas para evitar a los visitantes florales.
- D) Se siguió el desarrollo de los frutos.
- 5) Se encapucharon inflorescencias en botón con bolsas de tela (tul) y después de varias semanas se revisaron las flores que produjeron frutos, con el fin de saber si en condiciones normales las flores producen frutos sin tener contacto con animales (auto-polinización natural).
- 6) Se hicieron observaciones de la biología floral de las cuatro especies:
- A) Se estableció un horario de observación para cada especie en base a la antésis de las flores, presentación de polen, receptividad del estigma y producción de néctar.
- B) Se midió la cantidad de néctar producido por flor y el porcentaje de azúcar del mismo en tres especies. Este fue cuidadosamente recolectado de flores recién

abiertas, para evitar la evaporación, el volumen de néctar producido, fue medido con micropipetas calibradas de 5, 10, y 25 microlitros; la concentración de azúcares fue medida con un refractómetro de campo (Erma Hand refractometer 0-32 %).

- 7) Se hicieron inventarios y observaciones de polinizadores y visitantes:
  - A) Se realizó un inventario de todos los visitantes que se observaron sobre las flores y se identificaron.
  - B) Se contó el número de veces que cada vector visita las inflorescencias de una planta, en el periodo de actividad floral según la especie.
  - C) Se colectaron los visitantes más frecuentes, y se analizaron las cargas de polen que contienen las partes del cuerpo que hacen contacto con anteras y estigmas, utilizando la técnica de Beattie (1971).
  - D) Se hicieron preparaciones permanentes del polen obtenido del cuerpo de los visitantes así como de las plantas estudiadas para compararlos entre sí.
  - E) Los ejemplares colectados de plantas fueron depositados en el Herbario Nacional MEXU, del Instituto de Biología, y los ejemplares de insectos y aves, fueron depositados en las colecciones del departamento de Zoología del mismo Instituto (UNAM).

## RESULTADOS

## FLORACION Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Las cuatro especies de Bauhinia estudiadas florecen al inicio de la estación seca del año entre diciembre y abril y en general coinciden en sus periodos de floración (fig.4).

Bauhinia unguolata L.

En México, se encuentra distribuida en la parte occidental, hacia el norte hasta Sinaloa y en la parte oriental llega a Veracruz, en casi todo el sur hasta Panama, fuera de Centroamerica es nativa en Colombia, Venezuela Guyana, Perú, Brasil, Bolivia y Paraguay, crece en sitios perturbados, en elevaciones de cerca de los 500 m. Arboles o arbustos hasta de 6 m de alto, crece en lugares abiertos, asociaciones secundarias de selva baja caducifolia y selva mediana o alta subperennifolia. En la zona de estudio la floración de esta especie empieza en noviembre, se continua durante diciembre y finaliza en los primeros días de enero.

Bauhinia divaricata L.

Se distribuye en México por toda la Sierra Madre Occidental desde Baja California Sur, en la Sierra Madre Oriental, desde Tamaulipas hasta Costa Rica, en Centroamérica y en las Antillas excepto en Puerto Rico, comúnmente crece cerca del nivel del mar hasta los 800 m.s.n.m. aproximadamente. Son arbustos o árboles pequeños hasta 5 m de alto, crece en lugares abiertos, asociaciones secundarias de selva baja caducifolia y selva alta perennifolia. En la zona de estudio la floración de esta especie empieza en Noviembre y termina en agosto aproximadamente.

Bauhinia subrotundifolia Cav.

Esta especie se distribuye a lo largo de la costa SO de México, desde Jalisco al SE de Oaxaca, se establece en elevaciones cerca del nivel del mar, arriba de los 60 m.s.n.m. Arbustos o árboles pequeños, 3 a 5 m de alto crece en lugares poco perturbados de selva baja caducifolia. florece en el inicio de la época seca del año, de diciembre a febrero.

Bauhinia glabra Jacq.

Esta especie se distribuye en el sur de México, Chiapas Oaxaca y Veracruz, en Centroamérica y mitad norte de Sudamérica, en Cuba y Trinidad en el Caribe.

Bejucos con zarcillos, en México crecen en asociaciones secundarias de selva alta perennifolia y baja caducifolia. En la zona de estudio florece de noviembre a enero, con florecimientos gregarios, en los cuales existen cortas explosiones de antésis (1 a 4 días) sincronizadas en toda la población, alternando con períodos de 8 a 11 días de inactividad floral. Este patrón es parecido al "Multiple Bang" de Gentry (1974) en Bignoniaceae, en donde estos periodos multiples de floración se pueden interpretar como una buena administración de la producción de flores para favorecer el ahorro de energía de la planta.

Tanto B. ungulata, B. divaricata y B. subrotundifolia producen flores cada día durante toda la vida reproductiva de la planta, las plantas con este tipo de floración reducen la cantidad de energía gastada en producir flores, y prolonga el período de floración, estas modificaciones proveen un recurso de néctar más constante y favorece para conseguir vectores de polen confiables para la polinización.

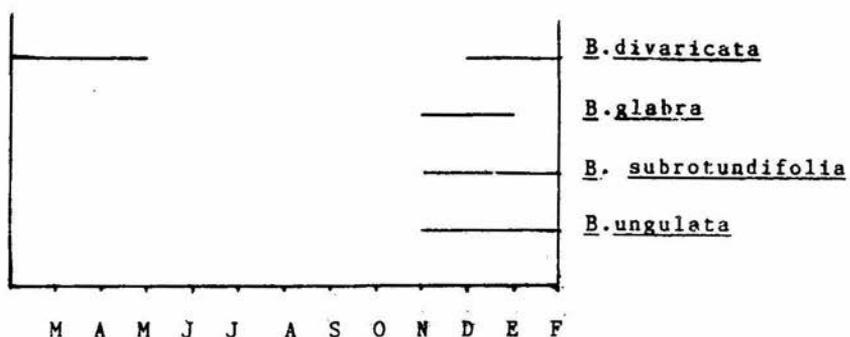


Fig. 4. La figura muestra la sobreposición de los periodos de floración en la zona de estudio de cuatro especies de Bauhinia, los datos fueron obtenidos en base a observaciones de campo además de examinar ejemplares de los herbarios MEXU Y ENCB.

Bauhinia unguolata L.

La morfología floral de las especies ha sido resumida a manera de tabla en la fig. 17.

## MORFOLOGIA FLORAL

Las flores de B. unguolata, se agrupan en racimos terminales, elongados, consistiendo de 10 a 30 pares de flores producidas al final de las ramas. El cáliz es grande y dividido en 5 lóbulos reflexos (fig.5 ). La corola esta compuesta de 5 pétalos filiformes de color blanco de 2-3 cm de largo, erectos; dispuestos en un mismo plano y perpendiculares a los estambres (patentes).

El cáliz por su posición reflexa, no interacciona con los pétalos en la antésis, de manera que estos mantienen su posición perpendicular al eje de simetría de la flor (ver fig. 5 ). El olor de las flores es desagradable, estambres 10, exertos de la corola, alternados 5 largos y 5 ligeramente cortos, connatos en la base, filamentos largos y delgados, Los estambres además de producir y presentar polen, son estructuras atractivas dentro de la flor y los filamentos sirven para retener el néctar secretado desde la base del hipantio formado por el cáliz. El estilo es robusto y casi del mismo tamaño de los filamentos, estigma oblicuo y bien diferenciado del estilo, los nectários se encuentran en la base del hipantio, formado por el cáliz.

## SISTEMA DE CRUZAMIENTO

Es un arbusto con flores hermafroditas, autoincompatible y con posibilidades mínimas de autopolinización.

Tabla 1.

Resultados de polinización artificial en B. unguolata para conocer el sistema de cruzamiento (N= número de flores analizadas).

Tratamiento	N	Frutos	% éxito
Polinización artificial cruzada	84	16	19.00
Auto-polinización artificial	51	0	.00
control encapuchado	100	0	.00

Bawa y Beach (1981) reportan que en la selva baja caducifolia prevalecen los sistemas autoincompatibles entre árboles, además de un gran número de especies dioicas y la frecuente ocurrencia de otras estrategias que promueven cruzamiento (por ejemplo; heterostilia y protandria).

## BIOLOGIA FLORAL

Es una especie cuya actividad floral es nocturna, la antésis de las flores ocurre entre las 17.00 y 19.00 pm, permanecen abiertas durante toda la noche y si no fueron poli-nizadas se marchitan y caen en uno o dos días después.

La dehiscencia de las anteras empieza a las 18.30 hrs. aproximadamente, poco después el área estigmática se encuentra húmeda y receptiva, a esta hora empiezan a llegar los visitantes florales (colibríes y después esfíngidos) entre las 17.00 y 20.00 pm se puede observar una gran cantidad de polen, el cual baña completamente al estigma de la misma flor, haciendo polinización artificial se puede notar incipiente desarrollo de frutos después de 4 a 9 días de ocurrida ésta.

La producción de néctar es abundante (tabla 1) la secre--ción empieza desde que abren las flores y se va acumulando entre los filamentos, haciendose notorio entre 18.00 y 19.30 pm. La concentración de azúcar en el néctar de esta especie es parecida a la reportada por Baker (1978) para flores polinizadas por esfíngidos, ya que según el los diferentes tipos de néctar, muestran una clara rela--ción con la naturaleza del polinizador predominante.

El néctar provee de energía a los visitantes y está dada por los azúcares que este contiene, aunque también podría incluir lípidos (Baker 1978).

Tabla 2.

Características del néctar de Bauhinia unguolata

$\bar{X}$  = Promedio  $\pm$  DS

N = Número de flores analizadas

I = Número de individuos

Características	$\bar{X}$	N	I
% de Azúcares	24.4 ( $\pm$ 5.09)	34	2
Contenido por flor en microilitros	19.7 ( $\pm$ 9.1)	24	2

## VISITANTES FLORALES

Es una especie que tiene toda una variedad de visitantes florales, principalmente Lepidópteros nocturnos y colibríes. Existen otros visitantes que solo se les puede considerar consumidores de néctar; abejas y lepidópteros diurnos que no influyen directamente en la polinización.

Los Esfingidos Pachylia ficus, son los vectores con mayores probabilidades de polinizar las flores de B. unguulata, se presentan desde las 18.00 pm y visitan frecuentemente durante la noche (fig. 6 ). El tamaño del cuerpo de estos esfingidos es adecuado para hacer visitas legítimas, tienen una forma de forrajeo similar a la de los colibríes, vuelan con gran rapidéz sobre varios racimos llegando de frente a los estambres exertos sosteniendose en vuelo y haciendo movimientos descendentes hacia la base del cáliz donde se encuentra el néctar. Hay que aclarar que estas visitas estan bien sincronizadas con la dehiscencia de las anteras y receptividad del estigma.

Según Baker (1960) de las mariposas nocturnas que visitan flores, las más frecuentemente observadas son los esfingidos y comunmente vuelan de forma parecida a los colibríes.

bríes, de frente a las flores las cuales forrajean con sus largas proboscis. Tanto las anteras como el estigma de B. ungulata hacen contacto con la cabeza y parte del tórax de los esfíngidos, partes en donde se aloja el polen para su posterior transporte y llevar a cabo la polinización.

Las mariposas nocturnas Ascalapha odorata de la familia Lycaenidae también visitan frecuentemente a B. ungulata sincronicamente con la dehiscencia de las anteras y receptividad del estigma, sin embargo su eficacia como polinizadores es dudosa. Son mariposas con cuerpo adecuado al tamaño de las flores, llegan a tomar el néctar directamente sobre la base de los filamentos de los estambres exertos, descansando sobre el cáliz, ahí permanecen varios minutos de tal manera que no hacen contacto con anteras y estigmas, en ocasiones este tipo de visitantes camina sobre los filamentos de los estambres hacia las anteras y no se descarta la posibilidad de que lleguen a impregnarse de polen en diferentes partes del cuerpo.

Los noctuideos Blosyris vultura visitan las flores de B. ungulata entre 18.00 y 23.00 pm (fig. 7.) coincidiendo también con la dehiscencia de las anteras y la receptividad del estigma, tienen la misma estrategia de forrajeo que las mariposas Ascalapha odorata y al igual que ellas solo accidentalmente podrían polinizar las flores.

Los colibríes también visitan las flores de B. unguolata por la tarde inmediatamente después de la antéesis antes que los esfíngidos y por la mañana, también son polinizadores dudosos debido a que sus visitas no están sincronizadas con la dehiscencia de las anteras y receptividad del estigma, sin embargo deben ser considerados como polinizadores potenciales debido a que por su tamaño y conducta de forrajeo de néctar interaccionan fuertemente con las partes reproductivas de la flor.

Existen otros visitantes como; mariposas diurnas y abejas, pero además de que sus visitas están desfasadas con la receptividad del estigma nunca se les observó hacer contacto con anteras y áreas estigmáticas.

Según Arroyo (1981) en Caesalpinoideae son típicos los patrones de visitantes generalistas no especializados, como sucede en Copaifera pubiflora la cual es visitada por numerosas especies de insectos, pero solo tres especies de abejas y algunas avispas, son los principales vectores de polen.

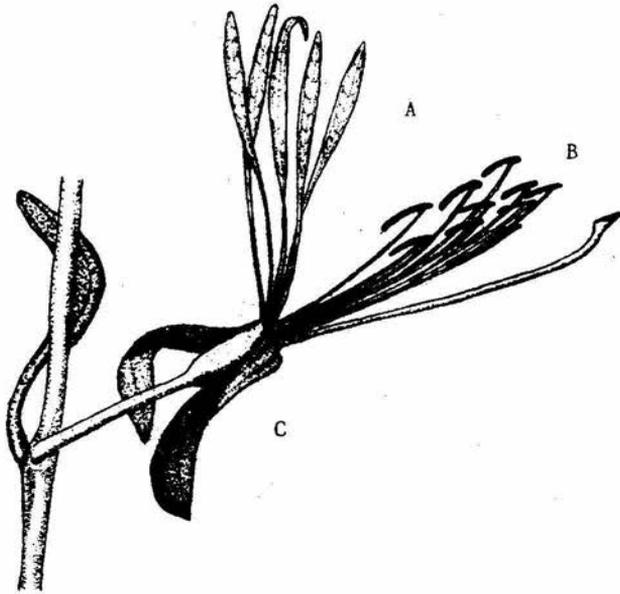


Fig. 5. La figura muestra la morfología floral de Bauhinia unguolata: A) pétalos patentes, B) 10 estambres fértiles exertos y C) cáliz reflexo.



Fig. 6. La figura muestra al esfíngido Pachylia ficus, visitando una flor de Bauhinia unguolata.

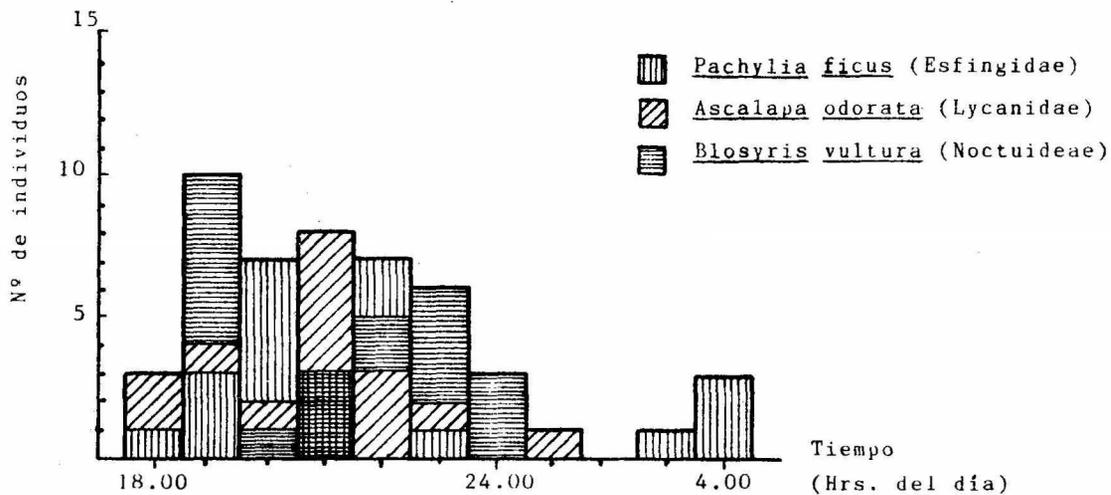


Fig. 7. Gráfica de frecuencia de visitas de polinizadores y visitantes de *Bauhinia unguolata*. Todas las observaciones se realizaron en 3 individuos, en Niltepec Oax. Distr. de Juchitán, entre 18.00 pm y 4.00 am, el 19 de nov, 1, 12, 15, 26 y 28 de diciembre de 1983.

Bauhinia divaricata L.

## MORFOLOGIA FLORAL

Las flores se agrupan en racimos terminales y axilares, el cáliz es espatáceo en la antésis, superficie externa rojiza, hipantio ciatiforme de 2 a 3 mm de largo (fig.8), corola con 5 pétalos unguiculados, subiguales, blancos tornándose rojos al madurar, son conniventes y dan a la corola una forma característica de embudo (infundibuliforme), 1.5-2.5 cm de largo, la característica infundibuliforme de la corola es debida a que el cáliz mantiene imbricados a los pétalos, según Percival (1965) en los claveles y algunas crucíferas, el cáliz es efectivo en prevenir el robo del néctar pero también tiene la importante función de preservar la imbricación de los pétalos unguiculados para mantenerlos erectos y juntos, de esta manera conforman un tubo aunque estén desarticulados. El androceo consta de un estambre fértil, exerto de la corola, filamento delgado, ligeramente arqueado, connato en la base con 9 estaminodios subiguales, connatos  $3/4$  o más de su largo, petaloides formando un tubo dentro del cual se almacena el néctar secretado por los nectarios que se localizan en la base de este tubo ( en una misma población de B. divaricata se encontraron individuos con dos, tres, y cinco estambres).

El gineceo es casi igual o excede ligeramente al estambre fértil, arqueado, piloso, ovario pubescente, estípite casi igual al estilo estigma capitado, verde.

En esta especie la unidad funcional de polinización es la inflorescencia, la cual presenta un atractivo contraste de colores; rosa y blanco, esto debido a la presencia de flores marchitas color rosa en la parte externa de la inflorescencia y flores blancas recién abiertas: las primeras sirven como atrayente para los colibríes, ya el rojo o rosa son colores que reconocen más rápido por ser más sensibles a su longitud de onda (Stebbins, 1974), por otro lado las flores blancas son las que realmente contienen el néctar y a las que visitan los colibríes. Esta característica puede ser considerada como una buena estrategia de atracción para polinizadores especializados.

#### SISTEMA DE CRUZAMIENTO

En la zona de estudio se comporta como una especie andromonoica, con flores masculinas y hermafroditas en la misma planta (tabla 2), aunque no se hicieron pruebas del sistema de cruzamiento, las probabilidades de auto-polinización son mínimas. Existe una barrera entre anteras y estigma (fig.8) la antera fértil se encuentra situada en un nivel inferior con respecto al estigma y no podrían hacer contacto ni con la manipulación de algún visitante.

Tabla 3.

Esta tabla expone un análisis de 10 individuos - en una misma población de B. divaricata, para -- determinar el sexo de las flores, en la zona de estudio.

---



---

Localidad	% Fem.	% Masc.	% Hermafrod.	N
N = Número de flores analizadas				
México				
Tlacotepec				
Oaxaca	.00	94.23	5.76	52
	.00	83.83	16.16	99
	.00	79.66	20.33	59
	.00	75.23	24.76	105
	.00	91.15	8.84	113
	.00	100.00	.00	72
	.00	82.05	17.94	39
	.00	95.74	4.25	47
	.00	76.08	23.91	46
	.00	40.59	59.40	101

---

## BIOLOGIA FLORAL

En esta especie las flores están en antésis desde las 7.00 am, al atardecer los pétalos blancos se tornan color rosa y después de un día alcanzan un color rojo de manera que los racimos ofrecen una apariencia vistosa debido al contraste blanco y rojo de las flores recién abiertas y las maduras respectivamente. Las anteras exponen su polen a las 7.30 am y el estigma se encuentra húmedo y receptivo las flores no tienen olor, el néctar es poco abundante el cual es producido dentro de un tubo formado por los estaminodios y donde se almacena para ser tomado por los colibríes, quienes forrajean constantemente las flores desde esta hora.

La concentración de azúcar en el néctar coincide con la reportada por Baker (1978) y por Hernández y Toledo (1982) para flores polinizadas por colibríes.

Tabla 4.

Característica del néctar de Bauhinia divaricata

X = Promedio  $\pm$  DS

N = Número de flores analizadas

I = Número de plantas

Características	X	N	I
% de Azúcares	25.9 ( $\pm$ 3.1)	80	3
Contenido x flor en microlitros	1.08 ( $\pm$ 1.0)	70	3

## VISITANTES FLORALES

Los visitantes florales que fueron considerados como los más importantes vectores de polen son aves de la familia Trochilidae y algunas mariposas diurnas.

Es una especie con flores de hábitos diurnos, polinizada por tres especies de colibríes; Archilochus colubris con una ruta regular de forrajeo de néctar, en la cual los polinizadores se alimentan desplazándose entre diferentes individuos siguiendo una ruta regular; Hylocharis eliciae con la misma estrategia de forrajeo de néctar y Doricha sp. el cual es marcadamente territorial.

También existe una serie de visitantes ocasionales como las mariposas de las familias Pieridae y Hesperidae. El colibrí Archilochus colubris visita las flores de B. divaricata con mayor frecuencia, es constante desde las primeras horas de la mañana hasta las 14.00 pm aproximadamente (ver fig. 10). Doricha sp. es un colibrí territorial que permanece siempre cerca de uno o dos arbustos de la población de B. divaricata y junto con A. colubris son los visitantes más frecuentes. El otro colibrí para forra-  
 jear el néctar sigue una ruta regular, de esta manera se se le observa con menos frecuencia pero es considerado importante en la reproducción de B. divaricata.

De acuerdo a las observaciones y a las pruebas de polen obtenido de las partes del cuerpo de los colibríes, se encontró que este se acumula principalmente en la corona, línea media de la cabeza, garganta, mandíbulas y cejas. Lo anterior es el resultado de que en B. divaricata la unidad funcional de polinización es la inflorescencia racemosa, en la cual la compactación de las flores individuales con un solo estambre funcionan como los tipos de flores con estambres exertos en forma de brocha o cepillo (Mimosoideae, Myrtaceae, Combretaceae, Proteaceae) como mecanismo para que el polen se adhiera en diferentes partes del cuerpo de los visitantes. Los tres colibríes visitantes, hunden la cabeza y parte de su cuerpo en la inflorescencia, las anteras de los estambres exertos tocan la garganta y cejas, por otra parte cuando se elevan a las flores o inflorescencias superiores cercanas, para seguir tomando néctar en la misma visita, la región frontal de las aves tocan las anteras y estigmas de las flores. En el caso de las flores o inflorescencias de más difícil acceso para los colibríes por la obstrucción de hojas y ramas, estos primero se elevan sobre las inflorescencias y después se clavan en forma casi vertical tocando las anteras con las partes frontales de la cabeza en su camino hacia el néctar.



Fig. 8 . La figura muestra la morfología floral de Bauhinia divaricata:  
 A) pétalos conniventes en forma tubular, B) cáliz espataceo  
 C) estructura del androceo; l estambre fértil connato en la base con 9 estaminodios unidos.



Fig. 9 . La figura muestra al colibrí Archilochus colubris, visitando flores de Bauhinia divaricata y las regiones del cuerpo del animal que hacen contacto con las partes reproductivas de la flor.

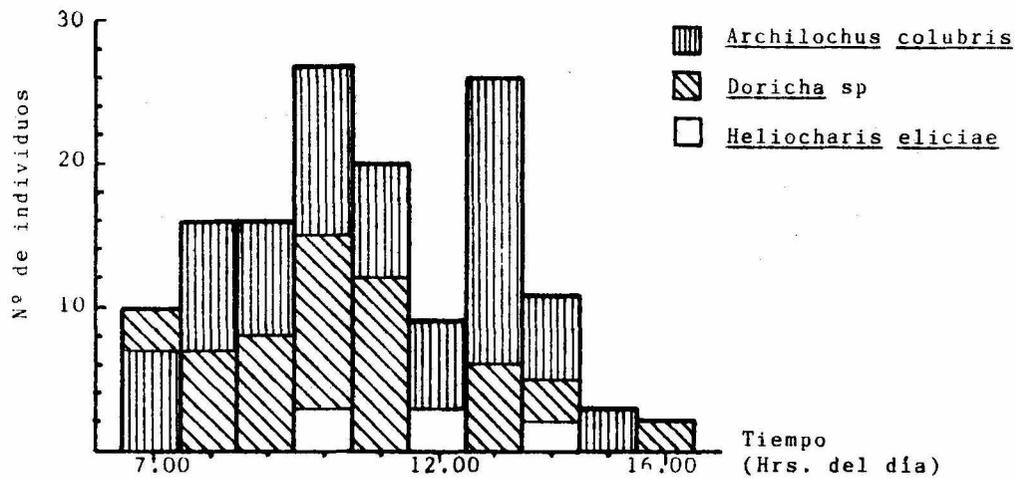


Fig. 10. Gráfica de frecuencia de visitas de polinizadores de *Bauhinia divaricata*. Todas las observaciones se realizaron en Tlacotepec, Distr. de Tehuantepec Oax. de las 7.00 am a las 4.00 pm, el 9, 11, 14 y 15 de febrero de 1984.

Bauhinia subrotundifolia Cav.

## MORFOLOGIA FLORAL

Las flores se agrupan en racimos terminales, subterminales o axilares, con 10 a 30 flores por inflorescencia; el cáliz espataceo en la antésis (fig. 21), superficie externa verdosa, hipantio ciatiforme de 1 mm de largo, 5 pétalos subiguales blancos de 1.0-1.5 cm de largo, lámina elíptica igual o más corta que la uña, uña pilosa, pétalos erectos dispuestos en un mismo plano, casi perpendiculares al estambre fértil y estigma (patentes), al igual que B. unguata esta especie presenta el mismo patrón de disposición perpendicular de los pétalos con respecto al eje de simetría de la flor (ver figs. 22 y 23) relacionado con la no interacción del cáliz reflexo con los pétalos. Las flores no presentan olor, el androceo consta de un estambre fértil, ligeramente exerto, filamento delgado, arqueado, piloso en la base, unido con estaminodios, antera oblonga, versátil, de 1.5 mm de largo, dehiscencia longitudinal, 9 estaminodios subiguales, de 5-7 mm de largo, los cuales forman un pequeño tubo dentro del cual se almacena el néctar secretado por los nectarios en la base de este.

Al igual que B. divaricata la reducción de estambres a estaminodios, es una especialización que está relacionada con la protección del néctar por la estructura tubular for

mada por los estaminodios. El gineceo es ligeramente arqueado, estipite subigual al estilo, estigma capitado, verde.

De esta forma la variabilidad morfológica en las flores de estas especies, de la misma manera que pasa con el resto de las especies en el género, puede ser explicada por diferentes funciones que cumplen las partes florales en la polinización.

#### SISTEMA DE CRUZAMIENTO

En la zona de estudio, se comporta como una especie andromonoica al igual que *B. divaricata*, con flores masculinas y flores hermafroditas, tampoco se estudio el mecanismo de cruzamiento de esta especie, pero podemos decir que por tener las anteras en un nivel inferior con respecto al estigma, en las flores hermafroditas, se imposibilita la autopolinización, faltando por conocer su capacidad potencial fincada en la auto-incompatibilidad.

Tabla 5.

Esta tabla expone un análisis de 10 individuos - en una misma población de R. subrotundifolia, para determinar el sexo de las flores, en la zona de estudio.

Localidad	% Fem.	% Masc.	% Hermafrod.	N
Piedra de Cal Tehuantepec Oaxaca				
N = Número de flores analizadas				
	.00	93.44	6.55	61
	.00	70.83	29.16	96
	.00	83.47	16.52	115
	.00	93.13	6.86	102
	.00	90.32	9.67	62
	.00	81.66	18.33	60
	.00	91.58	8.41	107
	.00	83.69	16.30	92
	.00	86.95	13.04	115
	.00	63.52	36.42	85

El androceo primitivo de Bauhinia consta de 10 estambres fértiles. Tanto B. divaricata como B. subrotundifolia han sufrido reducción a un estambre fértil, de esta manera la aparición de andromonoecismo en este género puede ser considerado como una respuesta selectiva a la pérdida de polen compensando así la reducción de anteras fértiles.

Arroyo (1981) ha interpretado esto en algunas Caesalpi-noideas, junto con la evolución de mecanismos de polinización que emplean animales grandes y como un medio de incrementar el radio polen/ovulos.

La evolución del andromonoecismo, ha sido generalmente acreditada a la presión selectiva para incrementar la fertilización cruzada (Heithaus et al., 1974) pero esta explicación es incompleta por varias razones, incluyendo la existencia de auto-incompatibilidad en varias especies andromonoicas. Según Ruiz & Arroyo (1978), Calliandra laxa y Acacia macrantha, son andromonoicas y ambas son auto-incompatibles por lo tanto el incrementar niveles de cruzamiento es claramente superfluo.

## BIOLOGIA FLORAL

En B. subrotundifolia, se producen diariamente de 1 a 3 flores, las cuales están en antésis desde las 6:00 am, permanecen abiertas durante todo el día y se marchitan en 2 días aproximadamente, el polen es presentado por las anteras a las 7:00 am, entre las 7:00 y 8:00 am, la superficie del pequeño estigma capitado parece receptiva, ya que se nota brillante y húmeda, las flores no presentan ningún olor, el néctar es poco abundante y es producido dentro de un tubo formado por los estaminodios, ahí se almacena para ser tomado por dípteros y abejas, los cuales hacen su aparición sincrónicamente con la presentación del polen, receptividad del estigma y producción del néctar.

Tabla 5

Característica del néctar de B. subrotundifolia

$\bar{X}$  = Promedio  $\pm$  DS

N = Número de flores analizadas

I = Número de individuos

Características	$\bar{X}$	N	I
% de Azúcares	24.4 ( $\pm$ 3.3)	105	3

## VISITANTES FLORALES

Es una especie con flores cuya antésis ocurre por la mañana, los principales visitantes son Dípteros de la familia Bombylidae los cuales consumen néctar y polen de las flores para su alimentación.

Los Dípteros son una de las principales clases de insectos polinizadores que consumen polen y néctar, entre ellos destacan las familias; Chironomidae, Mycetophilidae Ceratopogonidae, Tabanidae, Nemestrinidae, Bombylidae y Syrphidae (Percival, 1965).

Las flores de B. subrotundifolia se mantienen abiertas en el día y son visitadas por mariposas ocasionalmente, las cuales pertenecen a las familias; Hesperidae y Riodinidae sin embargo ninguna de estas mariposas puede ser considerada importante en la polinización, ya que solo accidentalmente llegan a tener contacto con anteras y áreas estigmáticas. La pequeña abeja Trigona nigra colecta grandes cantidades de polen, el cual almacena en sus patas traseras en forma de pelotitas (tabla 7) sin embargo como se dijo es muy pequeña y tiene mínimas probabilidades de polinizar aunque por su gran constancia a las flores y las grandes cantidades de polen que transporta fue considerada como vector de polen.

En otras plantas que son frecuentadas por Dípteros, también están presentes pequeños Hymenopteros, escarabajos y Lepidópteros (Kugler, 1955).

La actividad de visitas sobre B. subrotundifolia es mayor entre 7.00 am y 12.00 pm (ver fig.15), dos especies de moscas del género Ligyra son las más importantes para la polinización. Las especies del género Exoprosopa también son importantes en en la reproducción de B. subrotundifolia, son más pequeñas que Lygyra y visitan con menos frecuencia las flores, las pequeñas moscas del género Lepidanthrax también son visitantes frecuentes pero debido al tamaño de su cuerpo solo podrían llevar polen a las áreas estigmáticas en forma accidental.

Las moscas Lygira y Exoprosopa son los visitantes con el cuerpo conformado para facilitar la polinización, tanto el estigma como el filamento del estambre fértil les sirven como plataforma de aterrizaje. una vez colocadas sobre la flor introducen su proboscis en el pequeño tubo que contiene el néctar, el polen se deposita en la región ventral del tórax y abdomen misma que hace contacto con el área estigmática.

Así pues el polen se acumula principalmente en la parte ventral del abdomen de las moscas y en cantidades menores

tórax y proboscis (ver tabla 7), de esta forma se lleva a cabo polinización esternotribica. La pequeña abeja Trigona nigra visita con mucha frecuencia, sin embargo su importancia como polinizador es secundaria, ya que visita con mayor frecuencia las flores masculinas y raramente se acerca a los estigmas de las flores femeninas. se posa sobre la antera agarrandose con sus patas anteriores para coleccionar polen con la boca, el cual acomoda en forma de pelotas sobre las patas posteriores, en ocasiones aterrizza sobre el estilo y sube al estigma donde accidentalmente podría efectuar polinización debido a las grandes cargas de polen que lleva en todo su cuerpo.

Las moscas del género Lepidanthrax tienen la misma forma de posarse en la flor que Lygira y Exoprosopa, sin embargo por lo corto de su cuerpo nunca llegan a tener contacto con las anteras y solo ocasionalmente podrían llevar polen a las áreas estigmáticas.

Los Dípteros son considerados como tipos alotrópicos término que se aplica a los insectos que aún siendo visitantes habituales de las flores, no tienen el cuerpo debidamente conformado para facilitar la polinización.

Sin embargo el cuerpo tanto de Lygira como de Exoprosopa esta perfectamente adaptado a la morfología de Bauhinia subrotundifolia (ver fig. 12).

Entre las leguminosas el sistema de polinización por moscas casi es desconocido, y según Thien (1980) las flores de varias especies de Angiospermas primitivas, son polinizadas por una amplia variedad de dípteros, lo que sugiere que tanto estos como los coleópteros, pudieron haber sido los polinizadores de las primeras Angiospermas.

Tabla 7.

Número de granos de polen encontrados en las diferentes regiones del cuerpo de los insectos polinizadores de B. subrotundifolia.

Especie	Primer Par de Patas		Segundo Par de Patas		Tercer Par de Patas		Tórax	Primero y Segundo Segmento Ventral	Tercero Séptimo Segmento Ventral
	Tibia y Fémur	Tibia y Fémur	Tibia y Fémur	Tibia y Fémur	Tibia y Fémur	Tibia y Fémur	Abdomen	Abdomen	
<b>Moscas</b>									
<u>Ligira</u> sp	7	-	-	-	-	-	-	116	6
<u>Ligyra</u> sp	80	-	-	-	-	-	148	985	123
<u>Exoprosopa</u> sp	-	-	-	-	-	-	-	12	9
<u>Exoprosopa</u> sp	-	-	-	-	-	-	-	47	-
<u>Exoprosopa</u> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	19
<b>Abejas</b>									
<u>Trigona nigra</u>	-	-	-	-	6270	-	-	68	-

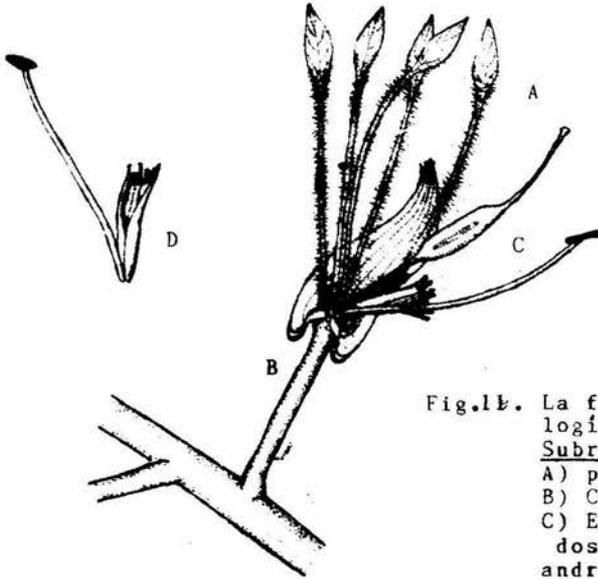


Fig. 11. La figura muestra la morfología floral de Bauhinia Subrotundifolia:  
 A) pétalos pilosos patentes  
 B) Cáliz espataceo, reflexo  
 C) Estambre y estigma arqueados  
 D) estructura del androceo; 1 estambre fértil connato en la base con 9 estaminodios unidos.



Fig. 12. La figura muestra a la mosca Lygira sp la cual se posa sobre el único estambre fértil de una flor masculina de Bauhinia subrotundifolia, para tomar néctar.

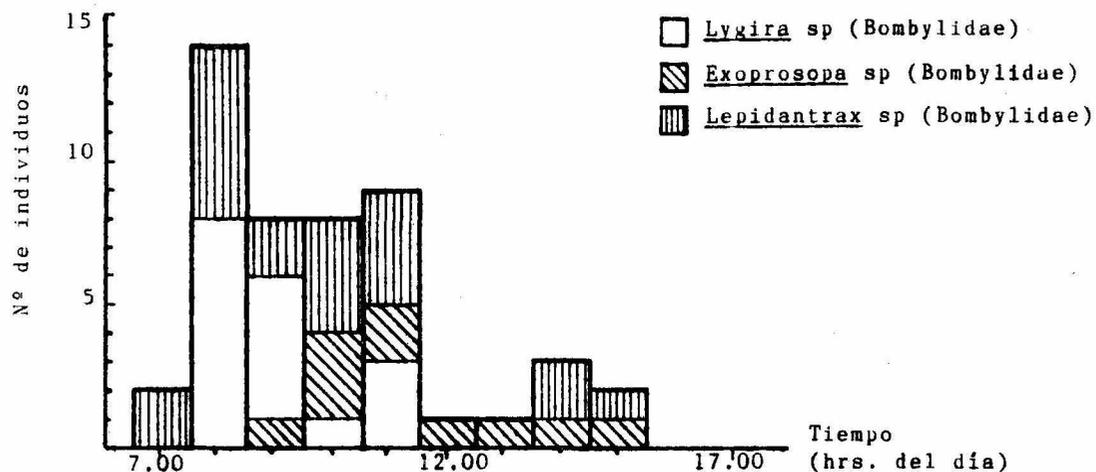


Fig. 13. Gráfica de frecuencia de visitas de polinizadores y visitantes de *Bauhinia subrotundifolia*. Todas las observaciones se realizaron en 4 individuos entre 7.00 am y 4.00 pm, el 28 y 30 de enero y 4 de febrero de 1984, en piedra de Cal, Distr. de Tehuantepec, Oax.

Bauhinia glabra Jacq.

## MORFOLOGIA FLORAL

Las flores se agrupan en racimos terminales, algunas veces paniculados densos, el cáliz es campanulado en la antésis (fig. 14), sericeo, de 5 mm de largo, bilabiado, con dos lóbulos en el labio superior y tres en el inferior, su función es la de almacenar el néctar en su interior y protegerlo de ladrones y visitantes ilegítimos. La corola tiene una estructura similar a la de las flores papilionadas, 5 pétalos amarillos, con olor fragante, el pétalo superior con abundantes guías de néctar color púrpura, dos laterales y dos inferiores, los cuales presentan guías de néctar menos evidentes, miden aproximadamente 12 mm de largo, este arreglo de los pétalos forma una plataforma de aterrizaje para los insectos visitantes, el androceo consta de 10 estambres perfectos, insertos en la corola (ver fig. 15), 5 largos y 5 ligeramente cortos. filamentos delgados, libres entre sí, anteras pequeñas versátiles, dehiscencia longitudinal, estilo subigual a los filamentos, estigma pequeño y capitado, verde, los nectarios se localizan en la parte interna del cáliz.

## SISTEMA DE CRUZAMIENTO

Es una especie monoclina por presentar únicamente flores hermafroditas. Aunque se hicieron tratamientos de polinización artificial cruzada y auto-polinización nunca se obtuvieron frutos, pero podemos decir que esta especie no se auto-poliniza en condiciones naturales y también que necesita la presencia de algún vector de polen animal que interaccione con el estigma para la germinación del polen, ya que de 120 flores que se encapucharon y en las cuales se aseguro que se depositara polen en el propio estigma, ninguna produjo fruto.

Algunas plantas para poder desarrollar frutos necesitan la presencia de insectos u otros animales, los cuales al tener contacto con el estigma rompan la membrana que lo cubre y así el polen pueda germinar sobre la superficie de este (Delgado com.pers.).

## BIOLOGIA FLORAL

Es una especie cuyas flores tienen actividad diurna, la antésis da comienzo a las 7.00 am, sin embargo es muy notoria la sensibilidad de las flores a las condiciones o cambios medioambientales, con bajas temperaturas y fuertes vientos que se retrasa el periodo de antésis a veces hasta el medio día. La antésis va acompañada de un olor perfumado muy perceptible de las flores.

El polen es presentado por las anteras aproximadamente a las 8.30 am, a esta hora el área estigmática se puede notar húmeda y brillante, lo cual se ha interpretado como receptividad del estigma en todas las demás especies.

El néctar es poco abundante y se encuentra alojado en la parte más interna de la flor, que es la base del cáliz sincrónicamente a estos movimientos florales, aparecen los visitantes florales. Desde muy temprano mariposas se posan en las flores para tomar néctar; las abejas Xylocopa y otras de la familia Megachilidae, penetran en las flores para probar el néctar y de paso coleccionar polen.

## VISITANTES FLORALES

Es una especie con flores de hábitos diurnos, es visitada y polinizada por tres abejas; dos especies del género Xylocopa; Xylocopa mexicanorum Cockerell y X. muscaria Fabr. (hembras) y una especie de Megachilidae; Megachile dentipes.

Por otra parte las mariposas diurnas de la familia Hesperiidae; Urbanus y Chionides, también visitan frecuentemente las flores de B. glabra, pero a estas no se les puede considerar con la misma importancia que a las abejas en la polinización de esta especie. Las mariposas mencionadas aprovechan parte del néctar que producen las flores, para esto, se posan sobre la plataforma que forman los pétalos desde ahí introducen su proboscis atravesando anteras y estigma para llegar hasta el néctar. Es así como la proboscis es la única parte de los insectos que accidentalmente podría tocar áreas estigmáticas para depositar granos de polen, por lo que son considerados visitantes poco confiables para la polinización.

El período de mayor actividad de las abejas sobre las flores de B. glabra, es entre las 8.00 am y 13.00 pm (fig.16).

Las abejas más importantes en la polinización de esta especie son las del género Xylocopa, las cuales además de ser las más frecuentes, se observó que cada visita que

realizan a una planta puede durar de 10 a 20 minutos, intervalo de tiempo en el cual polinizan una gran cantidad de flores. Otra especie importante en la polinización de B. glabra son las abejas de la familia Megachilidae, las cuales aparecen al final de la floración cuando las visitas de Xylocopa disminuyen.

La principal recompensa floral que obtienen las abejas Xylocopa y Megachilidae de esta especie es el néctar, también consumen polen pero de otra leguminosa; Senna Pallida el cual obtienen por medio de vibraciones. Delgado y Sousa (1977) obtuvieron un gran número de registros de visitas de las abejas Xylocopa en las flores de Cassia (Senna) en la región de los Tuxtlas, Ver., y señalan que estas al vibrar las anteras para obtener el polen, consumen una gran cantidad de energía y por lo tanto necesitan visitar también plantas de donde obtengan néctar para recuperar algo de la energía perdida en la obtención de polen.

La abeja de mayor tamaño Xylocopa mexicanorum llega a las flores de B. glabra sosteniéndose con su primer par de patas, las cuales también penetran hacia donde se encuentran los estambres y el estigma. Las flores son doblegadas y la mitad del abdomen queda fuera de la corola, en ocasiones los últimos segmentos del abdomen, los cuales tienen pelos colectores de polen, penetran en las flores

que le quedan a modo en la parte posterior cuando esta forrajeando otras flores. Todas las abejas que penetran a las flores de B. glabra en busca de néctar reciben polen en casi toda la región ventral del cuerpo; cabeza, patas tórax y abdomen (ver tabla 8). El estigma como está colocado entre los estambres (fig. 14) y es de la misma longitud que ellos al penetrar las abejas depositan las cargas de polen en el para llevar a cabo polinización (esternotribica). Esta abeja permanece de 10 a 20 minutos en cada visita, intervalo de tiempo en el cual poliniza una gran cantidad de flores.

Xylocopa muscaria, es más pequeña y penetra completamente en las flores forzando los pétalos, en cada visita utiliza aproximadamente de 2 a 5 minutos forrajeando diferentes flores, también reciben el polen en la región ventral y la polinización es esternotribica. Las abejas pertenecientes a la familia Megachilidae, son las más pequeñas de las tres, estas colectan polen en su escopa ubicada en el abdomen.

Bauhinia glabra muestra una línea de evolución floral muy diferente a las tres especies descritas anteriormente, es una línea de especies que ha coevolucionado con insectos y dentro de las Caesalpinoideas presenta avanzadas expre-

siones en la morfología floral para atraer visitantes y administrar los recursos florales como son polen y néctar. Las flores de B. glabra tienen una tendencia a la morfología de las papilionadas, las cuales están consideradas dentro de las leguminosas como las más evolucionadas. Tienen un pétalo superior con guías de néctar (fig. 14) el cual funciona como un estandarte asociado con la atracción de los pétalos que protegen los estambres, parecidos a la quilla de las papilionadas y otros dos que junto a la "quilla" actúan como una plataforma de aterrizaje para polinizadores. El arreglo de los pétalos parecido a quillas en B. glabra puede ser considerado como una expresión en la economización de polen y néctar.

Tabla 8.

La siguiente tabla presenta un análisis de polen de Bauhinia glabra, identificado en el cuerpo de los visitantes capturados.

Número de granos de polen encontrados en las diferentes regiones del cuerpo de los insectos.

Especie	Primer par de patas	Región Tórax prox. primer par de patas	Segundo par de patas	Región frontal cabeza	Abdomen región ventr.	Abdomen último segment.	Tórax ventr. entre primer y seg. par de patas	Tercer par de patas	Boca y Probos.	Región Tórax ventr. prox. alas
<u>Xylocopa</u> (hembra) 9 <u>mexicanorum</u>	9	13	-	-	-	-	21	-	18	92
<u>Xylocopa</u> (hembra) 39 <u>mexicanorum</u>	39	8	-	-	172	125	27	21	-	-
<u>Xylocopa</u> (hembra) 57 <u>muscaria</u>	57	31	12	38	93	16	37	57	25	-
<u>Xylocopa</u> (hembra) 5 <u>muscaria</u>	5	-	5	8	-	9	-	-	28	-
<u>Xylocopa</u> (hembra) - <u>muscaria</u>	-	-	-	-	80	-	9	-	-	-



Fig. 14. La figura muestra la morfología floral de *Bauhinia glabra*; A) pétalos amarillos con guías de néctar formando una corola zigomorfa, B) cáliz campanulado C) 10 estambres fértiles insertos en la corola.

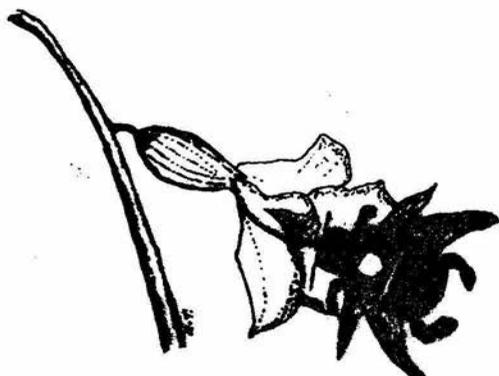


Fig. 15. La figura muestra a la abeja *Xilocopa mexicanorum* sobre la plataforma de pétalos de la corola zigomorfa de *Bauhinia glabra*.

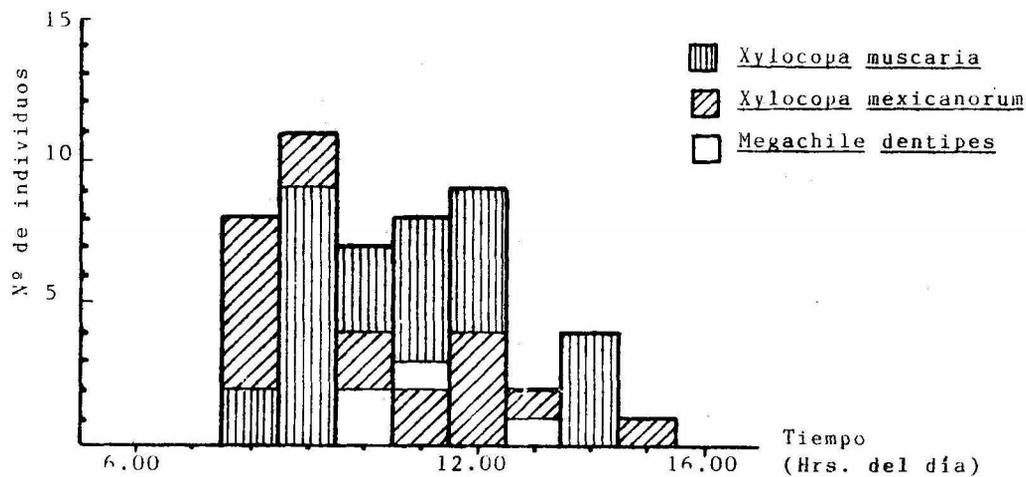


Fig. 16. Gráfica de frecuencia de visitas de polinizadores y visitantes de Bauhinia glabra. Todas las observaciones se realizaron en 4 individuos, entre 6.00 am y 5.00 pm el 6, 7, 23, 27 y 28 de diciembre de 1983 y 3,9,10 y 24 de enero de 1984, en Niltepec Distr. de Juchitán, Oax.

Fig. 17. La tabla muestra las diferencias en la morfología floral de las cuatro especies estudiadas de Bauhinia.

	<u>B. unguolata</u>	<u>B. glabra</u>	<u>B. divaricata</u>	<u>B. subtundifolia</u>
botones florales	linear-oblongo de 4-5 cm de largo.	ovados de 0.5 cm de largo.	lineares de 1-2 cm de largo.	linear-oblongos de 1.0-1.5 cm de largo
cáliz	dividido en cinco lóbulos reflexos, en la antésis.	campanulado, bilabiado, sericeo.	espataceo en la antésis, pigmentación rojiza.	espataceo en la antésis.
corola	5 pétalos, blancos sin olor, lámina estrechamente linear, de 2-3 cm de largo, dispuestos perpendicularmente al eje de simetría de la flor (patentes).	5 pétalos, amarillentos, olor fragante, guías de néctar púrpuras, 1.2 cm de largo, arreglo parecido al de flores papilionadas.	5 pétalos unguiculados, blancos, tornándose rosas al madurar, sin olor, 1.5-2.5 cm de largo, conniventes, en forma tubular o de embudo (infundibuliformes).	5 pétalos, blancos, unguiculados, uña pilosa, lámina elíptica, sin olor, 1.0-1.5 cm de largo patentes.
androceo	estambres 10, filamentos iguales o más largos que los pétalos, connatos en la base, anteras 9-12 mm de largo.	estambres 10, filamentos delgados libres entre sí, insertos en la corola.	estambres 1, filamento delgado, connato en la base con 9 estaminodios que forman un tubo, antera linear-oblonga, 2 mm de largo.	estambres 1, filamento delgado, arqueado, connato en la base con 9 estaminodios que forman un tubo, antera oblonga, 1.5 mm de largo.
polen	esferoide 3-colpado, sexina reticulada con procesos supratactales clavados.		sub-esferoide, 3-colporoidado, sexina reticulada.	esferoide 3 colporoidado, sexina estriado-reticulada.
gineceo	estipitado, del mismo tamaño que los filamentos, estigma oblicuo, verde.	del mismo tamaño que los filamentos, estigma capitado, verde.	estipitado, igual o más largo que el filamento, estigma capitado, verde.	estipitado, igual o más largo que el filamento, arqueado estigma capitado, verde.
nectários	en la base del hipantio formado por el cáliz.	en la parte interna del cáliz.	en la base del tubo formado por los estaminodios.	en la base del tubo formado por los estaminodios.

## DISCUSION

La aparición de andromonoecismo en este género puede ser considerada como una respuesta selectiva a la pérdida de polen, compensando así la reducción de anteras fértiles (B. divaricata y B. subrotundifolia), aunque según Bawa y Beach (1981) también puede ser una estrategia para promover polinización cruzada, ya que en selvas tropicales prevalecen los sistemas auto-incompatibles entre arboles además de un gran número de especies dioicas y la frecuente ocurrencia de otras estrategias que promueven cruzamiento (por ejemplo, heterostilia y protandria).

La presencia de sistemas sexuales de cruzamiento auto-incompatibles en el género, es una evidencia para afirmar que si estas especies de Bauhinia no tienen la capacidad para auto-fertilizarse, necesitan de algún mecanismo o vector para asegurar la producción de semillas.

La discusión sobre evolución de los sistemas sexuales en plantas con flor esta basada sobre algunas diferencias entre el éxito reproductivo masculino y femenino; los éxitos reproductivos masculinos estan limitados a la capacidad de las plantas para dispersar polen a estigmas conespecíficos, mientras los femeninos o maternos estan usual

mente limitados por la cantidad de recurso disponible para desarrollar embriones, semillas y frutos (Bateman, 1948; Charnov, 1979; Lloyd, 1979a). Por otra parte los movimientos conoespecíficos de polen en patrones particulares de dispersión y receptividad, son grandemente restringidos por el tipo de polinizador o sistema de polinización, de manera que la evolución de un patrón sexual particular esta restringido por la dinámica de ese sistema.

Las especies del género Bauhinia están adaptadas a sistemas de polinización en los que intervienen animales con hábitos especializados y los cuales promueven polinización cruzada, aumentando así la variabilidad genética entre poblaciones. De acuerdo a los resultados presentados aquí y a otros reportes (Heithaus et al., 1974; Ramirez et al. 1984) existen por lo menos cinco sistemas de polinización en Bauhinia; Melitofilia (abejas), Esfingofilia (esfingidos), Miofilia (moscas), Quiropterofilia (murciélagos) y Ornitofilia (colibríes). Cada especie o grupos de especies estan adaptadas a diferentes polinizadores y la notable variabilidad presentada en la morfología floral interespecífica del género al ser interpretada en base a las relaciones con los diferentes vectores de polen, nos permite analizar los cambios direccionales en polinización.

Las cuatro especies estudiadas están bien diferenciadas entre sí en su morfología floral y existen uno o varios caracteres cuya función ha sido vital para la adaptación de actuales polinizadores.

Tanto en B. unguolata como en B. subrotundifolia existe una relación entre la posición del cáliz en la antésis con la disposición de los pétalos y los estambres. En las dos especies, el cáliz se retira hacia atrás (reflexo) dejando libres a los pétalos, los cuales se disponen perpendicularmente al eje de simetría de la flor (ver figs. 5 y 6). Esta característica representa dos ventajas para estas especies; la primera es que esa disposición de los pétalos sirve como atracción de insectos, y la otra es que los estambres quedan libremente colocados al frente de la flor para que los visitantes reciban cargas de polen en partes específicas de su cuerpo.

En B. divaricata la función del cáliz es diferente, ya que mantiene imbricados los pétalos para formar una especie de tubo o embudo (fig. 8a), por otra parte el cáliz de esta especie puede también representar una estructura floral de atracción debido a su pigmentación rojiza que lo hace llamativo. En esta especie el néctar queda dentro de la flor contenido dentro de un tubo formado por los nueve

estambres reducidos a estaminodios (fig.8c) por lo que su extracción necesita ser por medio de largos picos como los de los colibríes. Por último esta misma especie tiene desarrollada una evolucionada estrategia de atracción para colibríes; forman inflorescencias cuya disposición de las flores semeja ser una sola flor (pseudanto) estas inflorescencias presentan un atractivo contraste de colores; rosa y blanco, debido a la presencia de flores marchitas color rosa en la parte externa de la inflorescencia y flores blancas recién abiertas en la parte interna o superior. Como los colibríes reconocen más rápido los colores rojos o rosas desde larga distancia son atraídos para forrajear las flores y convertirse así en vectores de polen.

Estas características hacen de B. divaricata una especie adaptada a la polinización por colibríes.

La última especie estudiada B. glabra presenta una serie de características morfológicas avanzadas dentro de las Caesalpinoideae, y comparte muy pocas características florales con las tres especies anteriores; El cáliz es muy diferente (fig.14) esta diseñado para reservar el néctar en su interior y protegerlo de ladrones y visitantes ilegítimos, tiene pétalos amarillos con guías de néctar color púrpura y con olor fragante, la estructura floral tiene

una tendencia de simetría radial a bilateral o zigomorfica los pétalos inferiores y laterales forman una plataforma de aterrizaje para las abejas como en muchas papilionadas, las más cuales son más evolucionadas dentro de las leguminosas. Según Stebbins (1974) las adaptaciones a polinización cruzada son uno de los factores que determinan tendencias evolucionarias. El conocimiento de cambios direccionales en polinización y sistemas reproductivos puede proveer valiosos indicios para reconstruir filogenias, los cuales son importantes para aclarar juicios sistemáticos en todos los niveles taxonómicos (ver Grant, V., 1949, Van der Pijl y Dodson, 1966). De esta forma podemos concluir que este estudio nos revela en el género Bauhinia una radiación adaptativa diferentes vectores de polen, en la que se puede iniciar una reconstrucción filogenética (ver fig. 18).

Se aprecian dos líneas filogenéticas diferentes; una que dio lugar a B. glabra junto con las especies relacionadas a ella, y la cual puede ser considerada como una de las más evolucionadas dentro de esta línea cuyos sistemas de polinización predominantes han sido abejas.

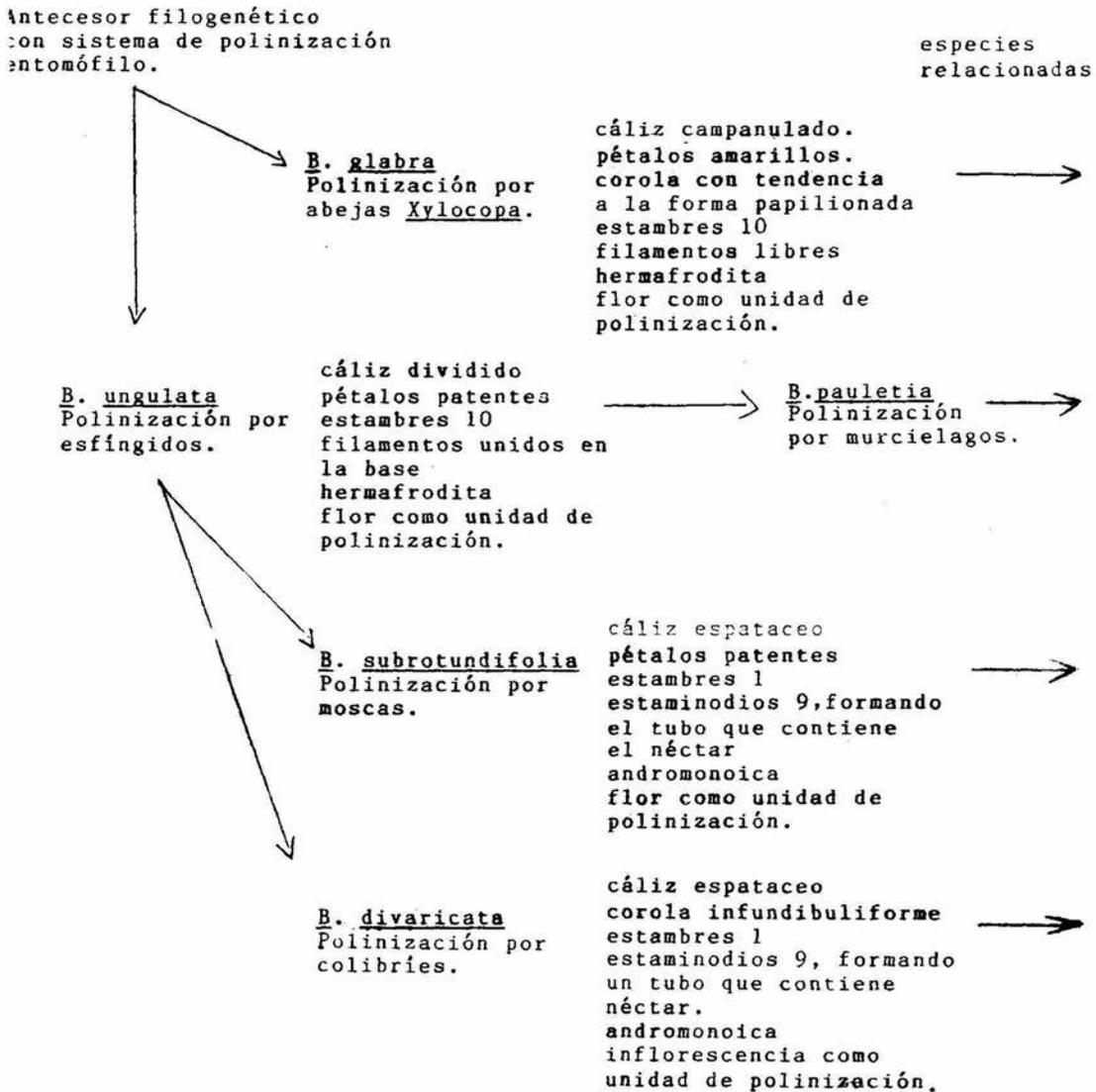
La segunda línea filogenética incluye a las otras tres especies estudiadas, donde el síndrome de características de B. unguolata es el más primitivo con polinización por esfín-

gidos, de aquí se derivaron B. divaricata y B. subrotundifolia las cuales sufrieron una reducción de diez a un solo estambre fértil y en las que aparece un sistema sexual evolucionado como es el andromonoecismo. De estas dos especies B. subrotundifolia esta bien adaptada a la polinización por moscas, B. divaricata presenta características más evolucionadas de atracción para el establecimiento de polinizadores especializados como lo son los colibríes. Así pues, las especies anteriores han quedado definidas dentro de dos líneas filogenéticas diferentes por medio de la evidencia que proporciona la estructura floral en el análisis de su biología reproductiva. Por último cabe señalar, que estas especies forman grupos relacionados, con base en sus diferentes métodos de reproducción y diferentes polinizadores (fig. 18).

Tabla 9 . Lista de caracteres primitivos y derivados en  
el género Bauhinia desde el punto de vista floral.

Caracteres florales primitivos	Caracteres florales derivados
Flor como unidad funcional de polinización	inflorescencia como unidad funcional de polinización
cáliz dividido en lóbulos	cáliz espatáceo ó campanu- lado
corola actinomorfica	corola zigomorfica
corola de cinco pétalos	corola con menos de cinco pétalos
pétalos sin guías de néctar	pétalos con guías de néctar
estambres fértiles 10	estambres fértiles 1, 3 ó 5
nectarios en la base del hipantio formado por el cáliz	estaminodios unidos forman- do un tubo que encierra los nectarios

Fig.18 . La siguiente figura muestra un esquema de radiación adaptativa, en el cual un sistema de polinización ha evolucionado de otro.



El conocimiento de la radiación adaptativa a diferentes vectores de polen, en la cual un sistema de polinización ha evolucionado de otro, permite conocer las líneas filéticas principales que dan lugar a los grupos naturales de especies dentro del género Bauhinia.

Aunque hasta ahora solo se conoce la polinización de 5 especies para México y Centroamérica, se pueden hacer inferencias sobre posibles agrupaciones, relacionando el síndrome de polinización de las especies conocidas, con el síndrome de características que tienen las otras especies.

Cáliz espataceo con pigmentación rojiza, pétalos unguiculados blancos, rojos, y blancos cuando jóvenes y rojos al madurar, corola con tendencia tubular, estambres fértiles 1,3 o 5, síndrome de polinización por colibríes:

B. divaricata

B. jenningsii

B. erythrocalyx

B. rubeleruziana

B. pansamalana

Cáliz espataceo, reflexo, verdoso, pétalos unguiculados, pilosos, dispuestos en un mismo plano y perpendiculares al eje de simetría de la flor (patentes), estambres fértiles 1 síndrome de polinización por moscas.

B. subrotundifolia

B. pes-caprae

B. pringlei

Cáliz espataceo o dividido, pétalos estrechamente lineares, blancos, dispuestos en un mismo plano y perpendiculares al eje de simetría de la flor (patentes) o dispuestos radialmente, estambres fértiles 5 o 10, flores nocturnas, polinizadas por esfingidos y murcielagos:

B. ungulata

B. pauletia

Cáliz campanulado, bilabiado, pétalos blanquecinos o amarillos con o sin guías de néctar color púrpura, arreglo de la corola con tendencia a las formas papilionadas, estambres fértiles 10, libres entre sí, insertos en la corola, síndrome de polinización por abejas.

B. glabra

B. herrerae

B. microstachya

B. guianensis

Al hacer una comparación de estas agrupaciones con las realizadas por Wunderlin (1983, ver tabla 10) se puede notar una gran diferencia sobre todo en la que él llama subalianza *Divaricata*, cuyas especies aunque morfológicamente están relacionadas si tomamos en cuenta su polinización quedarían divididas en 3 o 4 grupos naturales. Por otra parte la subalianza *aculeata* quedaría casi de la misma forma.

Por último podemos decir, que con más información en los sistemas de polinización en este género junto con más evidencias tanto palinológicas como en el número cromosómico de las especies, se puede proponer formalmente un reordenamiento a nivel de grupos o secciones cuando las especies resultan relacionadas entre sí o hasta de taxas infragenéricos cuando las líneas filogenéticas están más alejadas como en el caso del grupo de B. glabra (ver fig. 18).

Tabla 10 Arreglo de la alianzas y subalianzas de Bauhinia dentro del grupo arborescente representado en América Central (México y Centroamérica). Tomado de Wunderlin (1983).

Alianza Divaricata-

Sin espinas; cáliz espataceo, estambres fértiles 1 ó 3; polen 3-colpor(oid)ado, sexina reticulada o estriado-reticulada, ocasionalmente con procesos supratectales elongados.

Subalianza Divaricata- Pétalos largamente unguiculados; estambres fértiles 1.

- B. chapulhuacania Wunderlin
- B. deserti (Britt. & Rose) Lundell
- B. dipetala Hemsl.
- B. divaricata L.
- B. erythocalyx Wunderlin
- B. jenningsii P. Wils.
- B. jucunda Brandeg.
- B. lunarioides A. Gray ex. S. Wats
- B. macranthera Benth ex Hemsl.
- B. pes-caprae Cav.
- B. pringlei S. Wats.
- B. ramosissima Benth ex Hemsl.
- B. rubeleruziana Donn. Sm.
- B. subrotundifolia Cav.

Subalianza Coulteri- Pétalos sésiles; estambres fértiles 3

- B. coulteri Macbr.

Alianza Petiolata  
sin espinas; cáliz espataceo  
estambres fértiles 3 o 10  
polen inaperturado, sexina  
reticulada, procesos supra-  
tectales como espinas.

Subalianza petiolata  
Estambres fértiles 10

- B. andrieuxii Hemsl.
- B. beguinotii Cuf.
- B. cookii Rose
- B. petiolata (Mutis ex DC.)  
Triana ex Hook. f.
- B. picta (H.B.K.) DC.
- B. seleriana Harms

Subalianza Pansamalana  
Estambres fértiles 3,  
separados uno de otro  
por un estaminodio.

- B. pansamalana Donn. Sm.

Alianza Aculeata

Con espinas intraestipulares  
o sin espinas; cáliz espataceo  
o dividido; estambres fértiles  
5 o 10; polen inaperturado,  
3-6 colpado, o 3-4 colporoidado  
sexina reticulada con procesos  
supratectales clavados o 3-6  
poroidado.

Subalianza Aculeata- Estambres  
fértiles 5 o 10; polen inaperturado  
3-6-colpado o 3-4 colporoidado  
sexina reticulada con procesos  
supratectales clavados.

- B. aculeata L.
- B. pauletia Pers.
- B. ungulata L.

## CONCLUSIONES

- 1.- Las especies B. ungulata y B. glabra son auto-incompatibles y necesitan vectores animales de polen, para asegurar la producción de semillas.
- 2.- En B. divaricata y B. subrotundifolia el andromonoecismo promueve cruzamiento en las poblaciones y es una respuesta selectiva a la pérdida de polen para compensar la reducción de anteras fértiles.
- 3.- En el género Bauhinia existen por lo menos cinco sistemas diferentes de polinización: Melitofilia (abejas), Esfingofilia (esfingidos), Miofilia (moscas), Quiropterofilia (murciélagos) y Ornitofilia (colibríes).
- 4.- En las cuatro especies estudiadas se pueden apreciar dos líneas filogenéticas diferentes: una la forman B. ungulata, B. subrotundifolia y B. divaricata, la segunda línea la constituye B. glabra. Estas especies forman a su vez grupos naturales o secciones con sus respectivas especies relacionadas.
- 5.- Dentro de la primera línea filogenética, B. ungulata presenta los caracteres más primitivos y B. divaricata los más avanzados. B. glabra también presenta características avanzadas dentro de su línea filogenética.

6.- Analizando la morfología floral así como la forma de polinización verificada o hipotética de algunas especies de Bauhinia, se pudieron hacer agrupaciones naturales o secciones de especies relacionadas filogenéticamente:

B. unguata L.

B. pauletia Pers.

B. chapulhuacania Wunderlin

B. deserti (Britt. & Rose) Lundell

B. dipetala Hemsl.

B. jucunda Brandeg.

B. frixellii Wunderlin

B. subrotundifolia Cav.

B. pes - caprae Cav.

B. pringlei S. Wats.

B. divaricata L.

B. jenningsii P. Wils.

B. erythrocalyx Wunderlin

B. rubeleruziana Donn. Sm.

B. pansamalana Donn. Sm.

B. glabra Jacq.

B. herrerae (Britton & Rose) Standl.

B. microstachya (Raddi) Macbr.

B. guianensis Aubl

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Baker, H.G. 1960. Reproductive methods as factors in speciation in flowering plants. Symp. Quant. Biol. 24: 177-191.
- \_\_\_\_\_ 1978. Chemical aspects of the pollination biology of woody plants in the tropics. En Tomlinson, P.B. y H.H Zimmerman, (Ed.) Tropical trees as living systems, Cambridge Univ.Press. 675 p.
- Bateman, A.J. 1948. Intrasexual selection in Drosophila Heredity 2: 349-369.
- \_\_\_\_\_ 1951. The taxonomic discrimination of bees. Heredity 5: 271-273.
- Bawa K.S. y J.H. Beach. 1981. Evolution of sexual systems in flowering plants. Ann. Missouri Bot. Gard. 68: 254-274.
- Beattie A.J. 1971. A technique for the study of insect-borne pollen. Pan-Pacific Entomol. 47 (1): 82.
- Britton, N.L. y J.N. Rose. 1930. Caesalpinaceae. North Amer. Fl. 23: 201-349.
- Darlington, C.D. 1958. The evolution of genetic systems Oliver & Boyd, London.
- Delgado S,A y M.Sousa S. 1977. Biología floral del género Cassia, en la región de los Tuxtlas, Veracruz. Bol. Soc. Bot. México. 37: 5-54.

- Diétrich, D. 1840. *Synopsis plantarum*. Weimar, Vimaric, v. 2: 881-1642.
- Dodson, C.H.R.L. Dressler, H.G. Hills, R.M. Adams, y N.H. Williams. 1969. Biological active compounds, in orchid fragances. *Science* 164: 1243-1249.
- Faegri K. y L. Van der Pijl. 1966. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford. 291 p.
- Frankie, G.W. H.G. Baker y P.A. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *J. Ecol.* 62 (3): 881-919.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kóppen, Instituto de Geografía, UNAM. México D.F. 246 p.
- Gentry, A. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- \_\_\_\_\_ 1974a. Coevolutionary patterns in Central America Bignoniaceae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 61: 728-759.
- Grant, K.A. 1966. A Hypothesis concerning the prevalence of red coloration in california hummingbird flowers. *Amer. Nat.* 100: 85-97.
- Grant, V. 1949. Pollination systems as isolating mechanisms in angiosperms. *Evolution* 3: 82-97.

- Harris, B.J. & H.G. Baker. 1958. Pollination of Kigelia africana Benth. J. West Afr. Sci. Assoc. 4: 25-30.
- Hart, J. 1897. Bats fertilizing the flowers of Bauhinia megalandra Griseb (n.sp). Bull. Misc. Inf. Trinid. Roy. Bot. Gard. 3: 30-31.
- Heithaus, E.R. P.A. Opler y H.G. Baker. 1974. Bat activity and pollination of Bauhinia pauletia plant-pollination coevolution. Ecology 55: 412-419.
- Hernández, M.H. y V.M. Toledo. 1982. Floral biology of Erythrina batolobium and the evolution of pollination systems in american species of the genus. Allertonia 3 (1) 47-84.
- Kalin, A.M. 1981. Breeding systems and pollination Biology in Leguminosae. en POlhill, R.M. & P.H. Raven (ed.). Advances in legume systematics part 2 . Royal Botanic Gardens, Kew. pp. 723-769.
- Leppik, F.E. 1953. The ability of insects to distinguish number. Amer. Nat. 87: 229-236.
- \_\_\_\_\_ 1956. The form and function of numeral patterns in flowers. Amer. J. Bot. 43: 445-455.
- \_\_\_\_\_ 1957. Evolutionary relationship between entomophilous plants and anthophilous insects. Evolution 11: 466-481.
- \_\_\_\_\_ 1964. Floral evolution of flower types. Llodya 3: 72-92.

- Levin, D. y Anderson 1970. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. Amer. Nat. 104: 455-467.
- Lewis, K.R. & B. John. 1963. Chromosome marker. Churchill, London.
- Lewis, D. 1979. Sexual incompatibility in plants. Edward Arnold Publ. London.
- Manning, A. 1956. Bees and flowers. New Biol. 21: 59-73.
- Mather, K. 1973. Genetical structure of populations. Chapman & Hall, London.
- Miranda, F. y E. Hernández H. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Bol. Soc. Bot. México. 28: 29-72.
- Mosquin, T. 1971. Competition for pollinators as a stimulus for the evolution of flowering time. Oikos 22: 398-402.
- Percival, M.S. 1965. Floral Biology. Pergamon Press. London, 243 p.
- Pijl, L. Van der. 1954. Xylocopa and flowers in the tropics I-III. Nederlandse ak. wetens. Proc. 57, ser c. 413-423 541-562.
- \_\_\_\_\_ y C. Dodson. 1966. Orchid flowers: Their pollination and Evolution (University of Miami press, coral gables, Florida).

- Proctor, M. y P. Yeo. 1972. The pollination of flowers.  
Collins, London. 418 p.
- Ramirez, N. C. Sobrevila, N. X. de Enrech y T. Ruiz Zapata.  
1984. Floral biology and breeding system of Bauhinia  
ungulata, bat pollinator tree in "Llanos Venezuela".  
Amer. J. Bot. 71 (2): 273-286.
- Ruiz, T y M.T.K. Arrollo, 1978. Plant reproductive ecology  
of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela.  
Biotropica 10: 221-230.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F.  
472.
- Schery, R.W. 1951. Leguminosae part 2. Ann. Missouri Bot.  
Gard. 38: 301-394.
- Solbrig, O.T. 1976. On the relative advantage of cross and  
self-fertilization. Ann. Missouri Bot. Gard. 63: 262-276.
- Stebbins, G.L. 1958. Longevity, habitat and release of genetic  
variability in higher plants. Quant. Biol. 23: 365-378.
- \_\_\_\_\_ 1974. Flowering plants. Evolution above the  
species level. Belknap of Harvard University 399 p.
- Vuilleumier, B.S. 1967. The origin and evolutionary development  
of heterostyly in the angiosperms. Evolution 21: 210-226.
- Vogel, S. 1954. Blütenbiologische Typen als elemente der  
sippengliederung Bot. Stud. 1: 1-338.

Wunderlin, P.R. 1983. Revision of the arborescent *Bauhinias* (Fabaceae:Caesalpinioideae: Cercideae) native to middle America. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 70: 95-127.

## APENDICE

Lista de plantas y animales colectados y depositados en el Instituto de Biología de la UNAM durante el desarrollo de la tesis.

## Plantas

Especie	Colector	Numero	Depositado		
<u>Bauhinia divaricata</u> L.	R.Torres C.	4618	Herbario		
		4647	MEXU		
		4650	UNAM		
		4652			
		4655			
		4656			
		4657			
		4658			
		4659			
		4663			
		4665			
		<u>Bauhinia subrotundifolia</u> Cav.	"	4668	"
				4669	
4670					
4671					
4672					
4673					
4674					
4675					
<u>Bauhinia glabra</u> Jacq.	"	4676			
		4677			
		4075 bis	"		
Insectos (Dípteros)					
<u>Ligyra</u> sp.	"	1	Entomología		
		2	Instituto de		
<u>Exoprosopa</u> sp.	"	3	Biología		
		4	UNAM		
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			

<u>Lepidanthrax</u> sp.	R.Torres C.	13	Entomología
		14	Instituto de
		15	Biología
		16	UNAM
		17	
		18	
		19	
Lepidopteros diurnos			
<u>Urbanus dorantes</u> Stoll	"	20	"
<u>Thisbe licorias</u> Hew	"	21	"
<u>Phoebis sennaebula</u> L.	"	22	"
<u>Timochares ruptifasciata</u> (Phoetz)	"	38	"
<u>Phopebis agarite</u> (Baisduval)	"	39	"
<u>Urbanus dorantes</u> Stoll	"	55	"
<u>Urbanus euricles</u> Latreille	"	56	"
<u>Urbanus simplicius</u> Stoll.	"	57	"
Lepidopteros nocturnos			
<u>Ascalapa odorata</u> Linneo	"	92	"
		97	"
		99	"
<u>Blosyris vultura</u> Druce	"	93	"
		94	"
		98	"
		100	"
	"	101	"
	"	102	"
	"	103	"
<u>Pachylia ficus</u> L.	"	96	"

## Abejas

<u>Xylocopa fimbriata</u> Fabricius	R.Torres C.	130	Entomología
			Instituto de
<u>mexicanorum</u> Cockerell	"	131	Biología
			UNAM
<u>muscaria</u> (Fabricius)	"	132	
	"	134	"
	"	136	"
	"	137	"
	"	138	"
<u>Megachile dentipes</u> Vachal	"	133	"
	"	135	"

## Aves (colibríes)

<u>Archilochus colubris</u>	"	1	Ornitología
	"	2	Instituto de
	"	3	Biología
			UNAM