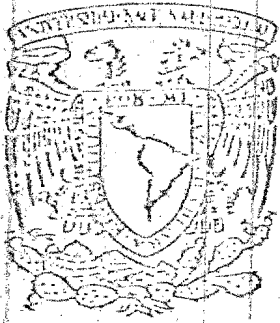


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

BIOLOGIA FLORAL DEL GENERO CASSIA EN LA REGION DE  
LOS TUXTLAS, VERACRUZ.

*Para el Dr. Saubhan  
con profundo respeto y  
agradecimiento  
Prof. Helio A. Delgado*

TESIS PROFESIONAL

ALFONSO OCTAVIO DELGADO SALINAS

México, D.F.

UNAM  
EST. DE PROFESIONALES  
1977

## AGRADECIMIENTOS.

Expreso mi sincero reconocimiento al M. en C. Mario Sousa Sánchez por su positiva dirección y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A los señores,

Dr. Alfredo Barrera Vázquez Marín,

Dr. José Sarukhán Kermez,

Dr. Teofilo Herrera Suárez, y

Biol. Daniel Piñero Dalmau,

miembros de la Comisión Dictaminadora, les extiendo mi agradecimiento por su ayuda en la revisión y corrección del manuscrito. En particular, deseo reconocer las valiosas sugerencias y críticas aportadas por el -- Dr. Alfredo Barrera y el Dr. José Sarukhán.

Agradezco al personal de la Estación de Biología Tropical -- "Los Tuxtlas" y en especial a los señores: Juan Ismael Calzada y Refugio Cedillo Trigos su ayuda en el campo; a los doctores C.R. Beutelspacher B., Roy R. Snelling y G.C. Eickwort por la identificación de varias abejas y al Bibl. Armando Butanda Cervera por la revisión de la literatura -- citada.

Agradezco también a todas las personas que siguieron con -- interés el desarrollo de este trabajo.

Por último, me permito dedicar afectuosamente esta tesis.

A mis padres, ya que gracias a sus muchos esfuerzos me ha sido posible alcanzar esta meta.

A la Biól. María del Rosario García Peña por su apoyo y comprensión y al M. en C. Víctor M. Toledo Manzur por su amistoso entusiasmo.

BIOLOGIA FLORAL DEL GENERO CASSIA EN LA REGION DE LOS TUXTLAS.

VERACRUZ.

CONTENIDO

RESUMEN.

INTRODUCCION.

AREA DE ESTUDIO.

GENERO CASSIA.

ESTUDIOS ANTECEDENTES DE LA BIOLOGIA FLORAL EN EL GENERO -  
CASSIA.

FLORACION EN EL GENERO CASSIA EN LA REGION DE LOS TUXTLAS,  
VERACRUZ.

METODOLOGIA.

RESULTADOS.

POLINIZACION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

POLINIZADORES Y VISITANTES .

DISCUSION.

AISLAMIENTO REPRODUCTIVO.

CONSIDERACIONES FINALES .

LITERATURA CITADA.

## Resumen.

Los estudios sobre los métodos de reproducción han demostrado ser de gran utilidad en el conocimiento de la evolución y la taxonomía de las plantas. El presente trabajo, desarrollado en la región de Los Tuxtlas, Ver., estudia y analiza los mecanismos de polinización de las especies del género Cassia en la región y cómo éstos contribuyen a establecer mecanismos de aislamiento que preservan la integridad genética de las mencionadas especies.

Se analiza la fenología de la floración de las especies; la morfología y disposición de las partes florales, así como el comportamiento de los polinizadores y visitantes. Finalmente, se relaciona el estudio efectuado con la taxonomía del género.

## INTRODUCCION.

Las investigaciones sobre la biología de la reproducción en las plantas han ofrecido a los investigadores la información para un mejor entendimiento de la evolución, y por consiguiente una mejor evaluación taxonómica (Baker, 1959; Ornduff, 1969).

Stebbins (1971) indica que en las plantas, la radiación adaptativa depende en gran parte de la diversificación de los métodos de reproducción, tanto en la polinización como en la dispersión de las semillas, germinación, y el establecimiento de las plántulas. Los estudios de los métodos reproductivos en los trópicos han demostrado que existe una alta proporción de plantas que están obligadas a una fecundación cruzada; es decir, requieren de los servicios de animales para su polinización (Janzen, 1967; Baker & Hurd, 1968; Bawa, 1974 y otros). Los mecanismos de polinización son el resultado de una continua adaptación tanto de las flores como de sus polinizadores y por lo tanto, los análisis detallados de estos mecanismos al igual que estudios comprensivos, tales como el de su evolución hacia un mejor éxito reproductor lograrán un mejor conocimiento de los organismos y con ello, eventualmente, una más clara idea de su posición taxonómica.

El presente trabajo contribuye al conocimiento de los fenómenos relativos a la polinización en el género Cassia, analizando el comportamiento en la floración de las especies, su morfología floral y la actividad de sus

polinizadores y visitantes. Se discute los aislamientos reproductores que presentan las especies estudiadas y su especiación. También, como resultado de este estudio de biología floral, se revaloran algunos caracteres morfológicos.

## AREA DE ESTUDIO.

La región de Los Tuxtlas está localizada en el sureste del Estado de Veracruz, en la planicie costera del Golfo de México. El clima de esta región es cálido-húmedo y abarca todos los subtipos del clima A de Köppen, -- modificado por García (1970). Ya que la mayor parte de las observaciones fueron hechas en las cercanías a la población de Coyame, se escogieron los datos proporcionados por la estación meteorológica de esta localidad. La población de Coyame se encuentra en la orilla noreste de la laguna de Catemaco -- (18° 26' N, 95° 0' W) y a una altitud de 340 metros sobre el nivel del mar. -- Se presenta en esta área una estación de lluvias y otra de secas. La primera se inicia en junio y termina en las últimas semanas de enero. Esta estación -- es interrumpida por un corto período de sequía intraestival en agosto. La estación seca ocurre en febrero a mayo (Fig. 1).

La marcha de temperatura en el año se observa también en la -- Fig. 1 y es 23.4° C su temperatura media anual y 4419.8 mm. su precipita-- ción anual. Además se ha mencionado la necesidad de estudios sobre la influen-- cia que tienen otros factores físicos en la actividad de las abejas (Robertson, -- 1888; Janzen, 1966; Cruden, 1972; Eisikowitch, 1973). Un factor importante -- de esta relación es la velocidad del viento. Eisikowitch (1973) afirma que ve-- locidades del viento entre 0 - 4 m/s favorecen el vuelo de las abejas.

En la Fig. 2 se observa el número de días que soplan vientos de



velocidades mayores a 4 m/s a lo largo del año para el Puerto de Veracruz. Esto permite concluir, según Eisikowitch, que en estos días las especies de Cassia prescindan de sus polinizadores y que la influencia de este factor no es decisiva para la reproducción de estas especies.

La región de Los Tuxtlas está cubierta por varios tipos de vegetación (Sousa, 1968). Fué en la vegetación secundaria del tipo denominado selva alta perennifolia (Miranda & Hernández X, 1963) donde se observó la polinización de las especies en este estudio. Cassia presenta en la región, 15 especies distribuidas de la siguiente manera: en la vegetación secundaria, Cassia bicapsularis, Cassia doylei, Cassia fruticosa, Cassia leiophylla, -- Cassia leptocarpa, Cassia obtusifolia, Cassia occidentalis, Cassia pilifera, Cassia spectabilis y Cassia stenocarpa, es muy probable que Cassia stenocarpa sens. lat. incluya a varias especies: Cassia stenocarpoides y Cassia chamaecrista. En la vegetación encinar - pinar, Cassia flexuosa y Cassia hispidula; en la vegetación costera, Cassia chamacristoides; cultivadas e introducidas como ornamentales, Cassia fistula y Cassia alata.

Como ya se dijo anteriormente, las especies de Cassia estudiadas en este trabajo forman parte de la vegetación secundaria de esta región. Las áreas donde se desarrolla esta vegetación reciben una constante perturbación por el hombre y ésto trae como consecuencia que las condiciones se modifiquen. En estos lugares la temperatura aumenta al nivel del suelo por el incremento en la insolación, y son más secos debido a una mayor acción del viento (Ehrlich & Gilbert, 1973). Junto con estas modificaciones climáticas se encuentra la destrucción del habitat de algunas abejas, (Janzen, --

1966; 1971), que traen consigo un fuerte impacto en la actividad de estos insectos y por lo tanto, en la biología reproductora de las especies.

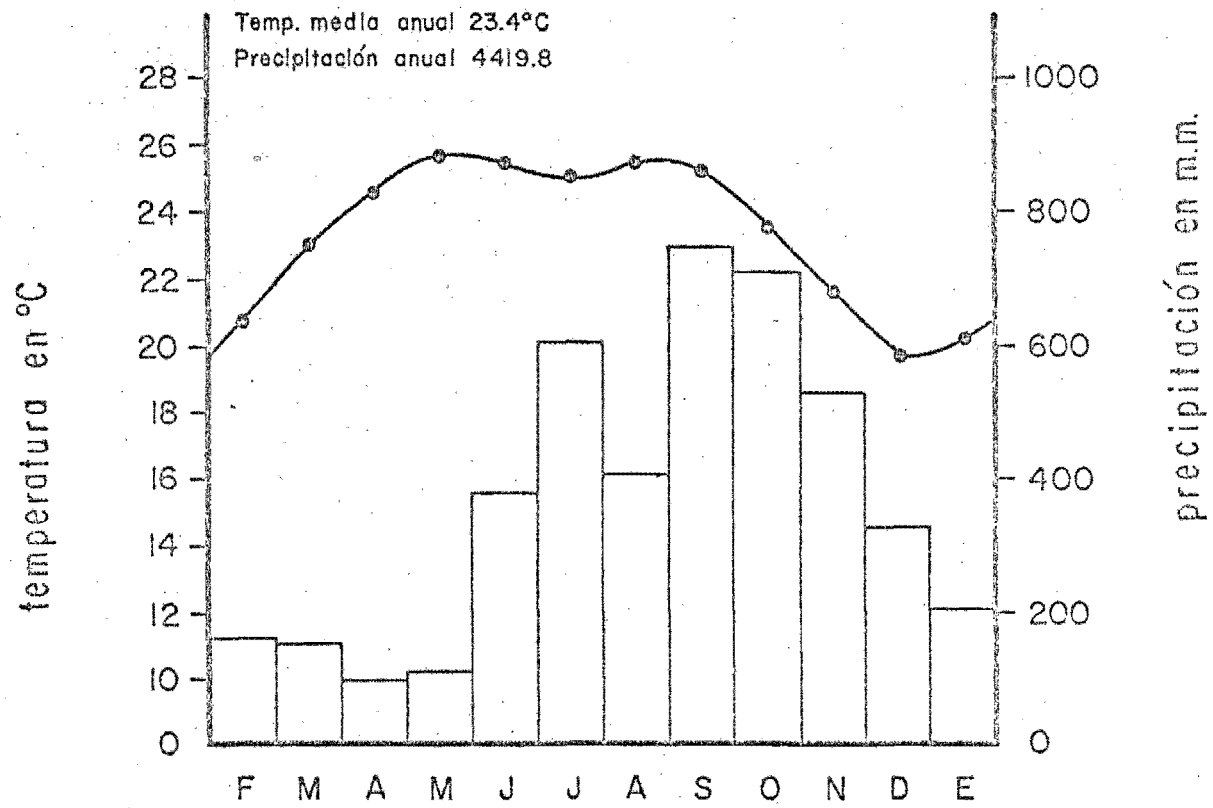


FIG. 1. Coyame Af (m) (I') g. Tomado de Sousa, 1968.

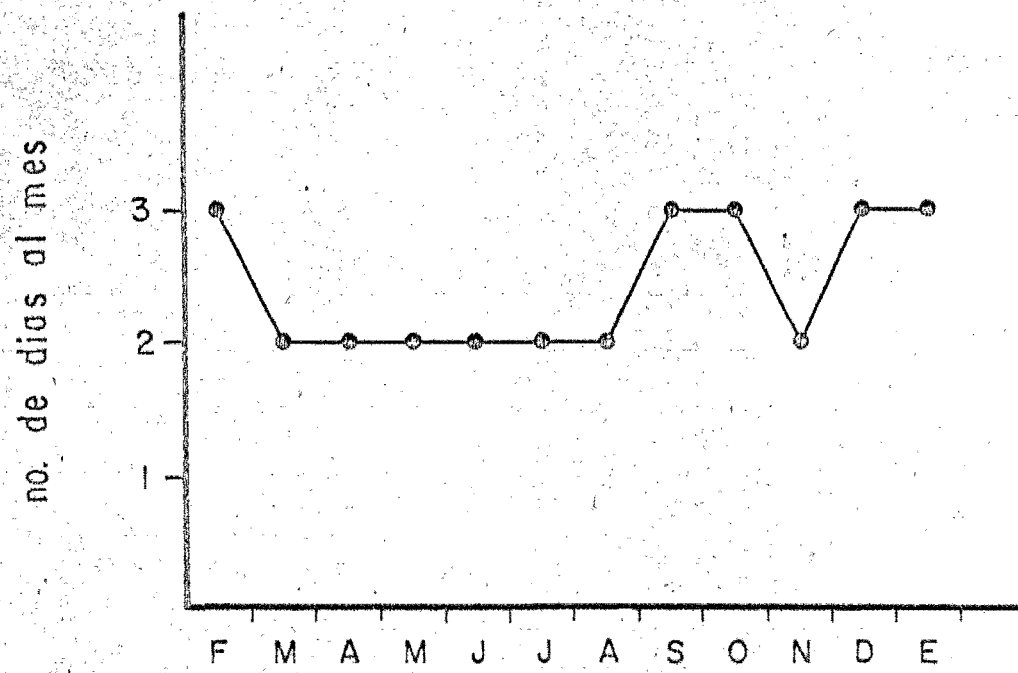


FIG. 2. Número de "Nortes" con rachas; de 4.1 a 12.0 m/s para el Puerto de Veracruz. Instituto de Meteorología Nautica. Medio siglo de datos climáticos 1917 - 1966 en Veracruz, Ver., México).

## GENERO CASSIA

El género Cassia, con 600 especies aproximadamente, es el más grande de la subfamilia Caesalpinioideae, ( Irwin & Turner, 1960) y está distribuido en los trópicos y subtropicos. En México contiene casi 100 especies, desde el nivel del mar hasta los 3 000 msnm y en la región de Los Tuxtlas -- está representado con 16 especies, desde el nivel del mar hasta los 1 200 msnm. El género representa una gran diversidad de formas de vida: árboles que llegan a medir hasta 30 m. de alto, arbustos (erectos o trepadores) y hierbas -- perennes (erectas o postradas) hasta hierbas anuales (raramente trepadoras). Sus hojas son paripinnadas y presentan algunas veces glándulas, ya sea en el ráquis de la hoja, o bien en el pecíolo.

La inflorescencia puede ser axilar o terminal, con muchas flores o reducida a una sola flor (Irwin, 1964). Los racimos son colgantes o erectos, y pueden estar dispuestos en panículas terminales (subgénero Senna) o en subumbélas (Cassia multifoliolata). Tanto en las flores de los racimos colgantes (sección Fistula), como en la flor erecta de las secciones Chamaecrista y Xerocalyx se presenta el fenómeno de la resupinación (Venkatesch, 1954; Irwin & Barneby, 1976), que consiste en la torción de el pedicélo durante su desarrollo (Fig. 3 c, d, e).

La flor es bisexual, efímera y en general de pétalos amarillos. Carece de olor perceptible y de nectarios florales. Presenta, por lo común, una acusada asimetría, siendo sus pétalos subiguales. Generalmente el pé-

talo adaxial es el interno (Irwin & Barneby, 1976). La flor de Cassia puede o no abrir enteramente, es decir, que una flor está abierta cuando los pétalos se extienden en un sólo plano (Fig. 3 a) y entreabierta cuando los pétalos no abren completamente (Fig. 3 b).

El androceo en Cassia es muy variable, consta de 10 estambres libres en dos verticilos. Los estambres del verticilo externo son de dos tipos; tres estambres abaxiales grandes, de los cuales el intermedio en muchas especies es de menor tamaño o está reducido a estaminodio; los otros dos estambres del mismo verticilo son adaxiales y de menor tamaño. Estos dos estambres en el subgénero Fistula, están reducidos a estaminodios en los demás. También el verticilo interno está formado por cinco estambres, cuatro de ellos de tamaño medio, y el quinto localizado en posición adaxial, e intermedio entre los dos estambres adaxiales del verticilo externo. Este estambre puede ser fértil (subgénero Fistula) o bien, un estaminodio. (Fig.8).

Las anteras tubulares son ditecas en todos los casos, pero muestran variedad considerable en su tamaño y forma, así como la posibilidad de presentar valvas (Cassia bicapsularis) y rostros, estructura que Burkart (1952) asocia "presuntamente" con la polinización. Debe mencionarse que el modo de dehiscencia puede variar aún en los estambres de una misma flor; siendo esta dehiscencia poricida (por poros) o rimoso (por hendiduras).

El estilo casi siempre presenta cierta curvatura, y enantiofilia, o sea que puede girar a la derecha o izquierda dentro de un plano de simetría. También el estilo puede variar en tamaño y en posición en la flor. En algunas especies se presenta la resupinación del estilo, como se observa en Cassia doylei. El estigma es terminal, introrso y pequeño.

El fruto es sumamente diverso en su morfología, puede ser -- cilíndrico o plano, raramente anguloso o alado, leñoso a coriáceo o papiráceo, seco o semipulposo, con o sin septos. Puede ser indehiscente o dehiscente -- (a veces elásticamente); en el último caso, abre a lo largo de una o dos suturas o bien, es irregularmente dehiscente.

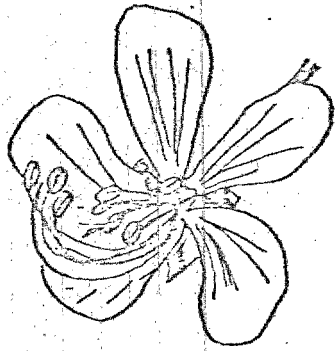
Las semillas varían en su tamaño, siendo de forma ovoidea a rectangular o trapezoidales. Pueden presentar relieves, puntuaciones y zonas de diferente color (Irwin, 1964). Generalmente tienen posición transversal -- aunque, a veces, se presentan oblicuas o longitudinales.

Las plántulas de Cassia son de germinación epigea (Gates, 1951), y las primeras hojas son alternas.

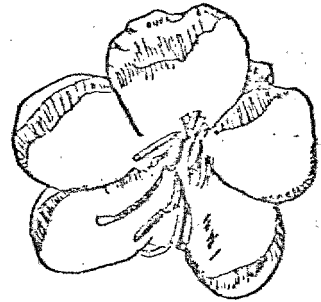
Se puede concluir, por lo antes expuesto, que Cassia es un género muy diverso, en el que los estudios sistemáticos son cada vez más necesarios para su mejor entendimiento taxonómico.

FIG. 3. a) flor de Cassia enteramente abierta, los pétalos se extienden en un solo plano. b) flor entreabierta cuando los pétalos no abren completamente. c, d, e) proceso de resupinación (Tomado de Venkatesch, 1954). - c) plano transversal de la flor antes de la resupinación. d) flor durante el proceso. e) flor resupinada. Los diagramas presentan el eje de la inflorescencia. Los estambres grandes se presentan en negro .

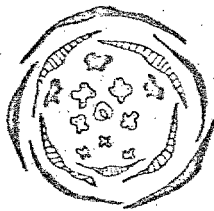




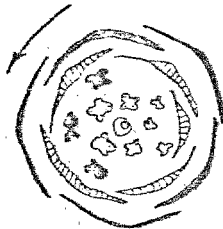
a



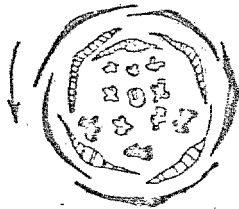
b



c



d



e

Fig. 3

## ESTUDIOS ANTECEDENTES DE LA BIOLOGIA FLORAL EN EL GENERO CASSIA.

Este género ha sido objeto de estudios tanto de sus partes florales, como de su polinización. También ha sido Cassia y las abejas que visitan sus flores (Hymenoptera: Apoidea) causa de numerosos registros en trabajos, tanto botánicos como entomológicos (Tabla No. 1).

A finales del siglo pasado, Meehan (1886), hizo observaciones -- sobre la polinización de Cassia marilandica, motivado por los trabajos efectuados por Todd, Legget y Müller (Meehan, op. cit.) sobre la organización -- floral en varias especies de Cassia. En este estudio, se observó el trabajo que la abeja efectúa con las anteras de medio tamaño, y lo describe como -- una acción de "ordeñar". Comprueba que en Cassia marilandica la autopolinización no es posible y asegura que por su estructura, Cassia, está bien dispuesta para la polinización cruzada.

Burck (1887), en un trabajo sobre la heterostilia, rechaza la -- polinización cruzada en el género y asegura que la autopolinización es dominante. Es este autor uno de los primeros que advierten una diferencia del -- uso que se le va a dar al polen; el polen de las anteras grandes es utilizado -- únicamente para la fecundación, y el polen de las anteras de menor tamaño -- sirve para la alimentación de las abejas. Burck afirma que la distancia del estigma a los poros de las anteras grandes es muy pequeña; por lo tanto, hay

mayor probabilidad de que la "pequeña nube" de polen que sale, al ser sacudidas las anteras, llegue al estigma de la misma flor.

Robertson (1890), estudia la polinización de Cassia chamaecrista y de Cassia marilandica. Con respecto a la primera especie, Robertson explica la presencia de manchas rojas en algunos pétalos que contribuyen a la atracción y guía a los insectos. Observa que el estilo puede presentarse a la izquierda o a la derecha, (enantiofilia). La polinización de Cassia chamaecrista se lleva a cabo, según el autor, al ponerse en contacto el estigma con el costado del insecto (polinización pleurotrífica). El polen que se deposita en el costado del insecto es el arrojado mientras la abeja "ordeña" las anteras y es conducido por uno de los pétalos al insecto. Es importante notar el papel que desempeña dicho pétalo en la polinización de la flor; dicho papel -- fué observado para la especie Cassia doylei en este trabajo. En Cassia marilandica, el autor nota la división de trabajo de las anteras. Las anteras -- grandes, nos dice, "seguramente proporcionan polen para la polinización -- cruzada, ya que probablemente tienen acción de fuelle". La polinización en esta especie es pleurotrífica.

Es importante hacer notar que Robertson también fija su atención en los insectos (hormiga, avispas y otros), que visitan glándulas foliares de Cassia.

En 1902, Harris y Kuchs resumen algunos de los razonamientos obtenidos en trabajos anteriores al estudiar la polinización de Cassia -- -- chamaecrista. Ambos autores llegan a la conclusión de que no tiene significado reproductivo el polen de las anteras grandes y que la polinización se --

lleva a cabo cuando las patas de la abeja establecen contacto con el estigma porque es en esta parte floral donde, según ellos, se apoya la abeja.

Años más tarde, Van der Pijl (1954), en Indonesia, trabaja algunas especies del género Cassia. El principal objeto de este trabajo es de formar clases florales; es decir, relacionar flores con determinado género de abeja. Van der Pijl afirma que la flor de Cassia presenta ciertas características que facilitan la operación por el género Xylocopa. El mismo autor, --- también observa la vibración de la abeja para la obtención del polen y trata de explicarla. Arregla a las anteras en dos grupos: las que denomina nodrizas o centrales y las polinizadoras, grandes o abaxiales, división ya hecha anteriormente por otros investigadores. Van der Pijl, afirma que la enantiostilia en la flor facilita la mejor colocación y operación de la abeja. Por lo que respecta al fenómeno de resupinación en la flor, él lo señala como un cambio importante para la polinización, observación también hecha por Venkatesch (1954). Van der Pijl piensa que la autopolinización es bastante improbable en Cassia, ya que el estigma es extremadamente pequeño como para recibir granos de la nube de polen producida por la abeja al vibrar, especialmente cuando el área estigmática está colocada hacia abajo.

Michener (1962) y Willie (1963) tratan de explicar el fenómeno de vibración en Solanum y Cassia, plantas con anteras poricidas. Willie (1963) divide a las abejas visitantes de Cassia biflora según su comportamiento en la obtención del polen. Esta clasificación será descrita en la sección de polinizadores y visitantes.

Euchmann (1974), publica una nota preliminar sobre la polinización de Cassia quiedoncilla en México. El autor encuentra que la flor de es-

ta especie absorbe completamente el ultravioleta, característica que ha sido probada para otros géneros de Caesalpinoidea (Jones & Buchmann 1974) -- como importante, en el entendimiento del comportamiento y la orientación -- del insecto en la flor. Buchmann (p. cit.) observa que Cassia quiedondilla -- produce un alto porcentaje de polen viable y que este se presenta en dos -- tamaños. El polen pequeño, según el autor, sirve como una recompensa extra al insecto. Las anteriores observaciones, tanto el patrón ultravioleta de la flor, como la forma y tamaño del polen, son cualidades que no han sido -- explotadas en Cassia y que aparecen como nuevas líneas de investigación.

A través del tiempo, el estudio de la biología floral de Cassia -- ha pasado por varias etapas que se deben principalmente a la mayor observación y conocimiento de los investigadores; pero es el trabajo de Van der Pijl (1954), el que da un cambio total a los estudios de polinización en el género y despierta la inquietud para obtener un mayor conocimiento de este fenómeno en plantas con anteras poricidas.

<u>Cassia alata</u>	<u>Xylocopa</u>	Java, Indonesia	Van der Pijl, 1954
<u>Cassia bacillaris</u>	<u>Xylocopa latipes</u>	Java, Indonesia	Van der Pijl, 1954
	<u>Xylocopa caerulea</u>		
<u>Cassia bicapsularis</u>	<u>Xylocopa fimbriata</u>	Cotaxtla, Ver., México	Janzen, 1966 (Diciembre - Febrero)
<u>Cassia biflora</u>	<u>Xylocopa fimbriata</u>	Guanacaste, Costa Rica	Willie, 1963
	<u>Xylocopa gualanensis</u>		
	<u>Xylocopa subvirescens</u>		
	<u>Xylocopa mexicanorum</u>	Chamela, Jal., México	Sousa, (Marzo)
	<u>Xylocopa fimbriata</u>	Pinoltepec, Ver., México	Delgado & Sousa, (Marzo)
	<u>Xylocopa fabricii</u>	.	
	<u>Xylocopa muscaria</u>		
<u>Cassia chamaecristoides</u>	<u>Xylocopa</u>	Cd. del Carmen, Camp., México	Delgado, (Marzo)
	<u>Xylocopa</u>	Xilotepec, Ver., México	Sousa, (Septiembre)
<u>Cassia corymbosa</u>	<u>Xylocopa</u>	" . . . "	Perclval, 1965
<u>Cassia doylei</u>	<u>Xylocopa mexicanorum</u>	Coyame, Ver., México	Delgado, (Agosto)
	<u>Xylocopa fabricii</u>		
	<u>Xylocopa muscaria</u>		
<u>Cassia fistula</u>	<u>Xylocopa</u>	Salto de Eyipantla	
<u>Cassia fruticosa</u>	<u>Xylocopa fabricii</u>	Sontecomapán, Ver., México	Delgado & Sousa, (Junio)
	<u>Xylocopa</u>		
<u>Cassia leptophylla</u>	<u>Xylocopa</u>	N. de Huatusco, Ver., México	Sousa, (Septiembre)
<u>Cassia leptocarpa</u>	<u>Xylocopa</u>	N. de Huatusco, Ver., México	Sousa, (Septiembre)
<u>Cassia multijuga</u>	<u>Xylocopa</u>	S. de Brasil	Müller, 1833
	<u>Xylocopa</u>	" . . . "	Van de Pijl, 1954
<u>Cassia occidentalis</u>	<u>Xylocopa darwini</u>	Galapagos	Linsley, et. al., 1966
<u>Cassia skinneri</u>	<u>Xylocopa fimbriata</u>	Zanzal, Depto. Zacapa, Guatemala	Sousa, (Septiembre)
<u>Cassia tomentosa</u>	<u>Xylocopa azteca</u>	México, D.F.	Delgado, (Noviembre - Diciembre)
<u>Cassia</u>	<u>Xylocopa</u>	México	Michener, 1962

	<u>Centris lineolata</u>		
	<u>Centris bimaculata</u>		
<u>Cassia aphylla</u>	<u>Centris muralis</u>	Mendoza, Argentina	Jorgensen, en Vogel, 1974
	<u>Centris nigriventris</u>		
	<u>Centris brethesii</u>		
	<u>Centris nigripes</u>		
<u>Cassia bicapsularis</u>	<u>Centris xanthocnemis</u> ♀ ♂	Sao Paulo, Brasil	Schrottky, en Vogel, 1974
	<u>Centris collaris</u> ♀ ♂		
	<u>Centris pauloensis</u> ♀ ♂		
	<u>Centris</u>	Sontacomapan, Ver.	Delgado, (Noviembre)
<u>Cassia biflora</u>	<u>Centris fuscata</u>	Guanacasta, Costa Rica	Willie, 1963
	<u>Centris trigonoides</u>		
	<u>Centris fuscata</u> ♂	Pinoltepec, Ver.	Delgado & Sousa, (Marzo)
	<u>Centris trigonoides</u> subtarsata ♀ ♂		
	<u>Centris</u>		
<u>Cassia crotalarioides</u>	<u>Centris</u>	Durango, México	Delgado, (Ajusto)
<u>Cassia doylei</u>	<u>Centris angilis</u>	Coyame, Ver.	Delgado, (Agosto)
<u>Cassia fistula</u>	<u>Centris segregata</u> ♂	Sontacomapan, Ver.	Delgado, (Mayo)
	<u>Centris nitida</u> ♀ ♂	Salto de Eyipantla, Ver.	Delgado, (Mayo)
	<u>Centris trigonoides</u> subtarsata ♀ ♂		
<u>Cassia hoffmanseggi</u>	<u>Centris conspersa</u>	Pará, Brasil	Ducke, en Vogel, 1974
<u>Cassia multijuga</u>	<u>Centris derasa</u>	Trinidad	Bennett, en Vogel, 1974
	<u>Centris conspersa</u>	Pará, Brasil	Ducke, en Vogel, 1974
	<u>Centris lineolata</u>	Santa Catarina, Brasil	Muller, en Vogel, 1974
<u>Cassia quiedondilla</u>	<u>Centris anthracina</u>	Guerrero, México	Buchmann, 1974
<u>Cassia reticulata</u>	<u>Centris similis</u>	Pará, Brasil	Vogel, 1974
<u>Cassia skinneri</u>	<u>Centris</u>	Zarzal, Depto., Zacapa, Guatemala	Sousa, (Septiembre)
<u>Cassia splendida</u>	<u>Centris discolor</u>	Sao Paulo, Brasil	Schrottky, en Vogel, 1974
<u>Cassia</u>	<u>Centris</u>	México y Costa Rica	Michener, 1962

<u>Cassia biflora</u>	<u>Bombus mexicanus</u>	Guanacaste, Costa Rica	Willie, 1963
	<u>Bombus medius</u> ♀ (reina)	Pinoltepec, Ver., México	Delgado & Sousa, (Marzo)
<u>Cassia bicapsularis</u>	<u>Bombus medius</u> ♂ (obrero)	Sontecomapan, Ver., México	Delgado, (Noviembre)
<u>Cassia charmaecrista</u>	<u>Bombus virginicus</u>	U.S.A.	Robertson, 1890
	<u>Bombus separatus</u>		
	<u>Bombus americanorum</u>		
	<u>Bombus scutellaris</u>		
	<u>Bombus separatus</u>	U.S.A.	Harris & Kuchs, 1902
<u>Cassia fruticosa</u>	<u>Bombus medius</u>	Sontecomapan, Ver., México	Delgado & Sousa, (Agosto)
<u>Cassia leptocarpa</u>	<u>Bombus medius</u>	N. de Huatusco, Ver., México	Sousa, (Septiembre)
<u>Cassia marilandica</u>	<u>Bombus americanorum</u>	U.S.A.	Robertson, 1890
<u>Cassia tomentosa</u>	<u>Bombus</u>	México, D.F.	Delgado, (Diciembre)
<u>Cassia</u>	<u>Bombus (mexicanus)</u>	Costa Rica	Michener, 1962



<u>Cassia alata</u>	<u>Eulaema cingulata</u>	- . -	
<u>Cassia bacillaris</u>	<u>Eulaema luteola</u>	- . -	
	<u>Eulaema cingulata</u>		
	<u>Eulaema speciosa</u>		
	<u>Eulaema meriana</u>		
<u>Cassia bicapsularis</u>	<u>Eulaema tropica</u>	Sontecomapan, Ver., México	Delgado,(Noviembre)
<u>Cassia biflora</u>	<u>Eulaema tropica</u>	Guanacaste, Costa Rica	Willie, 1963
	<u>Eulaema tropica</u>	Pinoltepec, Ver., México	Delgado & Sousa,(Marzo)
<u>Cassia fistula</u>	<u>Eulaema cingulata</u>	Salto de Eyipantla, Ver., México	Delgado,(Mayo)
	<u>Eulaema tropica</u>		
<u>Cassia fruticosa</u>	<u>Eulaema tropica</u>	Sontecomapan, Ver., México	Delgado & Sousa,(Junio)
<u>Cassia reticulata</u>	<u>Eulaema cingulata</u>	- . -	Dodson, 1966
<u>Cassia skinneri</u>	<u>Eulaema tropica</u>	Zarzal, Depto., Zacapa, Guatemala	Sousa,(Septiembre)
<u>Cassia</u>	<u>Eulaema speciosa</u>		Dodson, 1966
<u>Cassia</u>	<u>Eulaema</u>	Morelos, México	Michener, 1962

## FLORACION DEL GENERO CASSIA EN LA REGION DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ.

Las diferencias en las épocas de floración que presenta un grupo de plantas en una misma área ha sido observada, tanto para plantas de zonas templadas (Hurlbert, 1970; Mosquin, 1971), como para plantas de zonas tropicales (Frankie, Baker & Opler, 1974; Gentry, 1974 a y b, Sousa, en preparación). La presencia de diferentes épocas de floración se ha sugerido que es el resultado de la competencia entre las especies por un grupo de polinizadores (Levin & Anderson 1970; Mosquin 1971; Frankie, Baker & Opler 1974; Gentry 1974 a y b y Sousa, en preparación). Por este motivo, y con el fin de comprender mejor la inter-relación del género Cassia con sus polinizadores e insectos visitantes, el por qué se considera en este estudio la estacionalidad floral del género en la región de estudio. Se puede observar en la Tabla 2 que la floración de Cassia en Los Tuxtlas ocurre primordialmente en la estación de lluvias.

Existen especies que florecen todo o casi todo el año como Cassia chamaecrista, Cassia obtusifolia, Cassia occidentalis y Cassia stenocarpa. Este tipo de floración se presenta en una alta proporción (41%) de especies en Barro Colorado, Panamá (Croat, 1969). En general, estas especies pueden o no presentar un pico de floración en alguna época del año y principalmente, a lo largo de la estación de lluvias.

Otras especies presentan un tipo de floración diferente, como Cassia leiophylla, dentro de las herbáceas y Cassia bicapsularis, dentro de las arbustivas (Tabla 2); éstas principian su floración en la estación de lluvias y la extienden a la de sequía. Este tipo de floración se denomina de "transición" (Croat, 1969) o de "floración extendida" (Frankie, Baker & Opler, 1974). En el caso de Cassia alata, Cassia pilifera, Cassia hispidula y Cassia flexuosa, los datos proporcionados por ejemplares de herbario son escasos y no se puede interpretar su tipo de floración. Con respecto a Cassia leptocarpa, herbácea y a Cassia fruticosa, arbustiva, su floración es de varios meses, abarcando en su totalidad la estación de lluvias. En Cassia fruticosa se demuestra, tanto en Costa Rica (Frankie, Baker & Opler, 1974), como en Los Tuxtlas, una coincidencia en su período de floración a pesar de existir diferencias en los patrones de precipitación; Cassia fruticosa produce pocas flores y hace posible más largos períodos individuales de floración, y en consecuencia extiende la floración de la población, manteniendo una recompensa floral regulada para las abejas (Heinrich & Raven, 1972). Las especies con este tipo de floración dependen para su polinización del comportamiento de "trap line" (Janzen, 1971). Este comportamiento consiste en que las abejas aprenden la localidad de una planta en particular, y la visitan diariamente como parte de un itinerario de forrajeo.

Las especies arbóreas florecen en la estación de lluvias, con excepción de Cassia fistula (Tabla 2). Es importante resaltar la floración de esta especie, ya que en otras partes donde ha sido cultivada no responde a una estacionalidad (Wright, 1905, citado por Alvim, 1964). La floración de

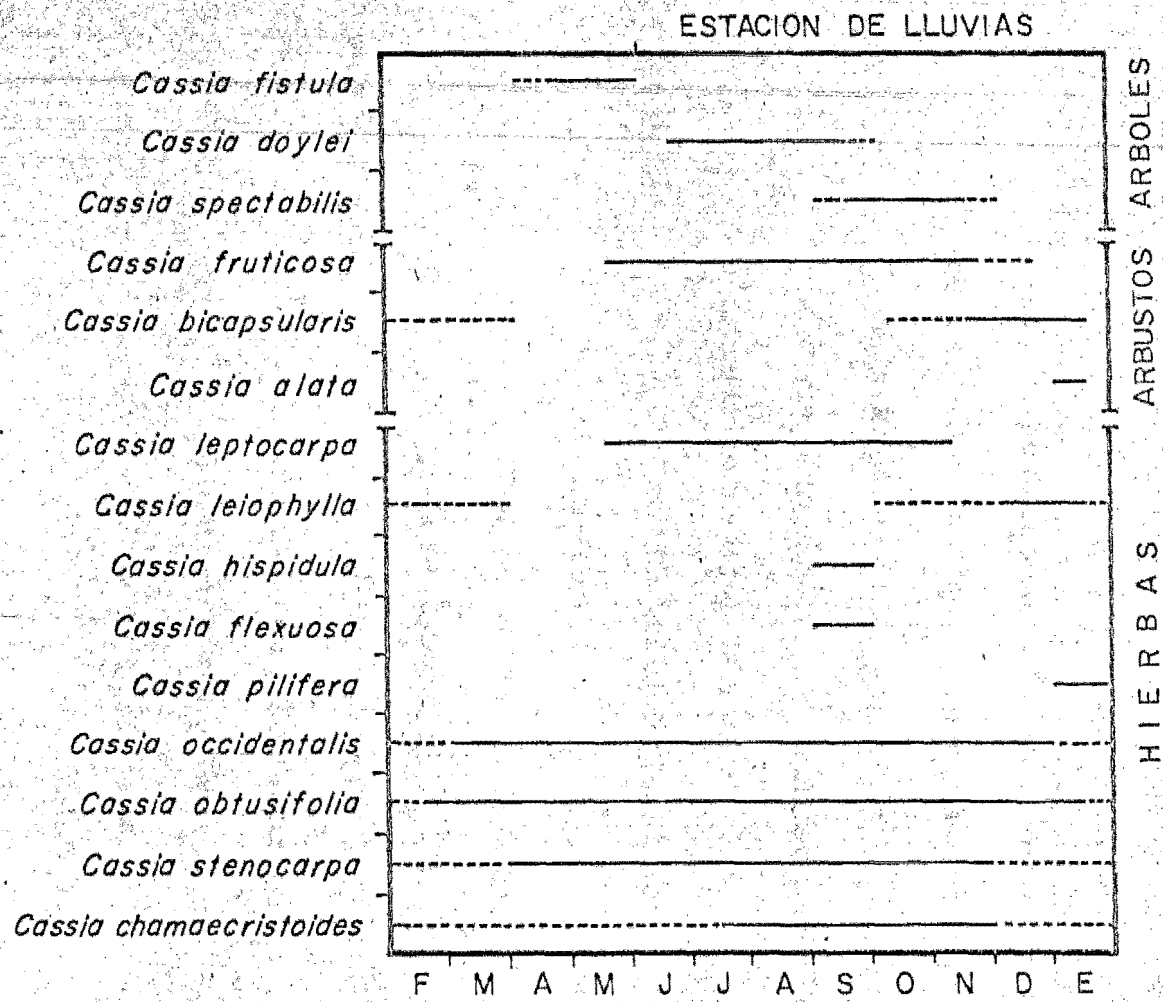


TABLA 2. Floración del genero Cassia en la región de Los Tuxtlas, Ver. La recopilación de los datos fué obtenida con base en observaciones de campo, ejemplares del Herbario Nacional (MEXU) y del Herbario del Instituto Politécnico Nacional (ENCB).

— datos de floración en la región.

--- datos de floración en la vertiente del Golfo de México.

<u>Cassia bicapsularis</u>	2 km. de Sontecomopan rumbo a Catemaco	16-18 noviembre 1974
<u>Cassia obtusifolia</u>	Desviación rumbo a Coyame	10-11 enero 1974
<u>Cassia occidentalis</u>		

- b) Se observó la posición guardada por la flor con respecto a la planta y en la inflorescencia; la disposición y morfología de sus partes florales, es decir, se pretendió conocer cómo se presenta la flor a sus polinizadores.
- c) Se observó el comportamiento de los insectos y la frecuencia con que estos visitaban las flores. Se determinó para cada especie cuáles de las abejas visitantes eran sus polinizadores.
- d) Se hicieron colectas tanto de las especies de Cassia, como de cada especie de abeja. Dichas colecciones fueron identificadas y depositadas en el Herbario Nacional (MEXU).

## RESULTADOS.

### POLINIZACION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

En esta sección se presentan las descripciones de las especies en estudio, su distribución y los mecanismos por los cuales se efectúa la polinización, así como algunos aspectos de la etología de los polinizadores.

#### Cassia doylei (Britt & Rose) Lundell (Fig. 4)

Arbol con tronco derecho y copa aplanada (Pennington y Sarukhan 1968). Su distribución se restringe a la planicie costera del Golfo de México y posiblemente se extiende a Guatemala. Cassia doylei es de las especies con floración más vistosa en la región de Los Tuxtlas. Las inflorescencias se disponen en racimos colgantes; la flor no abre completamente y tiene los pétalos desiguales, siendo el dorsal el de mayor tamaño. Este pétalo asimétrico se encuentra rodeando los estambres más grandes y está opuesto al estilo. El androceo consta de diez estambres: tres grandes dispuestos adaxialmente, siendo el intermedio de menor tamaño, cuatro centrales y tres intermedios abaxiales. Esta forma de presentación del androceo es opuesta a la de otras especies de Cassia. Durante el desarrollo de la flor, el estilo gira 180° y se coloca opuesto a los estambres adaxiales grandes. Esto es, el estilo en forma independiente resupina al resto de los órganos florales (Fig. 4a). Este fenómeno ha sido observado por Van der Pijl (1954) para Cassia multijuga, especie sudamericana muy cercana a Cassia doylei.

La abeja, al posarse, hace doblarse a la flor por su peso, esto motiva que regularmente los estambres grandes, cubiertos por el pétalo dorsal se coloquen por encima de la región cefalo-torácica de la abeja. Es importante hacer notar que los rostros de estas dos anteras no apuntan hacia el centro de la flor como se observa en las otras especies sino, en forma ascendente, hacia el pétalo dorsal. El estilo se encuentra dispuesto de tal forma que la tibia colectora de la pata trasera o los últimos segmentos del tórax y primeros del abdomen, son susceptibles de ponerse en contacto con el estilo. La siguiente descripción de como la abeja acciona en la flor también se pudo observar en las otras especies de Cassia en estudio. La abeja, tan pronto como llega se ase de las anteras centrales o alimenticias y dobla el abdomen hacia los estambres; esta posición le permite una mayor eficiencia para coleccionar el polen, ya que detiene en esta parte del cuerpo -- mucho del que cae al efectuar la vibración. Esta vibración causa la salida del polen; a su vez, la abeja "ordeña" las anteras centrales con las partes bucales y las patas delanteras. La abeja al dejar la flor, se suspende en el aire por algunos instantes acomodándose el polen en la zona colectora de sus patas posteriores. En Cassia doylei, al vibrar la abeja se efectúa la salida del polen de las anteras adaxiales grandes, rebota y es dirigida entre las anteras y el pétalo grande, dando generalmente como resultado, la acumulación del polen en la parte dorsal posterior del tórax y primeros segmentos del abdomen en sus costados, fenómeno que llamaremos "efecto de aspersion por rebote", y que puede ser visualizado en la Fig. 4b (Robertson, 1890, para Cassia chamaecrista).

En resumen, la polinización ocurre principalmente al ponerse - en contacto el área estigmática con la parte posterodorsal del tórax y a los lados del primer segmento del abdomen; también se efectúa al contacto con el aparato colector de las patas traseras de la abeja.

Cassia doylei es polinizada por dos abejas de tamaño medio, -- Centris agilis y Xylocopa mexicanorum; la primera es el principal polinizador, tanto por su frecuencia como por presentar una región más amplia en su aparato colector y una mayor pubescencia en la parte dorsal del tórax. En esta especie de Cassia (Tabla 3 y Fig. 5), se puede observar una fuerte -- competición entre los polinizadores y una mayor frecuencia de visitas que a la de otras especies de Cassia. También se observa la carencia de visitas de abejas de menor tamaño, fenómeno que puede ser explicado por la supre-- macia que toman las abejas de mayor tamaño, las cuales dominan la utilización del recurso alimenticio. Otra abeja cuyo número de visitas es muy -- restringido, es Xylocopa muscaria (Fig. 5). Por lo que respecta a Xylocopa fabricii, al igual que en las otras especies de Cassia que visita, se puede re-- gistrar su actividad a la mitad de la mañana; aunque parece ser que primero visita Cassia doylei y posteriormente a la otra especie, en este caso Cassia fruticosa, como se puede observar en la comparación de las Fig. 5 y 7.



FIG. 4. Esquema del androceo y gineceo de Cassia doylei. a) El androceo -  
consta de tres estambres grandes adaxiales; cuatro estambres centrales - -  
y tres estaminodios. El estilo resupina y se localiza opuesto a los estambres  
grandes. b) Polinización de Cassia doylei donde se muestra el "efecto de as-  
persión por rebote".

*Cassia doylei* (Britton & Rose) Lundell.

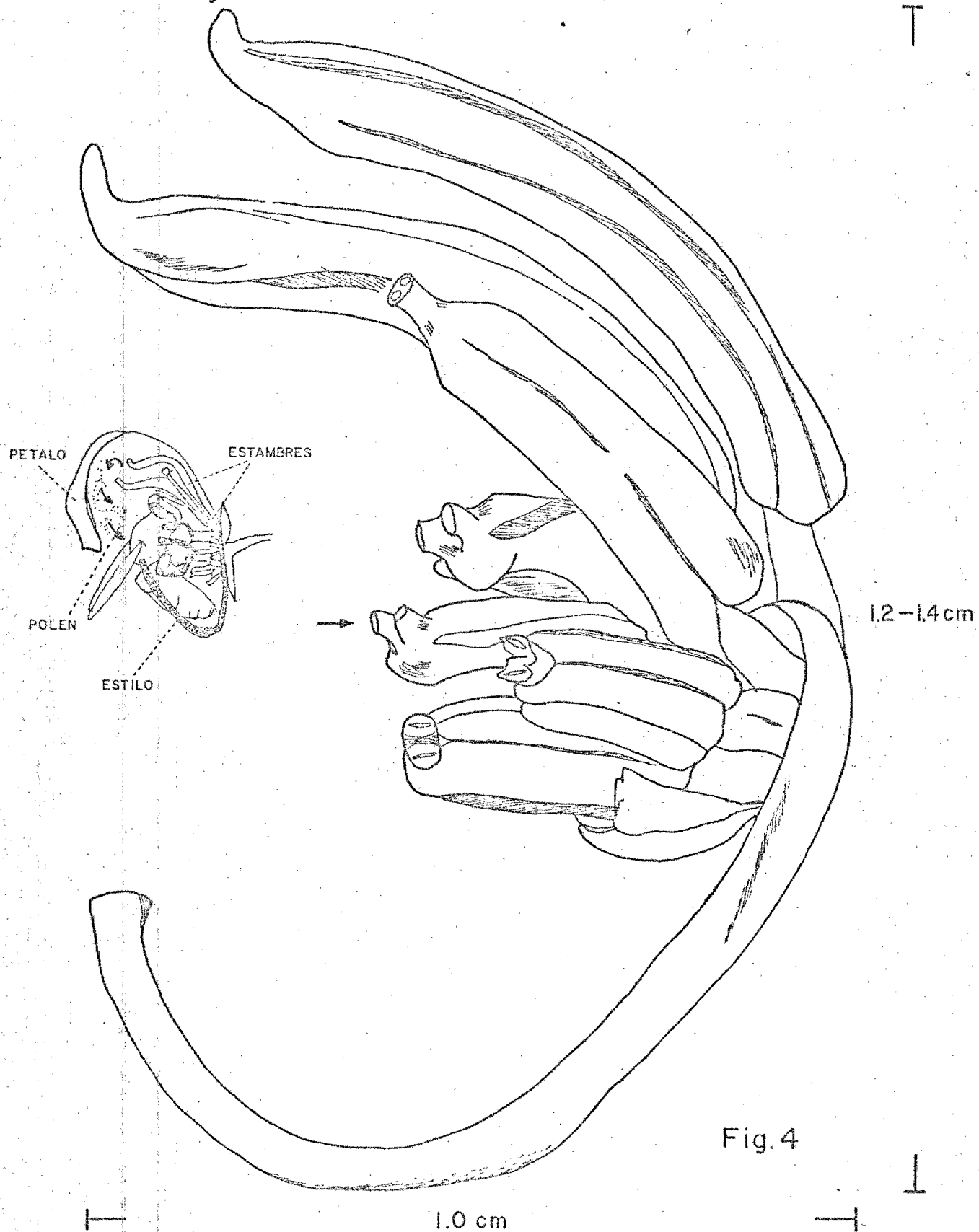


Fig. 4

TABLA 3.

Lista de visitantes y polinizadores de Cassia doylei en la región de Los Tuxtlas, Ver.

La explicación acerca de las letras que aparecen anteriores al nombre de las especies en las tablas ( 3 - 8 ) se encuentra en la sección de polinizadores y visitantes.

Fam. Apidae

Subfam. Anthophorinae

A a Centris agilis ♀

Subfam. Xylocopinae

A a Xylocopa mexicanorum ♀

A b Xylocopa fabricii ♀

A b Xylocopa muscaria ♀

Avispas

Polistes carnifex

Polybia occidentalis

Synoecca surinama

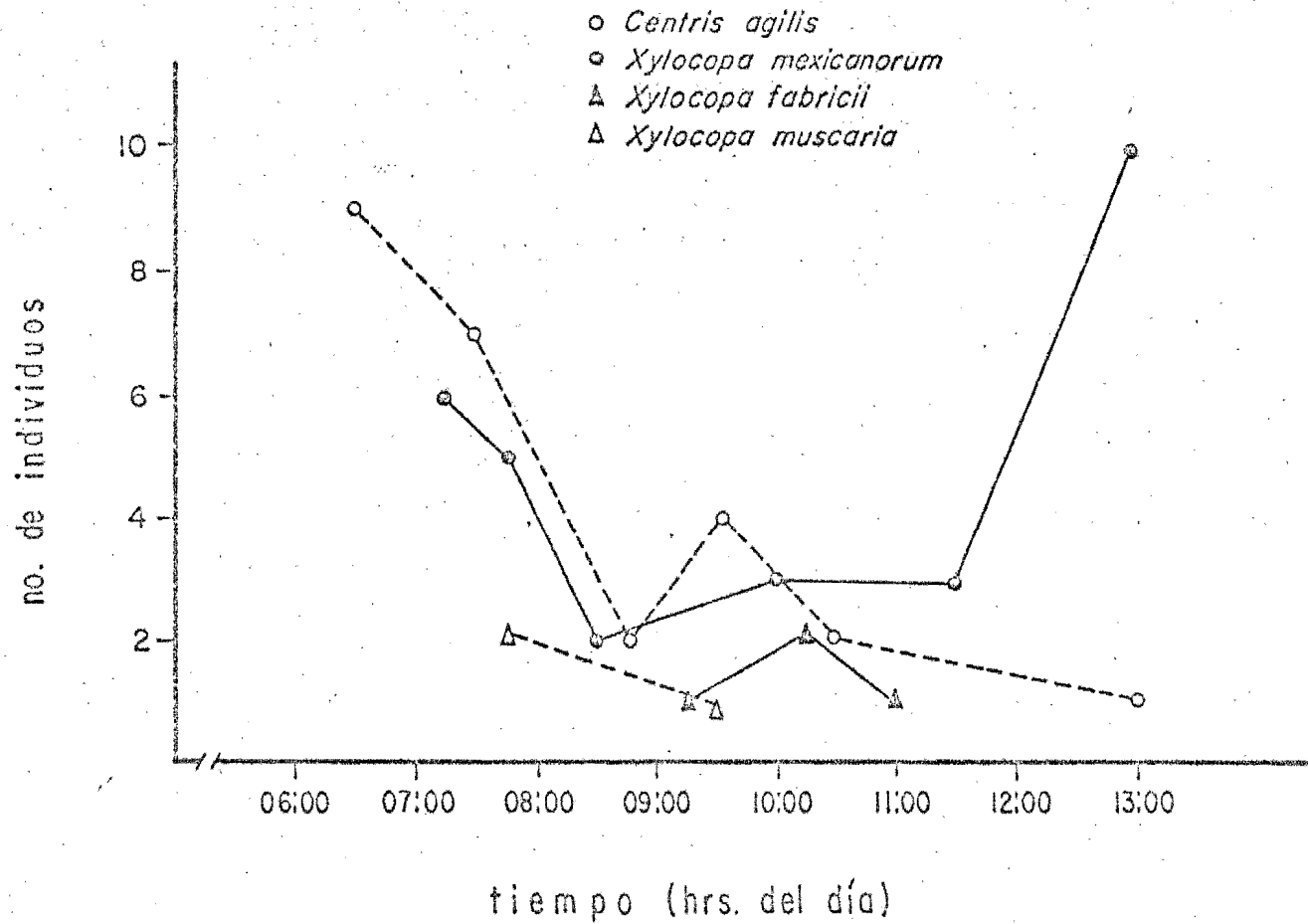


FIG. 5. Frecuencia de visita de los polinizadores y visitantes de Cassia doylei. La observación se hizo en un individuo de Cassia doylei en Coyame, Ver., del 1 - 3 de Agosto de 1974. Dicha observación se efectuó de las 05:30 - 17:00 horas. La figura demuestra a las abejas observadas -- de cada especie durante este intervalo de tiempo.

Cassia fruticosa Mill. (Fig. 6).

Arbusto de 2 a 5 metros; en ocasiones se le encuentra comportándose como trepadora. La distribución de esta especie es pantropical. Sus inflorescencias son en racimos colgantes de pequeño tamaño, dispuestos por debajo de las hojas, con pocas flores grandes. La flor resupina por medio de su pedicelo durante su desarrollo. El androceo consta de tres estambres adaxiales que están reducidos a estaminodios, cuatro estambres centrales, con filamentos cortos y anteras grandes rostradas, donde se encuentran los poros.

Los tres estambres abaxiales están localizados en la parte inferior de la flor y son muy similares en tamaño a los centrales, aunque diferentes en el tamaño de sus filamentos y anteras. Las anteras son rostradas y apuntan hacia el estilo al igual que las otras.

El estilo es arqueado, ascendente y se localiza en posición inferior en la flor. El estigma es pequeño y terminal. El gineceo presenta enantiofilia. Entonces, todo esto da como resultado una presentación muy similar a la de Cassia doylei (Fig. 6 a).

La abeja, al posarse en la flor, queda acomodada con el estilo muy cercano a su dorso y a sus patas traseras. Al vibrar los órganos florales, el polen sale con dirección hacia la parte inferior de la flor, quedando depositado en la parte dorsal del abdomen y de las patas traseras

que constituyen el aparato colector de la abeja (Fig. 6 b). La polinización -- la efectúa Xylocopa fabricii, y también Eulaema tropica (Tabla 4) estas -- abejas entran en contacto con el área estigmática por medio del aparato colector de las patas traseras y, en el caso de Xylocopa con los primeros segmentos dorsales laterales del abdomen (pleurotribica).

En Cassia fruticosa (Fig. 7) se observa una frecuencia de visita -- muy baja; esto se debe principalmente a las pocas flores por planta y su disposición en el arbusto; a la competición sostenida con Cassia doylei y a las lluvias en las primeras horas del día. (07:00 a 10:00) y de la tarde. La visita de Xylocopa fabricii se puede enmarcar en un intervalo de dos horas. Por lo que respecta a las abejas Bombus medius y Euglossa sus visitas son más bien ocasionales. Cabe hacer notar que las anteras de esta especie se encuentran casi agotadas de polen a las 13:00 hs.

FIG. 6. Esquema del androceo y gineceo de Cassia fruticosa. a) El androceo consta de tres estambres abaxiales muy similares en tamaño a los cuatro estambres centrales y tres estaminodios. El estilo es arqueado, ascendente y se localiza en posición inferior. b) Polinización de Cassia fruticosa.

*Cassia fruticosa* Mill.

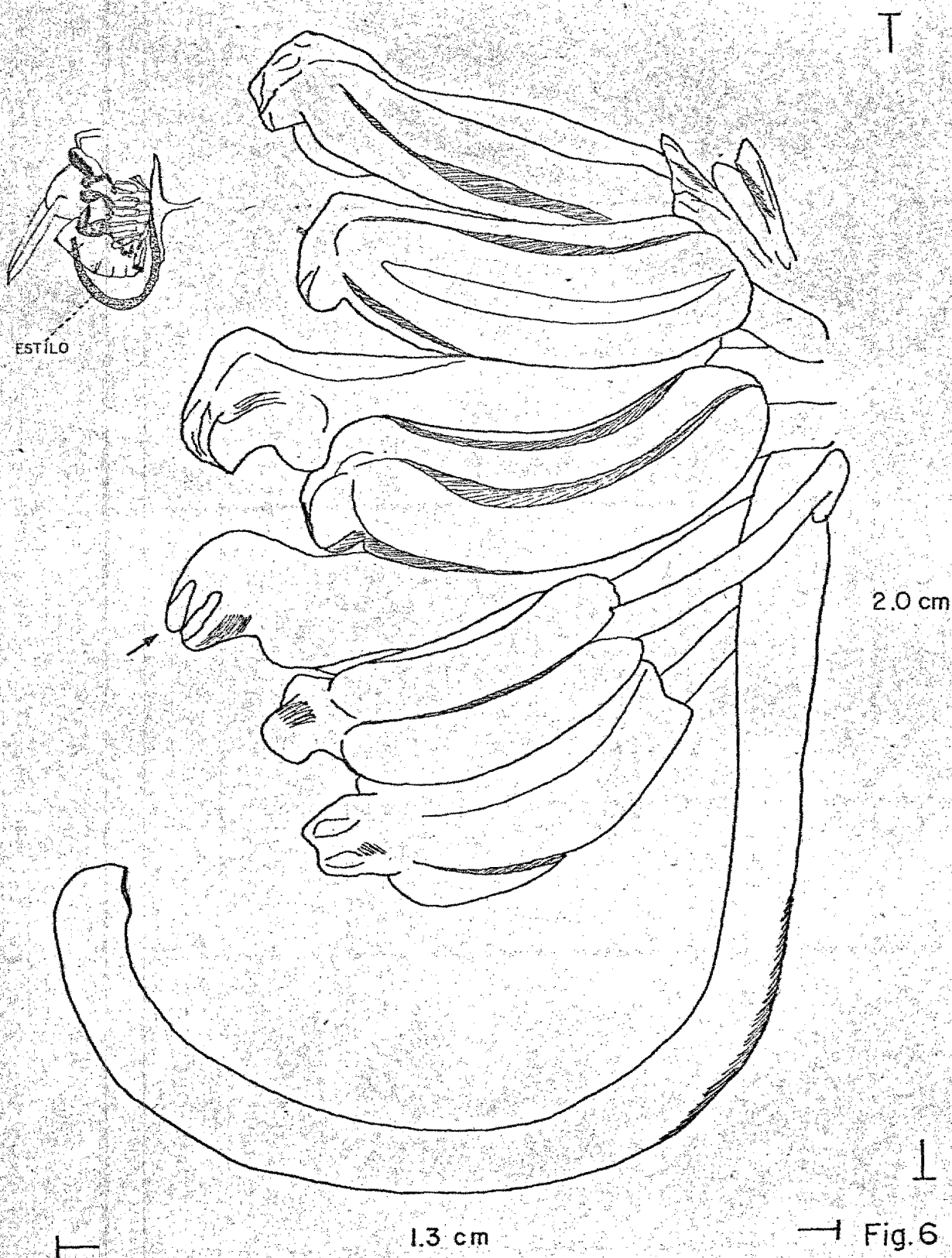




TABLA 4

Lista de visitantes y polinizadores de Cassia fruticosa en la región de Los Tuxtlas, Ver.

Fam. Halictidae

A c        Pseudoaugochloropsis graminea

Fam. Apidae

Subfam. Xylocopinae

A a        Xylocopa fabricii ♀

A b        Xylocopa ♀

Subfam. Apinae

A c        Bombus medius ♀

A a        Eulaema tropica ♀

A c        Euglossa townsendi ♀

A c        Melipona beeckeei beeckeei ♀

B        Trigona corvina ♀

B        Trigona testaceicornis perilampoides ♀

B        Trigona ♀

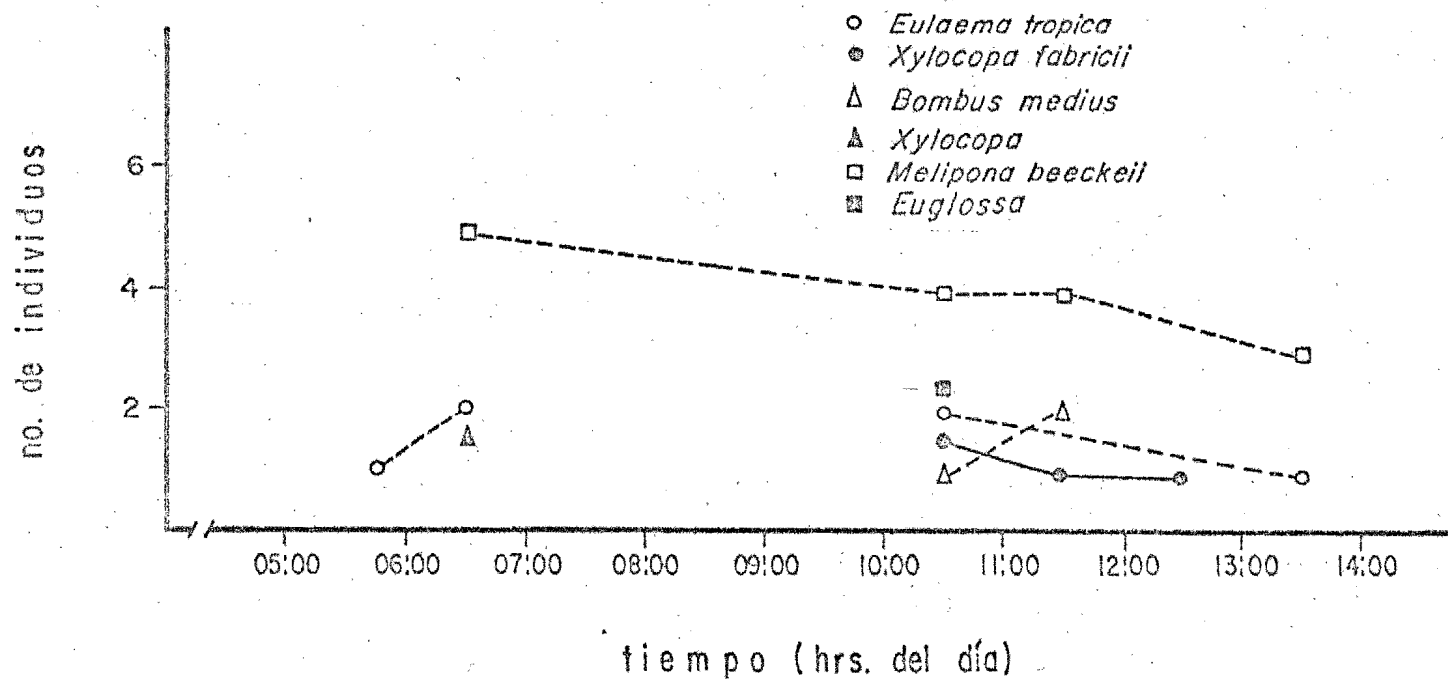


FIG. 7. Frecuencia de visita de los polinizadores y visitantes de Cassia fruticosa. La observación se hizo en 4 individuos de Cassia fruticosa a 4 km. de la desviación de Coyame, rumbo a Sontecomapan, Ver. del 28 - 29 de Junio de 1975. Esta observación se efectuó de las 05:00 - 19:00 horas. La figura demuestra a las abejas observadas de cada especie, exceptuando el genero Trigona durante el intervalo de tiempo antes expuesto.

Cassia fistula L. (Fig. 8)

Arbol nativo del Asia tropical, cultivado para ornato en el área tropical. Sus inflorescencias se presentan en racimos largos y colgantes, con flores grandes, abiertas completamente y de color amarillo. Las flores -- resupinan por una torsión en los pedicelos durante su desarrollo. El androceo en Cassia fistula consta de diez estambres fértiles, dispuestos en dos verticilos. En el externo se encuentran los tres estambres abaxiales grandes, los cuales tienen filamentos largos, arqueados, ascendentes en forma de "S" en la base y anteras grandes con poros basales. Los otros dos estambres de este mismo verticilo presentan posición adaxial, sus filamentos son pequeños y derechos con anteras poricidas pequeñas. El verticilo interno lo forman cinco estambres, cuatro de los cuales son de tamaño medio; -- el otro es menor y está localizado entre los dos estambres adaxiales. Las anteras son versátiles; las tecas tienen dos poros en su posición basal.

El estilo es largo, con una arqueadura ascendente que se localiza -- entre los tres estambres abaxiales grandes, presentando enantioestilia. -- Así, los tres estambres abaxiales grandes junto con el estilo, mantienen -- una posición inferior. Los dos estambres adaxiales del verticilo superior, -- mas el estambre pequeño adaxial del verticilo interno guardan una posición superior en la flor, mientras que los cuatro restantes del verticilo interno quedan localizados en la parte media de la flor. Esta disposición es la ge-- neral para las flores de Cassia y es mantenida en las especies que presen

tan racimos colgantes, por la resupinación floral o por la de uno de sus órganos (Fig. 8 a).

Esta especie es polinizada por abejas de tamaño grande, las que logran poner en contacto la parte del cuerpo donde se deposita el polen, con el área estigmática (Fig. 8 b).

Cassia fistula dadas las características de sus órganos florales puede sostener al abejorro, así como la actividad desarrollada por él. -- Los filamentos de los tres estambres abaxiales son aplanados lateralmente y como ya se mencionó antes, constan de una curvatura ascendente y desarrollan una "S" en la base. Todo esto da una cierta elasticidad a los filamentos, los cuales son empujados hacia abajo por el abdomen de la abeja, dando lugar a que los dichos estambres queden situados sobre la parte dorsal del abdomen, en sus últimos segmentos; es justamente en esta región del cuerpo, donde se deposita el polen que sale de las anteras cuando el insecto efectúa la vibración y es en esta misma región del cuerpo donde el área estigmática se pone en contacto recogiendo el polen para la polinización. Al mismo tiempo, el insecto trabaja con sus patas y partes bucales el grupo de anteras restantes. Estas anteras, versátiles, se mueven libremente en sus filamentos, durante la actividad de la abeja. Al vibrar el insecto produce la salida del polen de los poros subbasales; el polen baña tanto el vientre como las patas de la abeja.

La polinización se lleva a cabo por una Xylocopa de tamaño notablemente grande (Tabla 5), y que no fué posible capturarla; se sospecha que pudiera ser Xylocopa fimbriata o Xylocopa fabricii; que son especies muy frecuentes en la región. La polinización, como ya se dijo, se logra al --

ponerse en contacto los últimos segmentos del dorso del abdomen con el área estigmática.

Como se puede observar en la Fig. 9, la abeja Eulaema tropica presenta una alta frecuencia en sus visitas, lo mismo que en otras especies de Cassia. Dicha frecuencia disminuye alternadamente durante el día, como consecuencia de las visitas también alternadas, de esta abeja a Byrsonima crassifolia. Eulaema tropica al igual que el visitante ocasional Eulaema cingulata son consideradas como dudosos polinizadores, ya que en muy raras ocasiones se ponen en contacto sus últimos segmentos del torax, lugar donde se deposita el polen arrojado por las anteras abaxiales con el área estigmática de la flor. Los contactos de ambas partes solamente se llevan a cabo algunas veces, cuando la abeja sale de la flor.

Esta especie de Cassia, al igual que otras leguminosas en los trópicos (Frankie & Baker, 1974) son solicitadas por las abejas macho del género Centris para la fijación de territorios reproductores. Este comportamiento y su consecuencia será tratado en la sección de polinizadores y visitantes.



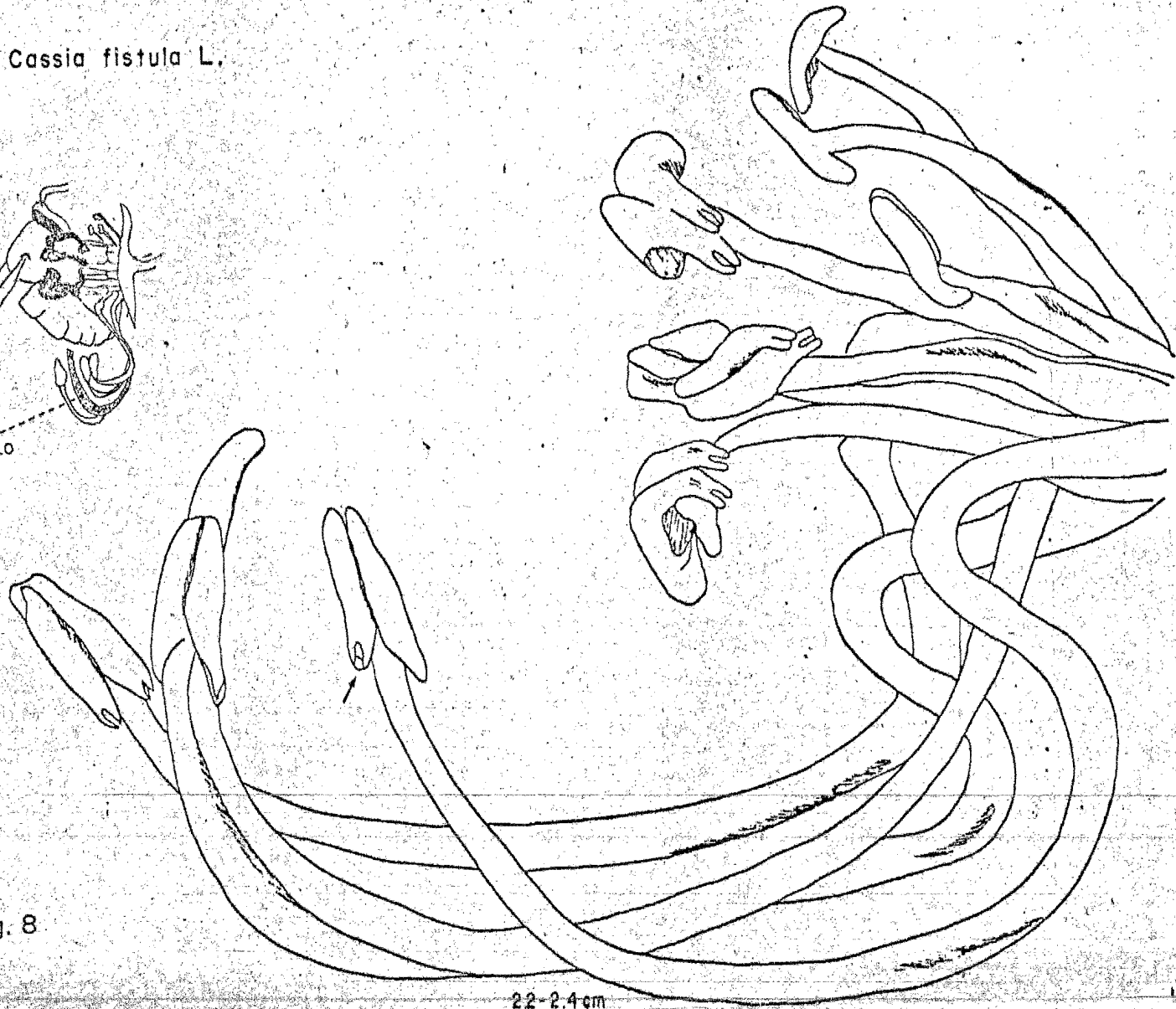
BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGÍA  
UNAM

FIG. 8. Esquema del androceo y gineceo de Cassia fistula. a) El androceo consta de tres estambres grandes abaxiales, cuatro estambres centrales - y tres estambres pequeños abaxiales. El estilo es largo, con arqueadura - ascendente que se localiza entre los tres estambres adaxiales. b) Polinización de Cassia fistula.

*Cassia fistula* L.



ESTILO



2.0-2.2 cm

2.2-2.4 cm

Fig. 8

TABLA 5

Lista de visitantes y polinizador de Cassia fistula en la región de

Los Tuxtlas, Ver.

Fam. Halictidae

Fam. Apidae

Subfam. Exomalopsinae

A c

Exomalopsis

Subfam. Anthophorinae

Centris segregata ♂

Centris nitida ♀♂

Centris trigonoides subtarsata ♂

Subfam. Xylocopinae

A a

Xylocopa ♀

Subfam. Apinae

A b

Eulaema tropica ♀

A b

Eulaema cingulata ♀

A c

Euglossa townsendi ♀

A c

Euglossa ♀

A c

Melipona beeckeei beeckeei ♀

B

Trigona corvina ♀

B

Trigona fulviventris fulviventris ♀

B

Apis mellifera ♀

Avispa

Parachartegus apicalis



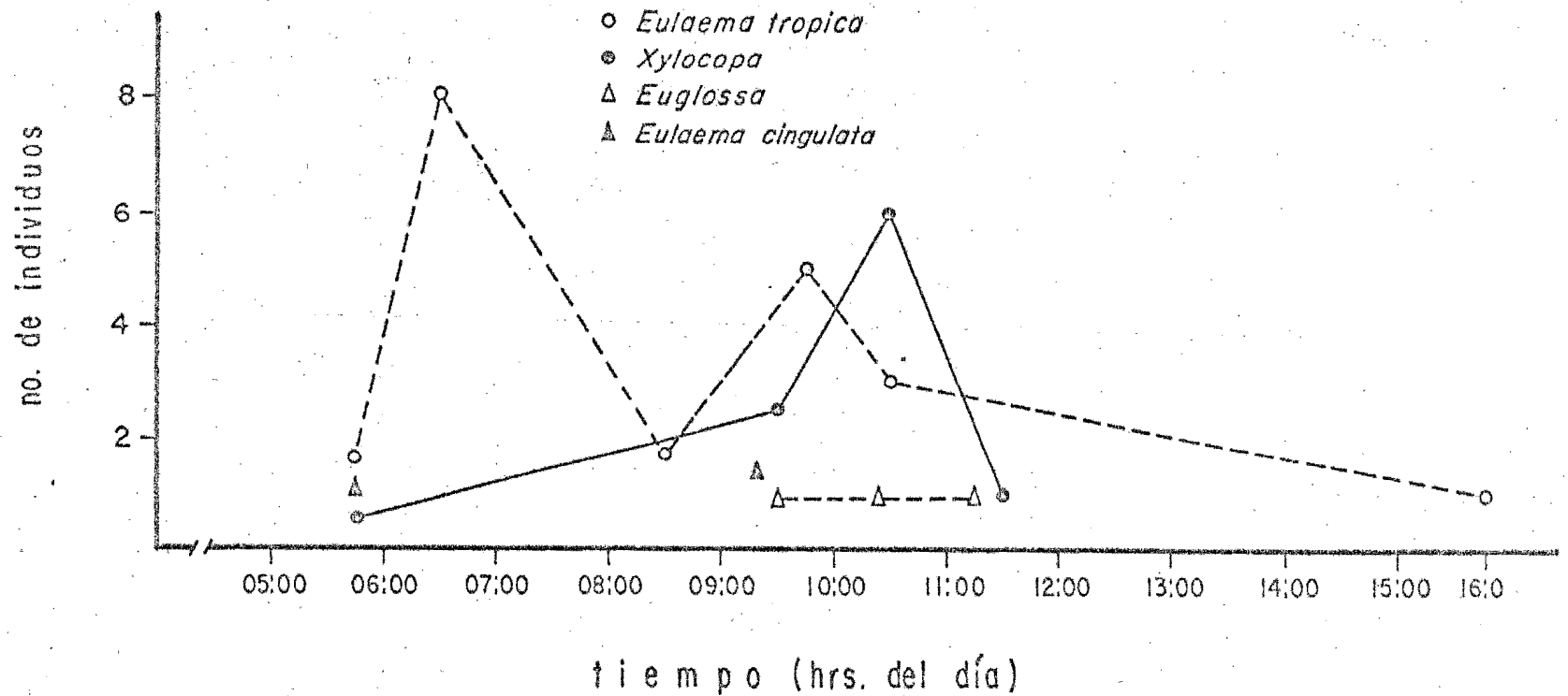


FIG. 9. Frecuencia de visita de los polinizadores y visitantes de *Cassia fistula*. La observación se hizo de la siguiente forma: en un individuo cultivado en Sontecomapan, Ver. el 30, 31 de Mayo de 1974 y el 1, 2 de Junio de 1974 en el Salto de Eyipantla, Ver. y en 3 individuos en la anterior localidad en Mayo de 1975. Dicha observación se efectuó de las 05:00 - 17:00 horas. La figura demuestra a las abejas observadas de cada especie exceptuando a los generos *Melipona*, *Trigona* y *Apis* durante estos intervalos de tiempo.

Cassia bicapsularis L. (Fig. 10)

Arbusto de distribución pantropical, de 1 a 4 m de altura. Sus flores se presentan en racimos axilares, siendo éstas de tamaño medio en comparación con las grandes flores del subgénero Fistula. Las flores no abren enteramente, carácter que las hace aparecer de menor tamaño. Las anteras de los cuatro estambres centrales son grandes y delgados y efectúan la dehiscencia por poros terminales los cuales están limitados por una valva que impide la libre salida del polen durante la vibración. De los tres estambres grandes, es el intermedio el de menor tamaño. Los filamentos de dichos estambres son gruesos, y algo arqueados; teniendo en su extremo superior grandes anteras poricidas. El estilo es arqueado-ascendente, y se localiza en medio de estos estambres (Fig. 10 a).

La abeja al posarse por su propio peso doblega la flor; causando que los estambres abaxiales grandes se sitúen a ambos lados de su abdomen, y el estambre intermedio, en su vientre. Cabe hacer notar, que esta disposición del estambre intermedio, hace que algunas abejas se desprendan de los estambres, quedando colgadas solo con sus patas delanteras y partes bucales hasta que encuentran otra vez la posición ideal. El estilo queda situado por encima de los primeros segmentos del abdomen donde recoge el polen que la abeja trae, espolvoreado por las anteras abaxiales grandes (Fig. 10 b). También, a veces, el estilo queda abajo del abdomen y debido

al peso de éste y a su curvatura ascendente queda en contacto el área estigmática con las patas posteriores de la abeja.

Cassia bicapsularis es polinizada por Bombus medius ♂ (obrero); Eulaema tropica y Centris (Penthemisa) sp, por su tamaño y su disposición en la flor, también pueden efectuar la polinización pero presentan una baja frecuencia de visitas.

Ya anteriormente se ha explicado que la flor de Cassia sólo -- proporciona polen como recurso alimenticio para las abejas. Janzen (1971) dice que las abejas en diversos habitats y épocas del año visitan de una a -- dos plantas para obtener polen y quizá el doble para obtener néctar. Esto -- nos permite ver que la disponibilidad de otras plantas en floración afecta -- la actividad del insecto y a su vez, la polinización cruzada. Esto se puede -- observar en la actividad de Bombus medius ♂ en Cassia bicapsularis (figu-- ra 11). En este ejemplo se puede visualizar el descuido de la abeja hacia -- la planta, por la antesis de Operculina tuberosa (por néctar y polen); este -- efecto se acentúa más al comparar dos días, uno de ellos con sol y el otro -- nublado. Es de especial interés resaltar que, como en este ejemplo, las abe-- jas que visitan las otras especies de Cassia, necesariamente visitan otras -- plantas para la obtención de su alimento. Así encontramos que, en el caso -- de Cassia bicapsularis, Bombus medius visita a Operculina tuberosa; Eulaema tropica alternadamente a Cassia y a Bunchosia lanceolata, (por néctar) y la -- abeja Melipona beecheii visita a Solanum torvum (por polen). También se pue-- de observar en la Fig. 12 un pico de alta actividad de visitas alrededor de las 09:00 hs. para todos los visitantes.

FIG. 10. Esquema del androceo y gineceo de Cassia bicapsularis. a) El androceo consta de tres estambres abaxiales, cuatro estambres centrales y tres estaminodios. El estilo es arqueado ascendente y se localiza en medio de los estambres abaxiales. b) Polinización de Cassia bicapsularis.

*Cassia bicapsularis* L.

Fig. 10

1.0-1.3 cm

0.5-0.7 cm

ESTILO  
-- ESTAMBRES

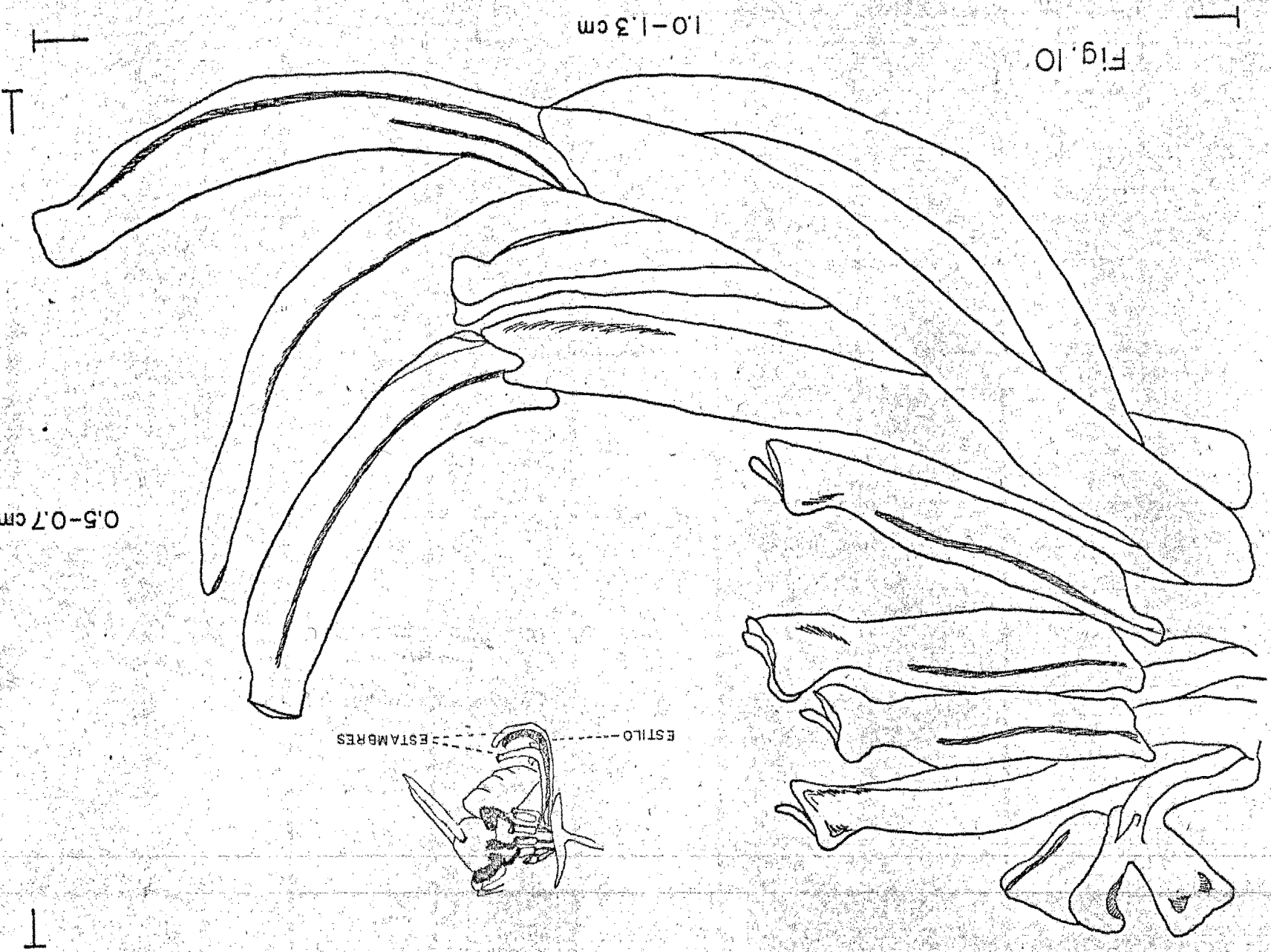


TABLA 6

Lista de visitantes y polinizadores de Cassia bicapsularis en la  
región de Los Tuxtlas, Ver.

Fam. Halictidae

A c Pseudoaugochloropsis graminea ♀

Fam. Apidae

Subfam. Exomalopsinae

A c Exomalopsis ♀

Subfam. Anthophorinae

A b Centris ♀

Subfam. Apinae

A b Eulaema tropica ♀

A c Euglossa ♀

A a Bombus medius ♀

A c Melipona beeckei beeckei ♀

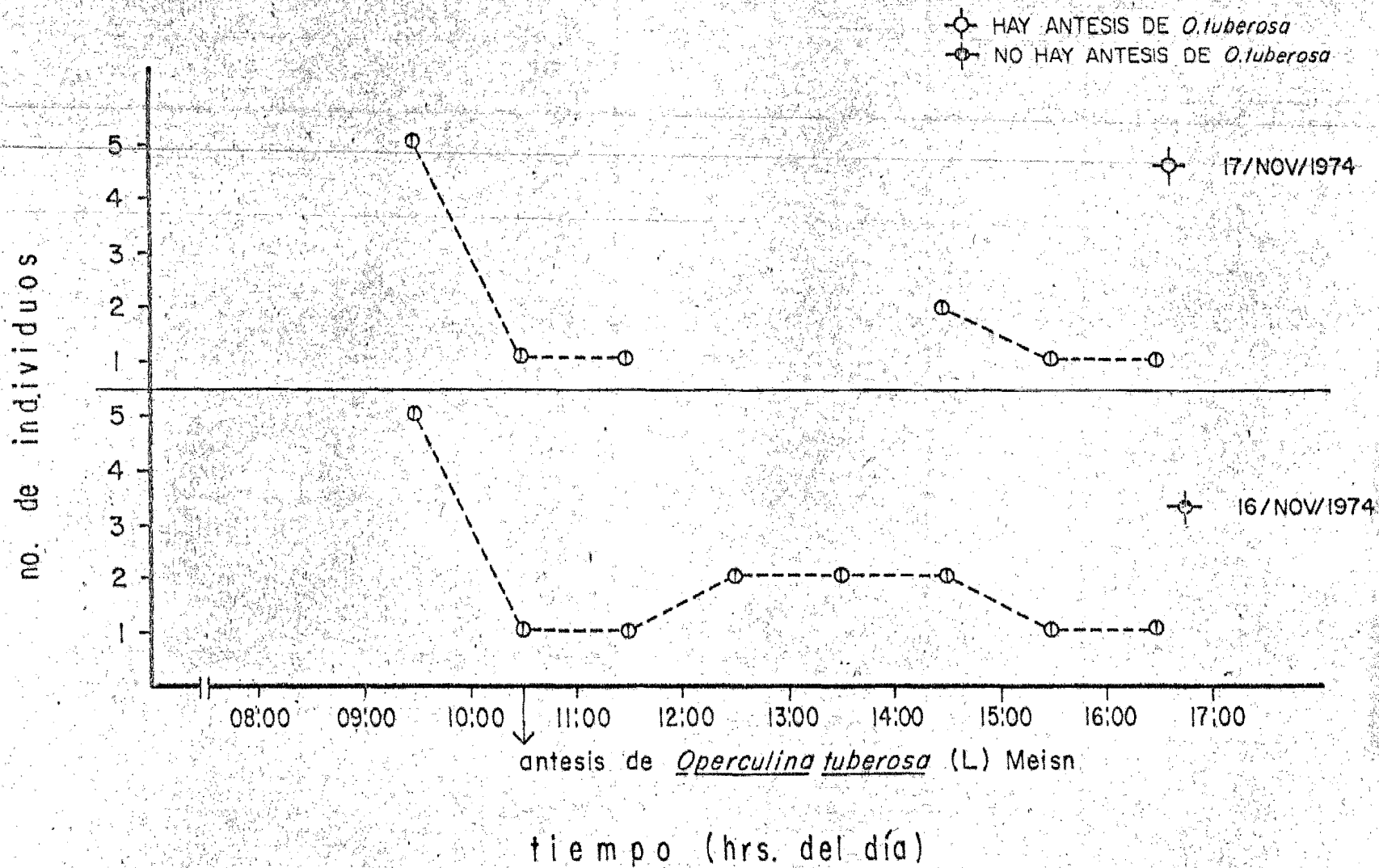


FIG. 11. Actividad de *Bombus medius* en *Cassia bicapsularis*. Este diagrama trata de explicar la atracción que tiene el bejuco *Operculina tuberosa* en la actividad de *Bombus medius* ♀. Este efecto se acentúa al comparar dos días, uno de ellos con sol y el otro nublado.

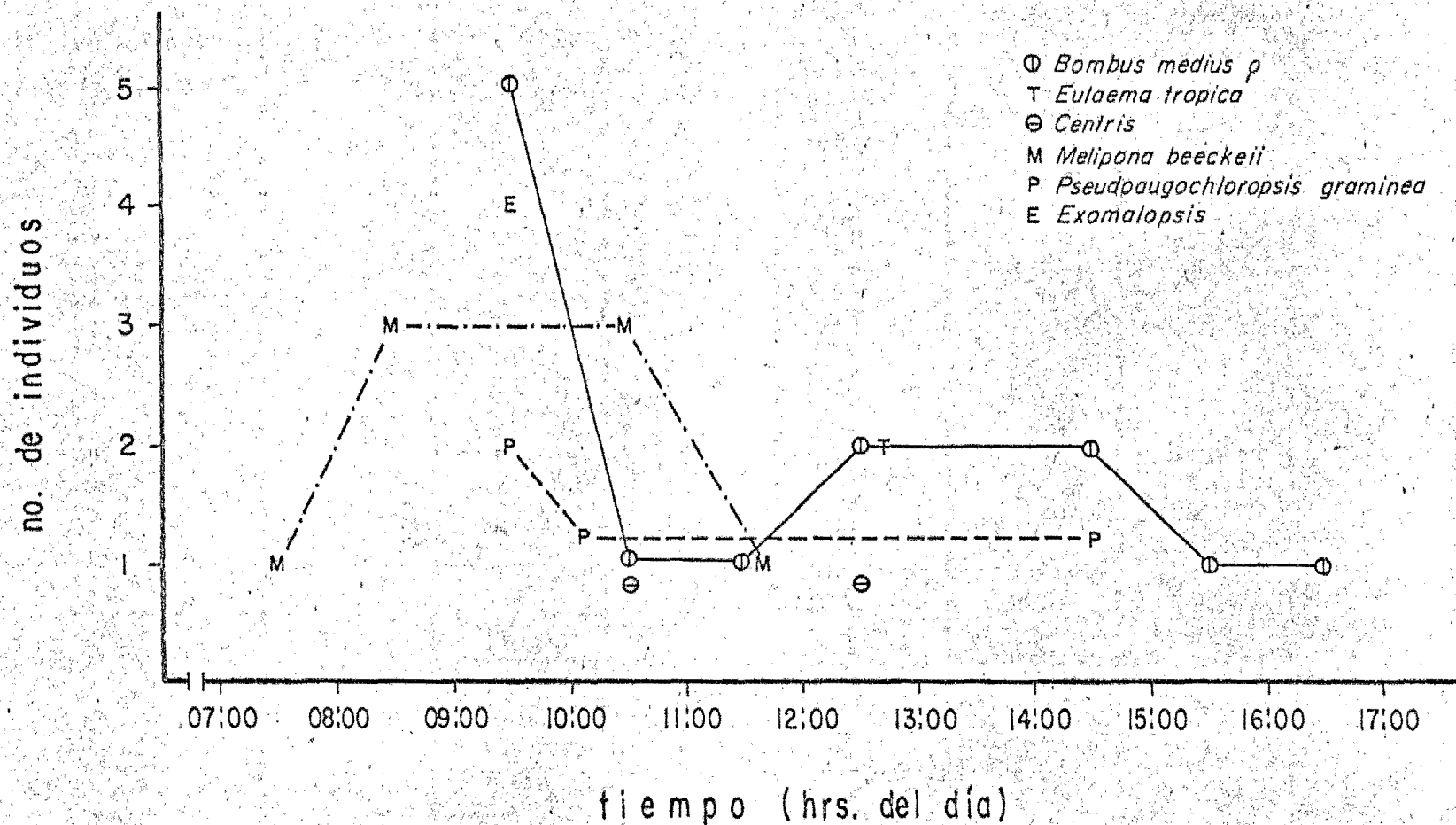


FIG. 12 Frecuencia de visita de los polinizadores y visitantes de *Cassia bicapsularis*. La observación se hizo en varios (5 - 7) individuos de *Cassia bicapsularis* a 2 km. de Sontecomapan -- rumbo a Catemaco, Ver. del 16 - 18 de Noviembre de 1974. Dicha observación se efectuó de las 05:30 - 18:00 horas. La figura demuestra a las abejas observadas de cada especie durante este intervalo de tiempo.



Cassia leiophylla Vogel (Fig. 13)

Las plantas de esta especie son herbáceas de un metro aproximadamente y pueden crecer erectas o postradas. Su distribución es del Sur de México a Sudamérica. Las plantas producen la mayoría de las veces dos flores por día. Su androceo consta de : tres estambres abaxiales grandes, con filamentos delgados y grandes y anteras grandes y rostradas; cuatro estambres centrales con filamentos y anteras cortas, gruesas y rostradas; tres estambres adaxiales reducidos a estaminodios pequeños y espatulados.

El estilo arqueado se encuentra localizado indistintamente entre el primero y el segundo estambre abaxial grande, o entre el segundo y el tercero, característica que le da la enantiofilia (Fig. 13 a).

La abeja casi siempre entra a la flor del lado en el que se encuentran los estambres y el estigma. Al posarse abate a la flor, dejando a los estambres abaxiales grandes y al estilo en la parte inferior. Al instante comienza a vibrar y a "ordeñar" las anteras centrales. La vibración trae como consecuencia la salida del polen de las anteras; las anteras abaxiales depositan su polen principalmente en los primeros segmentos del dorso del abdomen; las anteras centrales bañan de polen la parte ventral de la abeja, en especial su porción colectora de las patas traseras, ya que hacia esta región están dirigidas las anteras (Fig. 13 b).

La polinización se lleva a cabo por una especie de abeja del gé-

nero Ptiloglossa; el área estigmática queda en contacto con el dorso del abdomen, o bien con el aparato colector del insecto. Se observa en Cassia leiophylla (Tabla 7 y Fig. 14), que Ptiloglossa, restringen su actividad a las primeras horas de la mañana. Observaciones también hechas para Ptiloglossa por Janzen, 1968; Linsley, 1962; y otros. También, es en este período de tiempo, donde se le vió visitar a Ipomoea indicum (por néctar) y visitar por polen a Solanum torvum.

Se observa en la Fig. 14 la visita de la abeja Euplusia surinamensis, con una frecuencia baja y espaciada en el tiempo. Esta abeja poliniza también a esta especie, pero debido a su comportamiento lo hace en forma ineficaz en relación a la presentada por el polinizador.

Es importante notar el comportamiento característico y específico de Melipona beeckeei en la flor. Esta abeja vibra cada una de las antenas abaxiales, comportamiento visto solamente por esta abeja en Cassia leiophylla. Al estar operando las antenas abaxiales, no vuela de una a otra, sino más bien alcanza la siguiente con sus patas y así cambia de antera. Esto trae como consecuencia el que al pasar de una antera a otra, estando el estilo intermedio, existen ocasiones en que las abejas resbalan y tocan con sus patas cargadas de polen el área estigmática.

FIG. 13. Esquema del androceo y gineceo de Cassia leiophylla. a) El androceo consta de tres estambres abaxiales; cuatro estambres centrales y tres estaminodios. El estilo es arqueado y se encuentra localizado indistintamente entre los estambres abaxiales. b) Polinización de Cassia leiophylla.

*Cassia leiophylla* Vog.

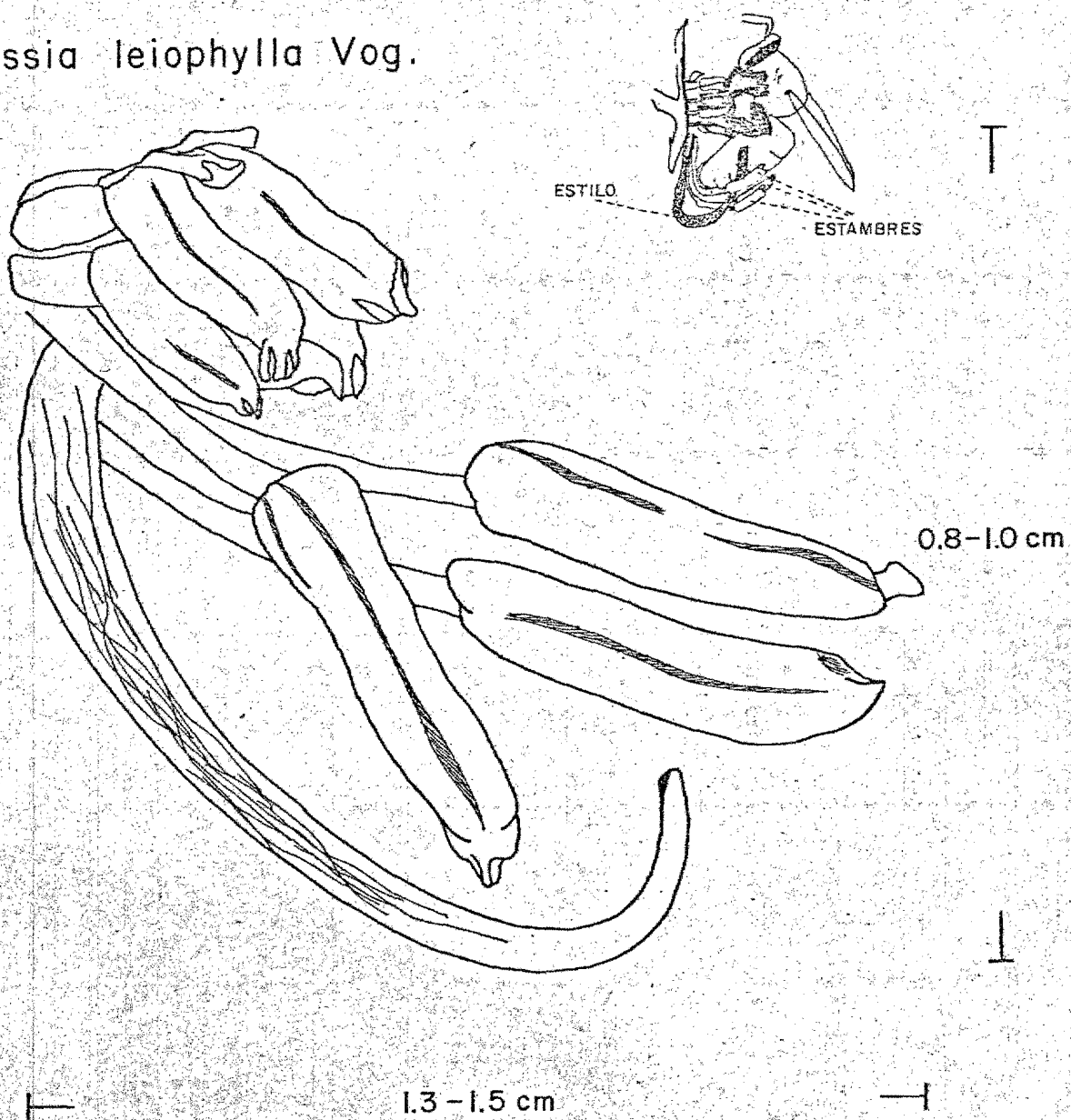


Fig. 13

TABLA 7

Lista de visitantes y polinizadores de Cassia leiophylla en la región de Los Tuxtlas, Ver.

Fam. Colletidae

A a Ptiloglossa ♀

Fam. Halictidae

A c Augochloropsis metallica ♀

A c Pseudoaugochloropsis graminea ♀

Fam. Apidae

Subfam. Exomalopsinae

A c Exomalopsis ♀

A c Exomalopsis ♀

Subfam. Apinae

A a Euplusia surinamensis ♀

A c Euglossa townsendi ♀

A c Melipona beecheii beecheii ♀

B Trigona corvina ♀

B Trigona fulviventris fulviventris ♀

B Apis mellifera ♀

Avispas

Synoecca surinama

Polybia occidentalis

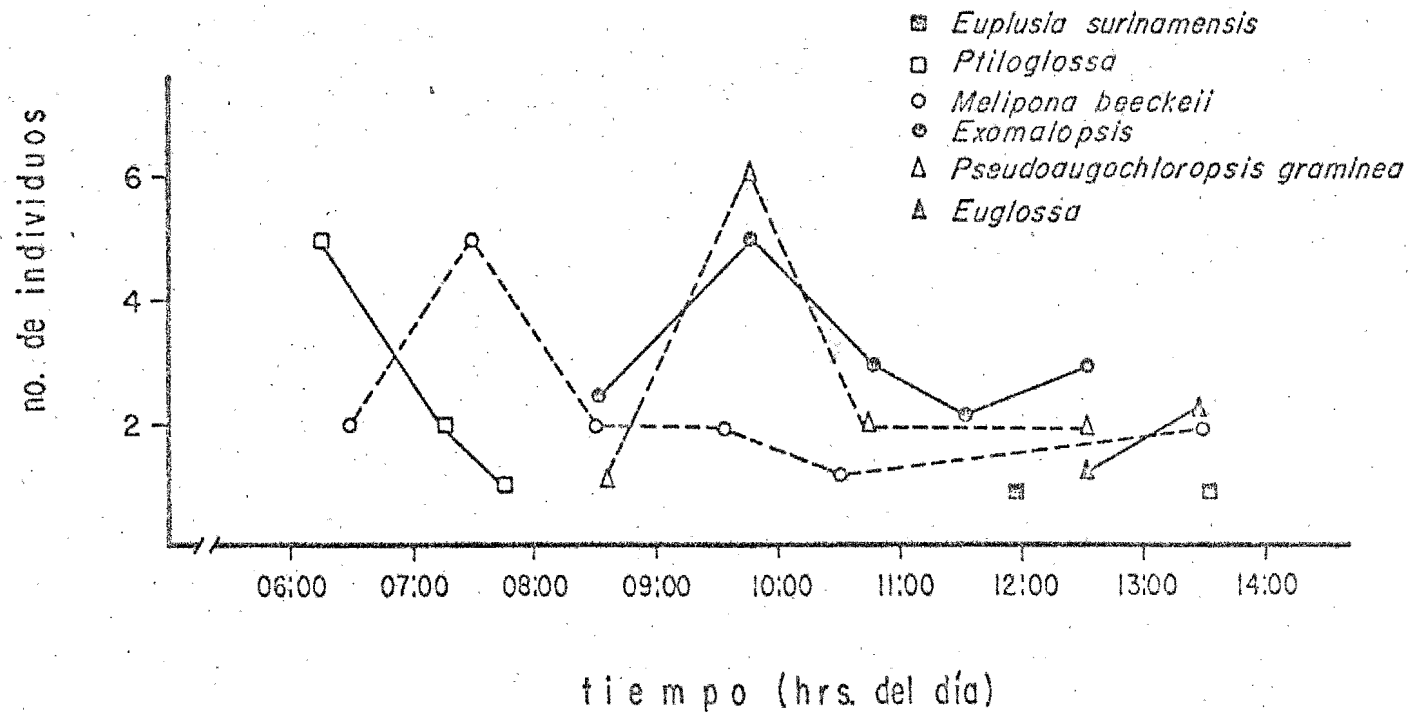


FIG. 14 Frecuencia de visita de los polinizadores y visitantes de Cassia leiophylla. La observación se hizo en varias plantas de Cassia leiophylla en la siguiente forma: en la desviación rumbo a Coyame, el 10-11 enero de 1974 y 18 de noviembre y del 7 - 8 diciembre de 1974 a 3 km. de Sontecomapan rumbo a La Palma. Dichas observaciones se efectuaron de las 05:00 - 17:00 horas. La figura -- demuestra a las abejas observadas de cada especie.

Cassia obtusifolia L. (Fig. 15)

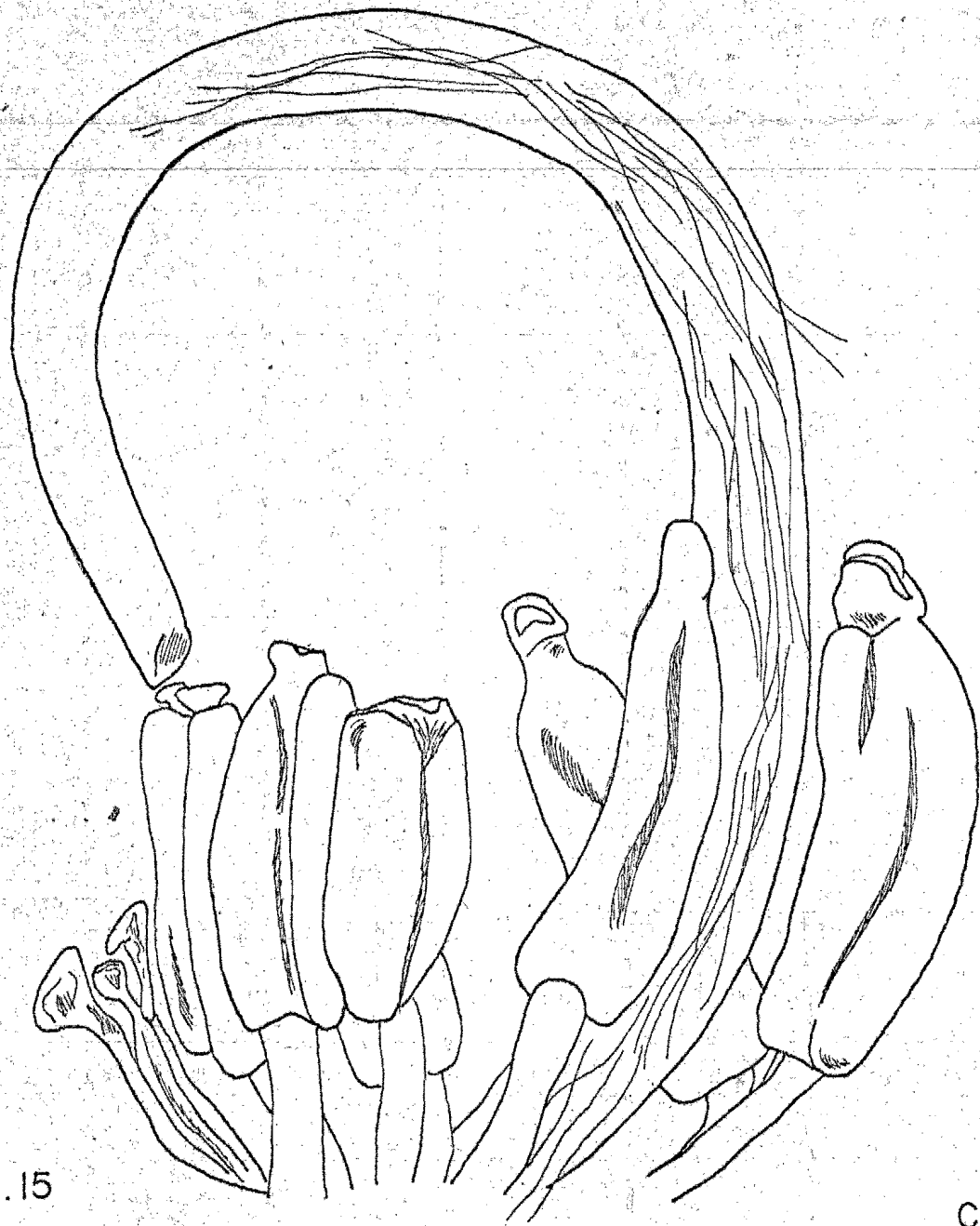
Maleza pantropical de casi un metro de alto. Sus flores son de tamaño pequeño y se presentan en racimos axilares en el medio superior. Su androceo consta de siete estambres fértiles y tres estaminodios. Las anteras de los estambres centrales carecen de rostros, siendo su dehiscencia verdaderamente apical. Los estambres de mayor tamaño presentan anteras con pequeños rostros que apuntan hacia el centro de la flor. En estas anteras se presenta la modificación siguiente: en lugar de dos poros oblicuos, solo tienen un poro transversal en el ápice, facilitando así la salida del polen. El estilo se presenta muy arqueado, situando al área estigmática muy cerca de los poros apicales de las anteras centrales (Fig. 15).

En condiciones de invernadero, la especie floreció y fructificó. Esto puede indicar que en el campo la especie puede autopolinizarse. No obstante esto, la especie puede ser visitada aunque la disposición del estilo traería dificultad al acomodamiento del insecto en la flor.

En resumen, esta especialización del androceo y del estilo llevan a una posible autopolinización, adaptación frecuente en las especies con hábitos de maleza. (Macior, 1971).

FIG. 15. Esquema del androceo y gineceo de Cassia obtusifolia. El androceo consta de siete estambres fértiles y tres estaminodios. El estilo se presenta muy arqueado situando al área estigmática muy - cerca a los poros apicales de las anteras centrales.





T

1.0-1.2 cm

Fig. 15



0.3-0.4 cm



Cassia obtusifolia L.



Cassia occidentalis L. (Fig. 16)

Maleza pantropical de aproximadamente un metro de altura. Su floración se extiende a todo el año, y se presenta en racimos axilares bifloros. Biswas (1954), y Venkatesch (1956) mencionan que Cassia occidentalis presenta una marcada reducción del estambre que se encuentra intermedio a los estambres abaxiales grandes. Esta reducción se presenta desde un simple acortamiento en el tamaño, hasta la degeneración del estambre a un estaminodio. Esto trae como consecuencia que el estilo tome el lugar del estambre, y se localice en posición intermedia de los dos estambres abaxiales. Junto a la reducción del estambre intermedio fué observado por los autores antes mencionados que existe un mayor desarrollo de los dos estambres centrales más cercanos a los tres estaminodios. Esta especie consta de un androceo con seis estambres fértiles y cuatro estaminodios; las anteras de los fértiles son dehiscentes por dos poros angulares en las caras ventrales de sus rostros aplanados y estériles (Venkatesch, 1956).

En la literatura existe registro de que la flor de Cassia occidentalis es visitada por abejas (Tabla 1). En la realización de este trabajo no se observó ninguna visita a la flor de esta especie, lo cual se debe posiblemente a una mala observación. Pero, tal vez, al encontrarse al estilo en una posición más cercana a los poros de las anteras, se podría llevar a cabo la autopolinización de esta especie (Burck, 1887).

FIG. 16. Esquema del androceo y gineceo de Cassia occidentalis. El androceo consta de seis estambres fértiles y cuatro estaminodios. -- Se observa la marcada reducción del estambre que se encuentra intermedio de los estambres grandes. El estilo tomó el lugar del estambre grande reducido y se localiza en posición intermedia.

*Cassia occidentalis* L.



T

1.0-1.2 cm

Fig. 16

0.5-0.7 cm

Cassia biflora L. (Fig. 17).

Esta especie se distribuye de México a Sudamérica; no ha sido registrada para la región en estudio; por lo tanto, su estudio fué hecho en la localidad de Pinoltepec, Ver. Esta región tiene un clima seco, estando en una zona de transición entre la selva baja caducifolia y el bosque caducifolio, de acuerdo con el sistema de Miranda y Hernández X. (1963).

Cassia biflora es un arbusto de 1 a 4 metros de alto a veces un árbol de 10 metros (Standley & Steyermark, 1946). Aparentemente, su floración se extiende a todo el año o a gran parte de él. Esta especie puede encontrarse en floración siendo todavía una herbacea que no sobrepasa los 50 cm. En esta etapa, la especie presenta pocas flores, siendo en este caso más notable el itinerario de forrajeo o "trap line" (Janzen, 1971), desarrollado por la abeja Xylocopa mexicanorum (Sousa, comunicación personal). Siendo arborea, la floración se compone de muchas flores, lo que la hace muy atractiva para las abejas. Las flores constan de tres estaminodios adaxiales; cuatro estambres centrales, sin rostro y tres estambres abaxiales grandes con filamentos curvados y anteras largamente rostradas. El estilo es grande y fuertemente arqueado, ascendente (Fig. 17). La abeja hace doblegar a la flor al posarse en ella; por lo general son abejas de tamaño grande y pesadas, lo que trae como consecuencia que el estilo y los estambres abaxiales se retiren del conjunto de los otros estambres. Enton

ces por encima de la parte terminal del abdomen se localiza el estilo y a los lados de éste los rostros largos de las anteras. De estas anteras sale el polen que se deposita en el dorso de la abeja. Por otro lado, durante la vibración a las cuatro anteras centrales se les desprende fácilmente el polen hacia el vientre de la abeja, debido a sus características de ser arros-tradas y tener poros apicales.

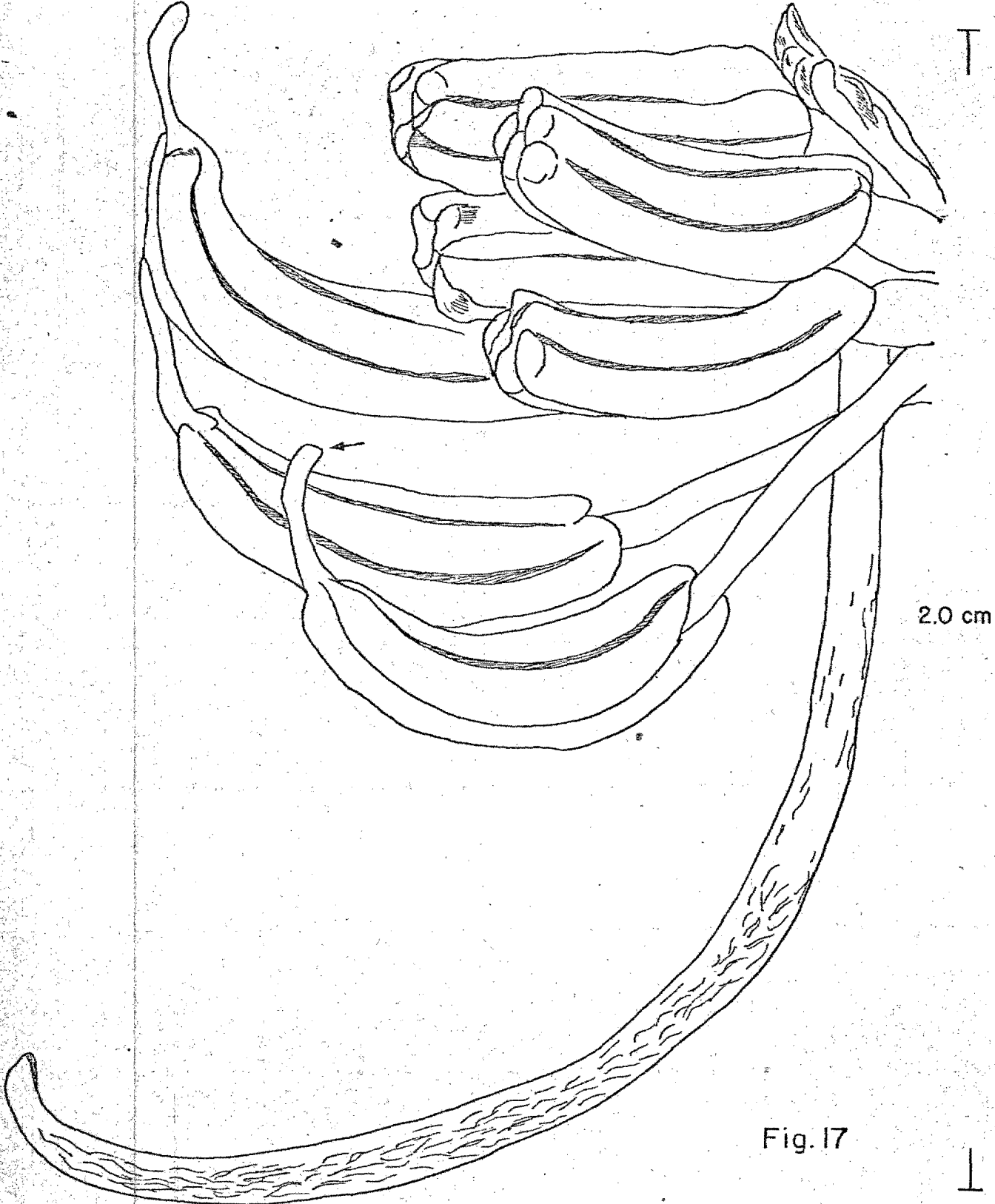
La polinización se lleva a cabo al ponerse en contacto el área es-tigmática con el dorso del abdomen, y esto se efectúa en las visitas de tres grandes abejas: Xylocopa fimbriata, Xylocopa fabricii y Bombus medius - (reina). A esta última especie se le observó visitando al bejuco Securidaca diversifolia (por néctar).

Los diferentes métodos de comportamiento de las abejas que vi-sitan Cassia biflora fueron estudiados ya por Willie (1963) en Guanacaste, Costa Rica, siendo las especies que visitan esta planta muy semejantes -- a las reportadas en este estudio como se puede apreciar en la Tabla 8.

La diferencia en esta comparación es que en Guanacaste existe -- una mayor diversidad de abejas visitantes.

FIG. 17. Esquema del androceo y gineceo de Cassia biflora. El androceo consta de tres estambres abaxiales con anteras largamente rostradas, cuatro estambres centrales y tres estaminodios. El estilo es grande y fuertemente arqueado, ascendente.

*Cassia biflora* L.



2.0 cm

1.3-1.5 cm

Fig. 17



TABLA 8.

En esta tabla se adiciona a la lista de polinizadores y visitantes de Cassia biflora en Pinoltepec, Ver. y Chamela, Jal. La lista presentada por Willie, 1962 de las abejas que visitan esta especie de Cassia en Guanacaste, Costa Rica. La lista de Willie, (op. cit.) es presentada aquí sin los autores de las especies de abejas para lograr una uniformidad de los datos.

Guanacaste, Costa Rica, Willie, 1962.

Abejas polinizadoras

Fam. Colletidae

Ptiloglossa

Fam. Halictidae

Augochloropsis ignita

Augochloropsis

Augochloropsis

Pseudoaugochloropsis aff. graminea

Fam. Apidae

Subfam. Exomalopsinae

Exomalopsis aff. similis

Subfam. Anthophorinae

Centris fuscata

Centris trigonoides

Subfam. Xylocopinae

Xylocopa subvirescens

Xylocopa muscaria

Xylocopa fimbriata

Xylocopa gualanensis

Subfam. Apinae

Eulaema tropica

Bombus mexicanus

Melipona beeckelii beeckelii

Abejas mordedoras

Trigona fulviventris fulviventris

Trigona fuscipennis

Trigona siluestriana

Abejas colectoras

Apis mellifera

Trigona Jaty

Trigona nigra

Trigona testaceicornis perilampoides

Pinoltepec, Ver. A. Delgado y M. Sousa (Marzo)

Fam. Halictidae

Pseudoaugochloropsis graminea ♀

Fam. Apidae

Subfam. Anthophorinae

Centris fuscata ♂

Centris trigonoides subtarsata ♀ ♂

Centris ♀

Subfam. Xylocopinae

Xylocopa fimbriata ♀

Xylocopa fabricii ♀

Xylocopa muscaria ♀

Subfam. Apinae

Eulaema tropica ♀

Bombus medius ♀

Euglossa ♀

Avispa

Synoeca surinama

Chamela, Jal. M. Sousa (Marzo)

Subfam. Xylocopinae

Xylocopa mexicanorum ♀

## POLINIZADORES Y VISITANTES.

En el género Cassia, la flor está adaptada a la polinización cruzada, aunque también existe la autopolinización. La polinización es llevada a cabo por abejas de diferentes familias de la superfamilia Apoidea (Hymenóptera).

Willie (1963), encuentra tres diferentes comportamientos de las abejas en la obtención del polen de las anteras de Cassia biflora. Estos tres comportamientos comprenden: (1) a las abejas que obtienen el polen por medio de la vibración, (2) las abejas que hacen pequeños hoyos con sus mandíbulas en las anteras y colectan el polen con su proboscis y (3) aquellas abejas que colectan el polen desparramado en los pétalos después de la visita de las abejas vibratoras. También García (1976) menciona estos comportamientos para las abejas que visitan a Solanum rostratum. En las especies estudiadas de Cassia, se observaron en general, estos tres comportamientos en las abejas visitantes. Tomándolos en cuenta y considerando su papel en la polinización de la especie, se les dividió de la siguiente manera: Dentro del grupo de las abejas vibratoras (A), se encuentran las que cumplen la función de la polinización (Aa) y aquellas abejas que potencialmente pueden efectuar la polinización o abejas preadaptadas (Ab). Como señala Macior (1971), "... ningún mecanismo de polinización puede ser considerado el producto final de la evolución adaptativa, ya que aquellos visitan-

tes que en el presente no polinizan la flor, pueden ser de un valor potencial en relación con futuros cambios . . . "Este grupo (Ab) de abejas, son polinizadores potenciales, debido a su morfología y comportamiento. También existen entre las abejas vibradoras, aquéllas que no se pueden mantener en ninguna de las divisiones arriba expuestas, dado su tamaño y disposición en la flor. Estas abejas (Ac) corresponden en general a los géneros: Exomalopsis, Euglossa, Melipona, y a la familia Halictidae.

La segunda categoría (B) está constituida por abejas que colectan el polen esparcido en anteras y pétalos, como resultado de la vibración de la primera categoría de abejas (A), o bien mordisquean e introducen sus partes bucales en los poros de las anteras. Pertenecen principalmente a este grupo, abejas del género Trigona y Apis. Las abejas (Ab, Ac y B) que no llevan a cabo la polinización, al obtener el polen, bajan la cantidad del mismo en las anteras, y ésto fuerza a las abejas polinizadoras (Aa) para que tengan que visitar más flores, para cumplir con sus requerimientos energéticos, y de esta manera se incrementa la polinización cruzada (Heinrich & Raven, 1972 ).

Es importante resaltar en este punto que el fenómeno de vibración y los mecanismos por los cuáles se efectúa, han sido poco estudiados. Van der Pijl (1954) piensa que la vibración pudiera formar parte de los componentes del zumbido. Linsley (1962), sospecha que las anteras son vibradas por los movimientos generales del segundo par de patas. Michener (1962) observa que en el fenómeno de la vibración las alas vibran. Willie (1963) afirma que el sonido es debido a movimientos vibratorios de las alas, que se mantienen cerradas sobre el abdomen. Buckmann (1974 )

explica que las abejas hacen vibrar sus músculos indirectos del vuelo, -- manteniendo sus alas cerradas sobre su dorso y emiten sonidos de alta -- frecuencia, más altos que los efectuados en el vuelo. Van der Pijl (1954), iguala este zumbido al hecho por las abejas cuando son molestadas en su nido, como una forma de advertencia. Sousa (comunicación personal) -- afirma que al vibrar las alas el insecto vibra también el abdomen, región del cuerpo que está en contacto con la antera, y es así como la abeja transmite la vibración a esta parte floral.

Las abejas, para efectuar sus actividades, entre ellas el vuelo, necesitan una cierta temperatura torácica. Esta temperatura es necesario adquirirla antes de poder emprender el vuelo y esto lo consigue la abeja -- por medio de los músculos alares que se contraen contra ellos mismos, -- al igual que en la vibración, esto trae una especie de estremecimiento -- (Heinrich, 1974). Esta temperatura se mantiene en el vuelo y se regula -- con paradas rápidas en cada flor, o bien, cuando la abeja efectúa el estremecimiento cuando se encuentra en la flor. Entonces se podría pensar que en ambientes tropicales el mantener esta temperatura interna requiere de un menor gasto de energía que en lugares donde la diferencia entre la -- temperatura ambiental y la temperatura interna del insecto es muy grande. La abeja al estar vibrando las anteras de Cassia en lugar de bajar su temperatura torácica, la aumenta y ésto trae como consecuencia un mayor requerimiento energético. Esto explica por qué las abejas vibratoras de tamaño pequeño pueden mantenerse mucho tiempo en una flor de Cassia, regulando así su temperatura torácica.

Heinrich (1972) afirma que durante la colecta de polen no es posible economizar el gasto de energía reduciendo la temperatura torácica, y es por esto que la abeja necesita visitar plantas con néctar. En el caso de Cassia y otras plantas con anteras tubulares y poricidas, las abejas necesitan de una demanda mayor de néctar ya que al vibrar requieren de mayor energía. Esto puede ser la explicación del porqué existe distracción de las abejas visitantes de Cassia por plantas con néctar. Entonces se puede concluir que el fenómeno de vibración substituye al estremecimiento o bien, es parte de él. ¿Pero cómo explicar que ciertos grupos de abejas como -- Megachile, Apis y Trigona no pueden vibrar o no han sido señaladas como capaces de hacerlo? Megachile es un grupo que se encuentra en los lugares donde se han efectuado estos estudios de polinización y hay pocos registros de su visita a Cassia (Robertson, 1890; Harris & Kuchs, 1902). Según -- Sousa (Comunicación personal), los Megachile tienen su parte colectora -- en la región ventral del abdomen (escopa), y para que esta funcione como tal, el abdomen debe ser levantado ligeramente y arqueado hacia adelante para efectuar la recolección de los granos de polen, operación que realizan cuando visitan algunos grupos de Papilionadas y que por supuesto, no pueden llevar a cabo en las flores de Cassia, ya que como se ha dicho, al tocar la abeja las anteras y vibrarlas, doblan el abdomen hacia abajo, -- acción que una abeja Megachile no puede hacer, ya que de esta manera cerrarían su escopa y no podrían colectar polen.

Las citas de abejas Megachile visitando Cassia, probablemente indican visitas ocasionales donde la abeja recolecta polen esparcido en los pétalos sirviendo como alimento para la propia abeja y no así para sus lar

vas. Aunque los razonamientos anteriores en cierta forma expliquen un poco la duda de por qué los Megachile no visitan frecuentemente flores de Cassia, no son aplicables al caso de las abejas Trigona y Apis, ya que estas abejas cuentan con un aparato colector que se localiza en el tercer par de patas, tal como lo presentan las abejas que vibran. Tal vez, estos géneros se han adaptado (comensalismo), a recolectar el polen desparramado en pétalos y anteras por las abejas vibradoras y no necesitan vibrar las anteras.

García (1976) encuentra que en las mismas abejas vibradoras (Bombus) puede variar el comportamiento de obtención de polen, temprano en la mañana utilizan la vibración y ya en la tarde cuando las anteras están vacías, recolectan el polen de los pétalos. Este tipo de comportamiento no fué observado en este estudio, ya que las abejas recolectoras en Cassia son muy eficientes. Al parecer, queda mucho que hacer sobre el comportamiento de estos insectos.

Anteriormente, en la sección de antecedentes, se mencionó que Van der Pijl (1954), en sus estudios en Asia, afirma que la flor del género Cassia presenta adaptación a ser polinizada por las abejas del género Xylocopa. Como resultado de este estudio (Tabla 9) y con base en la recopilación bibliográfica (Tabla 1), se observa el gran número de registros de visitas y polinización de las abejas Xylocopa a las flores de Cassia; pero también la existencia de una buena cantidad de registros de visita de géneros de abejas con amplia distribución (Centris, Bombus, y Ptiloglossa, abejas de la tribu Euglossinae). Esto podría ser una de las causas por las cuales el género Cassia acusa una amplia distribución, ya que cuenta con los servicios de estos géneros para su polinización.

Un grupo importante que visita algunas especies de Cassia y - otras leguminosas en los trópicos, es el de las abejas machos del género Centris. Estas abejas establecen un comportamiento territorial que puede llevar a un aislamiento parcial o total a la planta de sus polinizadores. En una forma parcial incrementaría el entrecruzamiento, ya que causaría que ciertos individuos se mudaran a otra planta vecina de la misma especie, - como resultado de la conducta agresiva de los Centris (Frankie & Baker, 1974). En una forma total, trae una baja considerable en la polinización de la planta, porque a los polinizadores no les es posible acercarse a ella. --- Este caso fué observado para una planta de Cassia fistula donde los machos de Centris seggregata establecieron su territorio.

Como se podrá ver en la lista de visitantes de Cassia en varias - partes del mundo (Tabla 1), existen colecciones de machos y hembras - - (Centris) en varias especies de Cassia, significando esto que el macho, a pe- sar de haber establecido su territorio, no fué hostil a la hembra. Esta -- conducta ha sido observada por Frankie & Baker (1974), así como también en este estudio.

En general, las especies de Cassia en la región de Los Tuxtlas son también visitadas por avispas (Tablas 3, 4, 5, 7, 8). La actividad de estos himenópteros en la flor es incierta, aunque puede ser el de coleccionar polen después de las visitas hechas por los vibradores. En este punto, -- se debe mencionar la visita de la avispa Polybia occidentalis, la abeja -- Trigona fulviventris fulviventris y varias especies de hormigas, a las -- glándulas foliares nectaríferas presentes en varias especies de Cassia.

En resumen, la flor del género Cassia es un importante recurso alimenticio, siendo visitada en la región de Los Tuxtlas por 31 especies de abejas, 4 especies de avispas y un grupo de hormigas.

Resuma los cond. de aislamiento territorial de f. de ejes de flor

¿cuántos usos es común seleccionar?

¿qué sentido tendría estudiar polinización sin antes un conocimiento de estos?

Flora 10+ fundamentalmente vascularizada

Describe la relación de esta con el estudio de la zona



	<i>C. doylei</i>	<i>C. fruticosa</i>	<i>C. fistula</i>	<i>C. bicapsularis</i>	<i>C. leiophylla</i>	<i>C. biflora</i>
<i>Ptiloglossa</i> <i>sp.</i>					////	
<i>Centris</i> <i>agilis</i> <i>sp.</i>	////			////		
<i>Xylocopa</i> <i>mexicanorum</i> <i>fimbriata</i> <i>fabricii</i> <i>sp.</i>	////	////	////			////
<i>Eulaema</i> <i>tropica</i>		////		////		
<i>Euplusia</i> <i>surinamensis</i>					////	
<i>Bombus</i> <i>medius</i>				////		////

//// POLINIZADOR

TABLA 9. Cuadro de abejas polinizadores de las especies de Cassia estudiadas.

## DISCUSION.

### AISLAMIENTO REPRODUCTIVO.

Las especies del género Cassia compiten, en la región de Los - Tuxtlas, por los servicios de un grupo de polinizadores. Uno de los mecanismos que tiende a reducir esta competencia, y que contribuyen a mantener la integridad genética, es la divergencia en el tiempo de floración; es decir, surge en este caso un aislamiento estacional. Esto se observa claramente en la Tabla 2. Las especies de Cassia florecen, principalmente, - en la estación de lluvias. Se observa que no hay sobreposición en los picos de floración en los árboles, arbustos, y en algunas plantas herbáceas, pero también, una coincidencia en su época de floración en varias especies independientemente de que sean árboles, arbustos o hierbas; es decir, la divergencia con respecto al tiempo de floración no siempre existe.

La asincronía en la floración de grupos de especies que habitan en una misma área (especies simpátricas), ya ha sido observado en diferentes familias en una zona templada (Mosquin, 1971), en el género Solidago - (Hurlbert, 1970); en el género Guarea (Frankie, Baker & Opler, 1974); en diferentes géneros de la familia Eignoniaceae (Gentry, 1974 a y 1974 b), - en el género Lonchocarpus (Sousa, en preparación) y en otros.

El aislamiento estacional entre especies lo considera Stebbins

(1966) de mediana eficacia, ya que puede variar de un año al siguiente, pero piensa que este aislamiento debe ser complementado por otros. Otro mecanismo de aislamiento es el dado por el lugar donde viven las especies (aislamiento ecológico, Stebbins, 1950). Este tipo de mecanismos cabría pensar que se da entre especies de Cassia que habitan diferentes tipos de vegetación en la región ; es decir, Cassia flexuosa y Cassia hispidula, que habitan la vegetación de pino-encino, se aíslan ecológicamente de las especies secundarias de selva alta perennifolia y también de Cassia chamaecrista, habitante de dunas costeras.

Otra forma por la cual las plantas pueden aislarse es por medio del aislamiento mecánico, dado por las diferencias estructurales en la flor que pueden atraer o rechazar a diferentes polinizadores, también pueden disminuir grandemente las oportunidades de la polinización interespecífica. Cassia leiophylla y Cassia bicapsularis son dos especies que coinciden en su época de floración (Tabla 2) pero debido a sus diferencias estructurales cada una atrae a distinto polinizador (Fig. 8) es decir, la diferencia en el arreglo y morfología de la flor de cada especie selecciona a un polinizador o un grupo de ellos y logra así un aislamiento mecánico-morfológico. Grant (1971) afirma que en estos casos este tipo de aislamiento es coincidente con un aislamiento etológico, es decir, la preferencia de un grupo de polinizadores por uno u otro dispositivo floral.

Otro caso de floración simultánea es el que se presenta con Cassia doylei y Cassia fruticosa (Tabla 2). La distribución de la actividad y la constancia de los polinizadores a las dos especies depende, principal-

mente, de un diferente mecanismo floral, que trae consigo distintas zonas de depositación del polen en el cuerpo de la abeja. Ambas especies son visitadas por la abeja Xylocopa fabricii (Fig. 19) siendo para Cassia doylei un visitante y para Cassia fruticosa un polinizador. Este hecho promueve la posibilidad de que el polen de una especie sea depositado en el área estigmática -- de la otra, pero esto no es así, ya que la flor de Cassia doylei, no abre enteramente (Fig. 1) motivo por el cual presenta un espacio reducido impidiendo el libre acomodamiento de Xylocopa fabricii y, por lo tanto una deficiente operación de anteras. Esto no sucede así en Cassia fruticosa, ya que la flor de esta especie abre enteramente facilitando que Xylocopa fabricii se acomoda y opera la flor. Lo anteriormente explicado es considerado por Grant (1971), como un aislamiento mecánico, ya que trae consigo que la posición de Xylocopa fabricii en Cassia doylei sea diferente a la observada por sus polinizadores.

Otra manera por la cual las plantas que florecen al mismo tiempo en una misma región pueden evitar la competición por polinizadores, es la de prescindir de ellos (Levin & Anderson, 1970). Esto se observa en Cassia obtusifolia, la cual se adapta a una autopolinización.

Entonces, se puede observar la existencia de un aislamiento ecológico, presentado en los diferentes tipos de vegetación donde las especies -- de esta región habitan; un aislamiento estacional, que se aprecia mejor en el caso de las especies de Cassia arbóreas y arbustivas. También, el aislamiento basado en las preferencias de las abejas a tal o cual disposición de las características florales (Grant, 1949), por ejemplo, el caso observado para -- las abejas polinizadoras de Cassia leiophylla y Cassia bicapsularis. Una modalidad de este aislamiento se presenta en la especie Bombus medius donde

la especie de Cassia visitada por la obrera no es visitada por la reina; existe un aislamiento de castas. Por último se podría pensar en un aislamiento topográfico, dependiendo de la región del insecto donde es depositado el polen para la polinización; es posible que una misma abeja polinice a dos especies cargando en diferentes partes de su cuerpo el polen. Es claro que el aislamiento geográfico se presenta en el género, un ejemplo sería precisamente la ausencia de Cassia biflora en la región.

Por lo que respecta a los aislamientos después de la fecundación, como la no viabilidad del híbrido, la esterilidad del mismo, etc., se desconoce la existencia de información para las especies estudiadas a este respecto, aunque es importante notar la ocurrencia de hibridización en las especies de Cassia australianas (Randell, 1970), no obstante de constar, como afirma el autor, de "fuertes" aislamientos reproductivos. También cabe hacer notar la existencia de poliploidia en el género, ya que ésto permite una rápida especiación (Irwin & Turner, 1960, Randell, 1970). Todo lo anteriormente expuesto, permite al género Cassia un amplio espectro de posibilidades en su reproducción, y a su vez, genera en una gran diversidad.

Finalmente, siendo influenciado por el modelo de especiación -- simpátrica presentado por Grant (1949), donde indica la importancia que tiene una mutación en el color o forma de la flor, que se establece dentro de una población, resultando con el tiempo en una especie nueva y aislada, se elaboró el siguiente razonamiento. Supongamos que en una población de la especie A se expresa una mutación afectando a la flor. Esta afección puede ser en su tamaño, ya sea en una reducción, o en el no abrir completamente la flor (Fig. Ib) y así reducir la abertura de entrada para ciertas abejas. --

También puede afectar su estructura floral, (Biswas, 1954, para Cassia occidentalis). Si estas variantes florales pueden ser reconocidas por las abejas, o como en el caso de la reducción en tamaño, donde la selección para la polinización será cumplida por abejas de menor tamaño, que el de la abeja polinizadora de la especie A, surgiendo así un aislamiento mecánico entre la especie A y la población mutante. Esta nueva población con base en un aislamiento reproductor será finalmente una nueva especie. También, si algunas de las abejas preadaptadas, debido a una constancia floral solo visitan determinados biotipos de una población, ésto resultaría en un aislamiento reproductor, y por lo tanto, podría resolverse en especiación. Ornduff (1969) indica que Dodson y Dressler en Centro América han encontrado que orquídeas que precisamente han sido consideradas formas de color de una especie (raza) — están cada una de ellas asociada a diferente polinizador y por lo tanto existe un aislamiento reproductivo entre ellas como el que se presenta en el ejemplo de Cassia. El razonamiento anterior pretende ser nada más uno de los varios procesos diferentes que se deben dar en la naturaleza para la formación de nuevas especies. En resumen, flor asociada a la actividad de los polinizadores, está sujeta a presiones de selección, que traerán una fuerte influencia en la especiación y consecuentemente en su sistemática.

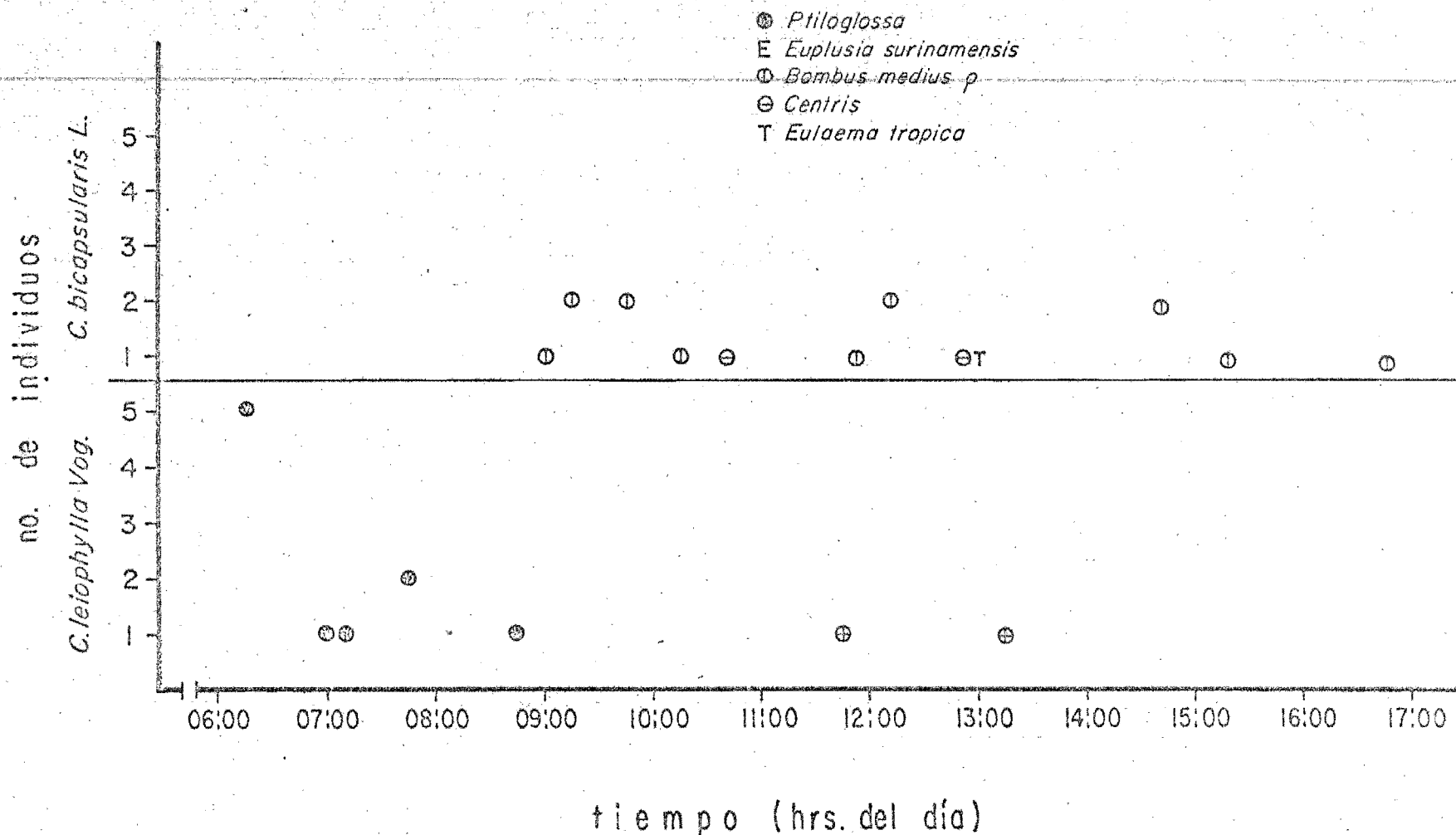


FIG. 18. Comparación de la frecuencia de visita de los polinizadores de *Cassia leiophylla* y *Cassia bicapsularis*. La figura demuestra a las abejas observadas de cada especie durante el intervalo de tiempo ya descrito anteriormente para cada especie de *Cassia*.

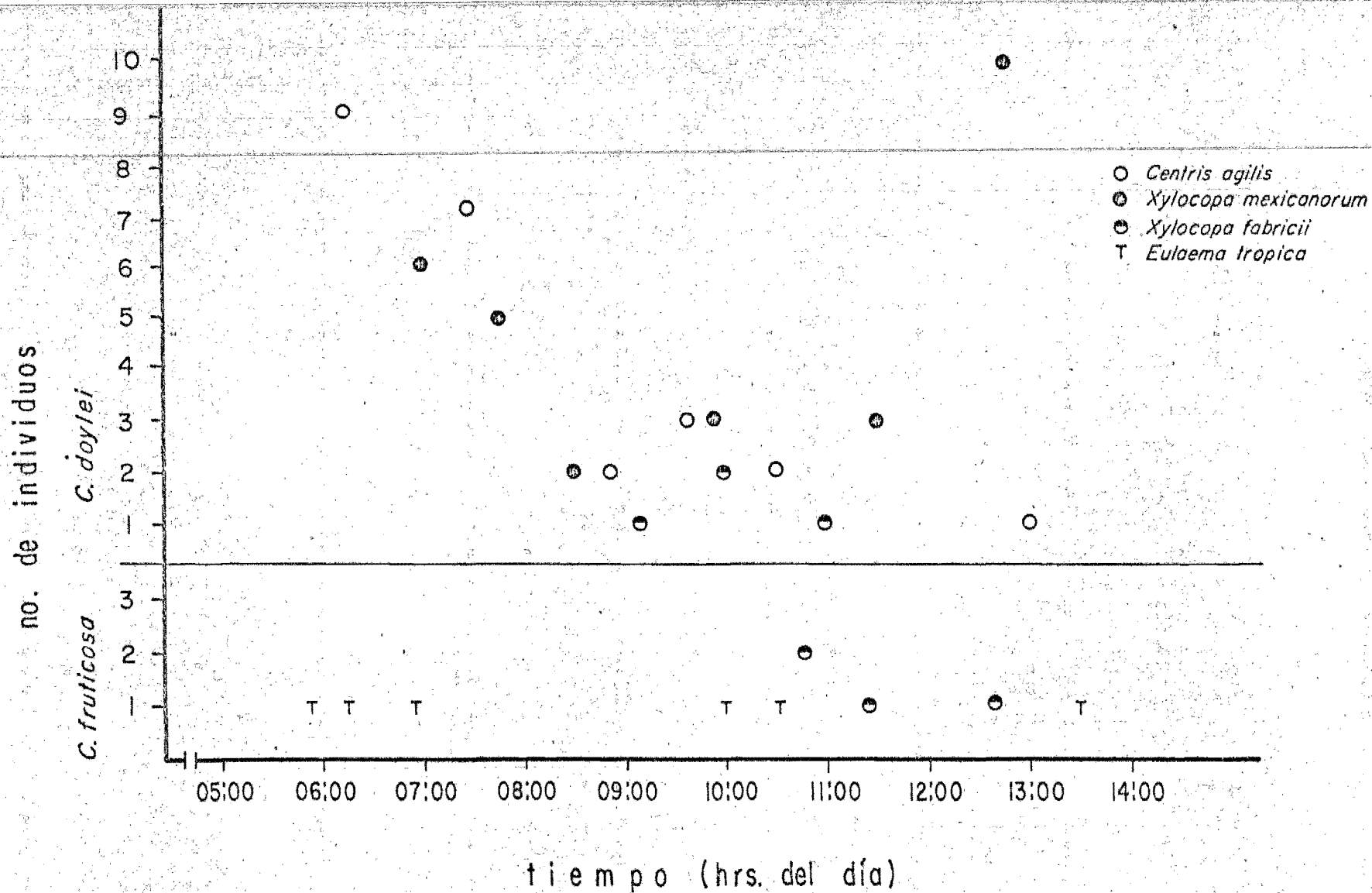


FIG. 19. Comparación de la frecuencia de visita de los polinizadores de *Cassia fruticosa* y *Cassia doylei*. La figura demuestra a las abejas observadas de cada especie durante el intervalo de tiempo ya descrito anteriormente para cada especie de *Cassia*.



## CONSIDERACIONES FINALES.

Es indudable que los estudios de biología floral permiten percarnos de muchos caracteres florales que en los ejemplares de herbario -- pasan inadvertidos. En este trabajo se observa que la flor de Cassia está -- adaptada a la polinización cruzada, aunque existe la autopolinización y que dada la forma, estructura y disposición del androceo y gineceo; ésto es en esencia el mecanismo que debe hacer funcionar el polinizador. A través -- de los estudios taxonómicos efectuados en Cassia se han considerado varios caracteres, tanto morfológicos como reproductivos; entre éstos, sobresalen las características de las hojas; la presencia de glándulas; el número -- de estambres fértiles y las características morfológicas y el tipo de dehiscencia de los frutos. Sin embargo, otros caracteres han recibido poca -- atención. Por ejemplo, el tipo de inflorescencia y su disposición en la -- planta; cómo se presentan las flores, abiertas y entreabiertas; el tamaño, -- forma y disposición de los pétalos, así como su color y venación; el grado de curvatura del gineceo y si éste está o no resupinado. En cuanto a los estambres, Venkatesch (1956 a y b) demostró que tienen un importante valor taxonómico por la gran diversidad de caracteres que presentan. También es -- importante considerar los datos fenológicos de las especies, ya que como se observó en este estudio la asincronía en la floración es importante en la reproducción de las especies en Cassia.

Al parecer se necesita hacer más trabajos sobre los métodos de reproducción en Cassia, que aportarán finalmente un entendimiento taxonómico más natural y preciso del género.

## LITERATURA CITADA.

ALVIM, P. de T. 1964. Tree growth periodicity in tropical climates, p. 479 - 495. In : M. H. Zimmermann (ed.) The formation of wood in forest trees. Academic press, New York.

BAKER, H. 1959. Reproductive methods as factors in speciation in flowering plants. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 24 : 177 - 199.

& P. Hurd, 1968. Intrafloral ecology. Ann. Rev. Entomol. 13 : 385 - 414.

BAWA, K. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland community. Evolution 28: 85 - 92.

BISWAS, C. 1954. Variations in the floral structure of Cassia occidentalis Linn. Sci. & Cult. 19 (11): 557 - 559.

BUCHMANN, S. 1974. Buzz pollination of Cassia quiedondilla (Leguminosae) by bees of the Genera Centris and Melipona. Bull. Southern California Acad. Sci. 73 (3) : 171 - 173.

BURCK, W. 1887. Notes biologiques : Relation entre l'hetérostylie dimorphe et l'hetérostylie trimorphe. Ann. Hard. Bot. Buitenzorg 6 : 251 - 267.

BURKART, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. 2a. Ed. Acme agency, Buenos Aires. 569 pp.

- CROAT, T. 1969. Seasonal flowering behaviour in Central Panama. Ann.-  
Missouri Bot. Gard. 56 : 295 - 307.
- CRUDEN, R. 1972. Pollinators in high elevation ecosystems : relative -  
effectiveness of birds and bees. Science 176 : 1439 - 1440.
- \* DODSON, C. 1966. Ethology of some bees of the tribe Euglossini - -  
(Hymenoptera: Apidae ). J. Kansas Entomol. Soc. 39 : 607 - 620.
- EHRlich, P. & L. Gilbert. 1973. Population structure and dynamics  
of the tropical butterfly Heliconius ethilla. Biotropica 5 : 69 -82.
- EISIKOWITCH, D. 1973. Mode of pollination as a consequence of - -  
ecological factors, p. 283 - 288. In : V.H. Heywood (ed.) - - -  
Taxonomy and Ecology. The Systematics Association Special - -  
volume No. 5. Academic Press, New York.
- FRANKIE, G. & H.G. Baker. 1974. The importance of pollinator - -  
behaviour in the reproductive biology of tropical trees. An.  
Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. 45., (Ser. Botánica) (1):  
1 - 10.
- H.G. Baker & P. Opler. 1974 Comparative - - -  
phenological studies of trees in tropical wet and dry forests  
in the lowlands of Costa Rica. J. Ecol. 62 (3) : 881 - 919.
- GARCIA, E. 1970. Los climas del Estado de Veracruz. (Según el  
sistema de clasificación climática de Köppen modificado por  
la autora) An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. Méx. 41, (Ser.  
Botánica) (1) : 3 - 42.
- \* GARCIA, M. 1976. Polinización de Solanum rostratum Dunal - -  
(Solanaceae) en el Pedregal de San Angel, D.F. México,

Tesis profesional UNAM, Facultad de Ciencias.

GATES, R. 1951. Epigeal germination in the Leguminosae. Bot. Gaz. 113:  
151 - 157.

GENTRY, A. 1974 a. Flowering phenology and diversity in tropical ---  
Bignoniaceae. Biotropica 6 : 64 - 68.

1974 b. Coevolutionary patterns in Central American ---  
Bignoniaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 61 : 728 - 759.

GRANT, V. 1949. Pollination systems as isolating mechanisms in ---  
Angiosperms. Evolution 3 : 82 - 93.

1971. The origin of adaptations. 3 ed. Columbia University  
Press, New York. 606 pp.

HARRIS A. & O. Kuchs. 1902. Observations in the pollination of Solanum  
rostratum Dunal and Cassia chamaecrista L. Bull. Science Kansas  
University. 1 : 15 - 41.

HEINRICH, B. 1972. Energetics of temperature regulation and foraging  
in a bumblebee, Bombus Terricola Kirby. J. Comp. Physiol. 77:  
49 - 64.

& P. Raven. 1972. Energetics and pollination ecology. --  
Science 176 : 597 - 602.

1974. Thermoregulation in endothermic insects. Science 185:  
747 - 756.

HURLBERT, S. 1970. Flower number, flowering time and reproductive  
isolation among ten species of Solidago (Compositae). Bull. Torrey  
Bot. Club 97 (4) : 189 - 195.

- IRWING, H. 1964. Monographic studies in Cassia (Leguminosae : ---  
Caesalpinioideae) I. section Xerocalyx. (Mem. New York. Bot. Gard.  
12 (1) : 1 - 114.
- & B. Turner. 1960. Chromosomal relationships and taxonomic ---  
considerations in the genus Cassia. Amer. J. Bot. 47 (4) : 309 - 318.
- & R. Barneby. 1976. Notes on the genetic status of chamaecrista ---  
Moench (Leguminosae : Caesalpinioideae) Brittonia 28 : 28 - 36.
- JANZEN, D. 1966. Notes on the behaviour of the carpenter bee Xylocopa  
fimbriata in Mexico (Hymenoptera : Apidea) J. Kansas Entomol. Soc.  
39 : 633 - 641.
1967. Synchronization of sexual reproduction of trees with  
the dry season in Central America. Evolution 21 : 620 - 637.
1968. Reproductive behaviour in the Passifloraceae and ---  
some of its pollinators in Central America. Behaviour 32 ( 1 - 3) :  
33 - 48.
1971. Englossine bees as long - distance pollinators of -  
tropical plants. Science 171 : 203 - 205.
- \* JONES, E. & S. Buchmann. 1974. Ultraviolet floral patterns as ---  
functional orientation cues in hymenopterous pollination systems.  
Animal Behaviour 22 : 481 - 485.
- LEVIN, D. & W. Anderson. 1970. Competition for pollinators between  
simultaneously flowering species. Amer. Nat. 104 : 455 - 467.
- LINSLEY, G. 1962. The colletid Ptilloglossa arizonensis Timberlake,  
a matinal pollinator of Solanum. Pan. Pacific. Entomol. 38 ---  
(2) : 75 - 82.

- LINSLEY, G., C. Rick & S. Stephens. 1966. Observations of the floral - relationships of the Galapagos carpenter bee (Hymenoptera - Apidae). Pan Pacific Entomol. 42 (1) : 1 - 18.
- & M. Cazier. 1970. Some competitive relationships among matinal and late afternoon foraging activities of Caupolicane bees - in Southeastern Arizona (Hymenoptera, Colletidae) J. Kansas Entomol. Soc. 43 (3) : 251 - 261.
- MEEHAN, T. 1886. On the fertilization of Cassia marilandica . Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia : 314 - 328.
- \* MACIOR, L. 1971. Co-evolution of plants and animals - systematic - insights from plant- insect interactions. Taxon 20 : 17 - 28.
- MICHENER, C. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. Rev. Biol. Trop., 10 (2) : 167 - 175.
- MIRANDA, F. & E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 28 : 29 - 72.
- + MOSQUIN, T. 1971. Competition for pollinators as a stimulus for the evolution of flowering time. Oikos 22 : 398 - 402.
- + MÜLLER, H. 1883. The fertilization of flowers. Translated and edited by D'arcy W. Thompson. Mc. Millan and Co. London. 669 pp.
- ORNDUFF. 1969. Reproductive biology in relation to systematics. Taxon 18 : 121 - 133.
- PENNINGTON, T. & Sarukhán, J. 1968. Arboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, S.A.G. México, 413 pp.

- PERCIVAL, M. 1965. Floral biology. Pergamon press. New York: 243 pp.
1974. Floral ecology of coastal scrub in Southeast Jamaica. Biotropica 6 : 104 - 129.
- PIJL, L. van der. 1954. Xylocopa and flowers in the tropics. Proc. K. - Nederl. Akad. C57, (I), 413 - 423; (II) 541 - 551; (III) 552 - 562.
- RANDELL, B. 1970. Adaptations in the genetic system of Australian arid zone Cassia species (Leguminosae, Caesalpinioideae). Aust. J. Bot. 18 : 77 - 97.
- ROBERTSON, CH. 1888. Effect of the wind on bees and flowers. Bot. - Gaz. 13 : 33 - 34.
1890. Flowers and insects. V. Bot. Gaz. 15 (8) : -- 199 - 204.
- ✦ SOUSA, M. 1968. Ecología de las leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. An. Inst. Bio. Univ. Nat. Autón. Mex. 39, (Ser. Botánica) (1): -- 121 - 160.
- Biosystematic studies on the genus (Lonchocarpus (Leguminosae) in Mexico and Central America. Manuscrito en preparación.
- STANDLEY, P. 1920 - 1926. Trees and shrubs of Mexico. Contrib. U.S. Nat. Herb. 23 (1 - 5) : 1 - 1721.
- & J. Steyermark. 1946. Flora of Guatemala. Fieldiana : Botany 24 (5) : 105 - 133.
- STEBBINS, G. 1950. Variation and evolution in plants. Columbia -- -- University Press, New York. 641 pp.
1966. Processes of organic evolution. Prentice Hall Inc. London. 191 pp.



STEBBINS, G. 1971. Relationships between adaptive radiation, speciation and major evolutionary trends. Taxon 20 : 3 - 16.

VENKATESCH, C. 1954. Resupination of flowers in Cassia fistula L. Sci. Cult. 19 (12): 610 - 611.

1956 a. The form, structure and special ways of --- dehiscence in anthers of Cassia. Phytomorphology 6 : 168 - 176, --- 253 - 277.

1956 b. The taxonomic value of the androecium in the Genus Cassia. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 53 : 496 - 499.

VOGEL, S. 1974. Öblumen und ölsammelnde Bienen. Akademie der --- wissenschaften und der Literatur. Mainz Franz Steiner verlag --- GMBH Wiesbaden. 267 pp.

WILLIE, A. 1963. Behavioural adaptations of bees for pollen collecting from Cassia flowers. Rev. Biol. Trop. , 11 (2) : 205 - 210.