



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Chiná

TESIS

Caracterización florística, variables etológicas de pecoreo y calidad de recurso alimenticio asociada a Meliponini (Apidae) en humedales semiconservados *versus* perturbados en Campeche, México

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES

PRESENTA

Ángel Jesús Ríos Oviedo

Chiná, Campeche, México a Diciembre de 2022



Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520 Chiná, Campeche. Tel. (981) 82-72052 y 82-72082
e-mail: dir_china@tecnm.mx tecnm.mx | china.tecnm.mx



2022 Flores
Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

Contraportada

COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este Comité y presentado por el C. Jesús Froylán Martínez Puc como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles del día X del mes de X del año X en Chiná, Campeche.

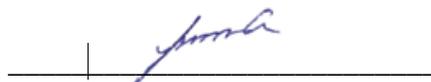
Dr. William Cetzal Ix

Presidente:



Dr. Luis Lara Perez

Secretario:



Dr. Fernando Casanova Lugo

Vocal:



M en C. Jesús Froylan Martínez Puc

Vocal suplente:





Instituto Tecnológico de Chiná
Subdirección Académica

División de Estudios de Posgrado e Investigación
Chiná, Campeche, **13/noviembre/2022**

Oficio: D/SA/DEPI/017

ASUNTO: Aprobación

C. ÁNGEL JESÚS RÍOS OVIEDO
PRESENTE

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo del trabajo de tesis denominado "Caracterización florística, variables etológicas de pecoreo y calidad de recurso alimenticio asociada a Meliponini (Apidae) en humedales semiconservados versus perturbados en Campeche, México." Es aprobado como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles.

Sin más por momento le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Aprender Produciendo

MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ
MGRA/RACM/DEPI



Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520 Chiná, Campeche. Tel. (981) 82-72052 y 82-72082
e-mail: dir_china@tecnm.mx tecnm.mx | china.tecnm.mx

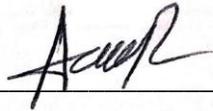


2022 Flores
Año de Magón
PRELUDIO DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en el presente documento deriva de los estudios realizados para alcanzar los objetivos planteados en mi trabajo de tesis, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Chiná. De acuerdo a lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná. Por otra parte, de acuerdo a lo manifestado, reconozco de igual manera que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de la información generada en el desarrollo del presente estudio, le pertenecen patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná de manera que si se derivasen de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se registrarán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.

Firma: _____



I. Angel Jesús Ríos Oviedo

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente agradezco a mi Dios, por las bendiciones que ha contraído a lo largo de mi existencia para llegar a donde estoy y permitirme concluir esta etapa de la vida.

A mi madre por guiarme siempre con el camino correcto y apoyo incondicional durante todas mis etapas académicas y logros profesionales, Dios me los conserve muchos años más.

A mi pareja, por apoyarme en momentos difíciles, por su compañía y por hacer equipo conmigo en los proyectos que eh conllevado a lo largo del posgrado, al igual que ayudarme con sus opiniones en la realización de este documento.

Agradezco al CONACYT, por su importante apoyo económico, en el financiamiento de los estudios de posgrado y del proyecto en general.

No puedo pasar por alto el inmenso apoyo realizado por mis maestros asesores, al Dr. William Rolando Cetzal Ix, M en C. Jesús Froylan Martínez Puc, Dr. Luis A. Lara Perez por su tiempo dedicado a este trabajo, por sus valiosos consejos y sus maravillosas correcciones realizadas a este trabajo para lograr la refinamiento de este documento.

También es grato reconocer el esfuerzo realizado por el equipo del Laboratorio de Agroecosistemas y Conservación de la Biodiversidad (LACB) para darme la oportunidad de ingresar al equipo de trabajo y conlleva este proyecto.

Resumen. Las abejas sin aguijón (Meliponini) participan en la polinización silvestre, y en la actividad de meliponicultura en la cultura maya en la Península de Yucatán, México, donde actualmente hay 17 especies existentes. En la última década las actividades antrópicas agrarias y urbanización han incitado a la pérdida de vegetación conservada provocando decadencia de poblaciones significativas de ASA, y la poca documentación de alimentación sigue siendo escasa para la Península de Yucatán. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la diversidad y etología alimentaria de ASA (Tribu: Meliponini), en dos humedales, con vegetación semi-conservada y perturbada. Se seleccionaron y estratificaron dos sitios de humedal con vegetación perturbada en la cuenca hidrológica Chiná, y dos sitios conservados en Chulbac, Campeche, México. Se identificará la flora circundante y se realizarán muestreos *ex situ* de (7-14 hrs) en intervalos de una hora, durante estación seca, lluvias y nortes, caracterizando la etología de preferencia de recurso alimenticio floral (néctar, polen, resinas, aceites), y evaluando su concentración de azúcares (°Brix). Se hallaron 6 especies de abejas, y 41 especies botánicas que desempeñan su papel alimenticio. *Trigona fulviventri* resultó ser la abeja más generalista en cuanto a preferencia y diversidad de flora. Convolvulaceae, Fabaceae y Asteraceae fueron las familias botánicas más representativas en cuanto a pecoreo de abejas meliponas. El color floral no ayudó a determinar la preferencia de pecoreo, por lo que posiblemente el aprendizaje de calidad de recurso (polen, néctar y resina) juegan un papel más importante en esta decisión.

Palabras clave: Meliponinos, pecoreo, gremios, asociación, abejas sin aguijón

Floristic characterization, ethological variables of foraging and food resource quality associated with Meliponini (Apidae) in semi-conserved versus disturbed wetlands in Campeche, Mexico

Abstract

Stingless bees (Meliponini) participate in wild pollination, and in meliponiculture activity in the Mayan culture in the Yucatan Peninsula, Mexico, where there are currently 17 extant species. In the last decade, the anthropic agricultural activities and urbanization have incited the loss of conserved vegetation, causing the decline of significant populations of ASA, and the little documentation of feeding continues to be scarce for the Yucatan Peninsula. The objective of this work is to evaluate the diversity and feeding ethology of ASA (Tribe: Meliponini), in two wetlands, with semi-conserved and disturbed vegetation. Two wetland sites with disturbed vegetation in the Chiná hydrological basin, and two conserved sites in Chulbac, Campeche, Mexico, were selected and stratified. The surrounding flora will be identified and ex situ samplings will be carried out (7-14 hrs) at intervals of one hour, during the dry, rainy and north seasons, characterizing the ethology of preference of floral food resources (nectar, pollen, resins, oils) , and evaluating its sugar concentration (°Brix). 6 species of bees were found, and 41 botanical species that play their food role. *Trigona fulviventri* turned out to be the most generalist bee in terms of preference and diversity of flora. Convolvulaceae, Fabaceae and Asteraceae were the most representative botanical families in terms of foraging by melipona bees. Floral color did not help determine foraging preference, so learning about resource quality (pollen, nectar, and resin) may play a more important role in this decision.

Keywords: Meliponines, foraging, guilds, association, stingless bees

Contenido de índice

Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Introducción.....	1
2.1. Antecedentes de la Tribu: Meliponini.....	3
2.2. Área de distribución de ANSA	5
2.3. Hábitat y alimentación	6
2.5. Adaptaciones a sitios semiconservados y perturbados	8
3. Justificación	13
4. Hipótesis	14
5. Objetivos.....	15
5.1. Objetivos generales	15
5.2. Objetivos particulares	15
6. Referencias	16
7. Capítulos.....	22
7.1. Capítulo 1	22
Flora asociada a las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en la porción mexicana Península de Yucatán	22
7.1.1. Abstract	22
7.1.2. Resumen	23
7.1.3. Introducción	24
7.1.4. Materiales y métodos	26
7.1.5. Resultados	27

7.1.6. Discusión.....	29
7.1.7. Conclusión.....	32
7.1.8. Referencias.....	33
7. 2. Capitulo 2.....	57
Diversidad de polinizadores, visitantes florales y morfometría floral de cinco especies de Convolvulaceae en la península de Yucatán, México.....	57
7.2.1. Abstract.....	57
7.2.2. Introducción.....	59
7.2.3. Materiales y métodos.....	61
7.2.4. Resultados.....	65
7.2.5. Discusión.....	70
7.2.6. Referencias.....	72
8. Conclusiones.....	88
9. Referencias.....	110

Indice de figuras

Figura 1. Humedal conservado ubicado en Chiná, Campeche.

Figura 1.1. Humedal perturbado ubicado en Chulbac, Campeche.

Figura 2. Familias botánicas representativas en alimentación de Meliponini en ambos sitios.

Figura 3. Número de especies de ASA vs preferencia de recurso alimenticio aportadas por la flora meliponícola. Abreviaturas: **PS**= *Passiflora sublanceolata*, **IB**=*Ipomoea triloba*, **DA**=*Distimake aegyptus*, **LL**=*Leucaena leucocephala*, **LC**=*Lantana camara*, **JS**=*Justicia spicigera*, **VD**=*Viguiera dentata*, **TI**=*Tillandsia spp.*, **TL**=*Typha domingensis.*, **EM**=*Euphorbia milii*, **AL**=*Antigonon leptopus* Hook. & Arn., **MA**=*Macroptilium*

atropurpureum (DC.) Urb., **EH**=*Euphorbia hypericifolia* L., **IT**=*Ipomoea trifida* (Kunth) G. Don, **AM**=*Argemone mexicana* L., **CR**=*Catharanthus roseus* (L.) G. Don, **PA**=*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen, **JP**=*Jacquemontia pentanthos* (Jacq.) G. Don, **BD**=*Bauhinia divaricata* L., **MAN**=*Melanthera angustifolia* A. Rich., **IC**=*Ixora coccinea* L., **CC**=*Crescentia cujete* L., **PC**=*Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don, **BP**=*Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff, **VC**=*Vachellia collinsii* (Saff.) Seigler & Ebinger, **BO**=*Bixa orellana* L., **TR**=*Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. & Schult. f., **PST**=*Polyscias scutellaria* (Burm.f.) Fosberg, **TC**=*Turbina corymbosa*, **CS**=*Coriandrum sativum* L., **MP**=*Mimosa pigra* L., **MAF**=*Mimosa affinis* B. L. Rob., **SE**=*Solanum erianthum* D. Don., **MPE**=*Melothria pendula* L., **CN**=*Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) IM Johnst. **PSB**=*Passiflora suberosa* ssp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev., **AC**=*Asclepias curassavica* L., **OS**=*Opuntia stricta* (Haw.) Haw., **DD**=*Distimake dissectus* (Jacq.) AR Simões & Staples., **SP**=*Spondias* spp.

Figura 4. Promedios de niveles de ruido de humedal perturbado vs humedal perturbado. Abreviaciones de medida de frecuencia: dB=Decibeles. SHC= Sitio humedal conservado, SHP=Sitio humedal perturbado.

Capítulo 1

Figura 1. Familias botánicas con potencial alimenticio. B. Número de especies por distribución biogeográfica. C. Forma de crecimiento de la flora. AR=Árbol, ARB=Arbusto, HI= Hierba, PA= Palma, TH= Trepadora herbácea, EP=Epífita, TL=Trepadora leñosa. D. Número de especies de plantas pecoreadas. CZ= *Cephalotrigona zexmeniae*, FN= *Frieseomelitta nigra* LN= *Lestrimelitta niitkib* MB= *Melipona beecheii*, NP= *Nannotrigona perilampoides*, PB= *Partanoma bilineata*, PF= *Plebeia frontalis*, SP= *Scaptotrigona pectoralis*, TF= *Trigona fulviventris*. E. Usos potenciales de la flora en la Península de Yucatán, México.

Figura 2. Redes bipartitas planta-polinizador de acuerdo a las medidas de fuerza de interacción basadas en frecuencias de abejas (banda superior) y visitas muestréales ex situ y muestras palinológicas florales (banda inferior).

Figura 3. Diversidad de ANSA y flora melipónica utilizada como alimento. *Trigona fulviventris*: A), G), Ñ), O), P); *Cephalotrigona zexmeniae*: B); *Partamona bilineata*: C), D), H), K); *Nannotrigona perilampoides*: E), F), I), J), F); *Scaptotrigona pectoralis*: L), M).

Capítulo 2

Figura 1. Promedios diarios de interacciones de polinizadores correlacionado a factores ambientales: Factores ambientales (Km/H), Humedad relativa (HR%) y Temperatura (C). A) *Distimake aegyptus*. B) *Distimake dissectus*. C) *I. carnea* subsp. *carnea*. D) *I. carnea* subsp. *fistulosa*. E) *Turbina corymbosa*.

Figura 2. Polinizadores registrados en Convolvulaceae. A) *Melitoma taurea*, B) *Ceratina* sp., C) *Andrena dorsata*, D) *Euglossa viridissima*, E) *Lasioglossum coeruleum*, F) *Ancyloscelis apiformis*, G) *Augochlora* sp.. H) *Andrena* sp. Fotografías capturadas con Lente canon EF 100mm f/2.8 Macro USM.

Figura 3. Polinizadores y visitantes florales con presencia de contacto estigmático en Convolvulaceae. **a-g: *Distimake aegyptus*.** a) *Apis mellifera*, b) *Augochlora* sp., c) *Drosophila melanogaster*, d) *Polites vibex*, e) *Polyibia* sp., f) *Trigona fulviventris*, g) *Urbanus* sp. **h-n: *Distimake dissectus*:** h) *A. mellifera*, i) *Lasioglossum coeruleum* y *Augochlora* sp., j) *Megachile brevis*, k) *Frieseomelitta nigra*, i) *Augochlora* sp., m) *L. coeruleum*, n) *Peucetia viridans*. **o-q: *Ipomoea carnea* subsp. *carnea*.** o) *Euglossa viridissima*, p) *Polibya* sp., q) *L. reticulatum*. **r-t: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*.** r) *L. coeruleum*, s) *Andrena dorsata*, t) *A. mellifera*.

Figura 4. Boxplots de morfometría floral vs especies de convolvuláceas.

Índice de tablas

Tabla 1. Especies de ANSA en la PY y en México. Abreviaturas: TEIN= Tipo de entrada

de ingreso al nido, TC= Tubular de cerumen, SE= Sin estructura, PEC= Pseudo estructura de cerumen, PAC= Plataforma de aterrizaje de cerumen; AJP= Agujeros en paredes, AJR= Agujeros en rocas, AJA= Agujeros en árboles, TERA: Termiteros abandonados, TRR: Terrestres, NAB= Nidos abandonados; PM: Producción de miel, PR= Productoras, NI= No identificada. Adaptado de Ayala et al. (2013).

Tabla 2. Sociabilidad y constancia floral de Meliponini. La información sobre constancia floral y forma de vida de las abejas se tomó de acuerdo a Cué-Hernández (2012).

Tabla 3. Diversidad de especies de ANSA versus flora meliponícola utilizada como alimento. CF= Comportamiento, SO= Sociables, SL= Solitarias; CH= Humedal Chiná, CLB= Humedal Chulbac

Tabla 4. Colorimetría de las especies botánicas de interés alimenticio de ASA en la Península de Yucatán, México. Abreviaciones. RECO= Rango espectral corola, REGN= Rango espectral guía de néctar, RESA= Rango espectral sustrato.

Tabla 5. Sustrato de nidificación de ANS por sitio. Abreviaciones: TF= *Trigona fulviventri*, PB= *Partamona bilineata*, SP= *Scaptotrigona pectoralis*, MB= *Melipona becheeii*, NP= *Nannotrigona perilampoides*, FN= *Frieseomelitta nigra*. Sitio: CLB=Humedal Chulbac, CH= Humedal cuenca Chiná.

Figura 6. Redes de colorimetría RGB de las corolas de flores. Abreviaturas: **PS**= *Passiflora subanceolata*, **IB**=*Ipomoea triloba*, **DA**= *Distimake aegyptus*, **LL**=*Leucaena leucocephala*, **LC**=*Lantana camara*, **JS**=*Justicia spicigera*, **VD**=*Viguiera dentata*, **TI**=*Tillandsia spp.*, **TL**=*Typha dominguensis.*, **EM**=*Euphorbia milii*, **AL**=*Antigonon leptopus* Hook. & Arn., **MA**=*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb., **EH**=*Euphorbia hypericifolia* L., **IT**=*Ipomoea trifida* (Kunth) G. Don, **AM**=*Argemone mexicana* L., **CR**=*Catharanthus roseus* (L.) G. Don, **PA**=*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen, **JP**=*Jacquemontia pentanthos* (Jacq.) G. Don, **BD**=*Bauhinia divaricata* L., **MAN**=*Melanthera angustifolia* A. Rich., **IC**=*Ixora coccinea* L., **CC**=*Crescentia cujete* L., **PC**=*Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don, **BP**=*Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff,

VC= *Vachellia collinsii* (Saff.) Seigler & Ebinger, **BO**= *Bixa orellana* L., **TR**= *Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. & Schult. f., **PST**= *Polyscias scutellaria* (Burm.f.) Fosberg, **TC**= *Turbina corymbosa*, **CS**= *Coriandrum sativum* L., **MP**= *Mimosa pigra* L., **MAF**= *Mimosa affinis* B. L. Rob., **SE**= *Solanum erianthum* D. Don., **MPE**= *Melothria pendula* L., **CN**= *Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) IM Johnst. **PSB**= *Passiflora suberosa* ssp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev., **AC**= *Asclepias curassavica* L., **OS**= *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., **DD**= *Distimake dissectus* (Jacq.) AR Simões & Staples., **SP**= *Spondias spp.*, **PMA**= *Panicum maximum* Jacq.

zFigura 7. Redes de interacción planta-abeja de humedal perturbado y humedal perturbado.

Figura 8. Tiempo de pecoreo de ASA por especie floral. A) *Trigona fulviventris*, B) *Partamona bilineata*, C) *Scaptotrigona pectoralis*, D) *Melipona beecheii*, E) *Nanotrigona perilampoides*, F) *Frieseomelitta nigra*.

Figura 9. Contenido de azúcares (°Brix) de néctar floral, y secreciones extraflorales (Resinas, aceites, nectarios extraflorales) de especies donde se observó pecoreo de ASA. **A**= contenido de azúcares extraídos de resinas, aceites y secreciones no florales, **B**= contenido de azúcares obtenido de néctares florales.

Figura 10. Técnica de colecta de resina de ASA. A1) Daño epidérmico ocasionado por las maxilas de *P. bilineata*., B) *P. bilineata* realizando scrapping, C1) Heridas epidérmicas xilemáticas.

Capítulo 1

Tabla 1. Principales listados y número de especies botánicas con potencial alimenticio de abejas sin aguijón en América Latina y el mundo. Tipo de estudio (TE): PAL=Palinológico, MU= Muestreal ex situ.

Tabla 1B. Diversidad de abejas sin aguijón, Países con número de especies utilizados para cultivos reportados en América Latina y el mundo (Modificado de Luna, 2022). NEANSA= Número de especies de abejas sin aguijón, NED= Número de especies descritas

polinizadoras, NCP= Numero de cultivos polinizados reportados, EUP=Especies utilizadas en el país.

Tabla S1. Especies de plantas usadas como alimento por abejas sin aguijón. Abreviaturas: Habito: AR= Arbusto, H= Hierba, A= Árbol, P= Palma, TL= Trepadora leñosa, TH= Trepadora herbácea; Estatus: N= Nativa, E= Endémica, C= Cultivada; Usos: CO= Comestible, COL= Tintóreo, COM= Combustible, CON= Construcción, MED= Medicinal, A= Artesanal, OR= Ornamental, ME= Melífera, F= Forrajera, MLZ= Maleza, R= Religioso, FI= Fibras, MA= Maderable, CAR= Carpintería, SF= Sin información; Abeja: CZ= *Cephalotrigona zexmeniae*, FN= *Frieseomelitta nigra*, LN= *Lestrimelitta niitkib*, MB= *Melipona beecheii*, NP= *Nannotrigona perilampoides*, PB= *Partanoma bilineata*, PF= *Plebeia frontalis*, SP= *Scaptotrigona pectoralis*, TF= *Trigona fulviventris*; TI= Tipo de estudio: PAL= Palinológico, MU= Muestreal ex situ. Referencia (REF): 1 = Villanueva et al. (2018), 2 = Roubik y Patiño (2018), 3 = Hamerski et al. (2020), 4 = Palacio (2021), 5 = Vasquez et al. (2018), 6 = Elizondo et al. (2019), 7 = Vossler (2018).

Capítulo 2

Tabla 1A. Promedios, desviación estándar (DEE) y ANOVA de las medidas de n= 30 flores. Abreviaturas. **mm**: Milímetros. Especies: **ICF**: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*, **ICC**: *Ipomoea carnea* subsp. *Carnea*, **DD**: *Distimake dissectus*, **DA**: *Distimake aegyptus*, **TE**: *Turbina corymbosa*. Características de la morfología floral **LF**: Longitud de la flor, **LI**: Longitud interna, **DF**: Diámetro de la flor, **DAIC**: Diámetro de la apertura interna de la corola, **DABTF**: Distancia de la antera a la base del tubo floral, **DEBTF**: Distancia del estigma a la base del tubo floral, DP = Diámetro del pedicelo.

Tabla 1B. ANOVA de n=5 individuos de insectos que tuvieron contacto con las flores. Abreviaturas: **AI**: Altura del insecto, **LI**: Largo externa, **AP**: Anchura de la probóscide, **AA**: Anchura del abdomen, **LE**: Longitud de las extremidades, **LES**: Longitud del estilete, lengua o trompa.

Tabla 2. Periodo de tiempo (media \pm error estándar) minutos (min) y horas (hrs) presentes en cada fase fenológica: PAF: Pre-antesis floral; ASFI: Antesis con apertura sin filamentos

estaminales indehiscentes; ACFD: Antesis con apertura con filamentos estaminales dehiscentes.

Tabla 3. Abundancia de interacciones y porcentaje de visitas (n) de entomofauna asociada a las cinco especies de Convolvulaceae. Fa: Familia, AF: Agente floral. NI: No identificada. Especies: ICF: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*, ICC: *Ipomoea carnea* subsp. *Carnea*, DD: *Distimake dissectus*, DA: *Distimake aegyptus*, TE: *Turbina corymbosa*.

Tabla 4. Diversidad de entomofauna y visitantes florales registrados en cinco especies de Convolvulaceae. **AF:** Agente. RTP: Región de transporte de polen: *Ipomoea carnea* subsp. *carnea*: **ICF:** *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*: **DD:** *Distimake dissectus*: **DA:** *Distimake aegyptus*: **TC:** *Turbina corymbosa*. (**HV**): Horarios de visita, **DUF** = duración de forrajeo (R:<5s, E:>5s, P:>20s), (**Seg**): Segundos. Tipo de insecto (**TI**). Tipo de alimentación: **RO:** Recurso obtenido; **Po:** Polen, **N:** Néctar. Especie: **NI:** No identificada. Función (**Fu**): **P:** Polinizador, **V:** Visitante. Lugar del transporte del polen: **Ext:** Extremidades, **Pr:** Proboscis, **D:** Dorso, **V:** Ventral, **TC:** Todo el cuerpo, **SP:** Sin polen, duración de forrajeo: **P:** Prolongada; **E:** Efectiva; **R:** Rápida.

Introducción

Se han descrito más de 400 especies de ASA (Meliponini) en el neotrópico y 46 especies para México, de las cuales 17 se reportan en la Península de Yucatán (Ayala, 1999; Klein *et al.* 2002; Camargo & Pedro 2007). Indudablemente han desarrollado una amplia gama de comportamientos de hábitat y alimentación que las inducen a adaptarse a diversos tipos de sustratos para anidar (Roubik, 2006), donde generalmente las especies utilizan cavidades existentes en árboles vivos o muertos, o bien cavidades superficiales vacíos abandonados por hormigas, termitas o avispas para construir sus nidos (Eltz *et al.*, 2003; Kwapong *et al.*, 2010).

De igual importancia, la diversidad de alimento de las abejas varía de acuerdo a las estaciones del año y patrones de fenología (antesis) floral, esto en conjunto del tipo de ecosistema, genera variedad de opciones de recurso en las diferentes horas del día (Kerr y Feldman, 2003). Por ello, la decisión de alimento se puede dirigir hacia la calidad de recurso, arquitectura y color floral, color de guías de néctar, aunque, algunas ASA opten por otras partes vegetales para su consumo, distinguidas por el lustre, que es el brillo expuesto reflejado por los nectarios o nectarios extraflorales, figurando como otras propiedades para detectar el alimento (Endress y Matthews, 2006; Erbar, 2014). En contraste, la colorimetría florística no predice una excelente calidad de alimento (Néctar, polen); entonces las abejas invierten en técnicas de muestreo y aprendizaje, almacenando la información, y utilizando esta memoria de color para encontrar poblaciones florales (Gumbert y Kunze, 2001; Márquez, 2007).

Los humedales, se encuentran entre los ecosistemas más diversos en cuanto biodiversidad florística, con una alta prestación de servicios ecosistémicos (Herrera *et al.*, 2008; Ruiz, 2014). Según la Convención de Ramsar en 1971, se definen como “aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce, salobre o salado” (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013). Por lo anterior, estas áreas fueron reconocidas por su valor como ecosistemas del territorio en diversas escalas temporales y geográficas por su integridad ecológica, de la que dependen la biodiversidad de mamíferos, aves, peces, y de acuerdo a

su estructura forestal funcionan como nichos para ASA, y abejas nativas de la región, entre otros grupos entomofaunicos (Rodríguez, 2001).

Sin embargo, los humedales se están viendo afectados por planificaciones y manejos inadecuados por las nuevas políticas de desarrollo humano que han impedido su conservación y protección, en consecuencia, las tasas de degradación y destrucción de estos ecosistemas tropicales, proporcionan una clara señal de que la posible pérdida de diversidad de ASA, sea exponencial en estos ecosistemas en los próximos años (Pimm, 2001; Ruiz, 2014).

No obstante, las ASA son estrictamente sensibles a las perturbaciones antrópicas, especialmente a la deforestación, monocultivos y la contaminación acústica (Kerr et al., 1999; Camargo y Pedro, 2007; Ruiz, 2014). Si bien, los órganos sensoriales más importantes de las abejas para el olfato, oído y tacto son las antenas, debido a que analizan el ambiente, cambios de temperatura, humedad, vibraciones, vientos y captación de sonidos, (Padilla, 2005; Manzano, 2022). En este sentido un estudio realizado por la National Evolutionary Synthesis Center (NESCent), evaluó que los sonidos asociados a actividades antropogénicas afectan la etología de comportamiento de polinizadores, sin embargo, este tipo de contaminación auditiva pasa desapercibido, pero es uno de los factores más importantes para comprender la dinámica faunística que existe dentro de cada ecosistema hoy en día (Francis et al, 2012). A nivel internacional, de acuerdo con la OMS, las frecuencias de sonido inferiores a 70 decibeles (dB-A) nos perjudican neuronal y fisiológicamente a los organismos vivos, independientemente de cuán larga o constante sea la exposición (OMS, 2018).

De este modo, las perturbaciones antrópicas no solo afectan directamente la estructura vegetativa de los árboles forestales, sino que también afecta indirectamente las poblaciones de ASA, puesto que dependen de las comunidades arbóreas tanto para su alimento como para búsqueda de refugio (nidos) (Steffan-Dewenter et al. 2005), ya que las abejas reinas sin aguijón poseen una estructura abdominal muy desarrollado que les impide volar, impidiendo a las colonias dispersarse de la perturbación (Roubik, 1989).

Por otro lado, el pecoreo de estas abejas se ha expresado principalmente diurna en la parte

sur de México, donde el clima es más cálido, ya que su actividad es susceptible a los patrones climáticos, es decir las más adaptadas a ambientes cálidos, ausencian o descienden su actividad en periodos de lluvias y nortes cuando la temperatura disminuye y la precipitación aumenta, con ello, el cambio climático juega un papel importante, puesto que cada vez es más difuso acertar con exactitud estos periodos, desfavoreciendo la apertura floral de especies y la polinización.

En la PY, México se han realizado en la última década escasos estudios descriptivos, biológicos e importancia en la meliponicultura de ASA de los cuales destacan los de González, (2012); Villanueva y Roubik, (2015); Muñoz y Santos, (2016); Espinoza y Figueroa, (2017); Sin embargo, para que la meliponicultura tome un papel más importante en la conservación de ASA y en su manejo en la polinización de ecosistemas, se requieren más estudios de diversidad de especies, hábitat, distribución y la influencia de diferentes características del paisaje, vegetación perturbada, alimento y escogencia de recurso (Tornyie y Kwapong, 2015; Ferrier, 2002; Funk y Richardson, 2002; Margules y Sarkar, 2009). Por ello el presente trabajo tiene como finalidad contribuir a la generación de conocimiento sobre la biología de polinización y alimenticio de ASA en humedales con altos grados de perturbación antrópica y conservados, para entender las principales causas de dispersión de sus poblaciones, en consecuencia de los cambios de paisajes en la PY por incrementos de agroecosistemas.

2. Marco teorico

2.1. Antecedentes de la Tribu: Meliponini

Las abejas sin aguijón ASA (Apidae: Meliponini) comúnmente llamadas meliponas comprenden el grupo más diverso de abejas eusociales perennemente activas, con una distribución pantropical siendo el clado más abundante de abejas tropicales (Roubik, 1989; Roubik, 1992, Michener, 2000). Las ASA, cumplen un rol fundamental como polinizadoras en bosques tropicales (Roubik 1989), y en la dinámica de los ecosistemas, puesto que condicionalmente son los vectores de polen de angiospermas silvestres y polinización de algunos cultivos, aportando beneficios directos (Cane & Tepedino, 2001; Klein et al. 2003, Can-Alonso et al. 2005).

De igual manera, son la base de la meliponicultura, actividad que se desarrolló inicialmente por culturas mesoamericanas principalmente en la provincia Península de Yucatán, retomándolo por la cultura maya para producir miel, cerumen y propóleos, de uso potencial medicinal; de este modo, la especie que más se cultiva es *Melipona beecheii* (Xuna'ankab), aunque se sabe que existen otras meliponas como *Trigona* sp. y *Scaptotrigona* sp. que pueden cultivarse para la actividad (Marquez, 1994; Vit et al., 2004; Ayala et al., 2013) (Tabla 1).

Tabla 2. Especies de ANSA en la PY y en México. Abreviaturas: **TEIN**= Tipo de entrada de ingreso al nido, **TC**= Tubular de cerumen, **SE**= Sin estructura, **PEC**= Pseudo estructura de cerumen, **PAC**= Plataforma de aterrizaje de cerumen; **AJP**= Agujeros en paredes, **AJR**= Agujeros en rocas, **AJA**= Agujeros en árboles, **TERA**: Termiteros abandonados, **TRR**: Terrestres, **NAB**= Nidos abandonados; **PM**: Producción de miel, **PR**= Productoras, **NI**= No identificada. Adaptado de Ayala et al. (2013).

Especie	Distribución	Sitio de anidación	TEIN	PM	Tipo de defensa
<i>Melipona beecheii</i>	Campeche, Chiapas, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán	AJP	TC	PR	Timidas
<i>Melipona yucatanica</i>	Oaxaca, Yucatán	NI	NI	NI	NI
<i>Friesiomelitta nigra</i>	Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Yucatán	AJC, AJP	TC	PR	
<i>Nannotrigona perilampoides</i>	Campeche, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Veracruz, Yucatán	AJC, AJP	TC	PR	Timidas
<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán	AJA	TC	PR	Mordidas en piel, enredaderas en el cabello, feromonas con aroma
<i>Plebeia frontalis</i>	Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz, Yucatán	NI	NI	NI	NI
<i>Cephalotrigona zexmeniae</i>	Campeche, Chiapas, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán	AJA, AJP, TE RA	SE	PR	Timidas
<i>Lestrimelitta niitkib</i>	Chiapas, San Luis Potosí, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán	AJA, AJR	TC	NI	Hurto de miel en otros nidos
<i>Partamona bilineata</i>	Campeche, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca,	AJP, AJR, TERA	SE	PR	Mordidas en la piel, enredaderos en el cabello

<i>Plebeia jatiformis</i>	Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Veracruz, Yucatán	AJR, AGP	NI	NI	Timidas
<i>P. melanica</i>	Chiapas, Quintana Roo, Veracruz	NI	TC	NI	NI
<i>P. parkeri</i>	Chiapas, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz	NI	NI	NI	NI
<i>P. pulchra</i>	Chiapas, Hidalgo, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz	NI	NI	NI	NI
<i>Trigona corvina</i>	Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana, Veracruz	TERA, NAB	PEC	PR	Sociables
<i>Trigona fulviventris</i>	Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán	TRR	PEC	NI	Sociables
<i>T. fuscipennis</i>	Campeche, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán	AJR, AJA	PAC	NI	Muy agresiva, mordidas en la piel
<i>T. silvestriana</i>	Chiapas, Campeche y Quintana Roo	AJP, AJR, AJP	PAC	NI	NI
<i>Trigonisca maya</i>	Quintana Roo, Yucatán	AJA, AJR	PAC	NI	Timidas
<i>T. pipioli</i>	Chiapas, Jalisco, Quintana Roo, Oaxaca Veracruz, Yucatán	AJA	NI	NI	Mordidas en la piel

Desde la antigüedad, las culturas tropicales de México emplearon la miel de Meliponas como farmacopea, ya que esta posee mejor calidad medicinal que la de *Apis mellifera*, donde se le atribuyen beneficios antisépticos, dietéticas, edulcorantes, tonificantes, calmantes, laxantes, cicatrizantes, antivirales, antibióticas, tratamientos oculares, ótico, respiratorias broncopulmonares, intestinales etc., (Grajales et al., 2001). Por ello, debido a estas propiedades medicinales, en las comunidades de la PY esta miel incrementa hasta 15 veces su precio, que la miel *A. mellifera* (Bruijn y Sommeijer 1997; Grajales et al., 2001).

2.2. Área de distribución de ANSA

Las ASA se distribuyen generalmente en regiones tropicales (Michener, 2000). Al sur se extienden hacia las regiones templadas (35°S en Australia y América del Sur, y 28°S en África), mientras que hacia el norte apenas rebasan el Trópico de Cáncer en los 23,5°N (Michener, 2000). Al tratarse de un grupo de abejas extenso las revisiones regionales se hacen necesarias y, aun cuando se carece de análisis detallados para algunos géneros, se cuenta con revisiones en regiones geográficas específicas tales como la de Sakagami (1978)

quien analizó al grupo *Tetragonula* en Asia. Por su parte, Camargo (1980) revisó parte de Partamona, mientras que Camargo y Moure (1994, 1996) examinaron Paratrigona y Geotrigona en la región Neotropical. A nivel regional, Schwarz (1948) reunió información sobre las abejas sin aguijón de México, actualizando las listas de Cresson en 1879, Dalla Torre 1896, Cockerell 1899 y Lutz y Cockerell 1920. Los trabajos de Ayala (1988, 1993), Ayala *et al.* (1996) y Yáñez *et al.* (2008) ofrecen información sobre su distribución geográfica en regiones específicas de México, mientras que Ayala (1999) en su revisión para las abejas sin aguijón de México determinó que hay 46 especies y ofreció algunas explicaciones biogeográficas sobre la distribución de este taxón.

2.3. Hábitat y alimentación

La composición de especies, como característica estructural de una comunidad, se refiere a los taxa que conforman una comunidad, sean las familias, los géneros o las especies (Odum, 1972). En las ASA se han observado diferencias en la composición de especies de acuerdo con la variación del medio en que se encuentren, por estar directamente relacionado con el comportamiento de forrajeo que desarrolla cada especie para obtener los recursos alimenticios y sitios de nidificación. Esto depende de las características del ambiente como la distribución y abundancia de diferentes tipos de recurso, adicionales a las características específicamente florales (Roubik, 1989).

Este grupo generalmente son muy sociables, pero algunas especies pueden ser semisociales, con la característica de realizar nidos complejos en prácticamente en cualquier orificio que se encuentre disponible, para construir túneles verticales y laterales. De acuerdo con (Nates-Parra, 1996) si la altura de los nidos no son subterráneos, estos oscilaran hasta los 12 m. Sin embargo, en Venezuela se han reportado nidos de *Melipona favosa* con una

altura de tubo de ingreso de hasta 22 ± 0.5 m (Moreno & Cardozo, 1997).

Su dieta requiere esencialmente recursos florísticos para su supervivencia, los cuales incluyen principalmente néctar, polen y resinas. Incidentalmente al momento del scrapping o raspado de polen, este se adhiere al cuerpo de manera pasiva específicamente en las setas (pelos) y corbículas, esto por propiedades electrostáticas o bien la consistencia viscosa del polen (Fonte, et al., 2012; Michener, 2007).

Por otro lado, el pecoreo de estas abejas se ha expresado principalmente diurna en la parte sur de México, donde el clima es más cálido, ya que su actividad es susceptible a los patrones climáticos, es decir las más adaptadas a ambientes cálidos, ausencian o descienden su actividad en periodos de lluvias y nortes cuando la temperatura disminuye y la precipitación aumenta, con ello, el cambio climático juega un papel importante, puesto que cada vez es más difuso acertar con exactitud estos periodos, desfavoreciendo la apertura floral de especies y la polinización.

2.4. Problemática en los patrones de actividad temporal

Las ANSA y abejas en general presentan diversas patrones conductuales de alimentación temporales, lo que favorece realizar estudios de cambios de alimentación en los distintos tipos de vegetación de la PY como selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia, selvas baja inundable, petenes, vegetación secundaria, sabanas, dunas costeras, humedales, zonas inundables etc. (Flores y Espejel, 1994; Meléndez et al., 2016).

Por consiguiente, Reyes et al., (2009) y Meléndez et al., (2013) sugieren que las perturbaciones humanas muchas veces provocan que estos patrones conductuales sean cada más preponderantes, desempeñando un papel como bioindicadores para evaluar el cambio

climático, beneficiando a identificar cuáles son los ecosistemas con mayor diversidad y riqueza de ANSA, que de acuerdo con la RIMISP (2013) y villaseñor (2016) se tienen más de 10 millones de hectáreas de selva y 23,314 especies de plantas silvestres en México en la región sur, que ofrecen una variedad de flora meliponícola (FMEL) y recursos (polen y néctar).

Actualmente, las poblaciones de ANSA están bajo riesgo debido a las problemáticas de degradación del suelo para agricultura, deforestación de ecosistemas, incendios, uso de agroquímicos, cambio climático, e introducción de la abeja exótica *Apis mellifera*, pues se ha evaluado que estas abejas parecen cambiar sus fuentes de alimento después de la llegada de la abeja africanizada para evitar la competencia (Villanueva et al. 2005; Chamorro y Parra 2015), causando así la pérdida de hábitat, alimento floral, desplazamiento y riqueza de especies (Mérida y Arnold, 2016). Por ello, (Pimm, 2001) aborda que es de importancia la divulgación FMEL y valor de estas abejas.

Incluso, Nates et al. (2006) advierte que al escasear hábitat de ANSA, ah causado que realicen nidificación en edificios, paredes de casas, interior de postes, tuberías, árboles, cercanos a los humanos.

2.5. Adaptaciones a sitios semiconservados y perturbados

Se ha documentado que hay diferencias poblacionales en la composición de especies de ANSA de acuerdo con la variación y degradación del ecosistema en que se encuentren, por estar directamente relacionado con el pecoreo que desarrolla cada especie para obtener los recursos alimenticios y sitios de nidificación (Sosenski y Domínguez, 2018). Sin embargo la degradación, destrucción del hábitat vegetativo y actividades antrópicas en las zonas tropicales parece indicar un problema exponencial, proporcionando una clara señal de

descenso y pérdida de diversidad de estas abejas.

Los monocultivos y agroecosistemas modifican los hábitat ocupados por las abejas silvestres llevándolos a buscar nuevos sitios para establecerse, en este contexto pocos estudios han examinado el impacto que ha tenido el cambio de uso de suelo inducido por actividades antrópicas en las especies de ASA, sin embargo, Kerr et al. (1997) afirma que en el estado de Sao Paulo, Brasil, la deforestación para la agricultura de la últimas dos décadas ha dado como consecuencia que solo quedara el 6% de los bosques de contacto preeuropeos y el 5% de las especies originales de meliponini. En ciudades muy desarrolladas se puede ver esta similitud de efectos en diversas especies de meliponini, presentados en los estudios de Saure, (1996) en la ciudad de Berlín, Alemania donde se registraron 262 especies de abejas sin aguijón distribuidas en diferentes zonas urbanas en busca de anidación. en Albany y Berkeley, EE.UU. se halló algo similar en temporadas actividades antrópicas, encontrando solo 74 especies de abejas y estudiaron su relación con la vegetación local Frankie et al., (2002); en Brasil, se realizaron estudios sobre la distribución de abejas y la flora que visitan en varias localidades de la ciudad de Curitiba: Parque Central, Paseo público 74 especies, en Ribeirão Preto, Camargo y Mazucato (1986) inventariaron 212 especies de abejas (excluyendo los Apidae sociales) y Noll et al. (1993) encontraron 133 especies de abejas en el campus de la Universidad de São Paulo, en pleno corazón de la ciudad, Nates-Parra et al. (2006), encontraron 40 especies de abejas silvestres en Bogotá, Colombia. Por otro lado, Moreno y Cardozo (1999) determinaron en Venezuela que algunas estructuras urbanas contribuyen a la anidación especies de meliponini que se dispersan en busca de alimento.

El grave problema de la disminución de estas poblaciones no solo radica en el ámbito

económico por la baja estabilidad de la producción de alimentos, de igual manera también consecuencias potenciales de estas pérdidas en la diversidad de ecosistemas y flujo genético por ausencia de polinización. Por lo que se sugiere como prioridad realizar más estudios sobre conservación de AN y su función en la reproducción de flora silvestre, así como evaluaciones concretas de los efectos negativos por uso de pesticidas y herbicidas.

Los humedales son ecosistemas que surgen cuando la saturación de un área por agua ocasiona sustratos hídricos (procesos anaerobios) permitiendo el nicho ecológico de diferentes especies de fauna, insectos y microorganismos, flora, principalmente plantas enraizadas, con adaptaciones para tolerar el exceso de agua (Keddy, 2004).

En la PY se caracteriza por tener una riqueza de humedales, que muchas veces pasan desapercibidos por ser sitios inundables. En el poblado de Chulbac, Campeche (19°43'9.28"N 90°35'11.56"O), se encuentra la presencia de humedal conservado (Figura 1), posee una altitud promedio de 20 msnm, clima Aw, y una media anual de 28 °C. Por otro lado, un humedal con alto grado de perturbación se encuentra en el poblado de Chiná (19°47'23.69"N 90°30'15.79"O) (Figura 1.1), con altitud de 25 msnm, clima Aw y media anual de 31°C (INEGI, 2010), terreno en el cual se encuentra rodeado a aproximadamente 1.5 km del Aeropuerto Internacional Ingeniero Alberto Acuña Ongay, donde los niveles de ruido pueden llegar a sobrepasar los 70 decibeles. Cabe mencionar que ambos humedales cuentan con la característica de poseer suelos inundables, por lo que las plantas que generalmente crecen a su internamente son *Typha domingensis* Pers., *Crescentia cujete* L., *hidrolea sp.*, *mimosa púdica* L., *Lilium sp.*, de hábito generalmente acuáticas. En el sitio conservado predominan árboles de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg, *Metopium brownei* (Jacq.) Urb., *Gymnopodium floribundum* Rolfe.

Figura 1. Humedal conservado ubicado en Chiná, Campeche.

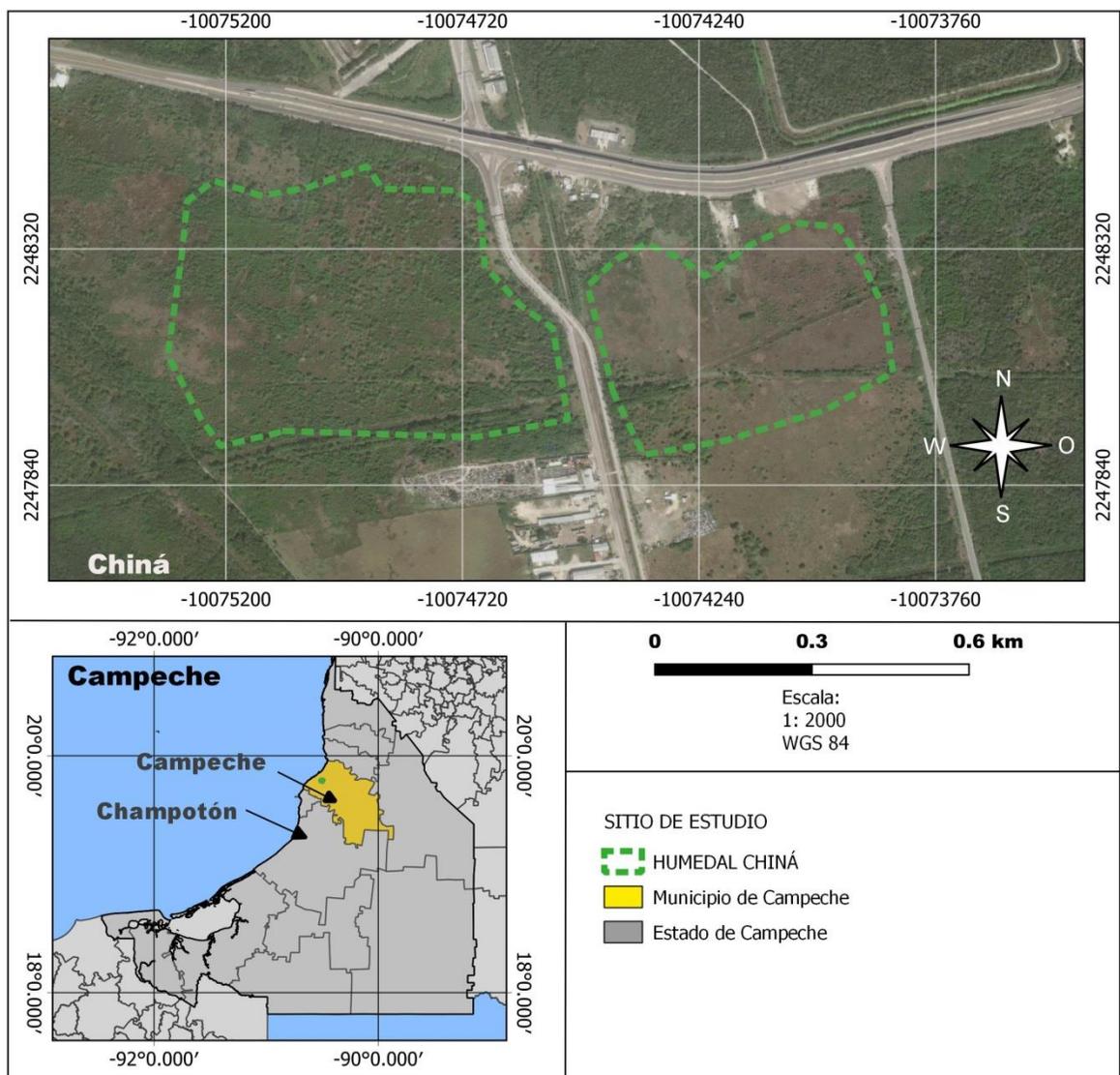
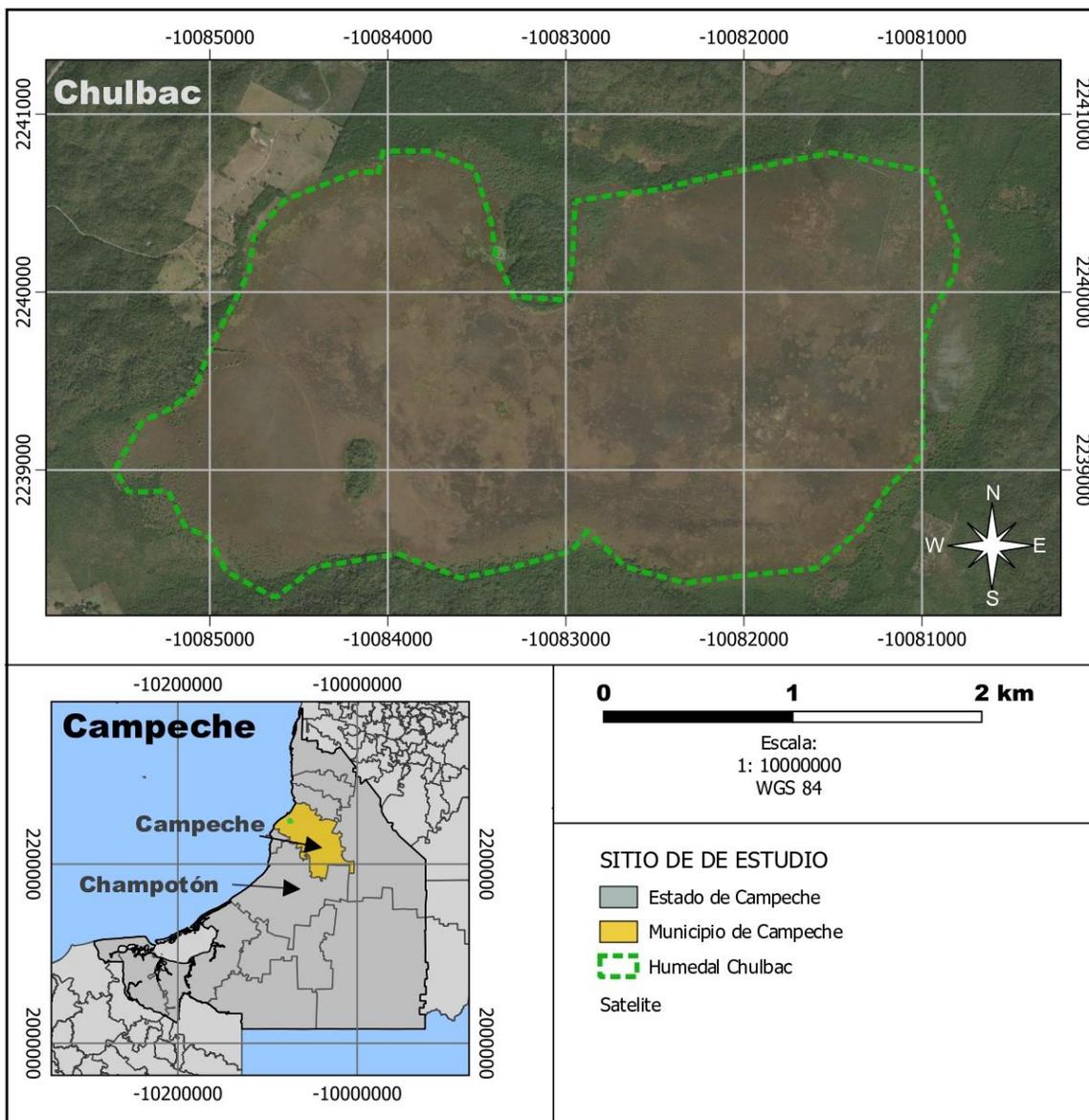


Figura 1.1. Humedal perturbado ubicado en Chulbac, Campeche.



3. Justificación

En la provincia Península de Yucatán (PY), México se han realizado en la última década escasos estudios descriptivos, biológicos e importancia en la meliponicultura de ASA de los cuales destacan los de González, (2012). Sin embargo, para que la meliponicultura juega un papel importante en la conservación de ASA y en su manejo en la polinización agrícola, se requieren más estudios de diversidad de especies, hábitat, distribución y la influencia de diferentes características del paisaje, vegetación perturbada, y comportamiento alimenticio (Tornyie y Kwapong, 2015). Por ello el presente trabajo tiene como finalidad contribuir a la generación de conocimiento sobre la biología de polinización y alimenticio de ASA en sitios con altos grados de perturbación antrópica y conservados, para entender las principales causas de dispersión de sus poblaciones, en consecuencia de los cambios de paisajes en la PY por incrementos de agroecosistemas.

4. Hipótesis

De acuerdo al consumo de recurso de Abejas nativas sin aguijón (ANSA) en la Península de Yucatán (PY) se plantean las siguientes hipótesis:

Ho1: La preferencia de alimentación de ANSA se verá mayormente manifestada en flora de tipo nativa, por la presencia de mayor número de plantas y su distribución en gran parte de los ecosistemas de la PY, sobre todo en los sitios circundantes a los humedales Chulbac y humedal Cuenca Chiná.

Ho2: El consumo de recurso podría estar influenciado por la visión de las abejas, principalmente en aquellas especies botánicas con corolas color amarillo y blanco en sus flores, que son colores generalmente más conspicuos bajo filtros UV.

Ho3: Se espera que las ANSA sean abejas generalistas poliléticas, es decir que no están especializadas en referencia a la colección de polen y néctar, y usan el de muchas plantas de diversos grupos taxonómicos.

Ho4: Se presentarán diferencias significativas en cuanto a pecoreo *versus* variaciones de ruido (decibeles).

Ho5: Los néctares mayores a 15 °Brix pueden estar influenciados al incremento de pecoreo de ANSA, esto porque los néctares menores a 15 °Brix son considerados bajos en cuanto niveles de sacarosa y altos en humedad.

5. Objetivos

5.1. Objetivos generales

Evaluar la diversidad y etología de alimentación de abejas nativas sin aguijón (Apidae:

Meliponini), así como su asociación colorimétrica con la flora en humedales perturbados *versus* conservados en Campeche, México.

5.2. Objetivos particulares

Tipo de ecosistemas

- A) Analizar la estructura dominante de las comunidades vegetales en ambos tipos de humedales.
- B) Identificar la flora con potencial alimenticio para (Apidae: Meliponini) y los patrones de asociación floral.
- C) Comparar los tipos de vegetación entre humedales para identificar cuáles son de mayor riqueza de ANSA.

Etología de pecoreo

- D) Registrar la etología de pecoreo (Horarios, recurso preferido, tiempo de pecoreo) de Meliponini
- E) Estimar la asociación colorimétrica (RGB) de las especies florísticas de alimentación de Meliponini, para evaluar su preferencia a los síndromes de polinización.
- F) Evaluar la concentración de azúcares (°Bx) del recurso obtenido (Resinas, aceites, néctar, néctar extra-floral) de las especies botánicas
- G) Determinar los nodos más fuertes entre redes de interacciones ecológicas para identificar las especies de abejas Meliponini clave en la polinización de los humedales

6. Referencias

- Ayala, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 106, 1-123.
- Ayala, R. 1988. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana* 77: 395-493.
- Ayala, R., González, V. H. y Engel, M. S. (2013). Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): diversity, distribution, and indigenous knowledge. En P. Vit, S. R. M. Pedro y D. W. Roubik (Eds.), *Honey-pot: a legacy of stingless bees* (pp.135-152). New York: Springer.
- Ayala, R., Griswold, T. and Bullock, S.H. 1993. The Native Bees of México. In: Ramamoorthy, T.P., Bay, R., Lot, A. and Fa, J. (eds.), *Biological Diversity of México, Origin and Distribution*. Oxford University Press. pp. 179-227.
- Ayala, R., Griswold, T. and Yanega, D. 1996. Apoidea. In: Llorente J., García, A. y González, E. (eds.), *Biodiversidad Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 423-464.
- Bruijn, L.; Sommeijer, M. (1997). The composition and properties of honeys of stingless bees (Melipona). Utrecht. 22 p.
- Camargo J.M.F. (1980) O grupo Partamona (Partamona) testaea (Klug): suas espécies, distribuição e diferenciação geográfica *Acta Amazônica (Suplemento)*, 10(4):1-175.
- Camargo J.M.F., J. S. Moure (1996) Meliponini neotropicais. O género *Geotrigona* Moure, 1943 (Apinae, Apidae, Hymenoptera) con especial referencia a filogenia e biogeografia *Arquivos de Zoologia (Sao Paulo)* 33:95-161.
- Camargo J.M.F., J.S. Moure (1994) Meliponinae neotropicais. Os géneros *Paratrigona* Schwarz, 1938 e *Aparatrigona* Moure, 1951 *Archivos de Zoologia (Sao Paulo)* 32:33-109.
- Camargo Jmf, Mazucato M. (1986). Inventario da apifauna apicola de Ribeirao Preto, S.P. Brasil. *Dusenian.*, 4(2):55-87.

- Camargo, J. y Pedro, S. (2007). Meliponini Lepeletier 1836. En J. S. Moure, G. A. R. Melo y D. Urban (Eds.), *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region* (p. 1058). Curitiba, Brasil: Sociedade Brasileira de Entomologia.
- Cane, J. H. y Tepedino, V. J. (2001). Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. *Conservation Ecology*, 5, 1.
- Cane, J. H. y Tepedino, V. J. (2001). Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. *Conservation Ecology*, 5, 1.
- Caspary, R. 1848. *De nectariis*. Bonn: Adolphum Marcum.
- Chamorro FJ, Nates-Parra G. (2015). Biología floral y reproductiva de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) en los Andes orientales de Colombia. *Rev Biol Trop*, 63(4): 1197-1212.
- Eltz, T., Hno. € uhl, C.A, Imiyabir, Z. y Linsenmair, K.E. (2003). Árboles de anidación y anidación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en bosques de dipterocarpos de tierras bajas en Sabah, Malasia, con implicaciones para el manejo forestal. *Por. Ecol. Gestionar*. 172, 301 - 313.
- Endress, P. K. & Matthews, M. L. (2006). Elaborate petals and staminodes in eudicots, diversity, function, and evolution. *Org. Divers. Evol.* 6, 257–293.
- Erbar, C. Nectar secretion and nectaries in basal angiosperms, magnoliids and non-core eudicots and a comparison with core eudicots. (2014). *Plant Div. Evol.* 131, 63–143.
- Espinosa Coria, Horacio, & Figueroa de la Fuente, Mariana. (2017). El aprovechamiento de la miel melipona como un atractivo turístico sustentable de Quintana Roo. *El periplo sustentable*, (33), 486-527.
- Ferrier, S. (2002). Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? *Systematic Biology*, 51, 331–363.
- Flores J.S. y Espejel I. 1994. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*, Fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- Fonte, Leydi, Milera, Milagros, Demedio, J, & Blanco, D. (2012). Selectividad de pecoreo de la abeja sin aguijón *Melipona beecheii* Bennett en la EEPF "Indio Hatuey", Matanzas. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 333-342.

- Francis, C., Kleist, N., Ortega, C., & Cruz, A. (2012). Noise pollution alters ecological services: enhanced pollination and disrupted seed dispersal. *The Royal Society*, 279.
- Funk, V., & Richardson, K. (2002). Systematic data in biodiversity studies: use it or lose it. *Systematic Biology*, 51, 303–316.
- González, A. J.A. (2012). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias* 5 (1): 34–41
- González, A. J.A. (2012). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias* 5 (1): 34–41.
- Grajales, J. Rincón, M., Vandame, R., Santiesteban, A. y Guzmán, M. (2001). Características físicas, químicas y efecto microbiológico de mieles de meliponinos y *Apis mellifera* de la región Soconusco, Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 6 p.
- Gumbert A., Kunze J. (2001). Colour similarity to rewarding model plants affects pollination in a food deceptive orchid, *Orchis boryi*. *Biological Journal of the Linnean Society*.72:419-434.
- Herrera, M.A., Sepúlveda, M.V. & Aguirre, N. (2008). Análisis sobre la aplicabilidad de las herramientas de gestión ambiental para el manejo de los humedales naturales interiores de Colombia. *Gestión y Ambiente*, 11(2), 7-25.
- Keddy, P. A. (2004), *Wetland Ecology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kerr B, Feldman M.W. (2003). The cognitive niche: Optimal learning strategies in homogeneous and heterogeneous environments. *Journal of Theoretical Biology*. 220:169-189.
- Kerr, W. (1997) ‘A importância da meliponicultura para o país’, *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, 3, pp. 42–44.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D. and Tschardtke, T. 2002. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16: 1003-1014.
- Kwapong, P.K., Aidoo, K., Combey, R. y Karikari, AS (2010) Abejas sin aguijón: importancia, manejo y utilización. Unimax Macmilland Press, Accra.
- Manzano, Jesús. (2022). *Manual de Apicultura en Sistemas de Producción Ecológica* (4a. ed.). España, Guadalajara: Ecocolmena.

- Margules, C. R., & Sarkar, S. (2009). Planeación sistemática de la conservación. México: UNAM, Conanp y Conabio.
- Márquez Luna, J. 1994. Meliponicultura en México. *Dugesiana* 1(1): 3-13.
- Márquez M.A. (2007). Learning and Memory in Bees: An Ecological Perspective. A Dissertation Approved for the Discipline of Biology. Graduate School, University of Tulsa. Tulsa, Oklahoma.
- Meléndez, R. V., C. L. Meneses y P. G. Kevan. 2013. Effects of human disturbance and hábitat fragmentation on stingless bees. Páginas 269-284 en P. Vit, S. R. M. Pedro, y D. W. Roubik editores. *Pot-Honey, A legacy of Stingless bees*. Springer, New Cork.
- Mérida, J. y Arnold, N. (2016). Las abejas su importancia para la naturaleza y nuestra sobrevivencia. *Suplemento Científico de La Jornada Veracruz*. 6(65):1-4.
- Mérida, J. y Arnold, N. 2016. Las abejas su importancia para la naturaleza y nuestra sobrevivencia. *Suplemento Científico de La Jornada Veracruz*. 6(65):1-4.
- Michener, C.D. 2007. *The Bees of the World*. 2a. ed. The Johns Hopkins University Press. 992 p.
- Michener, C.D., 2000. *The bees of the world*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Md.
- Moreno F.A. & Cardozo A.F. 1997. Abundancia de abejas sin aguijón (Meliponinae) en especies maderables del estado de Portuguesa, Venezuela. *Vida Silvestre Neotropical*. 6 (1-2): 53-56.
- Nates, P G., Rodríguez, C., & Vélez, E. D. (2006). Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la cordillera oriental de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 11 (1), Págs.25-35.
- Nates-Parra G. (1996). Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) de Colombia. En: *Insectos de Colombia*. Academia Javeriano. Bogota.
- Negrín Muñoz, E., & Sotelo Santos, L. E. (2016). Abejas nativas, señoras de la miel. Patrimonio cultural en el estado de Campeche. *RICSH Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 5(9)
- Noll Frn, Bego Lr, Imperatriz-Fonseca Vl. (1993). As abelhas em areas urbanas: um estudo no campus da Universidade de Sao Paulo. pp. 31-42. En Pirani JR y Cortosassi

- Laurino M. (Coordinadores) Flores e abejas em Sao Paulo. Editora da Universidade de Sao Paulo. FAPESP.
- Odum, P. E. 1972. Ecologia. 3ra. Edición. Editorial Interamericana. México. 639 p.
- OMS (2015). Sordera y pérdida de audición. Nota descriptiva 300. Centro de prensa. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>
- Padilla, F. (2005). Evolución del comportamiento social de las abejas. El Colmenar, 35-45. Obtenido de http://www.uco.es/dptos/zoologia/Apicultura/trabajos_libros/2005_Comportamiento_El_Colmenar.pdf
- Pimm, S. (2001) El mundo según Pimm: un científico audita el Tierra. McGraw-Hill, Nueva York.
- Raguso, R. A. (2004). Flowers as sensory billboards: progress towards an integrated understanding of floral advertisement. *Current Opinion in Plant Biology* 7:434–440.
- Rodríguez, J. (2001). Introducción a la prospectiva: Metodologías, fases y explotación de resultados. *Economía Industrial*, 6(342), 13-20.
- Roubik, D. (1989) Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Roubik, D.W. 2006. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37: 124-143.
- Roubik, D.W., (1992). Stingless bees. A guide to Panamanian and Mesoamerican species and their nests (Hymenoptera:Apidae:Meliponinae. In: Quintero, D., Aiello, A. (Eds.), *Insects of Panama and Mesoamerica—Selected Studies*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 495–524.
- Ruiz, D.C. (2014). Análisis histórico y prospectiva del humedal Tierra Blanca. *Perspectiva Geográfica*, 19(1), 125-144.
- Sakagami, S. F. (1978). Tetragonula stingless bees of the continental Asia and Sri Lanka (Hymenoptera, Apidae). *Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers*, 21(2), 165–247.
- Schwarz H.F. (1948) Stingless bees (Meliponidae) of the Western Hemisphere *Bulletin of the American Museum of Natural History* 90:1-546.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2013). Manual de la convención de Ramsar: guía a la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971). Gland: Secretaría de la

convención de Ramsar. 120 p.

- Sosenski P. & Dominguez C, (2018), El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico: *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 961 - 970
- STEFFAN-DEWENTER; I, SG POTTS & L PACKER. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20:651.
- Tornyie, F., & Kwapong, K. P. (2015). Nesting ecology of stingless bees and potential threats to their survival within selected landscapes in the northern Volta region of Ghana. *African Journal of Ecology*, 53, 398–405.
- Tornyie, Ferdinand & Kofi, Kwapong. (2015). Nesting ecology of stingless bees and potential threats to their survival within selected landscapes in the northern Volta region of Ghana. *African Journal of Ecology*. 53, 1-8.
- Villanueva, Rogel; David Roubik y Wilberto Collí (2005). “Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatan peninsula”, *Bee World* 86(2): 35-41.
- Villaseñor, José Luis. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 559-902.
- Vit, P., Medina, M. y Enríquez, M. E. (2004). Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World*, 85, 2-5.
- Yáñez, O, O., Trujano O, & Llorente B. J. (2008). Patrones de distribución de las especies de la tribu meliponini (hymenoptera: apoidea: apidae) en México. *Interciencia*, 33(1), 41-45.
- Yúnez, A., Cisneros, A. y Meza, P. 2013. Situando la agricultura familiar en México. Principales características y tipología. Serie Documentos de Trabajo N°149. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. Rimisp, Santiago, Chile.

7. Capítulos

7.1. Capítulo 1

Flora associated with native stingless bees (Apidae: Meliponini) in the Mexican portion of the Yucatan Peninsula

Flora asociada a las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en la porción mexicana Península de Yucatán

Ángel J. Ríos-Oviedo, Rodrigo Tucuch-Tun, William Cetzal-Ix and Jesús F. Martínez-Puc

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México

Contacto: William Cetzal-Ix, rolito22@hotmail.com

7.1.1. Abstract

The native stingless bees (NSB) (Meliponini) are a pantropical group of economic, religious, medicinal and cultural importance in the Mexican portion of the Yucatan Peninsula (MPYP). Currently, their habitats and populations are declining due to anthropogenic activities, changes in land use, fires and the use of agrochemicals. This study compiles the diversity of meliponicol flora (MF) in the MPYP, as a basis for having a list that helps to know which flora is a food source for the NSB and thus contribute to meliponiculture.

¹Sometido para la revista Journal of Apicultural Research

7.1.2. Resumen

Las abejas nativas sin aguijón (ANSA) (Meliponini) son un grupo pantropical de importancia económica, religiosa, medicinal y cultural en la porción Mexicana Península de Yucatán (MPYP). Actualmente, sus hábitats y poblaciones están disminuyendo por actividades antrópicas, cambio de uso de suelo, incendios y uso de agroquímicos. Este estudio compila la diversidad de flora meliponícola (FM) en la MPYP, como basa para contar con un listado que ayude a conocer que flora es fuente de alimento para las ANSA y así contribuir con la meliponicultura. Se realizaron búsquedas bibliográficas de publicaciones científicas sin restricciones de idioma para identificar flora asociada a las ANSA; además se realizaron observaciones en campo en diferentes localidades de la MPYP para identificar FM. Se registró un total de 204 especies de FM (142 nativas, 10 endémicas, 38 cultivadas, 2 naturalizadas y 21 no definidas), distribuidas en 51 familias, siendo Fabaceae el grupo con mayor número de especies (20%). Para el caso de las ANSA, un total de nueve especies se encontraron, siendo *Melipona beecheii* la que tuvo un mayor número de FM asociada (145 especies), seguida de *Trigona fulviventris* (59 especies). Aún se requiere de estudios en campo para determinar con certeza el número total de FM como fuente de alimento de ANSA e identificar los grupos de plantas que se asocian a cada abeja.

Palabras clave: Diversidad, *Melipona beecheii*, meliponicultura, *Trigona fulviventris*

7.1.3. Introducción

Las abejas nativas sin aguijón (ANSA) (Hymenoptera: Meliponini) se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales del mundo y se caracterizan por poseer un aguijón atrofiado (Quezada-Euán 2005). La mayor diversidad de ANSA se encuentra en el neotrópico de América con 417 especies (Menezes, 2014). En México, se registran 46 especies de ANSA (12-13 endémicas), de estas, 19 presentes en la península de Yucatán (PY, conformado por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán con 19, 13 y 11 especies, respectivamente) (Ayala, 1999; Gonzales & Quezada, 2009; et al., 2013; Arnold et al., 2018).

En la MPYP las ANSA han sido empleadas en la meliponicultura desde la época de la cultura maya, probablemente alrededor entre los años 1400-1900 (Quezada-Euán 2018). Siendo la abeja *Melipona beecheii* (en Maya, Xunán kab), la de mayor importancia cultural y en la meliponicultura en la región, domesticada en Yucatán y de la cual se cosecha miel dos veces al año (mayo y noviembre) como parte de un calendario religioso maya (Quezada et al., 2001). Además, se han registrado otras especies de ANSA por el valor medicinal de su miel, tales como *Scaptotrigona pectoralis* (kan ts'ak), *Frieseomelitta nigra* (xiik), *Nannotrigona perilampoides* (bol) y *Partamona bilineata* (Chooch, xnuk) (González & Medellín, 1991; Quezada-Euan et al., 2001).

Diversas especies de ANSA han sido empleadas en la meliponicultura por las comunidades mayas en la MPYP por su valor económico y cultural en su cosmovisión (Martínez-Puc et al. 2022); principalmente *M. beecheii*, la cual es venerada como deidad Ah Mucen Cab (en maya) y su miel como símbolo de fertilidad (Zrlalka et al. 2014). Además, los productos obtenidos de las ANSA en el caso de la miel son utilizadas como edulcorantes de alimentos y bebidas, ofrendas religiosas, elaboración de herramientas domésticas, caza, pesca y uso medicinal para enfermedades respiratorias (asma y bronquitis aguda), oculares (cataratas y conjuntivitis), dermatológicas, gastrointestinales y como tónicos pre-post parto, (Valadez, 1999; Vit et al. 2004; Quezada et al. 2005; Acereto et al., 2008; Quezada-Euán 2018; González et al. 2018).

Por otro lado, las ANSA cumplen un rol ecológico importante en los ecosistemas, debido que son las responsables de la polinización de una diversidad de plantas silvestres en los diferentes tipos de vegetación o cultivos de importancia económica (FAO, 2004; Freitas et al., 2009). También mantienen una buena dinámica de producción de frutos y semillas que

aportan recursos alimenticios a animales silvestres y al humano, favoreciendo a la creación de diferentes nichos para las especies (González et al., 2018; Arnold et al., 2018). Sin embargo, el conocimiento de la FM que es fuente de alimento para mantener sus poblaciones de las ASA sigue siendo escaso, aunado a la falta de estudios de biología floral e investigadores interesados en este campo.

Actualmente, las poblaciones de ANSA están en descenso por el crecimiento demográfico, deforestación de los ecosistemas, incendios, cambio climático, ganadería, uso de agroquímicos, agricultura extensiva por la alta demanda de alimentos e introducción de la abeja *Apis mellifera* L. (Martínez-Puc et al., 2022). Diversos estudios de ANSA han señalado que han cambiado de fuentes de alimento después de la llegada de la abeja africanizada para evitar la competencia, causando la pérdida de su hábitat, alimento floral, desplazamiento y baja riqueza de especies (Villanueva y Colli 2005; Guzmán et al, 2011; Parra 2015; Mérida y Arnold 2016; Ayala y Ortega 2018; Vásquez et al. 2021). Al respecto, Nates (2008) señaló que al disminuir los nichos ecológicos de ANSA, esto ha propiciado que realicen nidificación en edificios, paredes de casas, interior de postes, tuberías y árboles de jardines urbanos.

El conocimiento sobre FM útil como fuente de alimento para las ANSA se vuelve necesario para su selección en programas de restauración y reforestación de ecosistemas, jardines de polinizadores, bancos de germoplasma y áreas dedicadas a la meliponicultura. Por tal razón, se compiló la diversidad de FM en la MPYP como base para contar con un listado que ayude a conocer fuentes de alimento para las ANSA y así contribuir con la meliponicultura.

7.1.4. Materiales y métodos

Se realizó una recopilación de información reportada en la literatura especializada sobre FM en las últimas dos décadas, particularmente para la porción mexicana de la provincia biótica península de Yucatán. El análisis bibliográfico se realizó sin restricciones de idioma, abarcando artículos publicados en revistas científicas, notas de divulgación y tesis de posgrado (Luna et al., 2014), utilizando las palabras clave: Meliponas, abejas nativas, Península de Yucatán, polinización, diversidad y listado florístico, con la finalidad de sintetizar la identificación taxonómica botánica; complementado los registros con información de su hábito de crecimiento, origen botánico (nativa, endémica, naturalizada, cultivada) y uso potencial atribuido en la MPYP, de acuerdo a la base de datos del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY), Tropicos, (2002), The Plant List, (2022), The World Flora Online, (2022) y International Plant Names Index, (2022). Con la información obtenida se realizaron análisis descriptivos a través del programa Origin pro 2022 versión 9.9.; para las redes de interacción entre FM y ANSA se elaboraron con el software R utilizando los paquetes Vegan y Bipartite (Dormann, 2008).

Observaciones en campo

Adicionalmente, se realizaron observaciones de FM con presencia de ANSA en diferentes ecosistemas de la MPYP. La recopilación observacional se realizó durante el 2021-2022 en las estaciones de secas, lluvias y nortes, en tres municipios del estado de Campeche en las localidades de El zapote, Ulumal y Canasayab (Municipio Champotón), Becal (Calkiní), Chulbac (Campeche). En Yucatán en la localidad de Hunucmá (Hunucmá) y en Quintana Roo, Chetumal (Othón P. Blanco). La FM con presencia de ANSA fueron fotografiadas con cámaras Canon EOS 90D y Nikon SLR D3300, para la identificación de la flora se utilizó Flora Mesoamericana () y Flora de la península de Yucatán (Duno de Stefano et al., 2010); para la identificación de las ANSA se consultaron las bases de datos de la Bee Species Database (2022), American Museum of Natural History (2022), y manejando las guías de identificación entomológica de la red BugGuide (<http://bugguide.com.mx>), y claves taxonómicas de Michener et al. (1994) y Ascher y Pickering (2010).

7.1.5. Resultados

Se registró un total 203 especies de FM (142 nativas, 10 endémicas, 38 cultivadas, 2 naturalizadas y 21 no definidas), distribuidas en 51 familias, siendo Fabaceae la que posee el mayor número de especies (20%), seguido de Euphorbiaceae (6%) y Solanaceae (6%) (Figura 1A y 1B). En lo que respecta al hábito de crecimiento, el 39% son especies arbóreas (80), seguido de las arbustivas (27%) y hierbas (18%) (Figura 1C). En los usos de la FM asociada a ANSA, se encontraron 16 usos, el medicinal (52 especies) con mayor importancia, seguido del melífero (40 especies) y comestible (31 especies) para el ser humano (Figura 1E).

En cuanto a la diversidad de ANSA registrado por países en América Latina, Brasil registra el mayor número de especies con 192, seguido de Colombia (129), mientras la menor diversidad se encontró en Bolivia (12) y Cuba (1). En su uso como polinizadores de cultivos, Brasil reporta 22 especies de ANSA para 33 especies de plantas, seguido de México con 18 especies de ANSA para 20 especies plantas de importancia alimenticia y económica (Tabla 1A, 1B). En las últimas dos décadas se ha realizado 14 listados florísticos con FM en América Latina, incluyendo dos de Asia (Tailandia y Malasia), basados en nueve estudios palinológicos y cuatro de estudios muestrales ex situ y uno de entrevistas (Tabla 2).

Interacción ANSA-planta

se registró seis de las 19 especies de ANSA presentes la PY con interacciones de alimentación con base en la literatura regional. La mayoría de las publicaciones revisadas hacen referencia principalmente a la fuente de alimento de *M. beecheii*, debido a su importancia económica para la meliponicultura y la polinización de cultivos y monocultivos. Además, con base en observaciones personales se registraron otras tres especies adicionales, para un total de nueve especies de ANSA, siendo *M. beecheii* la abeja con mayor número de plantas pecoreadas (162 especies), seguida de *T. fulviventris* (68 especies) y en menor número *L. niitkib* (2 especies) y *P. frontalis* (1 especie) (Figura 1D y Figura 3).

Redes de interacciones

El anidamiento se utilizó para evaluar las especies núcleo (especies con muchas conexiones) y especies periféricas (menores conexiones); el índice de conectancia de la red general fue de $2.002442e-01$, lo que indica una baja competencia por el recurso. De acuerdo a los nodos y topología de la red, *M. beecheii*, *T. fulviventris* y *N. perilampoides* presentaron múltiples conexiones, indicando que mantienen una buena estabilidad estructural en el ecosistema. Por su parte, el índice de anidamiento de la red general fue de $1.376783e+01$ para *Lestrimelitta niitkib*, *Plebeia frontalis* y *Cephalotrigona zexmeniae*, encontrándose como especies periféricas (Figura 2).

7.1.6. Discusión

Abejas y flora melipónica

Las abejas meliponas se alimentan del néctar y polen de las plantas, secreciones extraflorales y resinas (Coronado et al. 2019). Al respecto, Tamanis et al. (2019) mencionan que la selección de plantas por parte de las ANSA está relacionada con la calidad del néctar de las flores; además, que son las mismas fuentes de alimento forrajeadas por *A. mellifera*, por lo que puede causar competencia y desplazamiento por el mismo recurso. En este sentido, las ANSA son susceptibles a los cambios de alimentación, debido a la competencia por alimento con otras abejas silvestres, solitarias o *Apis mellifera*, sin embargo, en este estudio se encontró un alto número de FM asociada con propiedades medicinales. En la PY se registra una amplia diversidad de flora melífera (921 especies) usada como fuente de alimento por *Apis mellifera* (Cetzal-Ix et al. 2019, Zúñiga-Díaz et al. in prep.), esta coincide en un 14% (128 especies) con la flora melipónica obtenida aquí como fuente de alimento para las ANSA. De acuerdo a Roubik et al. (1995) y Gonzales et al. (2013) las ANSA prefieren consumir plantas con néctares de concentraciones (°Brix) entre 35-65% de azúcares o con propiedades medicinales, pero aún se requieren estudios de la calidad del néctar o con metabolitos secundarios se requieren evaluar para confirmar si las plantas en la región usadas por ANSA poseen estas concentraciones y propiedades.

Valoración de ANSA

De las nueve especies de ANSA registradas en este estudio, *M. beecheii* (ko'olel kaab, en maya) es la que se encontró con un mayor número de plantas asociadas como alimento (128 especies). Al respecto, Vit et al., (2004) y Villanueva et al. (2005) indican que *M. beecheii* posee un alto valor cultural maya, debido a que esta abeja es una deidad y su miel es valorada en el mercado regional por sus propiedades alimenticias y medicinales, Además, las poblaciones de *M. beecheii* se encuentra bajo presión humana por la tala inmoderada, incendios, pérdida de vegetación y hábitat, aunado de la escasa importancia de las nuevas generaciones de criarlas y presérvalas en meliponarios. Por lo anterior, esta abeja es la más conocida y reportada en las entrevistas con productores de los estudios analizados.

Algunas otras ANSA (*Frieseomelitta nigra*, *Nannotrigona perilampoides*, *Trigona fulviventris*, *Plebeia frontalis*) presentes en la PY, son de amplia distribución en México,

pero debido a su poca importancia en la meliponicultura regional, son pocas conocidas o pobremente estudiadas, por lo que pueden ser tratadas como especies raras (Vit et al., 2004).

Usos de flora

Con respecto a las familias botánicas con mayor número de especies como fuente de alimento para las ANSA en la PY, Fabaceae tuvo 42 especies, representada en la región por 250 especies y presente en todos los ecosistemas (Carnevali et al. 2010). En Costa Rica, Brasil, Argentina (América) y Tailandia (Asia) también se han registrado Fabaceae como la de mayor diversidad y preferencia alimenticia de ANSA (Ramalho et al. 1989; Jongjitvimol & Wattanachaiyingcharoen 2006; Rech y Absy 2011; Lima et al. 2014; Silva et al. 2018; Vásquez et al. 2018; Elizondo et al. 2019; Vossler 2019; Leite et al. 2020; Palacio 2021). Este grupo de plantas podría considerarse como elementos clave de alimentación y para futuros programas de reforestación ambiental en las tierras bajas de los trópicos.

Las ANSA son consideradas como especialistas en alimentarse de plantas con contenido medicinal (metabolitos secundarios y compuestos químicos); al respecto, Mendes et al. (1998) y Díaz (2004) afirman que la miel de abejas meliponas son un 70% más medicinales que la de *Apis mellifera*, debido a la gran cantidad de diferentes componentes químicos proteínas, aldehídos aromáticos, ácidos carboxílicos aromáticos y sus ésteres, carotenoides degradados, terpenoides, niacina, entre otros metabolitos encontrados en análisis fisicoquímicos. Sin embargo, aún no se sabe con certeza si el potencial medicinal de la miel es debido a los néctares florales, extraflorales o resinas; Díaz (2004) indica que podría deberse al conjunto de todos ellos y de sus componentes, por ello es necesario la evaluación de calidad del recurso en estudios futuros.

Las especies de ANSA con menor anidamiento o conexión en las redes en este estudio fueron *L. niitkib* y *P. frontalis*, probablemente a la especialización en su preferencia alimenticia o debido a la escasa información sobre su alimentación. La caracterización de redes de interacción puede ayudar a predecir qué especies tienen más probabilidades de sobrevivir o extinguirse, por tal razón es necesario evaluar estos índices de conectancia o anidamiento (Jordano 1987; Dorman et al. 2009).

De acuerdo a los estudios palinológicos y observaciones en campo, *M. becheeii* fue la abeja

con mayor interacción con la FM, sin embargo, los diferentes estudios (Tabla 2) no indican el estado de conservación de los ecosistemas donde los realizaron. Observaciones realizadas en este estudio, mostraron bajas interacciones de *M. beecheii* con la FM en ambientes perturbados; en contraste, *T. fulviventris* y *P. bilineata* presentaron altas interacciones con la FM en la vegetación perturbada, posiblemente ya son abejas adaptadas a ecosistemas perturbados y de alimentación generalista. Este comportamiento ha sido descrito por Rico & García (1991), Von et al. (2004) y Zamora et al. (2018), mencionan que la PY está constituida en su mayoría por vegetación secundaria, ocasionado por perturbaciones antrópicas que han modificado la composición florística, diversidad, y abundancia de las especies de abejas, así como sus interacciones con la FM.

Listados de flora meliponícola

El presente listado de flora para ANSA se enfocó principalmente en plantas nativas, aunque se registró un 35% (12 especies) de plantas cultivadas con importancia económica y alimenticia de acuerdo a la clasificación de Heard (2001). El alto número de especies (203) de flora registrada aquí como fuente de alimento para ANSA para la PY con respecto a otras áreas geográficas, probablemente se debe al valor cultural maya por la meliponicultura que aún se practica en diferentes comunidades rurales de la región; además, por su importancia económica y medicinal que se le asigna a su miel para tratar diferentes enfermedades (Martínez-Puc et al. 2022). En otras partes del continente se han realizado esfuerzos del mismo tipo, por ejemplo, en Brasil reportan entre 78 y 82 especies de plantas como fuente de alimento para las ANSA (Rech & Absy 2011; Lima et al. 2014). Pero aún son escasos los estudios y esfuerzos de muestreos sobre ANSA y su flora como fuente de alimento, los estudios se han enfocado particularmente en su importancia ecología de su polinización y conservación. Cabe señalar, que estudios basados en análisis palinológicos aportan registros importantes de la alimentación de las ANSA (Rech & Absy 2011; Vossler 2019), siendo equivalentes a estudios basados en observaciones de campo (Palacio 2021; Lima et al. 2014).

7.1.7. Conclusión

En la PY la mayoría de las especies de ANSA pueden considerarse de alimentación generalistas, consumiendo néctar y polen y de nectarios extraflorales, resinas epidérmicas y aceites, principalmente de especies de Fabaceae. Las plantas de la FM poseen propiedades medicinales y juegan un papel importante en la decisión alimenticia de las ANSA, posiblemente es un parámetro indicativo del gran potencial medicinal de su miel. Este grupo de abejas además de su valor ecológico, presenta potencial para polinizar plantas agrícolas de valor comercial y alimenticio para el ser humano.

7.1.8. Referencias

- Afik, O., Delaplane, K. S., Shafir, S., Moo, V. H., & Quezada, E. J. J. (2014). Nectar minerals as regulators of flower visitation in stingless bees and nectar hoarding wasps. *Journal of chemical ecology*, 40(5), 476–483. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0455-8>.
- Aguilar, I., Herrera, E., & Zamora, G. (2013). Stingless bees of Costa Rica. In: Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (Eds.), *Pot-Honey: a legacy of stingless bees* (pp. 113-124). Springer science, New York, USA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- Álvarez, L. J., & Lucia, M. (2018). Una especie nueva de *Trigonisca* y nuevos registros de abejas sin aguijón para la Argentina (Hymenoptera: apidae). *Caldasia*, 40(2), 232-245. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.70870>.
- Alves, P. A. D., Absy, M. L., Rech, A. R., & Righetti, A. V. H. (2020). Pollen sources used by *Frieseomelitta Ihering* 1912 (Hymenoptera: apidae: meliponini) bees along the course of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 34(2), 371-383. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0391>.
- Anderson, D. L., Sedgley, M., Short, J. R. T., & Allwood, A. J. (1982). Insect pollination of mango in Northern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33, 541-548.
- Arnold, N., Zepeda, R., Vásquez, D., & Aldasoro, M. (2018). Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies. *El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)*. Chiapas, México. 1ra. (Ed). 147.
- Ascher, J., & Pickering, J. (2010). Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). <https://www.discoverlife.org>
- Ayala, R. (1999). “Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini)”. *Folia Entomológica Mexicana*, 106, 1-123.
- Ayala, R., González, V. H., & Engel, M. S. (2013). “Mexican Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, Distribution, and Indigenous Knowledge”. *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*, (pp.135-152). In: Patricia Vit, Silvia Pedro y David Roubik (eds.). Nueva York: Springer.
- Bonet, F. M., & Vergara, C. H. (2016). Abejas silvestres de un cafetal orgánico en Veracruz México (pp. 333-343). Universidad de las Américas Puebla. Colección Sapientias.
- Brieva, E., & Núñez, A. L. (2020). Biología reproductiva de la palma amarga (*Sabal mauritiiformis*: Arecaceae): especie económicamente importante para la Costa Caribe Colombiana. *Caldasia*, 42(2), 278-293.
- Can, A. C., Quezada, E. J. J. G., Xiu, A. P., Moo, V. H., Valdovinos, N. G. R., & Medina, P. S. (2005). Pollination of “criollo” avocados (*Persea americana*) and the behaviour of associated bees in subtropical Mexico. *Journal of Apicultural Research*,

- 44(2005), 3-8.
- Carnevali, G., Tapia-Muñoz J.L., Duno de Stefano R., & Ramírez-Morillo I. (Editores Generales). (2010). Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico (pp.328). Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Mérida, Yucatán, México.
- Caro, A., Moo, V. H., Alfaro, R., & Quezada, E. J. J. G. (2017). Pollination services of Africanized honey bees and native *Melipona beecheii* to buzz-pollinated annatto (*Bixa orellana* L.) in the neotropics. *Agricultural and Forest Entomology*, 19, 274. <https://doi.org/10.1111/afe.12206>
- Cauich, O., Quezada, E. J. J.G., Macias, M. J. O., Reyes, O. V., Medina, P. S., & Parra, T. V. (2004). Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical Mexico. *Journal of Economics*, 97, 475–481. 10.1093/jee/97.2.475
- Ceballos, A. (sf.). Calendario de actividades y sucintas reglas para un buen manejo de las Xunancab o Cotel Cab (*Melipona beechii*). Maní: U Yits Ka'an.
- Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP). (2018). "Apicultores mayas y Gobierno Federal impulsan actividad". Rimisp. 21 de diciembre. <https://www.rimisp.org/> Consultado el 12 de agosto de 2022.
- Chauhan, A., Singh, H. K., & Kumaranag, K. M. (2019). Pollination potential of stingless bee *Tetragonula iridipennis* Smith in Ash gourd. *Indian Journal of Entomology*, 81(4), 854- 859.
- Coronado, J. M. F., Ormeño J., Barrera, L. M., & Castillo T. (2019). Caracteres fisicoquímicos en mieles del ecosistema del Bajo Mayo, región San Martín, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 607-622. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26206>
- Costa, A. C. V., Sousa, J. M. B., Da-Silva, M. A. A. P., Garruti, D., Dos, S., & Madruga, M. S. (2018). Sensory and volatile profiles of monofloral honeys produced by native stingless bees of the Brazilian semiarid region. *Food Research International*, 105, 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.043>.
- Das, R., & Kunal, G. (2021). Importance of stingless bees as alternative pollinators in crop pollination. *Indian Entomologist*, 2(2), 73-79.
- Da-Silva, S. R., De-Oliveira, M. M., Moura, S. M., Tavares, C. L., & Cardoso, C. C. (2020). Butterflies provide pollination services to macadamia in northeastern Brazil. *Scientia Horticulturae* 259(108818), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108818>.
- De-Menezes, P. S. R. (2014). The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: apidae). *Sociobiology*, 61(4), 348-354. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.
- Díaz, G. T. (2004). Plantas Melíferas en Asturias. Importancia de las abejas para las plantas. LXIV Cursos de verano de la Universidad de Oviedo. Departamento de Biología de organismos y sistema de áreas en botánica.
- Dormann, C. F., Fründ, J., Blüthgen, N., & Gruber, B. (2009). Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, 2, 7-

24.

- Dormann, C. F., Gruber, B., & Fründ, J. (2008). Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. *Interaction*, 1(0.2413793).
- Dormann, C. F., Gruber, B., Fründ, J. (2008). Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. *R news*, 8 (2), 8-11.
- Eardley, C. D. (2004). Taxonomic revision of the African stingless bees (Apoidea: Apidae: Apinae: Meliponini). *African Plant Protection*, 10(2), 63-96.
- Enríquez, E., & Ayala, R. (2014). Impacto de la colección de abejas nativas de Guatemala, luego de 14 años de su conformación. *Ciencia y Conservación*, 5, 38-47.
- FAO. (2004). Food and Agriculture Organization. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture the international response. In: Freitas, B. M., & Pereira, J. O. P. (Eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination* (pp.19). Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil.
- Farfán, M. E., Mena, A. M., & Jiménez, G. G. (2015). Apifauna asociada a la flor del cultivo de espelón (*Vigna unguiculata*) en Oxcutzcab, Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Trabajo de Investigación Formativa, Licenciatura en Agroecología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Favre, H. (1968). *Traité de la Biologie de l'abeille*. In: Chauvin R. *La symbolique de l'abeille et du miel en Amérique in-dienne* (pp. 121-143). Elsevier / Masson. Francia.
- Ferrufino, U., & Vit, P. (2013). Pot-Honey of six meliponines from Amboró national park, Bolivia. In: Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (Ed.). *Pot-honey: a legacy of stingless Bees* (409-416). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>.
- Flores, F. F., Lupo, L. C., & Hilgert, N. I. (2015). Recursos tróficos utilizados por *Plebeia intermedia* (Apidae, Meliponini) en la localidad de Baritú, Salta, Argentina. Caracterización botánica de sus mieles. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(4), 515-529. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v50.n4.12914>.
- Fonte, L., Milera, M., Demedio, J., y Blanco, D. (2012). Selectividad de pecoreo de la abeja sin aguijón *Melipona beecheii* Bennett en la EEPF 'Indio Hatuey', Matanzas foraging selectivity of the stingless bee *Melipona beecheii* Bennett at the EEPF 'Indio Hatuey', matanzas. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 333-342.
- Genaro, J. A., & Lóriga, W. (2018). *M. beecheii* Bennett (Hymenoptera: apidae): origen, estudios y meliponicultura en Cuba. *Insecta Mundi*, 0643, 1-18.
- González, P., Baena, M., & Ros, M. (2018). Abejas nativas nuestras vecinas inadvertidas. *Biodiversitas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 139(1), 2-5.
- González, A. J. A. (2008). *Cría y Manejo de Abejas Nativas sin Aguijón en México* (pp. 177). Planeta Impresores. Mérida, Yucatán, México.
- González, A. J. A., De Araujo, F. C., & Medina, M. L. A. (2008). "Aprovechamiento ancestral y sustentable de las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) por

- campesinos mayas de Yucatán” (pp. 9-18). V Congreso Mesoamericano sobre abejas sin aguijón. Del 2 al 4 de octubre de 2008, Mérida, Yucatán.
- González, A. J., & Medellín, M. S. (1991). La división artificial de la abeja Xunan Kab. *Revista YIK'EL-KAB A.C.*
- González, J., & De Araujo, C. (2014). "El solar de la casa maya y su diversa apifauna". En: Aurelio Sánchez S. A., & García Q. A. *La casa de los mayas de la península de Yucatán: historias de la maya naj* (pp. 241-255). Mérida: UADY.
- González, J., & Quezada, J. (2009). “Producción tradicional de miel: abejas nativas sin aguijón (trigonas y meliponas)”. En: Durán, G. R., & Méndez G. M. (eds.) *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Mérida, Yucatán* (pp. 382-384). Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. y SEDMUA.
- Heard, T. A., & Exley, E. M. (1994). Diversity, abundance, and distribution of insect visitors to macadamia flowers. *Environmental Entomology*, 23, 91-100. <https://doi.org/10.1093/ee/23.1.91>
- Heard, T.A. (1999). Stingless bees and crop pollination. *Annual Review of Entomology*. 44,183–206.
- Hedstrom, I. (1986). Pollen carriers of *Cocos nucifera* L. (Palmae) in Costa Rica and Ecuador Neotropical Region. *Rev. Biología Tropical*, 34(2), 297-301. <https://doi.org/10.15517/rbt.v34i2.24345>.
- IPNI (2022). International Plant Names Index. Published on the Internet <http://www.ipni.org>, The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. [Retrieved 8 August 2022].
- Jordano, P. (1987). Patterns of mutualistic inter-actions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist* 129, 657-677.
- Landaverde, G. P., Quezada, E. J. J. G., Theodorou, P., Murray, T. E., Husemann, M., Ayala, R., Moo, V. J. H., Vandame, R., & Paxton, R. J. (2017) Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatan peninsula of tropical Mexico. *Journal of Applied Ecology*, 54, 1814. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860>
- Luna, G. E., Navas, F. D., Mayor, A. G., & Buitrago, B. L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.
- Malerbo, S. D. T., Andrade, M. O., Siqueira, R. A., Medeiros, N. M. G., Farias, L. R., Silva, T. G., Nascimento, L. D. S., & Pimentel, A. C. S. (2020). Bees biodiversity, forage behavior and fruit production in gherkin crop (*Cucumis anguria* L.). *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 42 (1), 1-7. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.4742>.
- Martell, T. A., Lobato, R. F. G., Landa, Z. M., Luna, C. G. L. E., García, S., & G.

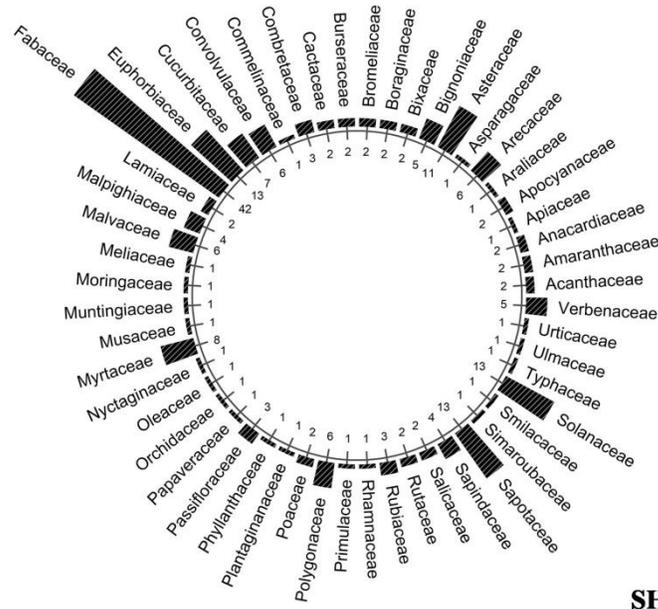
- Fernández, L. G. (2019). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1353-1365.
- Meléndez, R. V., Ayala, R., & Delfín, G. H. (2014). Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente. En: González, Z. C. A., Vallarino, A., Pérez, J. J. C., & Low, P. A. M. (eds.). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (349-372). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) - El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). México.
- Meléndez, R. V., Ayala, R., & Delfín, G. H. (2016). Temporal variation in native bee diversity in the tropical sub-deciduous forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Tropical Conservation Science*. 9(2), 718-735. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/194008291600900210>.
- Meléndez, R. V., Ayala, R., & Delfín, G. H. (2018). Crop pollination by stingless bees. In: Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (Ed.). *Pot-pollen in stingless bee melittology* (139-153). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61839-5>.
- Meléndez, R. V., Magaña, R. S., Parra, T. V., Ayala, R., & Navarro, J. (2002). Diversity of native bee visitors of cucurbit crops (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. *Insect Conservation and Diversity*. 6, 135–147.
- Mendes, E., Brojo, P. E., Ferreira, IMPLVO., & Ferreira, M. A. (1998). Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydr. Polym*, 37, 219.
- Mérida, J., & Arnold, N. (2016). Las abejas su importancia para la naturaleza y nuestra sobrevivencia. *Suplemento Científico de La Jornada Veracruz*, 6 (65), 1-4.
- Michener, C. D. (1999). The corbiculae of bees. *Apidologie*, 30, 67–74.
- Michener, C. D. (2000). *The bees of the world*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Michener, C. D., McGlinley R. J., & Danforth, B. (1994). The bee genera of North and Central America (Hymenoptera:Apoidea) (pp. 9). Smithsonian Institution Press, Washington. D.C.
- Michener, C.D. (2013). The Meliponini. In: Vit, P., Pedro, S., & Roubik, D. (eds.) *Pot-Honey*. Springer, New York, USA.
- Nates, P. G. (2001). Las abejas sin aguijón (Hymenoptera: apidae). *Biota colombiana*, 2(3), 233-248.
- Nicodemo, D., Malheiros, E. B., Jong, D. D., & Couto, R. H. N. (2013). Incremento da produção de pepino partenocárpico com abelhas sem ferrão e africanizadas em casas de vegetação. *Semina: Ciências Agrarias*, 34(6-1), 3625-3634. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Sup1p3625>.
- Palma, G., Quezada, E. J. J. G., Meléndez, R. V., Irigoyen, J., Valdovinos, N. G. R., & Rejón, M. (2008). Comparative efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and mechanical vibration on fruit production of enclosed habanero pepper. *Journal of Economic Entomology*, 101, 132–138.
- Parra, R. H. I. (2015). Recursos poliníferos de importancia para la abeja *Melipona beecheii* durante el período húmedo en el campus de ECOSUR, Chetumal. (Tesis de

- posgrado). Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Quezada, E. (2018). *Stingless Bees of Mexico: The Biology, Management and Conservation of an Ancient Heritage*. Springer.
- Quezada, E. J. J. (2005). *Biología y uso de las abejas nativas sin aguijón de la Península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini)*. Mérida: UADY.
- Quezada, E. J. J. G. (2005). *Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini)* (pp. 112). *Tratados 16*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Quezada, E. J. J. G. (2018). Services Provided by Stingless Bees. In: Quezada, E. J. J. G. (Ed.), *Stingless Bees of Mexico* (pp. 167-192). Springer science. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77785-6_7
- Ramírez, A. E., Pacheco, P. K. G., Moguel, O. Y. B., Zepeda, G. M. R., & Godínez, G. L.M. (2018). Angiosperm Resources for Stingless Bees (Apidae, Meliponini): A Pot-Pollen Melittopalynological Study in the Gulf of Mexico. In: Vit, P., Pedro, S., & Roubik, D. (eds). *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61839-5_9
- Rasmussen, C. (2013). Stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) of the Indian sub-continent: diversity, taxonomy and current status of knowledge. *Zootaxa*, 3647 (3), 401-402.
- Reyes, N. E., Meléndez, R. V., Ayala, R., & Delfín, G.H. (2009). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 1-13. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/114/9>.
- Ricketts, T. H. (2004). Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18(5), 1262-1271. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00227.x>.
- Rodríguez, P. S., Manrique, A. & Velásquez, M. (2008). Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en bosque seco tropical en Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 523-530.
- Romero, M. J., & Quezada, E. J. J. G. (2013). Pollinators in biofuel agricultural systems: the diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie*, 44, 419–429.
- Roubik, D. W. (1989). *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, New York.
- Roubik, D. W. (2006). Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37, 124–143.
- Roubik, D. W., & Moreno, J. E. (2013). How to be a bee-botanist using pollen spectra. In: Vit, P., Pedro, S. R. M., & Roubik, D. W. (eds). *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 295–314). Springer science, New York, USA.
- Roubik, D. W., & Moreno, P. E. (2018). The stingless honeybees (Apidae, apinae: meliponini) in Panama and pollination ecology from pollen analysis. In: Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (Eds) *Pot-pollen in stingless bee melittology* (pp.

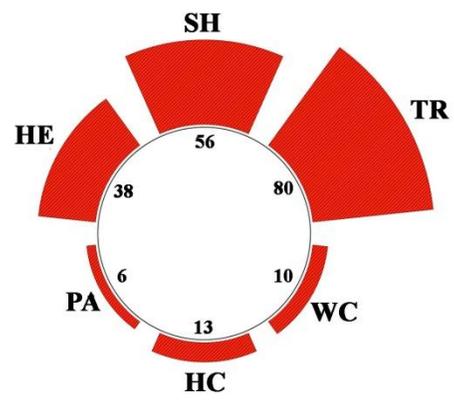
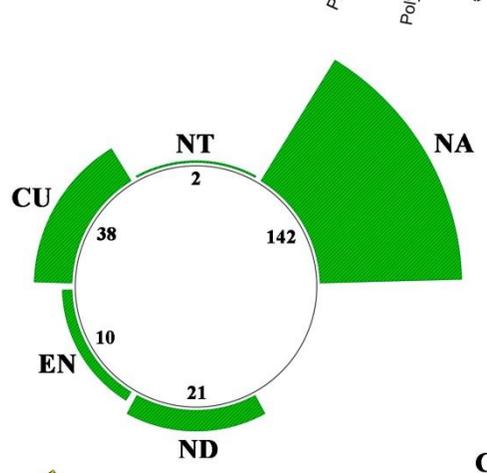
- 47-66). Springer Science, New York. USA. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61839-5>.
- SAGARPA (2015) <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B466.aspx>. (Consultado 1 de Agosto de 2022)
- Santos, L. C. I., De Andrade, W. C., Freitas, F. A., Da Silva, S. G., Lopes, D. C. C. A., Pereira, D. C. C. A., & Lima, A. C. M. (2018). Pollen types from colonies of *Melipona scutellaris* latreille, 1811 (Hymenoptera: apidae) established in a coffee plantation. *Grana*, 57(3), 235-245. <https://doi.org/10.1080/00173134.2017.1330361>.
- Sigrist, M. R., & Sazima, M. (2004). Pollination biology of twelve species of Neotropical Malpighiaceae: stigma morphology and its implications for the breeding system. *Ann Bot*, 94, 33–41.
- Silva, P. R. M., & Franco, C. J. M. (2013). Stingless bees from Venezuela. In: Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (Ed.). *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 73-86). Springer science New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>.
- Silva, P. R. M., & Franco, C. J. M. (2013). Stingless bees from Venezuela. In: Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (Ed.). *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (73-86). Springer science, New York USA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>.
- Slaa, E. J., Sanchez, A. L., & Malagodi, B. S.A. (2006). Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, 37(2), 293-315.
- The Plant List (2013). Version 1.1. Published on the Internet. <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January). Tropicos.org. Jardín Botánico de Misuri. <https://www.theplantlist.org> (Consultado 16 agosto 2022)
- Toledo, V. M., Barrera, B. N., García, F. E., & Alarcón, C. P. (2008). Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia*, 33(5), 345-352. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <https://tropicos.org> (Consultado el 18 de Agosto de 2022)
- Valadez, A. R. (1999). Los animales domésticos. *Arqueología Mexicana*, 35, 32- 39.
- Villanueva, G. R., & Colli U. W. (2005). Plantas nectaríferas visitadas por la abeja maya Xunancab (*Melipona beecheii*) en Quintana Roo. Proceedings of the XIX American Seminario of Beekeeping, Campeche, Campeche. SAGARPA, Unión Nacional de Apicultores and Gobierno del Estado de Campeche,
- Villanueva, G. R., & Roubik, D. W. (2004). ¿Por qué ¿Las abejas melíferas africanas y no las abejas europeas son invasoras? Diversidad de la dieta del polen en experimentos comunitarios. *Apidologie*, 35, 481–491.
- Villanueva, G. R., Echazarreta G. C., Roubik, D. W., & Moguel, O. Y. (2014). Transgenic soybean pollen (*Glycine max* L.) in honey from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Scientific Reports*, 4, 4002.
- Villanueva, G. R., Roubik, D. W., & Porter, B. L. (2015). Bee-plant interactions: Competition and phenology of flowers visited by bees. In: Islebe, G. A., Calmé, S., León, C. J. L., & Schmook, B. (eds). *Biodiversity and conservation of the Yucatán*

- Peninsula (131–152). Springer Science, New York. USA.
- Villanueva, G. R., Roubik, D.W., Colli-Ucán, W., & Tuz-Novelo, M. (2018). The Value of Plants for the Mayan Stingless Honey Bee *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini): A Pollen-Based Study in the Yucatán Peninsula, Mexico. In: Vit, P., Pedro, S., & Roubik, D. (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61839-5_5.
- Villanueva, R. G., Roubik, D. W., Colli, W.U., & Novelo M. T. (2018). The Value of Plants for the Mayan Stingless Honey Bee *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini): A Pollen-Based Study in the Yucatán Peninsula, Mexico. En: Vit P., Pedro S.R.M., & Roubik, D.W. (eds.). *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology* (pp. 67-87). Springer Science, New York.USA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559- 902.
- Vinícius, S. R., Parma, D. F., Tostes, R. B., Arruda, V. M., & Werneck, M. V. (2017). Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in openfield of the southeast of minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea*, 44 (3), 349-360. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-07/2017>.
- Vit, P., Medina, M., & Enríquez M. (2004). “Quality Standards for Medicinal Uses of Meliponinae Honey in Guatemala, Mexico and Venezuela”. *Bee World*, 81 (1), 2-5. DOI: 10.1080/0005772X.2004.11099603
- Vit, P., Pedro, S. R. M., Vergara, C., & Deliza, R. (2017). Ecuadorian honey types described by kichwa community in rio chico, pastaza province. Ecuador using free-choice profiling. *Rev. Brasileira de Farmacognosia*. 27(3), 384-387. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2017.01.005>.
- Vossler, F. G. (2018). Are Stingless Bees a Broadly Polylectic Group? An Empirical Study of the Adjustments Required for an Improved Assessment of Pollen Diet in Bees. En: Vit, P., Pedro, S.R.M., & Roubik, D.W. (eds.). *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology* (pp. 17-28). Springer science, New York. USA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- WFO (2022): World Flora Online. Published on the Internet; <http://www.worldfloraonline.org>. (Consultado el 2 de Agosto de 2022)
- Zrlalka, J., Wieslaw, K., Katarzyna, R., Sotelo S. L. E., & Hermes, B. (2014). "Excavations in Nakum Structure 99: New Data on Protoclassic Rituals and Precolumbian Maya Beekeeping". *Estudios de Cultura Maya*, 44, 85-118.
- Duno de Stefano, R., Carnevali, F. C. G., Ramírez, M. I. M., Tapia, M. J. L., Can, I. L. L., Hernández, A. S. y Embray, T. (2010 en adelante). *Flora de la Península de Yucatán*. cicy.mx/sitios/flora%20digital/

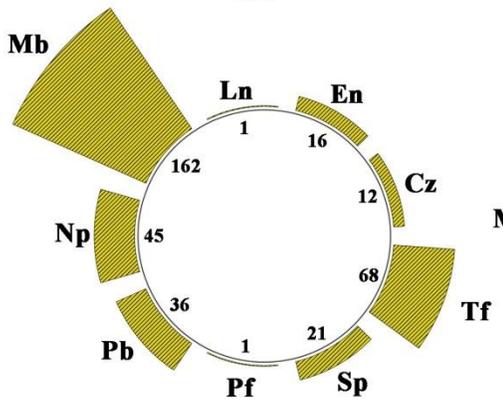
Figura 1. Familias botánicas con potencial alimenticio. B. Número de especies por distribución biogeográfica. C. Forma de crecimiento de la flora. AR=Árbol, ARB=Arbusto, HI= Hierba, PA= Palma, TH= Trepadora herbácea, EP=Epífita, TL=Trepadora leñosa. D. Número de especies de plantas pecoreadas. CZ= *Cephalotrigona zexmeniae*, FN= *Frieseomelitta nigra* LN= *Lestrimelitta niitkib* MB= *Melipona beecheii*, NP= *Nannotrigona perilampoides*, PB= *Partanoma bilineata*, PF= *Plebeia frontalis*, SP= *Scaptotrigona pectoralis*, TF= *Trigona fulviventris*. E. Usos potenciales de la flora en la Península de Yucatán, México.



A

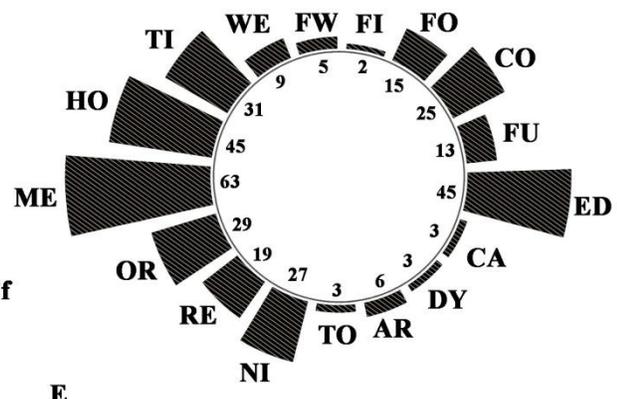


B



D

C



E

Figura 2. Continuación.

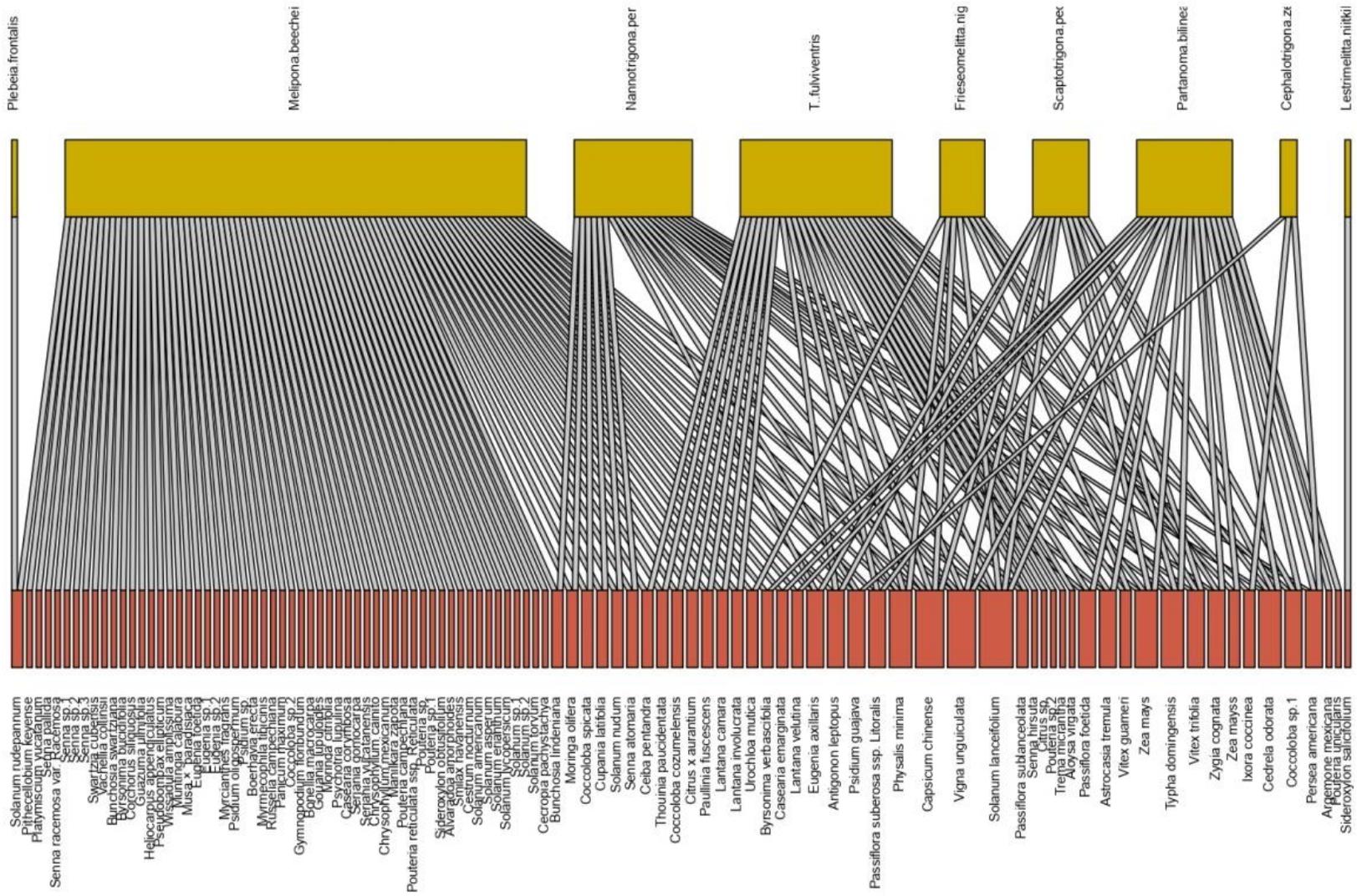


Figura 3. Diversidad de ANSA y flora melipónica utilizada como alimento. *Trigona fulviventris*: A), G), Ñ), O), P); *Cephalotrigona zexmeniae*: B); *Partamona bilineata*: C), D), H), K); *Nannotrigona perilampoides*: E), F), I), J), F); *Scaptotrigona pectoralis*: L), M).

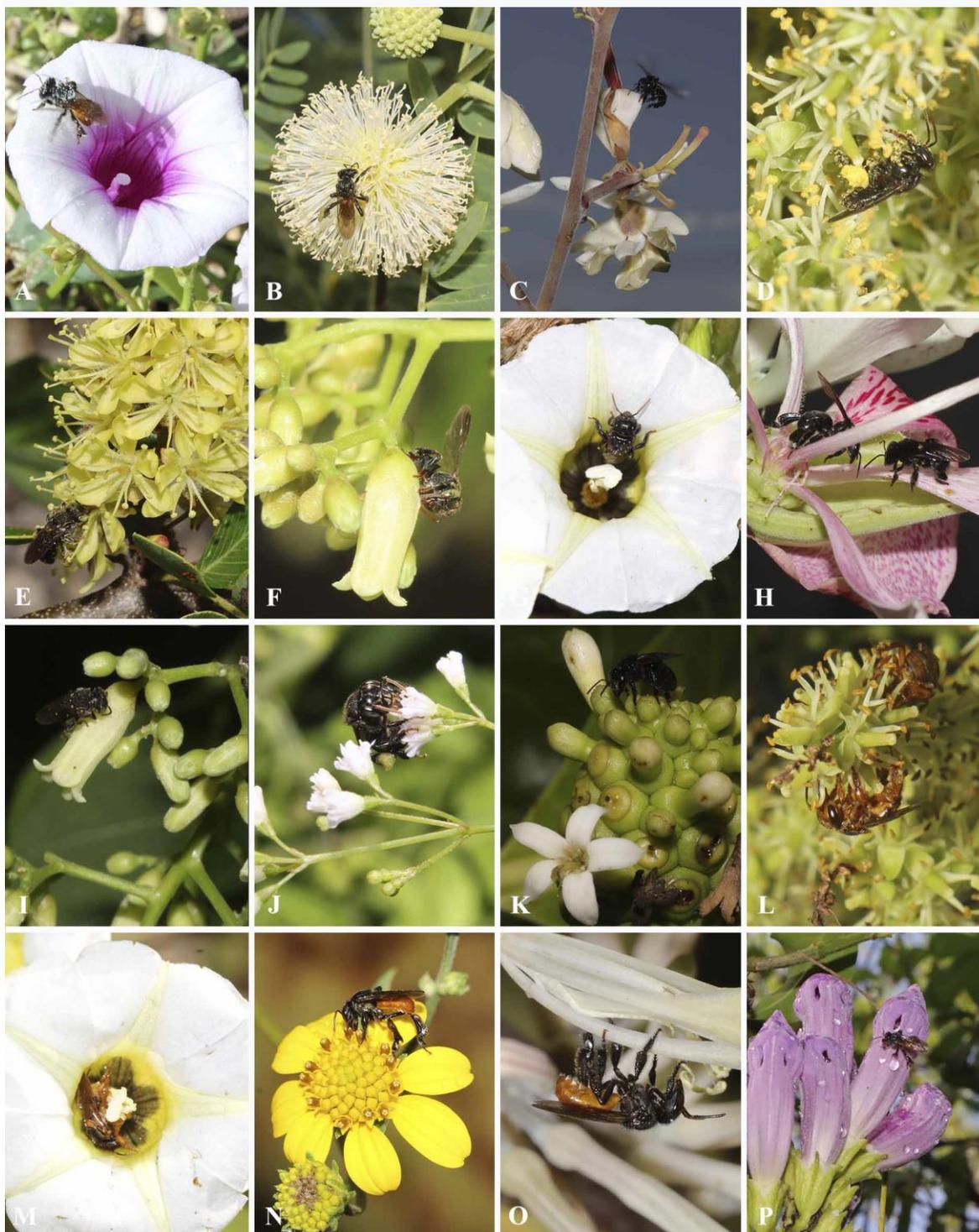


Tabla 1. Principales listados y número de especies botánicas con potencial alimenticio de abejas sin aguijón en América Latina y el mundo. Tipo de estudio (TE): PAL=Palinológico, MU= Muestreal ex situ.

País	NEI	TE	Referencia
México (PY)	204 [32, 172]	MU, RB	Este estudio
Costa Rica	26	PAL, MU	Vasquez et al. (2018)
Costa Rica	26	PAL, MU	Elizondo et al. (2019)
Cuba	31	MU	Pimentel et al. (2014)
Colombia	14	MU	Prado et al. (2021)
Brasil	45	PAL	Ramalho et al. (1989)
Brasil	78	PAL	Rech & Absy (2011)
Brasil	82	MU, RB	Lima et al. (2014)
Brasil	24	PAL	Silva et al. (2018)
Brasil	17	MU	Hamerski et al. (2020)
Brasil	6	PAL	Leite et al. (2020)
Argentina	48	PAL	Vossler (2019)
Argentina	48	MU	Palacio (2021)
Venezuela	14	MU	Rodriguez et al. (2008)
Malasia	13	PAL	Mohammad et al. (2020)
Tailandia	29	PAL	Jongjitvimol & Wattanachaiyingcharoen (2006)

Tabla 1B. Diversidad de abejas sin aguijón, Países con número de especies utilizados para cultivos reportados en América Latina y el mundo (Modificado de Luna, 2022). NEANSA= Número de especies de abejas sin aguijón, NED= Número de especies descritas polinizadoras, NCP= Numero de cultivos polinizados reportados, EUP=Especies utilizadas en el país.

País	NEANSA	NEDP	NCPR	EUP(%)	Referencia
México (PY)*	46 (19)*	18	20	39% (94%)*	Ayala (1999; 2013); Bonet & Vergara (2016); Quezada-Euán (2018)
Guatemala	33	-	-	-	Enriquez % Ayala (2014)
Nicaragua	16	-	-	-	Rosales (2013)
Costa Rica	60	16	9	26%	Hedstrom (1986); Ricketts (2004); Aguilar et al. (2013)
Panamá	63	5	7	8%	Heard (1999); Vinícius-Silva et al. (2017); Roubik & Moreno (2018)
Colombia	129	5	2	3%	Heard (1999); Nates-Parra (2001); Brieva-Oviedo & Núñez-Avellaneda (2020)
Cuba	1	1	2	100%	Fonte et al. (2012); Pimentel et al. (2014); Genaro & Lóriga (2018)
Venezuela	83	13-15	2	18%	Silva & Franco (2013); Rodriguez et al. (2015)
Perú	175	2	1	1%	Meléndez et al. (2018);
Bolivia	12	-	-	-	Ferrufino y Vit (2013)
Brasil	192	22	33	11%	Costa et al. (2018); Santos et al. (2018); Alves et al. (2020); Da-Silva et al. (2020) Nicodemo et al. (2013); Hamerski et al. (2020); Malerbo-Souza et al. (2020).
Argentina	37	2	3	5%	Flores et al. (2015); Vossler (2019); Álvarez & Lucia (2018)
India	8	8	30	100%	Rasmussen (2013), Chauhan et al. (2019)
África	20	19	18	95%	Heard (1999); Slaa et al. (2006)
Australia	11	11	12	100%	Anderson et al. (1982); Heard & Exley (1994, 1999)

Tabla S1. Especies de plantas usadas como alimento por abejas sin aguijón. Abreviaturas: Habito: AR= Arbusto, H= Hierba, A= Árbol, P= Palma, TL= Trepadora leñosa, TH= Trepadora herbácea; Estatus: N= Nativa, E= Endémica, C= Cultivada; Usos: CO= Comestible, COL= Tintóreo, COM= Combustible, CON= Construcción, MED= Medicinal, A= Artesanal, OR= Ornamental, ME= Melífera, F= Forrajera, MLZ= Maleza, R= Religioso, FI= Fibras, MA= Maderable, CAR= Carpintería, SF= Sin información; Abeja: CZ= *Cephalotrigona zexmeniae*, FN= *Frieseomelitta nigra*, LN= *Lestrimelitta niitkib*, MB= *Melipona beecheii*, NP= *Nannotrigona perilampoides*, PB= *Partanoma bilineata*, PF= *Plebeia frontalis*, SP= *Scaptotrigona pectoralis*, TF= *Trigona fulviventris*; TI= Tipo de estudio: PAL= Palinológico, MU= Muestreal ex situ. Referencia (REF): 1 = Villanueva et al. (2018), 2 = Roubik y Patiño (2018), 3 = Hamerski et al. (2020), 4 = Palacio (2021), 5= Vasquez et al. (2018), 6 = Elizondo et al. (2019), 7 = Vossler (2018).

Familia	Nombre aceptado	GH	ES	USOS	ABEJA	TI	REF
Acanthaceae	<i>Justicia campechiana</i> Standl. ex Lundell	AR	N	SF	MB, TF	PAL	1
Acanthaceae	<i>Justicia carthaginensis</i> Jacq.	H	N	C, MED	MB, TF		
Amaranthaceae	<i>Alternanthera flavescens</i> Kunth.	H	E	SF	MB	PAL	1
Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	H	C	CO, MED	MB	PAL	1
Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb	A	N	A, MED	MB	PAL	1
Anacardiaceae	<i>Spondias</i> sp.	A		CO	MB, PB	PAL	2
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i> L.	A	N	CO, CON, MA, MED	SP		
Apocyanaceae	<i>Asclepias curassavica</i> L.	H	N	MED	NP		
Apocyanaceae	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G.Don	A	C	COM, ME	MB, NP, TF	MU	3,4
Araliaceae	<i>Polyscias scutellaria</i> (Burm.f.) Fosberg	AR	C	MED	MB, NP, TF		
Arecaceae	<i>Chamaedorea seifrizii</i> Burret	H	N	O	MB, TF	PAL	1, 2
Arecaceae	<i>Chamaedorea</i> sp.	P	N	-	FN	PAL	2

Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i> H. J. Quero R.	A	N	-	MB		
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	A	N	A, CON, MED, L, MEL	MB, PB, TF	PAL	2
Arecaceae	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	P	N	CON, ME, O, R	MB		
Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult.f.	P	N, E	CON, ME	SP, TF	PAL	1
Asparagaceae	<i>Sansevieria zeylanica</i> Willd.	H	C	FI, O	MB		
Asteraceae	<i>Asteraceae sp. 1</i>	A	-	-	NP, TF		
Asteraceae	<i>Asteraceae sp.2</i>	H	-	-	PB		
Asteraceae	<i>Asteraceae sp. 3</i>	A	-	-	MB		
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	H	N	ME	FN, MB, NP, SP		
Asteraceae	<i>Critonia campechensis</i> (B.L.Rob.) R.M. King & H.Rob.	A	N	MED	MB		
Asteraceae	<i>Helianthus annuus</i> L.	H	C	O	TF		
Asteraceae	<i>Melanthera angustifolia</i> A.Rich.	H	N	CON	MB		
Asteraceae	<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	H	N	M	MB, TF		
Asteraceae	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G.Don	AR	N	CON	MB		
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i> L.	H	N	ME	MB, PB, TF		
Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	H	N	F, ME	PB, TF	PAL	1
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	H	C	A, CO, COM, CON, MA, MED, O	TF		
Bignoniaceae	<i>Bignonia potosina</i> (K.Schum. & Loes.) L.G.Lohmann	H	-	CON, MA	PB, TF	PAL	1
Bignoniaceae	<i>Mansoa verrucifera</i> (Schltdl.) A.H.Gentry	TL	N	CA, CO, MA	MB, NP	MU, PAL	2, 3
Bignoniaceae	<i>Tecoma capensis</i> (Thunb.) Lindl.	AR	C	COM, ME, MED	MB, SP		
Bignoniaceae	<i>Thunbergia grandiflora</i> (Roxb. ex Rottl.) Roxb.	TL	C	O	MB		
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	TL	N	C, CO	MB, NP, PB, SP	PAL	2
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	P	N, E	R	CZ, MB, NP, PB, PF, TF	MU, PAL	2, 3
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i> Poir.	AR	N	CON	MB	PAL	2
Boraginaceae	<i>Myriopus maculatus</i> (Jacq.) Feuillet	TL	N	ME, MED	TF		

Bromeliaceae	<i>Hechtia schottii</i> Baker	H	N, E	-	MB		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp.	H	N	O	MB		
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	AR	N	R	FN, MB, PB, SP	PAL	1, 2
Burseraceae	<i>Bursera</i> sp.	A	N	L, MED, R	MB	PAL	1, 2
Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i> (L.) Hummelinck	AR	N	O	MB, TF		
Cactaceae	<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	AR	N	MED, O	MB	MU	4
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> L.	H	N	CO	CZ, MB, NP, PB, SP, TF		
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	A	C, NA	O	MB, TF		
Combretaceae	<i>Bucida molinetii</i> (M.Gómez) Alwan & Stace	A	N, E	CO, COM, MA, ME	MB		
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	P	NA	ME	CZ, MB, NP, PB, TF	PAL	2
Convolvulaceae	<i>Distimake aegyptius</i> (L.) ARSimões & Staples	TH	N	ME	MB, TF	MU, PAL	2, 3
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	TH	C	CO	MB		
Convolvulaceae	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G.Don	TH	N	ME	MB, TF		
Convolvulaceae	<i>Ipomoea triloba</i> L.	TH	N	ME	MB, TF		
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jacq.) G.Don	TH	N	ME	TF		
Convolvulaceae	<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	TH	N	CO, ME, R	PB, TF		
Cucurbitaceae	<i>Cionosicyos</i> sp.	A	N	CO, MA,	MB		
Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	TH		CO, MA, MED	CZ, MB, NP, PB, TF		
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i> L.	AR		M	NP, PB, TF		
Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i> L.	H	C	CO	CZ, MB, NP, TF		
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita argyrosperma</i> C.Huber	H	C	CO	CZ, MB, SP, TF		
Cucurbitaceae	<i>Curcubita</i> sp.	A	N	CO	FN, NP, PB		
Cucurbitaceae	<i>Melothria pendula</i> L.	TH	N	F, ME, MED	MB, NP	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Argythamnia lundellii</i> J.W. Ingram.	AR	N, E	-	SP		
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) IM Johnst.	A	-	CO	CZ, NP		

Euphorbiaceae	<i>Croton cortesianus</i> Kunth	H	N	A, MED, R	MB	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Croton glabellus</i> L.	AR	N, E	MED	MB	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Croton humilis</i> L.	AR	N	-	MB, NP	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	AR	N	-	MB	PAL	1, 2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	H	N	-	MB, NP, TF	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia milii</i> Des Moul.	H	C	O	MB, TF	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss. var. <i>Schlechtendali</i>	AR	N	ME	CZ, MB, TF	PAL	1, 2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp. 1	AR	-	-	MB	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp. 2			-	MB	PAL	2
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	A	N	O	MB, PB, TF		1
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i> L.	A	C	COM, MED	MB, TF		
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	AR	N	CO, CON, MED, O, R	FN, NP, TF		
Fabaceae	<i>Bauhinia monandra</i> Kurz	AR	C	-	MB		
Fabaceae	<i>Guilandina bonduc</i> L.	A	N	CO, MED	MB		
Fabaceae	<i>Cenostigma gaumeri</i> (Greenm.) Gagnon & G.P.Lewis	AR	N	O	MB, NP, PB, TF		
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	A	N	CON, ME, MED, R	MB		
Fabaceae	<i>Caesalpinia</i> sp. 1	AR	C	CON, L, MED	MB	PAL	1
Fabaceae	<i>Cassia fistula</i> L.	AR	N	MA, ME, MED, R	MB, NP		
Fabaceae	<i>Chamaecrista glandulosa</i> (L.) Green var. <i>flavicomma</i> (Kunth) H.S.Irwin & Barneby	AR	N	CA, O, R	MB, TF		
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench var. <i>jaliscensis</i>	A	N	-	MB, TF	PAL	1
Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i> (Mill.) Standl.	A	N	FI, MA, ME	MB, SP		
Fabaceae	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	A	C	O	MB		
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i> DC.	H	N	F, MED	MB	PAL	1, 2
Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	A	N	-	MB		
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	A	C	F, MED, O	MB	PAL	1

Fabaceae	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	A	N	C, COM, CON, MA, ME, MED	MB		
Fabaceae	<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose	A	N	MA, ME, MED	MB	PAL	1
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	A	N	F, ME, MED	FN, NP, PB	MU, PAL	1, 3
Fabaceae	<i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth.	A	N	R	CZ	PAL	1
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	A	N	COM, CON, MA	FN, MB, NP	PAL	1
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp. 1	A		-	MB	MU, PAL	1, 5
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp. 2	A		-	MB	MU, PAL	1, 5
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	A	N	COM, CON, F, MA, ME, MED	MB		
Fabaceae	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	H	N	M	MB, TF		
Fabaceae	<i>Mimosa affinis</i> B.L.Rob.	AR	N	T	MB		
Fabaceae	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	A	N	COM, M, ME	MB, NP, PB	PAL	1
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	H	N	ME, MED	FN	PAL	2
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	A	N	COM, CON, F, MA, ME, MED,	MB, PB, TF	PAL	1
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	A	N	MA, MED, R	MB, PB, SP, TF		
Fabaceae	<i>Pithecellobium keyense</i> Coker	A	N	CO	MB		
Fabaceae	<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	A	N, E	ME, MED, O	MB		
Fabaceae	<i>Senegalia gaumeri</i> (S.F.Blake) Britton & Rose	AR	N, E	COM, F, ME, MED	MB, NP		
Fabaceae	<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	A	N	MA, R	TF		
Fabaceae	<i>Senna hirsuta</i> var. <i>leptocarpa</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	AR	-	MED, MA	MB		
Fabaceae	<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S.Irwin & Barneby	AR	-	MED, MAD	MB	PAL	1
Fabaceae	<i>Senna racemosa</i> (Mill.) H.S.Irwin & Barneby var. <i>racemosa</i>	A	N	CON, L, MA,	MB	PAL	1
Fabaceae	<i>Senna</i> sp. 1	AR	-	-	MB	PAL	1
Fabaceae	<i>Senna</i> sp. 2	-	-	-	MB	PAL	1
Fabaceae	<i>Senna</i> sp. 3	-	-	-	MB	PAL	1

Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & P.Wilson) Standl.	A	N	CO	MB		
Fabaceae	<i>Vachellia collinsii</i> (Saff.) Seigler & Ebinger	A	N	COM, MED, R	MB		
Fabaceae	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	TH	C	CO	FN, NP, PB		
Fabaceae	<i>Zygia cognata</i> (Schltdl.) Britton & Rose	A	-	-	FN, NP, SP		
Lamiaceae	<i>Vitex trifolia</i> subsp. <i>litoralis</i> Steenis	AR	C	O	CZ, NP, PB		
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	A	C	CO	MB, NP		
Malpighiaceae	<i>Bunchosia lindeniana</i> A.Juss.	AR	N	F	MB		
Malpighiaceae	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	A	N	O	MB		
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidifolia</i> Standl.	A	-	MED, R	MB, PB	PAL	1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i> Rich. ex Juss.	A	N, E	MED	MB, TF		
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	A	N	F, MA, MED	MB	PAL	2
Malvaceae	<i>Corchorus siliquosus</i> L.	A	N	M, ME	MB		1
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	A	N	F, L, ME, MED	MB		
Malvaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	A	C	CO, MED	MB	PAL	2
Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	A	N	F, MED, R	MB		
Malvaceae	<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E.Fr.	H	C	-	FN, NP, PB, SP		1
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	A	N	MED, O	MB, NP	MU, PAL	2, 6
Moringaceae	<i>Moringa oleífera</i> Lam.	A	C	MED, ME, F, O,	MB		
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	A	N	CO, ME	MB	PAL	2
Musaceae	<i>Musa</i> × <i>paradisiaca</i> L.	H	C	CO, ME	MB, NP, SP		
Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i> Willd.	A	N	CON	MB	PAL	1
Myrtaceae	<i>Eugenia foetida</i> Pers.	A	N	CON	MB	MU, PAL	2, 3
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. 1	A	-	-	MB	MU, PAL	2, 3
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. 2	A	-	-	MB	MU, PAL	2, 3
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	A	N	CO	CZ, MB, NP		1
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	A	N	MED, CO,	MB		
Myrtaceae	<i>Psidium oligospermum</i> DC.	A	N	MA, MED	MB		
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	A			MB		

Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i> L.	AR	N	A, CON, MED	MB, TF		
Oleaceae	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	A	N	COM, CON, ME	MB	PAL	1
Orchidaceae	<i>Myrmecophila tibicinis</i> (Bateman) Rolfe	E	N, E	MA, MED	PB		
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	H	N	DED, T	NP, PB, TF		
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	TH	C	F, M	MB, PB, TF	PAL	1
Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i> ssp. <i>litoralis</i> (Kunth) Port.-Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev.	TH	N	CO, M	NP, TF		
Passifloraceae	<i>Passiflora sublanceolata</i> (Killip) J.M.MacDougal	TH	N	M	NP, PB, TF		
Phyllanthaceae	<i>Astrocasia tremula</i> (Griseb.) G.L.Webster	A	N	-	MB		
Plantaginaceae	<i>Russelia campechiana</i> Standl.	AR	N	O	MB	PAL	1
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	H	NA	O	MB		
Poaceae	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q.Nguyen	H	N	F	NP, PB, SP, TF		
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	AR	C	CO	PB, TF	PAL	2
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	TH	NA	CO	MB, SP, TF		
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemls.	A	N	CO	MB, TF		
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp. 1	A	N	A	PB, SP, TF		1
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp. 2	A	-	CON, MA, ME	MB		1
Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i> Lundell	A	-	CO, RE	MB, NP		1
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	A	N	CO, ME	MB		1
Primulaceae	<i>Bonellia macrocarpa</i> (Cav.) B. Ståhl & <i>Källersjö subsp. macrocarpa</i>	H	N	CO	MB		1
Rhamnaceae	<i>Gouania lupuloides</i> (L.) Urb.	TL	N	-	MB		
Rubiaceae	<i>Ixora coccinea</i> L.	AR	C	O	CZ, TF		
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	AR	C	MED	MB		
Rubiaceae	<i>Psychotria lupulina</i> Benth.	AR	N	-	MB	PAL	
Rutaceae	<i>Citrus × aurantium</i> L.	H	C	CO, MED, RE, O	MB, TF	PAL	2
Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.	A	C	-	TF	PAL	1, 2

Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	H	NA	MA, MED, RE, ME	MB	PAL	1, 2
Salicaceae	<i>Casearia emarginata</i> C. Wright ex Griseb.	AR	N	CO	MB, PB	PAL	2
Sapindaceae	<i>Cupania latifolia</i> Kunth	H	C	CO	MB, NP	PAL	2
Sapindaceae	<i>Paullinia fuscescens</i> Kunth	TL	N	M	MB, TF	PAL	2
Sapindaceae	<i>Serjania goniocarpa</i> Radlk.	H	N	ME	MB		
Sapindaceae	<i>Serjania yucatanensis</i> Standl.	H	E	MED	MB		1
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	P	C	O	MB		1
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl.	A	N	CO, MA, MED	MB		1
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	A	N	CO, MA	MB		
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	A	N	CO	MB		
Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma subsp. <i>reticulata</i>	A	N	CO, MA	MB		1
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.				MB	PAL	1, 2
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp. 1				MB	PAL	1, 2
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp. 2				TF	PAL	2
Sapotaceae	<i>Pouteria unicularis</i>	A			PB		
Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn. ssp. <i>buxifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn.	AR	N	MA, CA	MB	PAL	1, 7
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i> (L.) Lam.	AR	N	CON, ME, MED, MA	LN		
Simaroubaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	A	N, E	MA, ME	MB		
Smilacaceae	<i>Smilax havanensis</i> Jacq.	AR	N		MB		
Solanaceae	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	AR	C	CO, MED	FN, MB, NP, SP, TF		
Solanaceae	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	A	N	MA, ME, MED	MB		1
Solanaceae	<i>Physalis minima</i> L.	H	N	CO, MA, MED	FN, MB, NP, TF		
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	AR	N	MED	MB		1
Solanaceae	<i>Solanum asperum</i> Rich.	AR	E		MB		
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	AR	N		MB		

Solanaceae	<i>Solanum lanceifolium</i> Jacq.	H	N	MED, T	FN, MB, NP, PB, SP, TF		1
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	H	NA	CO	MB		
Solanaceae	<i>Solanum nudum</i> Dunal	A	N	CO	MB, NP		
Solanaceae	<i>Solanum rudepannum</i> Dunal	AR	N		MB		
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.1	AR			MB	MU, PAL	1, 3, 7
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.2	AR			MB	MU, PAL	1, 3, 7
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i> Sw.	AR	N		MB		1
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i> Pers.	H	N		NP, PB, SP, TF		
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	AR	N		TF		
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	H	C, NA	MED, O	MB		
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	AR	C	ME	TF		
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	AR	N	MED	MB, TF		
Verbenaceae	<i>Lantana involucrata</i> L.	AR	N	O	MB, TF		
Verbenaceae	<i>Lantana velutina</i> M.Martens & Galeotti	AR	N		MB, PB		1
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	A		ME, MED	FN, TF		

7. 2. Capítulo 2.

Diversidad de polinizadores, visitantes florales y morfometría floral de cinco especies de Convolvulaceae en la península de Yucatán, México

Ríos-Oviedo AJ*, Cetzal-Ix W, Ginore-Pérez Y, Lara-Pérez

¹Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 entre 22 y 28, Colonia Centro Chiná 24, Campeche, México. : ángel_jro96@hotmail.com

7.2.1. Abstract

La polinización es una interacción mutualista fundamental para el correcto funcionamiento de los ecosistemas, mediada por la entomofauna y atraída principalmente por el color, fragancia, disponibilidad de néctar, polen y la morfometría floral. Sin embargo, en las últimas décadas los ecosistemas se han visto afectados por las actividades antrópicas, causándoles a los polinizadores la pérdida de alimento, hábitat y baja alogamia floral. En este estudio se evaluó si los factores ambientales, color y morfometría floral juegan un papel relevante en la diversidad de polinizadores y sus interacciones en áreas semi-conservadas de la PY. Se evaluaron las interacciones planta-insecto de las visitas a nectarios florales, transporte de la carga polínica y la asociación entre morfometría floral y corporal de los polinizadores en cinco especies de Convolvulaceae, realizando muestreos diarios durante 30 días por especie en periodo de lluvias y nortes (agosto 2018 y agosto 2019). Se registró la duración y horarios de pecoreo, así como el periodo de longevidad floral. Se identificó un total de 26 especies de visitantes florales (VF) e insectos polinizadores (IP) en las especies de Convolvulaceae, de estos, 19 son IP (73%) y siete VF (27%). Los IP corresponden a especies de los órdenes Hymenoptera (15), Lepidoptera (2), Diptera (1), Coleoptera (1), mientras los VF a Coleoptera (2), y familias Formicidae (1), Pieridae (1), Oxyopidae (1), Thripidae (1), Muscidae (1). En las interacciones de Convolvulaceae, se registró en *I. carnea* subsp. *carnea* 1500 interacciones (IP=1305, VF=195), *I. carnea* subsp. *fistulosa* 1394 (IP=1139, VF=255), *T. corymbosa* 1000 (IP=857, VF=143), *D. dissectus* 904 (IP=680, VF=224) y *D. aegyptius* 885 (IP=709, VF=176). El

²En revisión para su publicación en Journal of Economic Entomology

32 28% (n=50) de los IP transportaron polen mayormente en las extremidades, seguido de la
33 región ventral 26%. Los IP se presentaron durante toda la apertura floral y la duración del
34 forrajeo se percibió mayor en los oligolecticos (>20 s), mientras que los recolectores de
35 néctar reflejaron menor duración (<15 s). Las abejas Halictidae fueron buenas
36 polinizadores oligotrópicas (selectivos) otorgándolas como bioindicadoras de sitios
37 perturbados. La presencia de entomofauna para la obtención de néctar en Convolvulaceae
38 se realizó en las primeras horas del día (6:00-10:00 hrs). Asimismo, la temperatura fue
39 crucial, cuando se encuentra por encima de los 25°C las interacciones de los IP aumentan.
40 La baja diversidad de IP y VF en el área de estudio, posiblemente está asociado al grado de
41 intervención antropogénica.

42 Palabras clave: Abejas, pecoreo, polinización, polen, visitantes florales.

43

44 **7.2.2. Introducción**

45 La interacción mutualista más importante que se lleva a cabo en todos los sistemas florales
46 es la polinización, al proveerles las plantas alimento y refugio a los insectos, estos les
47 contribuyen con la reproducción de aproximadamente el 90% de las plantas con flores
48 (García *et al.*, 2016). Existen dos roles fundamentales en la biología de polinización,
49 visitantes florales y polinizadores (VFP). Los visitantes florales desempeñan diversos
50 patrones en la flor, donde son capaces de consumir néctar o polen, pero no desarrollar
51 polinización, posarse sobre la corola sin introducirse al estigma, o bien, preñar pétalos,
52 sépalos, estambres etc. (Herrera *et al.*, 2019). Por su parte, los polinizadores tienen la
53 capacidad de tener contacto con los estambres, estigma y transportar granos de polen en el
54 cuerpo de flor en flor originando fecundación (Trejo *et al.*, 2015). La presencia de VFP en
55 las plantas varía en función del tipo de vegetación, estado conservación o grado de
56 perturbación; por tal razón, se ha indicado que la presencia o ausencia (p.ej., escarabajos,
57 abejas, hormigas y mariposas) de algunas especies pueden indicar el estado de
58 conservación en los ecosistemas (Potts *et al.*, 2001; Medan, 2002; Álvarez *et al.*, 2006;
59 Freitas y Sazima 2006; Díaz *et al.*, 2007).

60 La polinización de las plantas depende de la selección de los VFP que son atraídos
61 por el color de la corola, fragancias, recursos alimenticios (agua, resinas, néctar que actúa
62 como fuente de carbohidratos y polen que satisface la necesidad de proteínas, minerales y
63 grasas) y la morfometría floral (variación del tubo floral y apertura de entrada al saco
64 nectarífero), entre especies podría sugerir que es un rasgo sujeto a selección natural
65 mediado por distintos polinizadores denominados síndromes de polinización (Ramírez,
66 2000; Andrada y Tellería, 2005; Villarreal, 2006; Temeles *et al.*, 2009; Mărgăoan *et al.*,
67 2010).

68 México es un país con una alta diversidad de entomofauna asociada a la
69 polinización, entre estas se encuentran las abejas nativas con cerca de 2 mil especies y con
70 un estimado de lepidópteros de 23,750-25,000 especies; también existen polinizadores en
71 otros grupos taxonómicos como coleópteros, dípteros etc., pero sin cifras exactas del
72 número de especies (Romeu, 2000; Ayala, 2010; Llorente-Bousquets *et al.*, 2014). Sin
73 embargo, la disminución de las poblaciones de estos polinizadores ha provocado un
74 creciente interés por conservar principalmente a las abejas a nivel mundial durante los
75 últimos años (Halsh *et al.*, 2021; Wagner *et al.*, 2021). Esta preocupación se contrasta con

76 el enorme descenso de colonias y poblaciones de abejas melíferas, meliponinas y otros
77 grupos clave en la biología floral de los sistemas de vegetación (Ayala, 2010; González *et*
78 *al.*, 2018).

79 Para entender la diversidad e interacciones planta-polinizador y comprender la
80 biología floral en los sistemas de vegetación es necesario estudiarlas, pero estos, son
81 escasos y poco estudiados ecológicamente en la península de Yucatán (PY) (Cahuich, *et al.*,
82 2004; Kremen, 2005). Algunos estudios sobre polinización y biología floral en
83 Convolvulaceae se ha realizado en especies de los géneros *Ipomoea*, *Jacquemontia*,
84 *Calystegia*, *Convolvulus*, *Evolvulus* y *Distimake* (Galletto *et al.*, 2002). En México,
85 particularmente en la PY, Convolvulaceae es catalogada como un grupo de plantas de
86 importancia apícola para los periodos de escasez de alimento en la temporada de lluvias
87 (McDonald, 1997; Cetzal-Ix *et al.*, 2019). Convolvulaceae esta representada por ca. 295
88 especies en 16 géneros (Villaseñor, 2016), compuesta de especies arbóreas, arbustivas y
89 herbáceas, pero principalmente de plantas trepadoras (McDonald, 1997, Muñoz, 2011). A
90 pesar de ello, existen pocos estudios de polinización de este grupo en la PY (Arellano *et al.*,
91 2003; Porter, 2003; Alfaro *et al.*, 2011; Carnevali *et al.*, 2012).

92 Convolvulaceae representa un buen modelo para estudiar el comportamiento y
93 diversidad de los polinizadores, por la disponibilidad de ejemplares en sitios
94 semiconservados y perturbados, con flores relativamente simples para realizar
95 observaciones que favorecen a entender los sistemas de reproducción sexual de la flora de
96 importancia apícola y su flujo genético (LaSalle y Gauld 1993; Arellano *et al.*, 2003 Porter
97 *et al.*, 2009; Alfaro *et al.*, 2011; Muñoz, 2011).

98 En este contexto, el objetivo del estudio es analizar el comportamiento planta-
99 polinizador y evaluar la diversidad de especies asociadas entre diferentes morfometrías y
100 coloraciones florales en Convolvulaceae; por ello ante la falta de estudios se considera de
101 gran relevancia la evaluación de los VFYP por las implicaciones que puedan obtener en
102 estudios próximos de biología sexual en plantas (Alfaro *et al.*, 2011). Se espera que los
103 polinizadores presenten mayor preferencia a flores con colores más conspicuos (lila, rosa,
104 morada = 380-450 nm) en contra parte de colores menos llamativos (luz blanca). Además,
105 se espera que la entomofauna ≤ 5 mm denote preferencia en las interacciones planta-
106 polinizador por morfometría de flores de Convolvulaceae con una longitud floral (LF) de

107 ≤ 70 mm, e insectos más grandes (≥ 10 mm) manifesten preferencia por flores con LF ≥ 70
108 mm.

109 **7.2.3. Materiales y métodos**

110 **Sitio de estudio**

111 El experimento se realizó en los alrededores de un fragmento de 2.5 ha de selva mediana
112 subcaducifolia del Jardín Etnobiológico Campeche del Tecnológico Nacional de México,
113 Campus Chiná Campeche, México (19°46'17.77"N, 90°30'10.77"O, 20 msnm). El clima es
114 Aw, presenta una estación de secas de febrero a junio y con una temperatura media anual
115 de 26.3°C (INEGI, 2012). Las especies arbóreas predominantes en la vegetación son:
116 *Lysiloma latisiliquum* y *Gymnopodium floribundum*, con un grado de perturbación del 40%,
117 con regular actividad antropogénica.

118 **Especies estudiadas de Convolvulaceae**

119 Se seleccionó a *Distimake aegyptius* (L.) A.R. Simões & Staples (flores blancas), *D.*
120 *dissectus* (Jacq.) A.R. Simões & Staples (flores blancas con garganta morada), *Ipomoea*
121 *carnea* subsp. *carnea* (flores rosas con garganta oscura), *I. carnea* subsp. *fistulosa* (Mart.
122 ex Choisy) D.F. Austin (flores blancas ligeramente rosáceas) y *Turbina corymbosa* (L.)
123 Raf. (flores blancas con garganta café-morado). Estas especies fueron seleccionadas de
124 acuerdo a la disponibilidad de floración en el periodo de estudio.

125

126 **Variables climáticas**

127 Se registraron las siguientes variables climáticas: temperatura (°C), velocidad del viento
128 (km/h) y humedad relativa (HR%), se utilizó un anemómetro manual Fisherbrand™, con el
129 cual se capturó estos datos cada hora durante el periodo de antesis floral de cada especie.

130

131 **Determinación de muestreos**

132 Se establecieron parcelas de 10 × 10 m para cada especie en su ambiente natural. El estudio
133 abarcó los periodos de floración de agosto 2018 a enero 2019 para *Distimake dissectus*,
134 *Ipomoea carnea* subsp. *carnea* e *I. carnea* subsp. *fistulosa*; de agosto a diciembre 2019 para
135 *D. aegyptus* y *Turbina corymbosa*. A cada especie se le realizó observaciones directas
136 diarias durante 30 días, cada hora, desde la apertura hasta el cierre floral en intervalos de 15
137 minutos. Se determinó el recurso obtenido de cada agente (VFYP), comportamiento que
138 exhibe dentro la flor y horario preferidos de recolecta de polen y néctar. Al finalizar los
139 muestreos estos se capturaron utilizando una red entomológica y se colocaron en frascos
140 herméticos, luego se transportaron al Laboratorio de Agroecosistemas de Conservación de
141 la Biodiversidad del Instituto Tecnológico de Chiná, donde fueron puestos en latencia a 4°C
142 para su identificación y evaluación polínica, liberándolos al finalizar. Posteriormente, para
143 la identificación de las especies se utilizó una guía de identificación entomológica de la red
144 BugGuide (<http://bugguide.com.mx>) y claves taxonómicas de Morrone (1996), Guiomar y
145 Fernández (1992) y Ratcliffe (2003).

146

147 **Morfometría floral y polinizadores**

148 Se realizó la caracterización morfométrica de las flores (n= 30) a cinco individuos por
149 especie, siguiendo los criterios propuestos por Martínez *et al.* (2012): longitud floral,
150 longitud interna del tubo floral, diámetro floral, distancias de las anteras y el gineceo a la
151 base del tubo floral, diámetro de la apertura interna de la corola y la longitud del pedicelo
152 (Figura 5), dichas variables se registraron con un calibrador digital modelo CALDI-6MP de
153 escalas milimétricas. Para definir la morfometría de los polinizadores, se utilizaron n=5
154 individuos de cada especie; midiendo las regiones morfológicas del cuerpo, tales como la
155 longitud externa del insecto, altura del insecto, largo de las extremidades, longitud del
156 estilete, ancho de la probóscide y anchura del abdomen.

157

158 **Duración de pecoreo**

159 Para evaluar la duración del forrajeo se siguió los criterios de Di Trani de la Hoz (2007) y
160 Rodríguez *et al.* (2014), utilizando las categorías rápida, efectiva y prolongada. La visita
161 rápida fue considerada para aquellos insectos que interactúan con los filamentos

162 estaminales de la flor durante 2 segundos; visita efectiva cuando interactuaron más de 2
163 segundos; y visita prolongada cuando superó los 8 segundos. El comportamiento se
164 describió con base en visualizaciones directas, videos y fotografías.

165

166 **Evaluación del transporte de polen**

167 Para la designación del transporte del polen se realizaron comparaciones morfológicas,
168 tamaño y color entre los granos de polen florales y corporales adheridos a los VFP,
169 utilizando aceite inmersión a 100/1.25x con un microscopio digital VELAB™ VE-M5LCD
170 y Microscopio binocular biológico VE-B50. Las regiones del cuerpo que se tomaron para
171 establecer el transporte de polen fueron probóscide, extremidades, región ventral, región
172 dorsal o todo el cuerpo. Se utilizó la técnica de muestreo de polen de Beattie (1971),
173 colectando 3-5 individuos vivos de cada especie de polinizadores, frotándolos en glicerina
174 natural líquida, se agitaron y se colocaron en portaobjetos para separar de su cuerpo los
175 granos de polen y optimizar su visualización bajo microscopio óptico.

176

177 **Análisis de datos**

178 Se utilizó la prueba de T-student con un nivel de significancia de ($P < 0.05$) para comparar
179 medias de las fases fenológicas de las flores. La morfometría se analizó con estadística
180 descriptiva (promedio, desviación estándar, valores máximo y mínimo) y se realizó una
181 prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0,05$) para detectar diferencias entre la
182 morfometría de las flores y el tamaño de los polinizadores. Se correlacionó la tasa de
183 interacciones y factores medioambientales (temperatura °C, humedad relativa HR%,
184 velocidad del viento km/h), para determinar los parámetros de asociación planta-
185 polinizador. Las medias de las variaciones de dimensiones florales fueron comparadas entre
186 especies utilizando un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de
187 significancia de $p < 0,05$, manipulado en el programa estadístico Minitab® v.18.1.

188

189 **7.2.4. Resultados**

190 **Longevidad floral**

191 Se reconocieron tres fases fenológicas identificables por exposición y coloración de la
192 corola y los filamentos estaminales (pre-antesis, antesis con apertura sin filamentos
193 estaminales indehiscentes y la antesis con apertura con filamentos estaminales dehiscentes).
194 La pre-antesis floral ocurrió cuando los filamentos estaminales no eran visibles (botones
195 florales), se encontraron diferencias significativas ($p < 0.5$) en la prueba de T-student en el
196 tiempo de pre-antesis de *I. carnea* subsp. *carnea* con mayor duración 17 ± 0.40 EE horas
197 (media ± 1 E.E. $n= 20$ botones) y *T. corymbosa* con menor duración 11 ± 0.23 EE horas ($n=$
198 20 botones) (Tabla 2). La antesis con apertura sin filamentos estaminales indehiscentes, se
199 refiere al inicio de la antesis floral y apertura de la corola, cuando los filamentos
200 masculinos (anteras) envuelven al estigma hacia el centro, impidiendo la alogamia. En esta
201 fase todos los representantes persistieron menos de 30 minutos, siendo menor en *T.*
202 *corymbosa* (14.8 ± 0.31 EE) y con una alta significancia estadística en las medias (p
203 < 0.000), igualmente presentándose esta tendencia en *D. dissectus* (Tabla 2). Por su parte, la
204 antesis con apertura con filamentos estaminales dehiscentes, consiste cuando la corola está
205 completamente exhibida y los granos de polen y el estigma están receptivos. Esta fase fue
206 difusa entre las especies, perdurando menos del medio día y encontrando diferencias
207 significativas ($p < 0.010$) en el tiempo de apertura floral en *D. aegyptus*, con un tiempo de
208 5 ± 0.27 E.E. horas (6:00 a 11:00 horas) y en *I. carnea* subsp. *carnea* permaneció hasta el
209 atardecer 14 ± 0.45 E.E. horas (2:00 a 16:00 horas) (Tabla 2).

210

211

212 **Polinizadores y visitantes florales**

213 Se identificó un total de 26 especies entre visitantes florales (VF) e insectos polinizadores
214 (IP) en las especies de Convolvulaceae, de estas, 19 son IP (73%) y siete VF (27%). Los IP
215 pertenecen a los órdenes Hymenoptera (15 especies), Lepidoptera (2), Diptera (1),
216 Coleoptera (1); por su parte, los VF a Coleoptera (2 especies) y las familias Formicidae (1),
217 Pieridae (1), Oxyopidae (1), Thripidae (1), Muscidae (1) (Tabla 4).

218 En el número de interacciones, se registró 1,305 en *I. carnea* subsp. *carnea*, siendo
219 la más visitada por los IP, ocho Hymenoptera de las familias Apidae, Halictidae,
220 Andrenidae y *Polites vibex* (Tabla 3). Por su parte, *D. dissectus* registró 680 interacciones y
221 ocho especies de insectos, de las cuales seis fueron totalmente IP del orden Hymenoptera
222 dominando los Halictidos, y registrando visitas de *A. mellifera*.

223 Asimismo, en *D. aegyptus* se tomó en cuenta un VF del orden Coleoptera que no
224 obtuvo contacto con los filamentos estigmáticos, pero se observó el robo de néctar; Se
225 presenció de igual manera en *D. aegyptus*, *D. dissectus* y *T. corymbosa* tres meliponinos
226 que se comportaron como IP: *Trigona fulviventris*, *Frieseomelitta nigra* y *partamona*
227 *bilineata*, de importancia en la meliponicultura.

228 Se registró cuatro especies de Convolvulaceae que son pecoreadas por *A. mellifera* donde
229 obtuvieron mayor preferencia por *T. corymbosa* ($\pm 70\%$) y *D. aegyptus* ($\pm 39\%$). Las abejas
230 solitarias (Halictidae) resultaron polinizadores efectivos, registrándose en cuatro de las
231 especies de Convolvulaceae, preferentemente en *D. dissectus* ($\pm 30\%$) por *Augochlora* sp. y
232 *L. coeruleum*; e *I. carnea* subsp. *carnea* ($\pm 36.1\%$) por *Augochlora* sp. y *L. reticulatum*
233 (Tabla 2). Los Lepidoptera estuvieron presentes en todas las especies, más destacables en
234 *D. dissectus* por *Urbanus dorantes* $\pm 4.0\%$ y *Polites vibex*. El coleóptero *Trachelobrachys*
235 *kiesenwetteri* estuvo presentes solo en *T. corymbosa* en un 2% debido a su bajo número de
236 interacción (tabla 3).

237 La abejas *Augochlora* sp. (Halictidae) fue el grupo que mantuvo una interacción más fuerte,
238 con mayor preferencia a pecorear especies con corola blanca, *D. aegyptus* (30%), seguido
239 de *D. Dissectus* (17%); Por otro lado, el color floral lila de *I. carnea* subsp. *fistulosa*
240 provocó solo un 20% de pecoreo en *L. coeruleum*.

241

242

243 **Transporte de polen**

244 El 28% de los IP transportaron el polen de las cinco especies de Convolvulaceae a través de
245 sus extremidades, seguido de la región ventral con un 26%. Los IP en *I. carnea* subsp.
246 *carnea* registraron un 50% de la carga polínica en la parte de sus extremidades, siendo
247 *Melitoma taurea* el visitante con mayor número de granos de polen adheridos 54 (29.6 E.E.
248 n=10 individuos). *A. mellifera* fue el visitante con mayor carga de polen en todo el cuerpo
249 80 (± 0.25 E.E. n=10 individuos) en *I. carnea* subsp. *fistulosa* debido al elevado contacto
250 con los estambres estaminales; Sin embargo, en *T. corymbosa* se registró en la región
251 dorsal máx=65 (± 0.34 E.E. n=10 individuos) esto al observar el comportamiento de
252 libamamiento de extracción del néctar.

253 En *D. dissectus* se observó que cinco de seis IP, incluyendo dos de la Tribu Meliponini
254 *Trigona fulviventris* y *Frieseomelitta nigra* que presentaron cargas polínicas en la región
255 ventral. Sin embargo, también *Lassioglossum coeruleum* (Halictidae) fue el insecto que
256 obtuvo mayor carga polínica 40 (30 EE, n=10). *Distimake aegyptus* registro tres
257 Lepidópteros, obteniendo cargas polínicas en la probóscide debido a la conducta de
258 libamamiento de néctar con la espiritrompa; así mismo *Apis mellifera* fue el visitante con
259 mayor carga polínicas en todo el cuerpo 60 (62.2 EE, n=10). En *Turbina corymbosa*, la
260 carga polínica se llevó a cabo por IP de la familia Apidae este ocurrió generalmente en la
261 región ventrales y extremidades de *Megachile brevis*, *T. fulviventris* y siendo *A. mellifera*,
262 el mayor portador polínico (40 ± 51.4 EE, n=10). También se registró un abejorro (*Xylocopa*
263 *sp.*) con cargas dorsales, esto al someterse al saco nectarífero interior de la flor, donde los
264 estambres tuvieron contacto con la región dorsal, cargándose de polen.

265

266 **Duración de pecoreo**

267 Se detectó que los halictidos intervienen como abejas oligolecticas colectoras de polen en
268 las primeras horas de anthesis floral de Convolvulaceae, como *L. coeruleum* donde se
269 observó la obtención de polen en las primeras horas de anthesis registrando un tiempo de
270 pecoreo prolongado de 62 segundos en *I. carnea* subsp. *fistulosa*. Así mismo, En *D.*
271 *dissectus* e *I. carnea* subsp. *carnea* los Halictidos *Augochlora sp.*, *L. reticulatum*, *L.*
272 *coeruleum*, obtuvieron tiempo considerables de pecoreo hasta de 72 segundos.

273 Asimismo, en 4 de las especies de estudio, *Apis mellifera* se comportó como polielectica y
274 consumidora de polen y néctar al mismo tiempo, con una duración de forrajeo prolongada
275 entre 25-60 segundos denotando especial preferencia por *T. corymbosa* y *D. aegyptius*. El
276 tipo de consumo (Polen, néctar) de cada especie de convolvulaceae tuvo relación con la
277 duración de pecoreo, ejemplo de ello la abeja *Andrena dorsata* que pecoreaba un promedio
278 de P(25 segundos) en *I. carnea* subsp. *carnea*, pero en *I. carnea* subsp. *fistulosa* enfatizaba
279 con una duración de E(5 segundos). Los lepidópteros restringieron esta conducta anterior
280 mencionada en *D. aegyptius*, donde libaron néctar por un lapso de tiempo prolongado entre
281 30-60 segundos, excepto en *I. carnea* subsp. *carnea* con visitas efectivas <10 segundos.

282

283 **Factores climáticos asociados a la abundancia**

284 La temperatura menor a 20°C limitó las visitas de actividad de pecoreo, principalmente
285 entre las 6:00 – 8:00 horas, al ascender este entre 9:00 y 14:00 horas, se produjo un
286 incremento de interacciones. En los muestreos el viento no presentó considerables
287 implicaciones ya que no excedió los 15 km/h, manteniéndose constante entre las 7:00 y
288 13:00 horas. La humedad relativa (HR%) jugó un papel importante en las interacciones,
289 principalmente en los Halictidos *Augochlora sp.*, *L. coereleum*, *L. reticulatum*, que
290 repondían exponencialmente al transcurrir las horas del día cuando se disipa la humedad
291 del ambiente. De la misma forma ocurrió en *I. carnea* subsp. *carnea*, donde se registró
292 bajas interacciones de IP y VF en un índice alto de (66.5 HR%), sin embargo, al disminuir
293 gradualmente a HR% 40.8 aumento 10% de interacciones (Figura 1).

294

295 **Morfometría**

296 El ANOVA reveló que los segmentos de las flores con mayor variación morfométrica
297 fueron la longitud floral ($p= 0.0000$, $R^2=099.8$) y el diámetro de la flor ($p= 0.0000$,
298 $R^2=099.7$). No obstante, el diámetro de la apertura interna de la corola (DAIC) resultó con
299 mayor similaridad en milímetros con respecto a las otras especies ($p= 0.0400$, $R^2=069.8$,
300 $F= 89.78$) (Tabla 1A).

301 Con base a los análisis de boxplots de grupos múltiples, se pudo concluir que el diámetro
302 apertura interna de la corola es similar entre especies de Convolvulaceae, siendo esta la
303 entrada principal para los sacos nectaríferos y tecas polínicas, por lo aquellos insectos como

304 *P. vibex* (Lepidoptera) relativamente equivalentes a este carácter, necesitan una
305 espiritrompa de mayor longitud de (9.58 mm, DEE \pm 0.49). En este sentido, las medidas de
306 la distancia de las anteras a la base del tubo floral fue otro factor relativamente semejante,
307 oscilando entre 17-30 mm (Figura 4).

308 Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas en altura y largo de los
309 insectos de y extremidades ($p= 0.0028$, $R^2=099.7$, $F=2,105$) (Tabla 1B), por lo que la
310 prueba Tukey (<0.05) encontró relación de altura entre *P. bilineata*, *F. nigra*, *M. taurea*, *M.*
311 *brevis*, *L. reticulatum*, *Augochlora sp.*, *C. arizonensis*, *A. apiformis* ($P=0.061, R^2=0.981$),
312 dichas especies se registraron en todas las especies de Convolvulaceae

313

314

315 **7.2.5. Discusión**

316 **Consumo de polen**

317 El consumo de polen se vio preferido generalmente por abejas de la familia Halictidae
318 (*Augochlora sp.*, *Lasioglossum reticulatum*, *L. coeruleum*) y Apidae (*Ancyloscelis*
319 *apiformis*), lo que indica que son especies oligoléticas, tal como se reportan en estudios
320 anteriores de Galetto *et al.*, (2002). *Apis mellifera* fueron polielecticos generalistas en las 4
321 especies de Convolvulaceae consumiendo polen y néctar al mismo tiempo; los meliponinos
322 se vieron más selectivos consumidores de néctar contrastando los estudios de Parra *et al.*,
323 (2017), sin embargo Pick y Schindwein (2011), indican que las plantas con poblaciones
324 simpátricas pueden influir en cambios dinámicos en las visitas por disponibilidad de polen
325 y competencia interespecífica, entre especies oligoléticas de otras flores de
326 Convolvulaceae. Las especies de Convolvulaceae del presente estudio resultaron ser
327 promotoras en la producción de néctar y polen, esto debido a la selección de alimento de
328 los diferentes grupos entomofaunicos, tal y como se reportan de igual manera en los
329 estudios de Antonini *et al.*, (2006) en especies de *Ipomoea sp.* y *Merremia sp.*
330 (Convolvulaceae).

331

332 **Interacciones planta-insecto**

333 Con respecto a porcentaje de interacciones de *A. mellifera*, se registró su presencia en
334 cuatro especies de Convolvulaceae, siendo 10% más recurrente en las flores con respecto a
335 otras abejas, sobre todo en *T. corymbosa* con una frecuencia del 50%, resultados similares a
336 los presentados en el estudio para los sucesos de antesis y polinización floral obtenidos por
337 Vale *et al.*, (2013) y la excelente asociación que tienen, debido a la buena calidad de néctar
338 y disponibilidad de polen como reporta Nolasco *et al.*, (2019). Estas interacciones son un
339 indicador para estas especies de Convolvulaceae y su uso potencial en apicultura para los
340 periodos de crisis alimenticia de *A. mellifera*, acordando con lo publicado por (Cetzal-ix *et*
341 *al.*, 2019). Sin embargo, debido al territorialismo de *A. mellifera*, esta ocasiona la reducción
342 de polen en las flores y reducción de alimento para otras abejas oligoléticas, sobre todo
343 con abejas nativas de la región; esta misma actividad también fue registrada en flores de *D.*
344 *aegyptus* es estudios de Pick y Schindwein (2011).

345 Por otro lado, Janzen, (1975), Ibarra *et al.*, (2005), Waser, (2005) y Muchhala, (2006)
346 mencionan que el color blanco de la corola en las flores se relaciona mayormente con

347 síndromes florales de quiropterofilia (murciélagos) y falenofilia (polillas); tal y como se
348 presenta en *Ipomoea murucoides* por (Martinez *et al.*, 2012). Sin embargo, en el caso de *I.*
349 *carnea* subsp. *fistulosa* con apertura floral nocturna (4:00 hrs) no se registró visitas por
350 murciélagos y polillas, aun estando en un sitio con actividad de quirópteros, descartando en
351 este estudio para las especies seleccionadas la hipótesis del síndrome floral en flores
352 blancas de Convolvulaceae.

353 Los factores climáticos se ven muy asociados a las interacciones planta polinizador, al
354 elevarse la temperatura y reducir la humedad relativa (HR%) se elevan exponencialmente
355 las visitas, esto explicaría que la actividad de forrajeo de *A. mellifera* y *Augochlora sp.*
356 sobre Convolvulaceae, donde elevan su pico de actividad desde las primeras horas de la
357 mañana cuando la temperatura sube a más de 25°C y cerca del mediodía, hora de mayor
358 temperatura, contrastando con los resultados obtenidos por (Gallego y Parra, 2015); si bien
359 el viento es un factor limitante para el néctar, ya que este se evapora a altas temperaturas de
360 la tarde de acuerdo con Nolasco *et al.*, (2019) los insectos consumían el polen restante de
361 los filamentos estaminales. Al finalizar la longevidad de vida de la flor en la fase ACFD
362 (Antesis con apertura con filamentos estaminales dehiscentes) los pétalos se marchitan
363 hacia el centro de la garganta floral, tal como ocurre en la mayoría de las especies de
364 Convolvulaceae Paz & Oliveira, (2008); Paz *et al.*, (2013).

365 En este estudio se notó la presencia de tres meliponinos (*Trigona fulviventris*,
366 *Frieseomelitta nigra* y *partamona bilineata*), según Antonini y Martins (2003) alguno sitios
367 de recolección de alimentos seleccionados por meliponinos dependen de la cantidad o
368 productividad de néctar, polen, fragancias de las flores, donde se pueden clasificar como
369 abejas generalistas tal y como se presentó en este estudio, donde la selección floral innata y
370 el consumo de alimento se vio influenciadas por discriminación.

371 Nuestros resultados sugieren que estas especies de meliponas favorece la interacción
372 mutualista entre *I. carnea* subsp. *carnea*, *D. aegyptus*, *D. dissectus* y *Turbina corymbosa.*,
373 ya que algunas de las especies visitadas pertenecen a especies con floración en todo el año,
374 proponiéndolas el uso potencial para la meliponicultura.

375

376

377 **Morfometría floral**

378 La morfometría tuvo un papel importante en los visitantes florales especialmente la
379 apertura interna de la corola que es la entrada para el consumo de alimento. De acuerdo con
380 Muchhala (2007), aquellas especies de Convolvulaceae que tienen una apertura interna de
381 la corola entre 1.5-2 centímetros de diámetro son polinizadas preferentemente por
382 murciélagos para permitir el paso de sus hocicos, mientras que diámetros estrechos son
383 mejor polinizadas por colibríes. Sin embargo, en las especies de estudio se mantuvo un
384 diámetro de entre 1 y 2 cm, encontrando presencia de insectos que encajaban exactamente
385 con la apertura interna del tubo floral, como es el caso de *Apis mellifera*, *Euglossa*
386 *viridissima* (Apidae), *Andrena dorsata* (Andrenidae). Si bien pocos estudios están
387 relacionados a la morfometría floral y corporal de los visitantes, los datos proporcionados
388 ayudan a entender la biología de polinización de la flora melífera de la PY.

389

390 **7.2.6. Referencias**

- 391 Andrada AC, Tellería MC (2005). Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from
392 south of Caldén district (Argentina): botanical origin and protein content. Grana 44:
393 115-22.
- 394 Ayala R (2004). Fauna de abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea). In: A. N. García-
395 Aldrete, R. Ayala (eds.). Artrópodos de Chamela 193-219 pp.
- 396 Ayala R (2010). Abejas nativas de México. La importancia de su conservación. Ciencia y
397 desarrollo 247 (36): 8-13.
- 398 Arellano JA, Flores JS, Tun J, Cruz MM (2003). Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo
399 y distribución de las especies vegetales de la península de Yucatán. Etnoflora
400 Yucatanense 20: 1- 815.
- 401 Alfaro BR, Ortiz DJ, González AJ (2010). Plantas melíferas: melisopolinología. En: G.R.
402 Durán, G.M. Méndez (eds.). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán 1346-
403 348 pp.
- 404 Álvarez M, Córdoba CS, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza C, Ospina H, Umaña UA,
405 Villarreal H (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de
406 biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación
407 de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2a ed.): 1-236.

408 Antonini Y, Martins RP (2003). El valor de una especie arbórea (*Caryocar brasiliense*)
409 para una abeja sin aguijón *Melipona quadrifasciata*. Journal of Insect Conservation
410 7: 164-167.

411 Antonini Y, Costa RG, & Martins RP (2006). Floral preferences of a neotropical stingless
412 bee, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Apidae: Meliponina) in an urban forest
413 fragment. Brazilian Journal of Biology 66 (2A): 463-471.

414 Beattie AJ (1971). A technique for the study of insect-borne pollen. Pan-Pacific
415 Entomologist (47): 82.

416 Bazo S, Espejo JR, Palomino AC, Flores PM, Chang LM, López BC, Mansilla SR (2018).
417 Estudios de biología floral, reproductiva y visitantes florales en el "Loche" de
418 Lambayeque (*Cucurbita moschata* DUCHESNE). Ecología Aplicada 17 (2): 191-
419 205.

420 Bousquets, J. L., Fernández, I. V., Martínez, A. L., Ortega, M. T., Mejía, C. H., & Warren,
421 A. D. (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. Revista Mexicana de
422 Biodiversidad, 85, 16.

423 Carnevali G, Tapia JL, Duno R, Ramírez I, Can L, Hernández S, Castillo A (2012). La flora
424 de la Península de Yucatán mexicana: 250 años de conocimiento florístico.
425 Biodiversitas 101: 6-10.

426 Cauich O, Quezada EJ, Macías MJ, Reyes OV, Medina PS, Parra TV (2004). The behavior
427 and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera:
428 Meliponini) on greenhouse (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical México.
429 Journal of Economic Entomology 97 (2): 475-481.

430

431 Davis AN, Holloway PS, Kruse JJ (2003). Insect visitors and potential pollinators of
432 lingonberries, *Vaccinium vitis idaea* subsp. *minus*, in sub-arctic Alaska. Acta
433 Horticulturae 636 (1): 433-438.

434 Díaz TC, Cavieres L, Muñoz RC, Arroyo M (2007). Consecuencias de las variaciones
435 microclimáticas sobre la visita de insectos polinizadores en dos especies de
436 *Chaetanthera* (Asteraceae) en los Andes de Chile central. Revista Chilena De
437 Historia Natural (80): 455-468.

438 Enríquez NJ, Cetzal-Ix W, Martínez PJF, Casanova LF, Basu S, Zandi P, Możdżeń K
439 (2019). Quality assessment of nectar *Turbina corymbosa* (L.) Raf. (Convolvulaceae)
440 on the Yucatán Península (México). Disertación. Conferencia: 58 ° Congreso de la
441 Sociedad Botánica de Polonia, en Cracovia, Polonia. Campeche. MEX.

442 Freitas L, Sazima M (2006). Pollination biology in a tropical high–altitude grassland in
443 Brazil: Interactions at the community level. In: L. Freitas (ed). The Annals of
444 the Missouri Botanical Garden 3 (93): 465-516.

445 Galetto LA, Calviño A (2002). Éxito reproductivo y calidad de frutos en poblaciones del
446 extremo sur de la distribución de *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae). Darwiniana
447 1-4 (40): 25-32.

448 González VP, Baena LMH, Rös M (2018). Abejas nativas: nuestras vecinas
449 inadvertidas. Biodiversitas 139 (1): 2-5.

450 Grajales CJ, Cruz LL, Sánchez GD (2013). Native bees in blooming orange (*Citrus*
451 *sinensis*) and lemon (*C. limon*) orchards in Yucatán, Mexico. Acta Zoológica
452 Mexicana 29 (2): 437-440.

453 Herrera CM, De Vega C, Canto A, Pozo MI (2009). Yeasts in floral nectar: a quantitative
454 survey. Annals of Botany. 103(9), 1415-1423. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp026>

455 Halsch CA, Shapiro AM, Fordyce JA, Nice CC, Thorne JH, Waetjen DP, & Forister ML.
456 (2021). Insects and recent climate change. Proceedings of the national academy of
457 sciences, 118(2).

458 Kremen C (2005). Managing ecosystem services: what do we need to know about their
459 ecology?. In: C. Kremen (ed). Ecology Letters 8 (5): 468-479.

460 Mărgăoan R, Mărghițaș L, Dezmirean D, Mihai CM, Bobiș O (2010). Bee collected pollen-
461 general aspects and chemical composition. Bulletin UASVM Animal Science and
462 Biotechnologies 1-2(67): 254-259.

463 Magaña MM, Tavera CM, Salazar BL, Sanginés GJ (2016). Productividad de la
464 apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. Revista Mexicana de
465 Ciencia Agrícola 5 (7): 1103-1115.

466 Meléndez RV, Magaña RS, Parra TV, Ayala R, Navarro AJ (2002). Diversity of native
467 bee visitor of cucurbit crops (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. Journal of Insect
468 Conservation 6 (3): 135-147.

- 469 Meléndez RV, Parra TV, Kevan P, Morillo RI, Zizumbo D, Harries H, & Fernandez M
470 (2004). Mixed Mating Strategies and Pollination by Insects and Wind in Coconut
471 Palm *Cocos nucifera* L. (Arecaceae). *Agriculture and Foresty Entomology* 6: 155-
472 163.
- 473 Medan D, Montaldo N, Devoto M, Mantese A, Vasellati V, Roitman G, & Bartoloni N
474 (2002). Plant-pollinator relationships at two altitudes in the Andes of Mendoza.
475 *Artic, Antarctic, and Alpine research* 34 (3): 233-241.
- 476 Macias MO (2003). Comportamiento y eficiencia de polinización de abejas nativas en el
477 tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) al aire libre y bajo condiciones de
478 invernadero en Yucatán. Tesis de Maestría. FMVZ/Universidad Autónoma de
479 Yucatán. México.
- 480 McDonald A (1997). Convolvulaceae “Taxonomía y florística”. In: F. Salvador, R.
481 Morales, A. Argáez (eds). *Etnoflora Yucatanense* 12: 7-157.
- 482 Muñoz ME, Giovanni R, Siqueira MF, Sutton T, Brewer P, & Pereira RS (2011).
483 OpenModeller: a genetic approach to species potential distribution modeling.
484 *GeoInformatica* 1 (15): 111–135.
- 485 Muñoz TJ (2011). La familia Convolvulaceae en la Península de Yucatán. Desde el
486 Herbario CYCY 3: 54–55.
- 487 Ramírez N, Briceño H, Várela C (2000). Biología reproductiva de la vegetación de
488 sabana alta en la Guayana Venezolana. Informe Final. FUNDACITE-Guayana.
489 Universidad Central de Venezuela.
- 490 Rodríguez W, Vera A, Espinoza J (2014). Insectos polinizadores y visitantes florales de
491 *Guaiacum officinale*, *Peltophorum pterocarpum* y *Turnera subulata* en un matorral
492 xerófilo secundario de Maracaibo. *ANARTIA* 26: 1-22.
- 493 Romeu E (2000). Mariposas mexicanas: los insectos más hermosos. In: Conabio (eds.).
494 *Biodiversitas* 28: 7-10.
- 495 Temeles EJ, Koulouris CR, Sander SE, Kress WJ (2009). Effect of flower shape and size
496 on foraging performance and trade-offs in a tropical hummingbird. *Ecology* 5 (90):
497 1147-1161.
- 498 Trejo SRE, Scheinvar E, Eguiarte LE (2015). ¿Quién poliniza realmente los agaves?
499 *Diversidad de visitantes florales en 3 especies de Agave (Agavoideae:*

500 *Asparagaceae*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 86(2), 358-369.
501 <https://doi.org/10.1016/j.lrmb.2015.04.007>
502 Villaseñor JL 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. Revista mexicana de
503 biodiversidad 87 (3): 559-902.
504 Potts LE, Chiatchoua C, Castañeda GY (2015). National and international panorama of
505 honey production in Mexico. ECORFAN Journal-Republic of Cameroon. 1 (1): 15-
506 33. ISSN-on line: 2414-4959.
507 Porter L (2003). La apicultura y el paisaje maya. Estudio sobre la fenología de floración de
508 las especies melíferas y su relación con el ciclo apícola en La Montaña, Campeche,
509 México. Mexican Studies/Estudios Mexicanos 19 (2): 303–330.
510 Potts SG, Dafni A, Ne'eman G (2001). Pollination of a core flowering shrub species in
511 Mediterranean phrygana: variation in pollinator diversity, abundance and
512 effectiveness in response to fire. Oikos 1 (92): 71-80.
513 Wagner DL, Grames EM, Forister ML, Berenbaum MR, & Stopak D (2021). Insect decline
514 in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. Proceedings of the National
515 Academy of Sciences, 118(2): 1-10.
516

517 **Tabla 1A.** Promedios, desviación estándar (DEE) y ANOVA de las medidas de n= 30
518 flores. Abreviaturas. **mm**: Milímetros. Especies: **ICF**: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*,
519 **ICC**: *Ipomoea carnea* subsp. *Carnea*, **DD**: *Distimake dissectus*, **DA**: *Distimake aegyptus*,
520 **TE**: *Turbina corymbosa*. Características de la morfología floral **LF**: Longitud de la flor, **LI**:
521 Longitud interna, **DF**: Diámetro de la flor, **DAIC**: Diámetro de la apertura interna de la
522 corola, **DABTF**: Distancia de la antera a la base del tubo floral, **DEBTF**: Distancia del
523 estigma a la base del tubo floral, DP = Diámetro del pedicelo.

Especie	LF (mm)	LI (mm)	DF (mm)	DAIC (mm)	DABTF (mm)	DEBTF (mm)
ICC	73.83 (DEE ±1.470)	57.31 (DEE ±1.202)	71.53 (DEE ±3.05)	15.70 (DEE ±0.677)	30.52 (DEE ±2.599)	34.54 (DEE ±0.973)
ICF	62.65 (DEE ±0.332)	46.35 (DEE ±2.147)	64.56 (DEE ±2.879)	13.78 (DEE ±0.435)	25.76 (DEE ± 0776)	29.87 (DEE ±1.825)
DA	30.53 (DEE ±2.435)	28.67 (DEE ±3.002)	30.56 (DEE ±2.933)	12.11 (DEE ±1.877)	15.50 (DEE ±2.329)	21.13 (DEE ±3.446)

DD	41.22 (DEE ±1.655)	36.43 (DEE ±1.244)	37.74 (DEE ±0.652)	13.15 (DEE ±2.912)	19.32 (DEE ±1.242)	23.89 (DEE ±2.344)
TC	33.60 (DEE ±1,766)	32.43 (DEE ±2.432)	34.78 (DEE ±3.659)	15.54 (DEE ±0.647)	21.56 (DEE ±1.578)	22.73 (DEE ±2.998)
<i>P</i>	0.000*	0.001	0.000*	0.0400	0.0000	0.0000
<i>R</i> ²	0.99.8	0.99.6	0.99.7	0.69.8	0.96.8	0.97.6
	<i>F</i> = 24675.2	<i>F</i> = 9523.68	<i>F</i> =12255.47	<i>F</i> = 89.78	<i>F</i> = 1143.43	<i>F</i> = 1765.59

524 *Indica medias estadísticamente significativas

525

526 **Tabla 1B.** ANOVA de n=5 individuos de insectos que tuvieron contacto con las flores.

527 Abreviaturas: **AI:** Altura del insecto, **LI:** Largo externa, **AP:** Anchura de la probóscide,

528 **AA:** Anchura del abdomen, **LE:** Longitud de las extremidades, **LES:** Longitud del estilete,

529 lengua o trompa.

	AI	LI	AP	AA	LE	LES
<i>P</i>	0.0028*	0.0000*	0.0001	0.0001	0.0001*	0.0001
<i>R</i> ²	0.99.7	0.99.9	0.99.3	0.99.9	1	0.99.9
	<i>F</i> =2,105	<i>F</i> = 42,522	<i>F</i> =7,718	<i>F</i> =6,826	<i>F</i> =123,300	<i>F</i> =23,660

530 *Indica diferencias estadísticamente significativas

531

532

533

534 **Tabla 2.** Periodo de tiempo (media \pm error estándar) minutos (min) y horas (hrs) presentes
 535 en cada fase fenológica: PAF: Pre-antesis floral; ASFI: Antesis con apertura sin filamentos
 536 estaminales indehiscentes; ACFD: Antesis con apertura con filamentos estaminales
 537 dehiscentes.

Taxón/ Fase fenológica	PAF (hrs)	ASFI (min)	ACFD (hr)
<i>Ipomoea carnea</i> subsp. <i>carnea</i>	17.0 \pm 0.40*	25.0 \pm 0.89	14.0 \pm 0.45*
<i>Ipomoea carnea</i> subsp. <i>fistulosa</i>	15.1 \pm 0.31	23.4 \pm 0.78	12.0 \pm 0.67
<i>Distimake dissectus</i>	13.1 \pm 0.28	18.0 \pm 0.43*	4.0 \pm 0.24
<i>Distimake aegyptus</i>	15.8 \pm 0.34	28.0 \pm 0.54	5.0 \pm 0.27*
<i>Turbina corymbosa</i>	11.3 \pm 0.23*	14.8 \pm 0.31*	7.0 \pm 0.28

538 (*) indica medias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) según la prueba de T student.

539

540

541 **Tabla 3.** Abundancia de interacciones y porcentaje de visitas (n) de entomofauna asociada
 542 a las cinco especies de Convolvulaceae. Fa: Familia, AF: Agente floral. NI: No
 543 identificada. Especies: ICF: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*, ICC: *Ipomoea carnea* subsp.
 544 *Carnea*, DD: *Distimake dissectus*, DA. *Distimake aegyptus*, TE: *Turbina corymbosa*.

FA	AF	ICF	ICC	DD	DA	TC
Andrenidae	<i>Andrena dorsata</i>	–	6%	–	–	–
Andrenidae	<i>Andrena sp.</i>	8%	–	–	–	–
Anobiidae	<i>T. kiesewetteri</i>	–	–	–	7%	–
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	28%	–	14%	39%	70%
Apidae	<i>Ceratina sp.</i>	–	28%	–	–	–
Apidae	<i>Ancyloscelis apiformis</i>	27%	7%	–	–	–
Apidae	<i>Euglossa viridisma</i>	–	6%	–	–	–
Apidae	<i>Melitoma taurea</i>	–	10%	–	–	–
Apidae	<i>Trigona nigra</i>	–	3%	13%	–	2%
Apidae	<i>Trigona fulviventri</i>	–	–	8%	15%	8%
Apidae	<i>Partamona bilineata</i>	–	–	–	–	12%
Apidae	<i>Xylocopa sp.</i>	–	–	–	–	2%
Drosophilidae	<i>Drosophila sp.</i>	–	–	–	8%	–
Halicitidae	<i>Augochlora sp.</i>	–	14%	17%	30%	–
Halictidae	<i>Lasioglossum coeruleum</i>	20%	–	13%	–	–
Halictidae	<i>L. reticulatum</i>	–	21%	–	–	–
Hesperiidae	<i>Urbanus Dorantes</i>	–	–	–	2%	–
Megachilidae	<i>Megachile brevis</i>	17%	–	22%	9%	2%
Nymphalidae	<i>Polites vibex</i>	–	5%	–	3%	4%
	<i>n=</i>	1,139	1,305	680	709	857

545 (–): Sin registro

546 **Tabla 4.** Diversidad de entomofauna y visitantes florales registrados en cinco especies de Convolvulaceae. **AF:** Agente. RTP: Región de
547 transporte de polen: *Ipomoea carnea* subsp. *carnea*: **ICF:** *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*: **DD:** *Distimake dissectus*: **DA:** *Distimake aegyptus*:
548 **TC:** *Turbina corymbosa*. (**HV**): Horarios de visita, **DUF** = duración de forrajeo (R:<5s, E:>5s, P:>20s), (**Seg**): Segundos. Tipo de insecto (**TI**).
549 Tipo de alimentación: **RO:** Recurso obtenido; **Po:** Polen, **N:** Néctar. Especie: **NI:** No identificada. Función (**Fu**): **P:** Polinizador, **V:** Visitante.
550 Lugar del transporte del polen: **Ext:** Extremidades, **Pr:** Proboscis, **D:** Dorso, **V:** Ventral, **TC:** Todo el cuerpo, **SP:** Sin polen, duración de forrajeo:
551 **P:** Prolongada; **E:** Efectiva; **R:** Rápida.

552

Taxa	Orden	Familia	Taxa	TI	FU	RTP	RO	HV	DUF (Seg)
	Coleoptera	Anobiidae	<i>T. kiesenwetteri</i>	Escarabajo	P	Ext, V	Po	8:00- 10:00	P (68)
	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Oxythyrea funesta</i>	Escarabajo	V	TC	Po	9:25 – 11:45	P (65)
	Diptera	Drosophilidae	<i>Drosophila melanogaster</i>	Mosca	P	Ext	N	7:00 - 9:30	R (4)
DA	Hymenoptera	Halictidae	<i>Augochlora sp.</i>	Abeja	P	TC	Po	7:30 -8:30	P (20)
	Hymenoptera	Megachilidae	<i>Megachile melanotricha</i>	Abeja	P	Ext	N	8:00 -10:30	P (18)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Trigona fulviventris</i>	Abeja	P	V	N	8:30 -10:00	E (7)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeja	P	TC	Po/N	6:00-10:30	P (30)
	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Polites vibex</i>	Mariposa	P	Pr	N	9:20-10:40	P (20)
	Lepidoptera	Nymphalidae	Nymphalidae sp	Mariposa	P	Pr	N	9:00-10:00	P (20)
	Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Urbanus dorantes</i>	Mariposa	P	Pr	N	9:00 10:30	P (61)
	Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	Mosca	V	SP		8:00-14:00	-
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeja	P	D	N	6:30-12:00	P (25)
	Hymenoptera	Halictidae	<i>Augochlora sp.</i>	Abeja	P	Ext, V	Po	11:30-15:00	P (28)
	Hymenoptera	Halictidae	<i>Lasioglossum coeruleum</i>	Abeja	P	Ext, V	Po/N	11:30-15:30	P (65)
DD	Hymenoptera	Megachile	<i>Megachile brevis</i>	Abeja	P	Ext, V	Po	12:00-15:20	P (63)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Frieseomelitta nigra</i>	Abeja	P	V	N	12.00-15:30	E (5)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Trigona fulviventris</i>	Abeja	P	D, V	N	12:10-14:00	E (6)
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Wasmannia auropunctata</i>	Hormiga	V	SP	N	11:00-13:30	-
	Lepidoptera	Pieridae	NI	Mariposa	V	SP	N	12:00-15:00	-
	Araneae	Oxyopidae	<i>Peucetia viridans</i>	Araña	V	SP	N	12:00-14:00	-
	Hymenoptera	Apidae	<i>Ceratina sp.</i>	Abeja	P	Ext	Po	07:00-16:15	P (20)
	Hymenoptera	Halictidae	<i>L. reticulatum</i>	Abeja	P	TC	Po	07:30 - 16:00	P (72)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Melitoma taurea</i>	Abeja	P	Ext, V	Po/N	07:40 - 16:00	P (75)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Ancyloscelis apiformis</i>	Abeja	P	V	Po	11:00 -15:30	E (5)
ICC	Hymenoptera	Halictidae	<i>Augochlora sp.</i>	Abeja	P	TC	Po	7:30 -16:15	E (8)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Euglossa viridisima</i>	Abeja	P	Ext	N	09:00-13:00	E (7)

	Hymenoptera	Andrenidae	<i>Andrena dorsata</i>	Abeja	P	V	N	09:00-12:00	P (25)
	Lepidoptera	NI	Nymphalidae sp.	Mariposa	P	P	N	10:00-12:30	E (7)
ICF	Hymenoptera	Halictidae	<i>Lasioglossum coeruleum</i>	Abeja	P	Ext, V	Po	11:30-15:00	P (66)
	Hymenoptera	Andrenidae	<i>Andrena dorsata</i>	Abeja	P	D	N	08:00-12:00	E (5)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Ancyloscelis apiformis</i>	Abeja	P	Ext	Po	08:30-12:30	P (30)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeja	P	TC	Po/N	06:00-12:00	P(67)
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Wasmannia auropunctata</i>	Hormiga	V	SP	-	07:00-11:30	-
	Lepidoptera	Pieridae	NI	Mariposa	V	SP	-	07:30-08:30	-
	Thysanoptera	Thripidae	<i>Suocerathrips linguis</i>	Trips	V	SP	-	06:00-14:00	-
	Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	Mosca	V	SP	-	07:40-09:00	-
TC	Coleoptera	Cetoniidae	<i>Oxythyrea funesta</i>	Escarabajo	V	SP	-	08:30-10:00	-
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeja	P	Ext, V	Po/N	06:00-12:30	P (74)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Partamona bilineata</i>	Abeja	P	TC	Po	08:30-11:30	E (6)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Megachile brevis</i>	Abeja	P	Ext, V	N	09:00-12:00	R (3)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Frieseomelitta nigra</i>	Abeja	P	V	Po	07:00-08:30	E (7)
	Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus sp.</i>	Abeja	P	D, V	N	09:00-11:30	R (5)
	Lepidoptera	Nymphalidae	Nymphalidae sp.	Mariposa	P	SP	N	09:00-12:00	P (67)

553 NI: No identificad

554

555

556

557

558

559

560

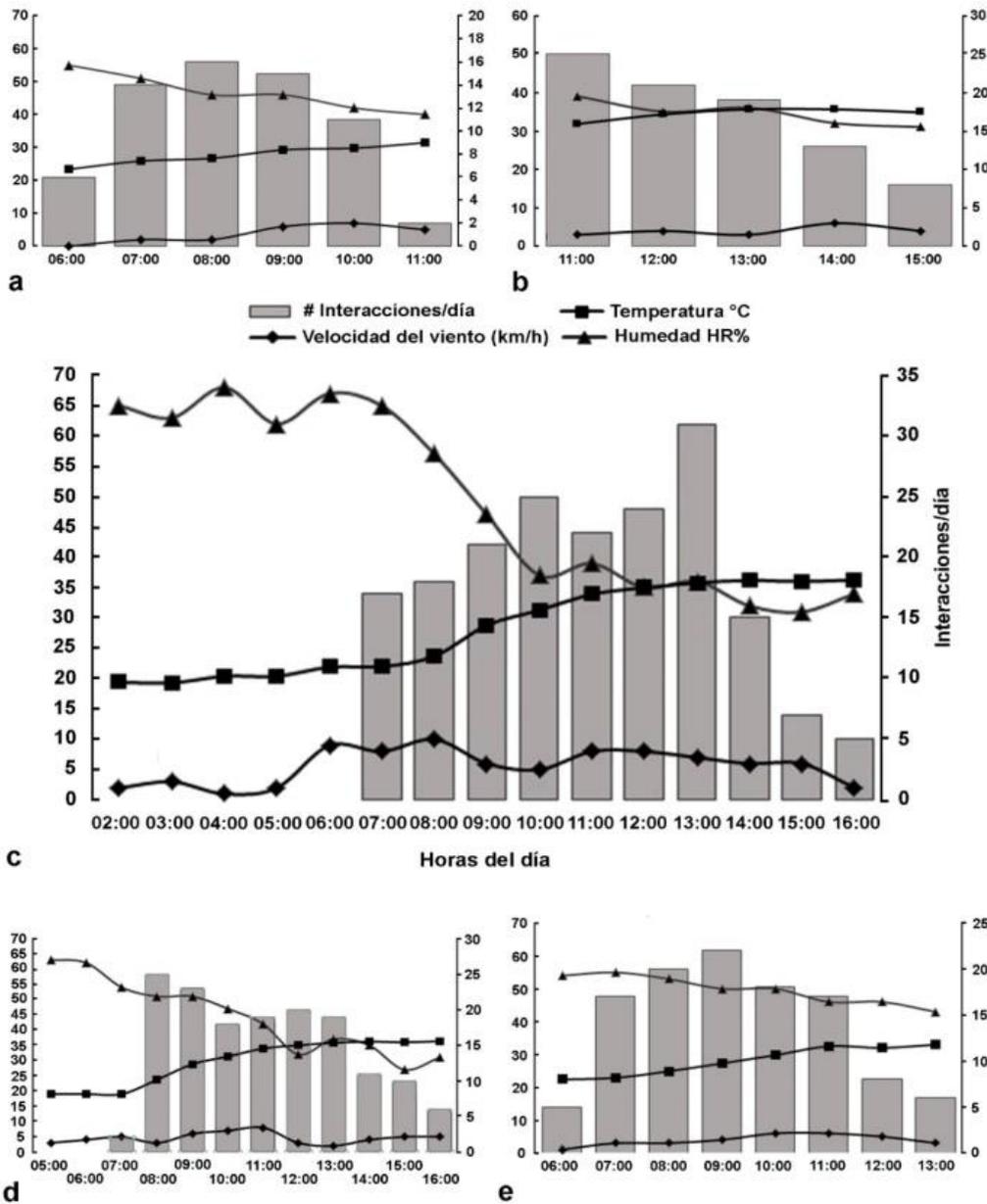


Figura 1. Promedios diarios de interacciones de polinizadores correlacionado a factores ambientales: Factores ambientales (Km/H), Humedad relativa (HR%) y Temperatura (C). A) *Distimake aegyptus*. B) *Distimake dissectus*. C) *I. carnea* subsp. *carnea*. D) *I. carnea* subsp. *fistulosa*. E) *Turbina corymbosa*.

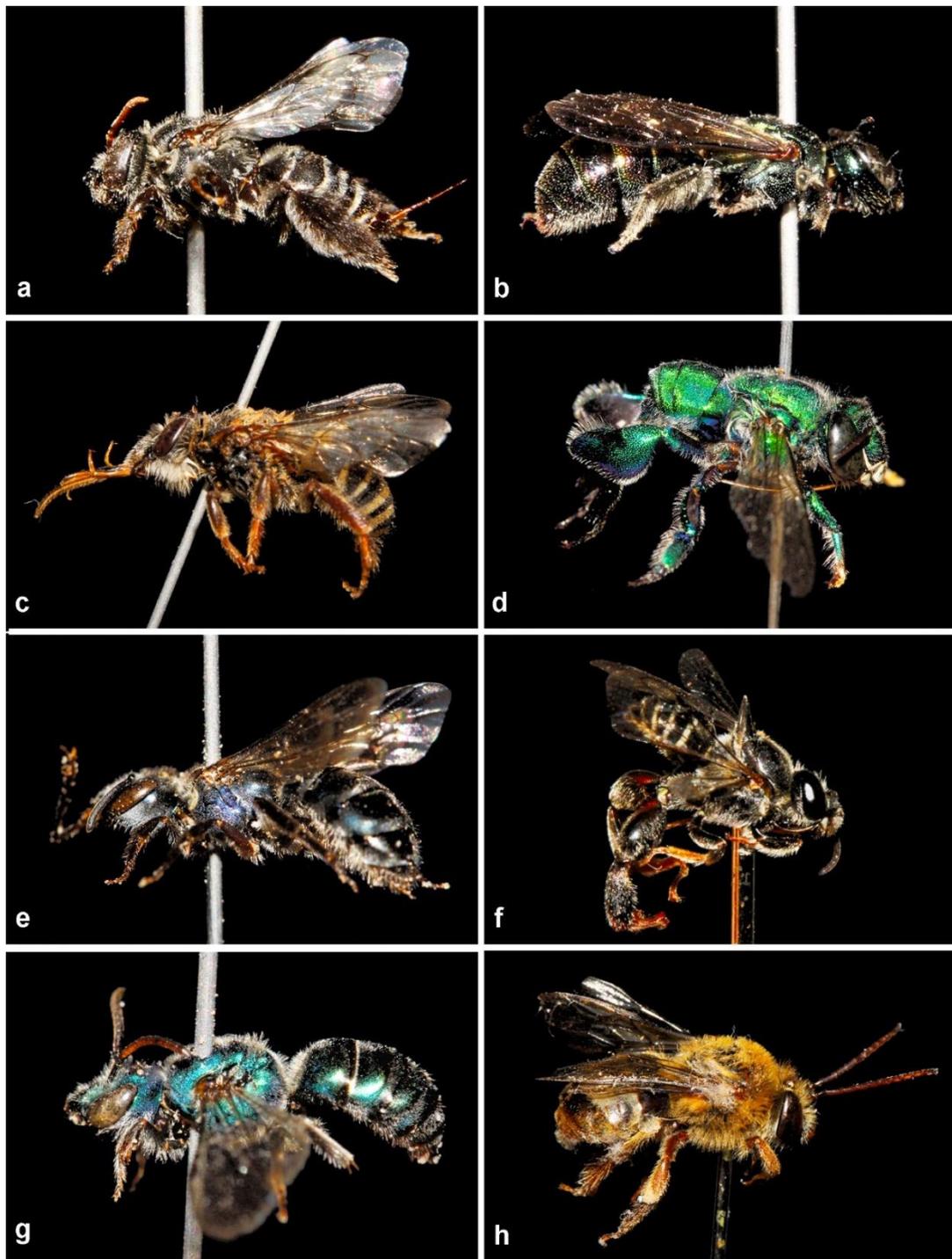


Figura 2. Polinizadores registrados en Convolvulaceae. A) *Melitoma taurea*, B) *Ceratina* sp., C) *Andrena dorsata*, D) *Euglossa viridissima*, E) *Lasioglossum coeruleum*, F)

Ancyloscelis apiformis, G) *Augochlora sp.*. H) *Andrena sp.* Fotografias capturadas con Lente canon EF 100mm f/2.8 Macro USM.



Figura 3. Polinizadores y visitantes florales con presencia de contacto estigmático en Convolvulaceae. **a-g:** *Distimake aegyptus*. a) *Apis mellifera*, b) *Augochlora* sp., c) *Drosophila melanogaster*, d) *Polites vibex*, e) *Polyibia* sp., f) *Trigona fulviventris*, g)

Urbanus sp. **h-n: *Distimake dissectus*:** h) *A. mellifera*, i) *Lasioglossum coeruleum* y *Augochlora* sp., j) *Megachile brevis*, k) *Frieseomelitta nigra*, i) *Augochlora* sp., m) *L. coeruleum*, n) *Peucetia viridans*. **o-q: *Ipomoea carnea* subsp. *carnea*.** o) *Euglossa viridissima*, p) *Polibya* sp., q) *L. reticulatum*. **r-t: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*.** r) *L. coeruleum*, s) *Andrena dorsata*, t) *A. mellifera*.

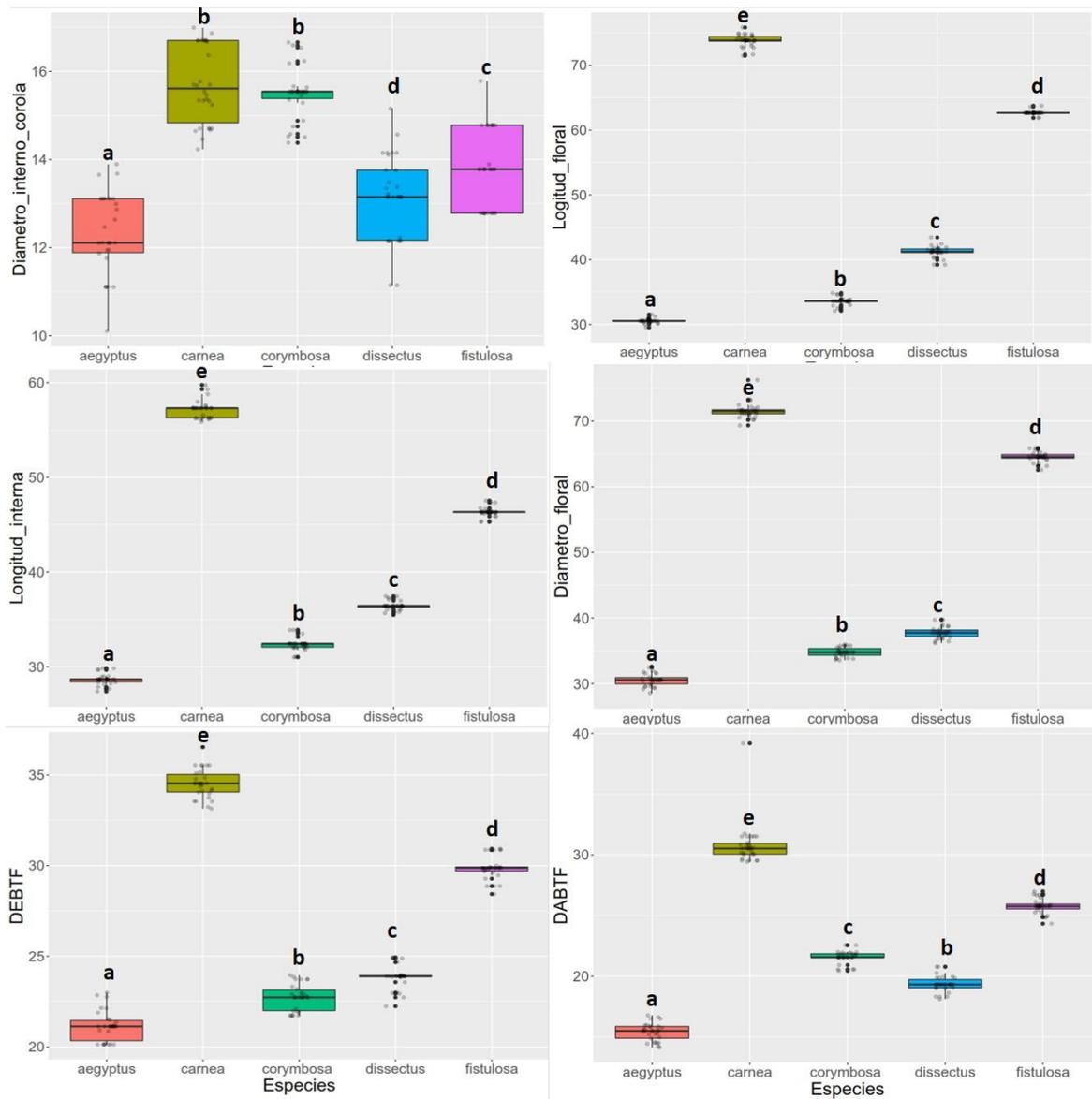


Figura 4. Boxplots de morfometría floral vs especies de convolvuláceas.

8. Conclusiones

Especies de ASA y alimentación

Se hallaron 6 especies de ASA (Meliponini) integrados dentro de los géneros *Trigona*, *Partamona*, *Scaptotrigona*, *Nannotrigona*, *Melipona* y *Frieseomelitta*. Así mismo, *Trigona fulviventris* obtuvo mayor porcentaje de interacciones en todo el periodo de estudio (983), de las cuales 679 se obtuvieron del sitio humedal conservado (SHC) y 304 del sitio humedal perturbado (SHP), seguido de *Partamona bilineata* (737), 473 en SHC y SHP. En menor porcentaje se registró *M. becheeii* (188), 132 para SHP y 56 SHC.

Se hallaron un total de 40 especies botánicas de uso forrajero de ASA dentro de las cuales la familia Convolvulaceae fue la de mayor número de especies (6), seguido de Asteraceae (5), y Fabaceae (5) (figura 1). De acuerdo con el comportamiento de consumo de recompensa, se logró identificar no todas las ASA consumen los mismos nutrientes polínicos, néctar y resinas, la cual se les puede denominar a este grupo como polilecticas, y recolectoras específicas de néctares y resinas. Se determinó que el 61% (24 especies) de las plantas son aportadoras de néctar, mismo que se comprobó cuando existía libamiento (succión de néctar por medio de la lengua), así mismo (figura 2).

Nidificación

Así mismo, se presenció el sustrato de nidificación de ANS abarcando un 1 km circundante, donde *T. fulviventris* exhibió mayor representación de nichos ecológicos con ocho nidos superficiales en forma de agujero de 1.8 centímetros (cm) de diámetro en SHC, seguido de *S. pectoralis* con cuatro nidos interiores en arboles vivos, con una estructura promedio de cerumen de (10 x 14.5 cm) de longitud y una entrada de 1.4 cm (**Tabla 3**).

Etología de comportamiento

T. fulviventri y *P. bilineata* a menudo eliminaban tanto el polen como el néctar en cada visita floral. Especialmente, se apreció en las especies *Argemone mexicana*, *urochloa mutica*, *Bidens pilosa* var. *minor*, *Viguiera dentata*, *Justicia carthaginensis*, un comportamiento de rastreo de polen posándose en los labios superior de la corola y masticando la cúspide de la antera donde se encontraban las tecas de polen. En una competición de recolección de polen las abejas ingresan en contacto con el estigma, por la cual, probablemente hay transferencia de este. De hecho, en *J. carthaginensis* y *A. mexicana* se notó durante el proceso de recolección de polen, cuando masticaban las tecas polínicas, causaban un daño al estigma, causando en algunos casos su desasimiento (caída del estigma), lo que se traduce en una incapacidad de producir frutos y semillas.

De forma similar, *P. bilineata*, *F. nigra*, y *T. fulviventri* volaban después de consumir polen a la base floral de *Bixa orellana* L., *Euphorbia milii* Des Moul., *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb., *J. carthaginensis*, *Polyscias scutellaria* (Burm.f.) Fosberg, *Bauhinia divaricata* L., *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, donde se localizan ciertos nectarios extraflorales y yemas axilares, masticando con sus maxilas (scraping) el tejido para provocar secreciones de aceites y resinas, incitando ligeras heridas epidérmicas para completar su dieta (Figura 9), McDade & Kinsman (1980) describen un comportamiento similar en abejas *Trigona* en genero *Aphelandra*.

Se detectó de igual manera el scraping en tallos de especies arbóreas como *Spondias* sp., *Crescentia cujete* L., donde se producían heridas xilémicas en la corteza donde se secretaba posteriormente una resina aceitosa que obtuvo una calidad de azúcar considerable, (39°Brix) en *Spondias* sp.

Patrones de sonido y monitoreo

Se obtuvieron diferencias propias entre los decibeles emitidos en SHP y SHC. En SHC denotó un índice bajo de decibeles (10-50 dB, 6-7 Khz), esto emitido por ruido ambiental (aves, dosel arbóreo, y viento); mismo nivel que se situa dentro del rango permisible de baja intensidad emitido por la norma mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

Que por otro lado, en SHP se emitieron incremento de patrones auditivos (40-80 dB, 7

khz), provocados por tráfico vehicular, eco sonido (fenómeno acústico producido cuando una onda se refleja en una superficie y regresa hacia su emisor) por vehículos de carga pesada y sonido aéreo, inducido por tránsito de aviones del Aeropuerto Internacional Ing. Alberto Acuña Ongay ubicado a 2.3 kilómetros de la zona; siendo de alta intensidad y frecuencia, capaces de repercutir en daños auditivos y desplazamientos de abejas y demás diversidad entomo-faunística que conforman estos ecosistemas.

(Figura 2)

Calidad de recurso alimenticio

Se encontró que las 41 especies botánicas produjeron diferentes concentraciones de azúcar (°Brix) en los nectarios, siendo las especies con mayores calidad de néctar *Turbina corymbosa* (Convolvulaceae) (34°Brix), *Viguiera dentata* (Asteraceae) (32.5°Brix), *Pluchea carolinensis* (Asteraceae) (30.5°Brix). Las especies con menor tasa de concentración se suscitaron en *Catharanthus roseus* (Apocynaceae) (2°Brix), *Cnidocolus* spp. (Euphorbiaceae) (3.5°Brix). Sin embargo, cuando se evaluó en resinas extraflorales de tallos, corteza y bases florales, se halló un incremento a diferencia de lo encontrado en los néctares. *Spondias* spp. (Anacardiaceae) trascendió ser la especie con mayor concentración de azúcares en este estudio (38.5°Brix), misma resina que se secreto de la corteza xilemática de las heridas ocasionadas durante el “scrapping” de las ASA.

Colorimetría

El color floral ayudo a determinar la preferencia de alimentación de ASA. Las especies botánicas de pecoreo se vieron reflejado en nivel bajos de colores oscuros (14%), mientras que el resto (85%), reflejaron datos colorímetros menos oscuros. Por otro lado, se obtuvieron solo dos especies con un color de corola rojiza, esto debido probablemente al rango de visión (nm) de las abejas, la cual el color rojo es casi imperceptible. Sin embargo, el color de preferencia floral en estudio se vio manifestada en rangos lilas, violetas, rosas y moradas, mismos colores que en filtro ultravioleta revelaron una reflectancia muy llamativa. Cabe mencionar, que el color floral no es solo un parámetro de escogencia para las abejas, por lo que posiblemente el aprendizaje de calidad de recurso (polen, néctar y resina) juegan un papel más importante en esta decisión.

Tabla 2. Sociabilidad y constancia floral de Meliponini. La información sobre constancia floral y forma de vida de las abejas se tomó de acuerdo a Cué-Hernández (2012).

Espece	Sociabilidad de pecoreo	Constancia floral
<i>Trigona fulviventri</i>	Social	Poliléctica
<i>Partamona bilineata</i>	Solitaria	Poliléctica
<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	Social	Poliléctica
<i>Melipona beecheii</i>	Social	Poliléctica
<i>Nannotrigona perilampoides</i>	Solitaria	Poliléctica
<i>Frieseomelitta nigra</i>	Solitaria	Poliléctica

Tabla 3. Diversidad de especies de ANSA versus flora meliponícola utilizada como alimento. CF= Comportamiento, SO= Sociables, SL= Solitarias; CH= Humedal Chiná, CLB= Humedal Chulbac

Especie (ANSA)	Especie botánica	CF	Sitio	Horarios de pecoreo	TC	\bar{x} Tiempo de pecoreo (Segundos)
	<i>Passiflora sub lanceolata</i> (Killip) JM MacDougal	SO	CH,CLB	8:25-14:20.	Néctar, Resina	240
	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	SO	CH	8:30-14:35	Néctar	46
	<i>Distimake aegyptius</i> (L.) AR Simões & Staples	SO	CLB	8:15-14:45	Néctar	55
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	SO	CH, CLB	8:42-14:25	Néctar, Polen	80
	<i>Lantana camara</i> L.	SO	CH, CLB	8:10-14:30	Néctar, Resina	135
	<i>Justicia spicigera</i> (Schltdl.) LH Bailey	SO	CH	7:30-14:50	Néctar, Resina	180
	<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	SO	CH, CLB	8:10-13:45	Néctar	38
	<i>Tillandsia spp.</i> L.	SO	CLB	10:20-13:00	Resina Foliar	293
	<i>Typha Dominguen sis.</i> Pers.	SO	CH, CLB,	8:30-13:20.	Resina, Néctar	151
	<i>Euphorbia milii</i> Des Moul.	SO	CH	9:30-14:20.	Resina	129
	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	SO	CH	8:50-12:45.	Néctar, Polen	22
<i>Trigona fulviventri</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	SO	CLB	8:30-14:20.	Resina	38
	<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	SO	CH, CLB	9:25-13:10	Néctar, Resina	62
	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don.	SO	CH	10:30-12:35	Néctar, Polen	46
	<i>Argemone mexicana</i> L.	SO	CH	8:40-13:15	Polen	25
	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don.	SO	CH	8:30-14:20.	Resina	45
	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q. Nguyen.	SO	CH	10:00-12:30.	Resina	29

	<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jacq.) G. Don.	SO	CH	11:40-14:55.	Polen, Néctar	10
	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	SO	CH	8:30-13:45	Resina	85
	<i>Melanthera angustifolia</i> A. Rich.	SO	CH	8:30-14:20.	Néctar, Polen	14
	<i>Ixora coccinea</i> L.	SO	CH	11:25:-14:15	Resina	22
	<i>Crescentia cujete</i> L.	SO	CH, CLB	11:30-12:30.	Resina	133
	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G. Don	SO	CH	7:50-12:00	Néctar, Polen	45
	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	SO	CH, CLB	9:00-13:25	Polen	36
	<i>Euphorbia milii</i>	SO	CH	10:00-12:30.	Resina	115
	<i>Passiflora subanceolata</i>	SO	CH	11:40-14:55.	Néctar, Resina	205
	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	SO	CLB	8:30-13:45	Néctar	63
	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G. Don	SO	CH, CLB	8:30-14:20.	Polen, Néctar	85
	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	SO	CLB	11:25:-14:15	Resina	30
	<i>Vachellia collinsii</i> (Saff.) Seigler & Ebinger	SO	CH, CLB	11:30-12:30.	Polen	48
<i>Partamona bilineata</i>	<i>Bixa orellana</i> L.	SO	CLB	7:50-12:00	Resina, Néctar, Polen	180
	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	SO	CH	9:00-13:25	Néctar, Polen	47
	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	SO	CH	9:00-13:25	Resina	50
	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q. Nguyen	SO	CH	10:00-12:30.	Resina	30
	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	SO	CH, CLB	11:40-14:55.	Polen	43
	<i>Spondias</i> spp.	SO	CH	8:30-13:45	Resina tronco	135

	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	SO	CLB	8:30-14:20.	Polen, Néctar	55
	<i>Polyscias scutellaria</i> (Burm.f.) Fosberg	SO	CH	11:25:-14:15	Resina	63
	<i>Turbina corymbosa</i>	SO	CH	11:30-12:30.	Néctar	35
	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	SO	CH, CLB	7:50-12:00	Polen	28
<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	SO	CLB	9:00-13:25	Néctar,	50
	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	SO	CLB	11:40-14:55.	Néctar	15
	<i>Coriandrum sativum</i> L.	SO	CLB	8:30-13:45	Néctar	23
	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	SO	CLB	8:30-14:20.	Néctar	29
<i>Melipona beecheii</i>	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	SL	CLB	11:25:-14:15	Polen	22
	<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng. var. <i>dentata</i>	SL	CLB	11:30-12:30.	polen, Néctar	15
	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	SL	CLB	7:50-12:00	Néctar	53
	<i>Mimosa affinis</i> B. L. Rob.	SL	CH, CLB	9:00-13:25	Polen	13
	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don	SL	CH		Polen	25
	<i>Solanum erianthum</i> D. Don.	SL	CH		Néctar, Polen	18
	<i>Melanthera angustifolia</i> A. Rich.	SL	CH, CLB		Néctar, Polen	14
	<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jacq.) G. Don	SL	CH, CLB		Néctar, Polen	6
	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G. Don		CH		Néctar	19
	<i>Melothria pendula</i> L.	SL	CH		Polen	9
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	SL	CLB		Resina	22	

<i>Nannotrigona perilampoides</i>	<i>Euphorbia milii</i>	SL	CH	Néctar	31
	<i>Argemone mexicana L.</i>	SL	CH	Polen	14
	<i>Vachellia collinsii (Saff.) Seigler & Ebinger</i>	SL	CH, CLB	Polen	12
	<i>Cnidoscolus spp.</i>	SL	CLB	Resina extra floral	34
	<i>Passiflora suberosa ssp. litoralis (Kunth) Port.-Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev.</i>	SL	CLB	Néctar	17
	<i>Asclepias curassavica L.</i>	SL	CH, CLB	Néctar	7
<i>Frieseomelitta nigra</i>	<i>Opuntia stricta (Haw.) Haw.</i>	SL	CLB	Resina	69
	<i>Viguiera dentata (Cav.) Spreng. var. dentata</i>	SL	CH	Néctar	
	<i>Vachellia collinsii (Saff.) Seigler & Ebinger</i>	SL	CH, CLB	Polen	61
	<i>Bidens pilosa L. var. minor (Blume) Sherff</i>	SL	CH	Néctar, Polen	47
	<i>Bauhinia divaricata L.</i>	SL	CH, CLB	Polen	43
	<i>Distimake dissectus (Jacq.) AR Simões & Staples</i>	SL	CH	Polen, Néctar	22
	<i>Turbina corymbosa L.</i>	SL	CH	Néctar	24

Figura 2. Familias botánicas representativas en alimentación de Meliponini en ambos sitios.

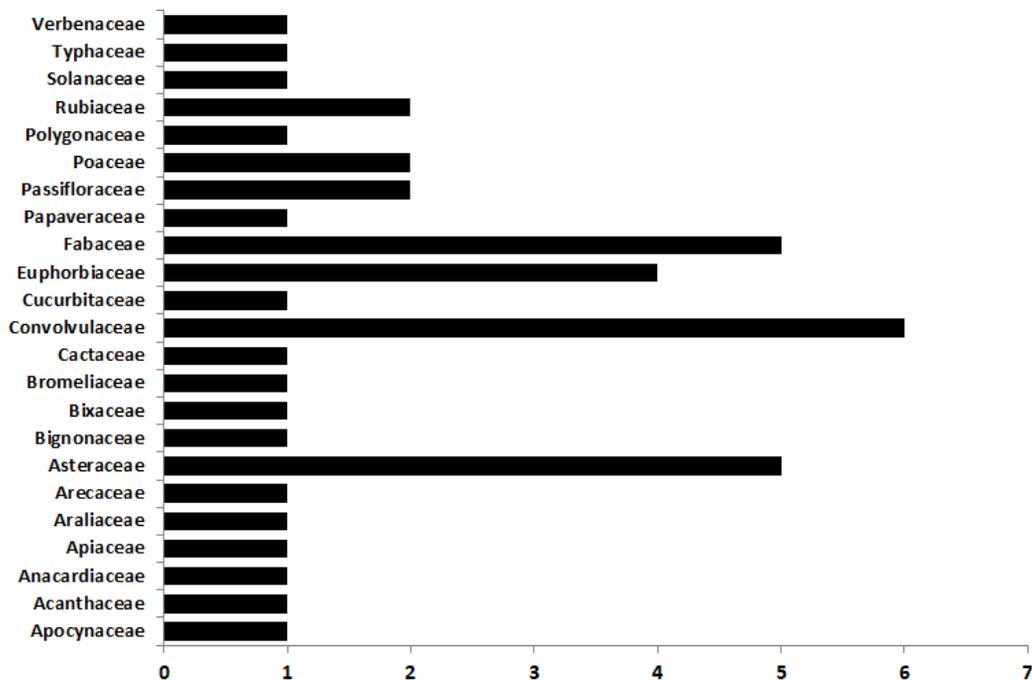


Figura 3. Número de especies de ASA vs preferencia de recurso alimenticio aportadas por la flora meliponícola. Abreviaturas: **PS**= *Passiflora sublanceolata*, **IB**=*Ipomoea triloba*, **DA**=*Distimake aegyptus*, **LL**=*Leucaena leucocephala*, **LC**=*Lantana camara*, **JS**=*Justicia spicigera*, **VD**=*Viguiera dentata*, **TI**=*Tillandsia spp.*, **TL**=*Typha domingensis.*, **EM**=*Euphorbia milii*, **AL**=*Antigonon leptopus* Hook. & Arn., **MA**=*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb., **EH**=*Euphorbia hypericifolia* L., **IT**=*Ipomoea trifida* (Kunth) G. Don, **AM**=*Argemone mexicana* L., **CR**=*Catharanthus roseus* (L.) G. Don, **PA**=*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen, **JP**=*Jacquemontia pentanthos* (Jacq.) G. Don, **BD**=*Bauhinia divaricata* L., **MAN**=*Melanthera angustifolia* A. Rich., **IC**=*Ixora coccinea* L., **CC**=*Crescentia cujete* L., **PC**=*Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don, **BP**=*Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff, **VC**=*Vachellia collinsii* (Saff.) Seigler & Ebinger, **BO**=*Bixa orellana* L., **TR**=*Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. & Schult. f., **PST**=*Polyscias scutellaria* (Burm.f.) Fosberg, **TC**=*Turbina corymbosa*, **CS**=*Coriandrum sativum* L., **MP**=*Mimosa pigra* L., **MAF**=*Mimosa affinis* B. L. Rob., **SE**=*Solanum erianthum* D. Don., **MPE**=*Melothria pendula* L., **CN**=*Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) IM Johnst. **PSB**=*Passiflora suberosa* ssp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev., **AC**=*Asclepias curassavica* L., **OS**=*Opuntia stricta* (Haw.) Haw., **DD**=*Distimake dissectus* (Jacq.) AR Simões & Staples., **SP**=*Spondias spp.*

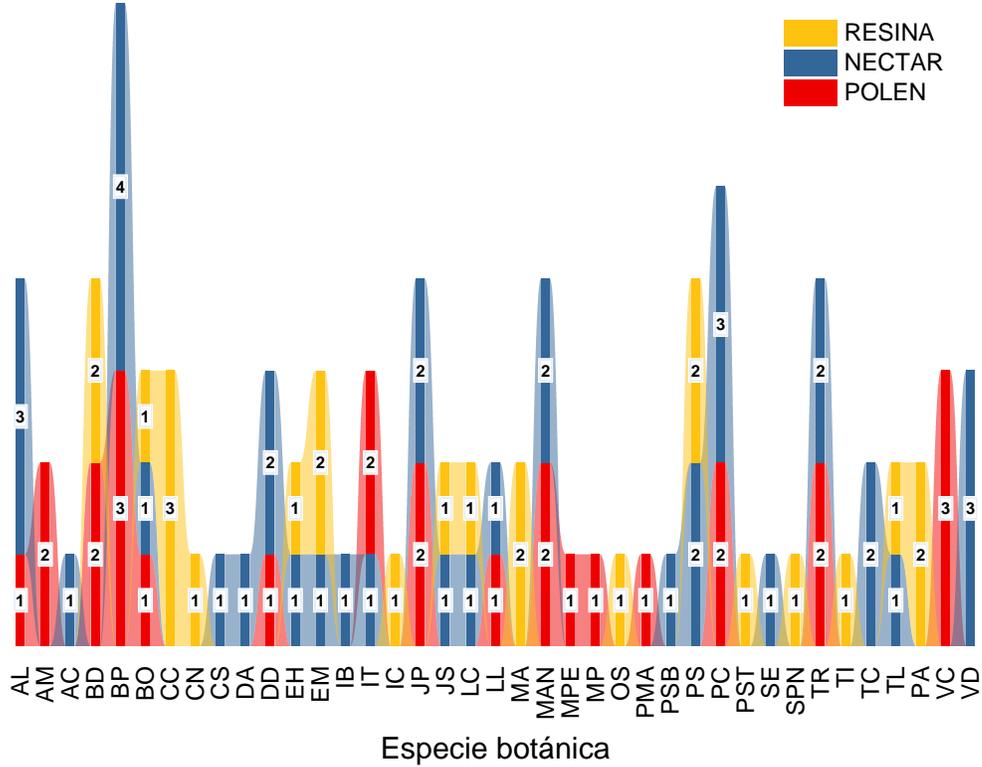


Figura 4. Promedios de niveles de ruido de humedal perturbado vs humedal perturbado. Abreviaciones de medida de frecuencia: dB=Decibeles. SHC= Sitio humedal conservado, SHP=Sitio humedal perturbado.

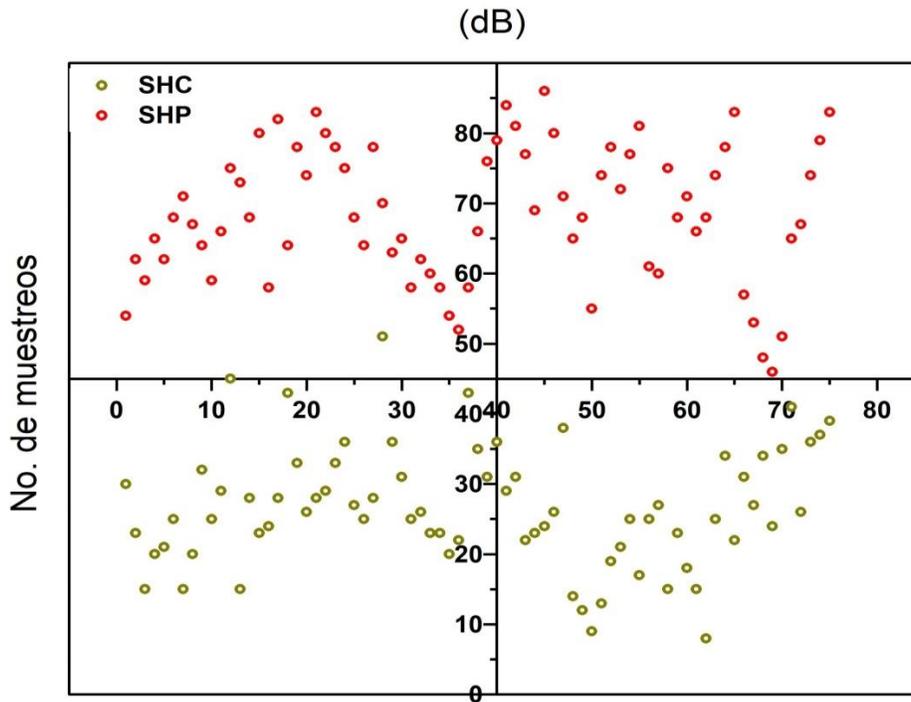


Tabla 4. Colorimetría de las especies botánicas de interés alimenticio de ASA en la Península de Yucatán, México. Abreviaciones. RECO= Rango espectral corola, REGN= Rango espectral guía de néctar, RESA= Rango espectral sustrato

<i>Especie botánica</i>	RECO			REGN			RESA			Pigmentos presentes		Referencia
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	Clase	Subgrupos	
<i>Passiflora sub lanceolata</i> (Killip) JM MacDougal	212	45	132	198	201	194	-	-	-	Betacianinas, Antocianinas	Betanina, amarantina, Europinidín	Andersen y Jordheim 2006
<i>Ipomoea triloba</i> L.	207	140	203	185	98	164	-	-	-	Betalainas	Betanina, Amarantina	
<i>Distimake aegyptius</i> (L.) AR Simões & Staples	230	239	247	198	204	179	-	-	-	Auronas, chalconas, flavonas y flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Grotewold 2006; Lee 2007; Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	249	248	232	-	-	-	-	-	-	Auronas, chalconas, flavonas y flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Lantana camara</i> L.	245	100	0	255	192	13	-	-	-	Carotenoides, Antocianinas	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína, Pelargonidinas Cianidinas, Flavonas	(Grotewold 2006; Lee 2007; Lee 2007;Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Justicia spicigera</i> (Schltdl.) LH Bailey	199	43	37	-	-	-	-	-	-	Carotenoides	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína, Pelargonidinas Cianidinas	(Grotewold 2006; Lee 2007; Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	227	194	39	133	107	1	-	-	-	Carotenoides, Antocianinas	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína, Flavonas	Andersen y Jordheim 2006; Lee 2007;Glover 2007).
<i>Tillandsia spp.</i> L.	116	154	86	-	-	-	-	-	-	Clorofila, Carotenoides	Clorofila A Y B, Zeta-Caroteno	(Lee 2007; Vignolini et al. 2012)
<i>Typha domingensis</i> Pers.	188	138	3	73	27		-	-	-	Carotenoides, Antocianinas	Pelargonidinas y Cianidinas, auronas, chalconas, Delfinidinas	Tanaka et al. 2008; He et al. 2011; Hopkins y Rausher 2012
<i>Euphorbia milii</i> Des Moul.	245	141	125	196	69	75	-	-	-	Antocianinas	Betanina, Amarantina,	(Andersen y Jordheim 2006;

										(Antocianidinas)	Cianidina	Glover 2007).
<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	200	42	107	227	140	205	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas)	Cianidina, Europinidin, Amarantina	(Andersen y Jordheim 2006)
<i>Macropodium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	61	36	39	85	44	64	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas),	Cianidina, Malvidin	(Quintana et al. 2007; Toki et al, 2008; Hopkins y Rausher 2012)
<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	250	249	245	180	168	73	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles, Antocianinas	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina, Rosinidina	(Tanaka et al. 2008; Toki et al, 2008; Davies 2009)
<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don	232	167	214	133	98	156	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas)	Malvidina, Rosinidina	(Quintana et al. 2007; Hopkins y Rausher 2012)
<i>Argemone mexicana</i> L.	233	226	25	231	218	107	-	-	-	Carotenoides, Antocianinas	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína, Peonidina, Flavonas	(Andersen y Jordheim 2006; Lee 2007; Glover 2007).
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	218	220	215				-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles, Antocianinas	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina, Rosinidina	(Tanaka et al. 2008; Toki et al, 2008; Davies 2009)
<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q. Nguyen	28	41	13	244	213	100	-	-	-	Clorofila, Antocianinas	Clorofila A Y B, Flavonas	(Lee 2007; Vignolini et al. 2012)
<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jacq.) G. Don	86	91	169	221	221	217	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas)	Delfinidinas, Peonidina	(Quintana et al. 2007; Hopkins y Rausher 2012)
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	247	246	242	199	200	199	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Melanthera angustifolia</i> A. Rich.	195	196	191	64	61	54	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Ixora coccinea</i> L.	240	95	94				-	-	-	Carotenoides	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína, Pelargonidinas Cianidinas	(Grotewold 2006; Lee 2007)

<i>Crescentia cujete</i> L.							147	137	110	Carotenoides, Antocianinas	Pelargonidinas y Cianidinas, auronas, chalconas, Delfinidinas	Tanaka et al. 2008; He et al. 2011; Hopkins y Rausher 2012
<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G. Don	207	204	189	127	108	127	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas)	Betanina, Amarantina, Rosinidina	Andersen y Jordheim 2006; Glover 2007).
<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	227	225	220	209	164	16	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Vachellia collinsii</i> (Saff.) Seigler & Ebinger	219	209	23				-	-	-	Carotenoides	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína	(Grotewold 2006; Lee 2007)
<i>Bixa orellana</i> L.	198	170	193	230	188	83	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas)		
<i>Spondias spp.</i> L.	165	155	132	-	-	-	-	-	-	Carotenoides, Antocianinas	Pelargonidinas y Cianidinas, auronas, chalconas, Delfinidinas	Tanaka et al. 2008; He et al. 2011; Hopkins y Rausher 2012
<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	233	231	195	-	-	-	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Polyscias scutellaria</i> (Burm.f.) Fosberg	52	109	52	-	-	-	-	-	-	Clorofila, Antocianinas	Clorofila A Y B, Flavonas	(Lee 2007; Vignolini et al. 2012)
<i>Coriandrum sativum</i> L.	234	236	235	206	174	187	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, Luteolina, Quercetina, Rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Mimosa affinis</i> B. L. Rob.	175	120	253	229	102	166	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas)	Betanina, Amarantina, Rosinidina, Europinidin	Andersen y Jordheim 2006; Glover 2007).
<i>Solanum erianthum</i> D. Don.	193	212	188	127	132	17	-	-	-	Clorofila, Antocianinas	Clorofila A Y B, Flavonas	(Lee 2007; Vignolini et al. 2012)
<i>Melothria pendula</i> L.	225	206	73	221	157	18	-	-	-	Carotenoides	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína	(Grotewold 2006; Lee 2007)
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) IM Johnst.	242	238	232	209	199	156	-	-	-	Clorofila	Clorofila A Y B	(Lee 2007; Vignolini et al. 2012)
<i>Passiflora suberosa ssp. litoralis</i> (Kunth) Port.-	156	167	58	58	28	6	-	-	-	Clorofila	Clorofila A Y B	(Lee 2007; Vignolini et al.

Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev.

2012)

<i>Asclepias curassavica</i> L.	242	66	23	249	213	26	-	-	-	Carotenoides, Betacianinas, Antocianinas	B-Caroteno, Licopeno Zeaxantina, Luteína, Betanina, Amarantina, Pelargonidinas Cianidinas, Betalaínas, Flavonas	(Grotewold 2006; Lee 2007)
<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	-	-	-	-	-	-	138	172	87	Clorofila	Clorofila A y B	(Mauseth, Kiesling & Ostolaza, 2002 ; Lee 2007; Vignolini et al. 2012)
<i>Distimake dissectus</i> (Jacq.) AR Simões & Staples	207	207	202	155	86	113	-	-	-	Antocianinas (Antocianidinas), Betacianinas	Betanina, amarantina, betalaínas, delfinidinas	
<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	224	225	229	158	152	48	-	-	-	Auronas, Chalconas, Flavonas Y Flavonoles	Aureusidina, Buteína, Apigenina, luteolina, Quercetina, rutina	(Tanaka et al. 2008; Davies 2009)
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	28	41	13	244	213	100	-	-	-	Clorofila	Clorofila A y B, Betalaínas	(Mauseth, Kiesling & Ostolaza, 2002 ;Lee 2007; Vignolini et al. 2012)

Tabla 5. Sustrato de nidificación de ANS por sitio. Abreviaciones: TF= *Trigona fulviventri*, PB= *Partamona bilineata*, SP= *Scaptotrigona pectoralis*, MB= *Melipona becheeii*, NP= *Nannotrigona perilampoides*, FN= *Frieseomelitta nigra*. Sitio: CLB=Humedal Chulbac, CH= Humedal cuenca Chiná.

Especie/Sustrato de anidación	Sitio	TF	PB	SP	MB	NP	FN
Arboles vivos	CLB	-	1	4	-	-	-
	CH	-	2	-	-	-	3
Árboles muertos	CLB	-	-	1	-	-	-
	CH	-	-	-	-	-	-
Paredes de concreto	CLB	-	-	-	-	-	-
	CH	-	-	1	-	-	-
Superficial	CLB	8	-	-	1	-	-
	CH	1	-	-	1	-	-

Figura 6. Redes de colorimetría RGB de las corolas de flores. Abreviaturas: **PS**= *Passiflora subblanceolata*, **IB**=*Ipomoea triloba*, **DA**=*Distimake aegyptus*, **LL**=*Leucaena leucocephala*, **LC**=*Lantana camara*, **JS**=*Justicia spicigera*, **VD**=*Viguiera dentata*, **TI**=*Tillandsia spp.*, **TL**=*Typha dominguensis.*, **EM**=*Euphorbia milii*, **AL**=*Antigonon leptopus* Hook. & Arn., **MA**=*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb., **EH**=*Euphorbia hypericifolia* L., **IT**=*Ipomoea trifida* (Kunth) G. Don, **AM**=*Argemone mexicana* L., **CR**=*Catharanthus roseus* (L.) G. Don, **PA**=*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen, **JP**=*Jacquemontia pentanthos* (Jacq.) G. Don, **BD**=*Bauhinia divaricata* L., **MAN**=*Melanthera angustifolia* A. Rich., **IC**=*Ixora coccinea* L., **CC**=*Crescentia cujete* L., **PC**=*Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don, **BP**=*Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff, **VC**= *Vachellia collinsii* (Saff.) Seigler & Ebinger, **BO**= *Bixa orellana* L., **TR**= *Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. & Schult. f., **PST**= *Polyscias scutellaria* (Burm.f.) Fosberg, **TC**= *Turbina corymbosa*, **CS**= *Coriandrum sativum* L., **MP**= *Mimosa pigra* L., **MAF**= *Mimosa affinis* B. L. Rob., **SE**= *Solanum erianthum* D. Don., **MPE**= *Melothria pendula* L., **CN**= *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) IM Johnst. **PSB**= *Passiflora suberosa* ssp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex Milward de Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev., **AC**= *Asclepias curassavica* L., **OS**= *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., **DD**= *Distimake dissectus* (Jacq.) AR Simões & Staples., **SP**= *Spondias spp.*, **PMA**= *Panicum maximum* Jacq.

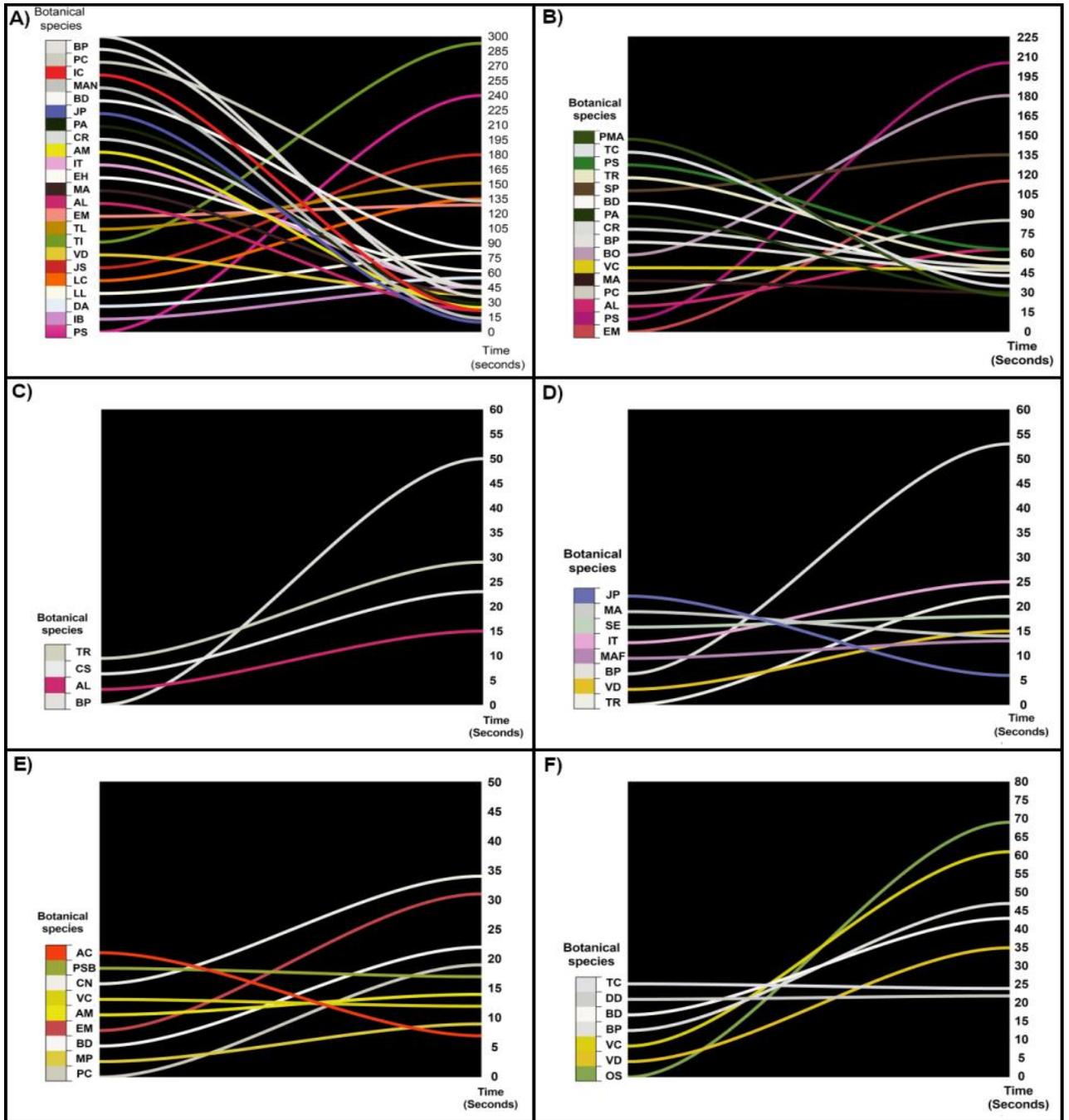


Figura 7. Redes de interacción planta-abeja de humedal perturbado y humedal perturbado.

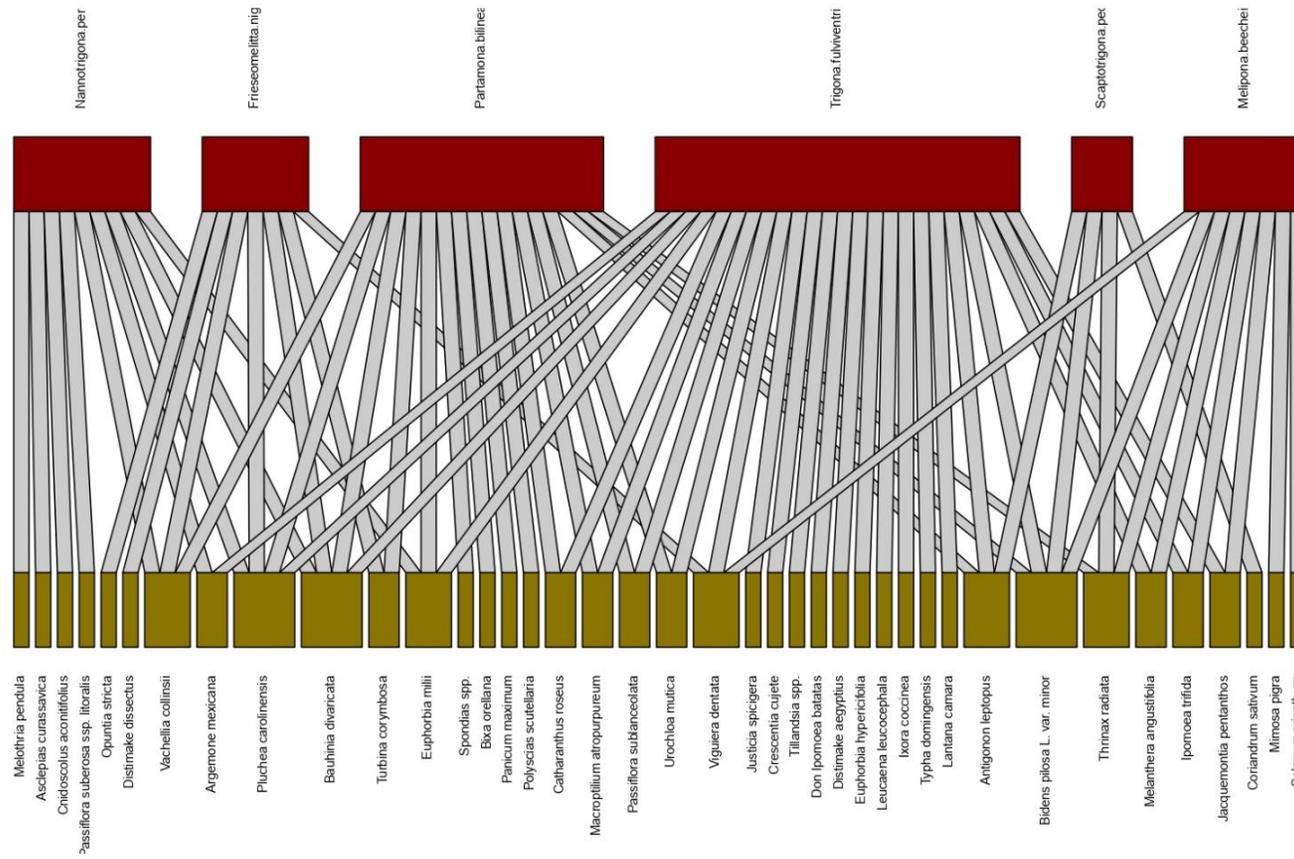


Figura 8. Tiempo de pecoreo de ASA por especie floral. A) *Trigona fulviventris*, B) *Partamona bilineata*, C) *Scaptotrigona pectoralis*, D) *Melipona beecheii*, E) *Nanotrigona perilampoides*, F) *Frieseomelitta nigra*.

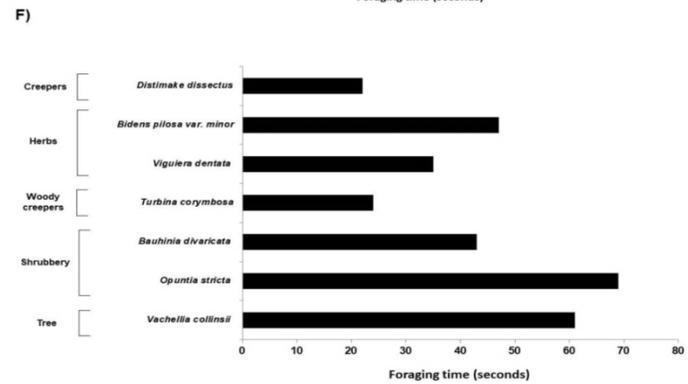
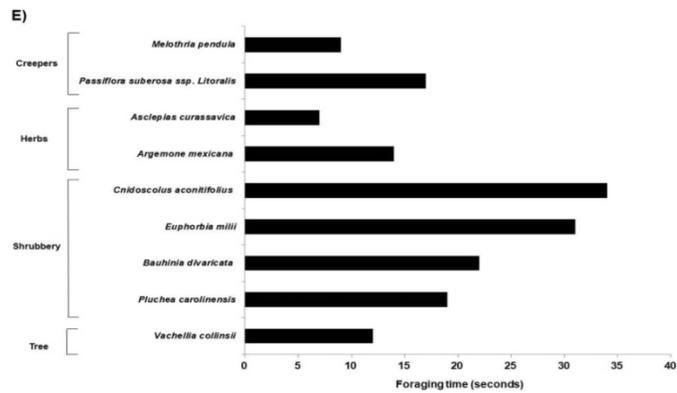
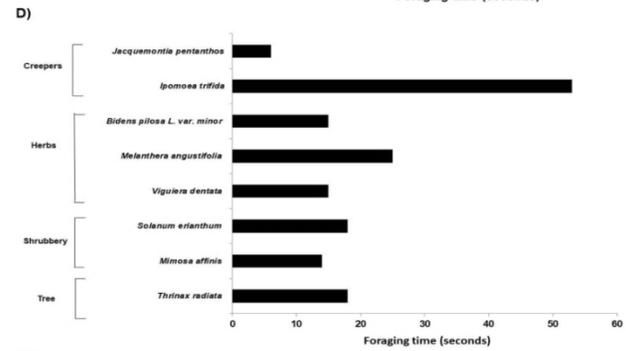
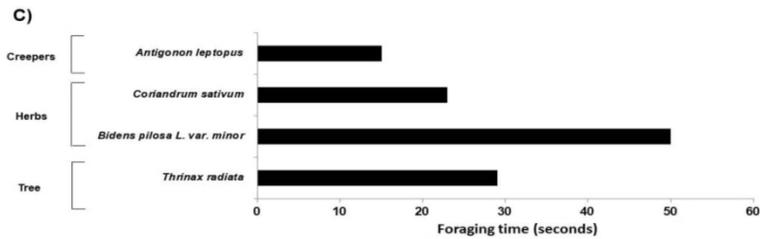
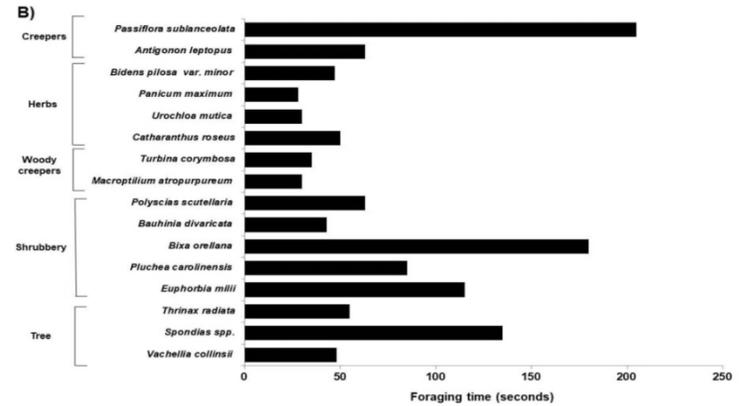
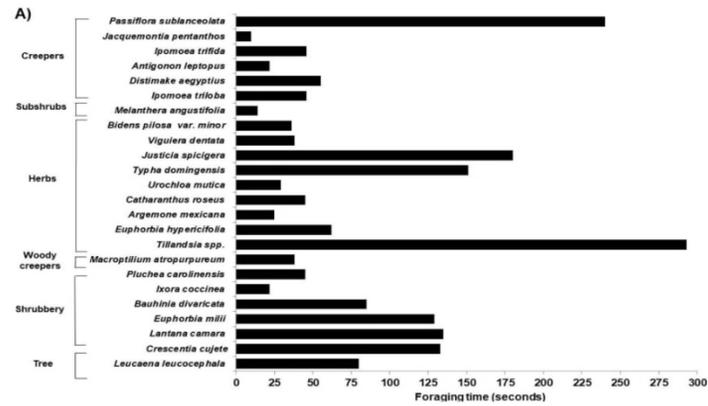


Figura 9. Contenido de azúcares (°Brix) de néctar floral, y secreciones extraflorales (Resinas, aceites, nectarios extraflorales) de especies donde se observó pecoreo de ASA. **A**= contenido de azúcares extraídos de resinas, aceites y secreciones no florales, **B**= contenido de azúcares obtenido de néctares florales.

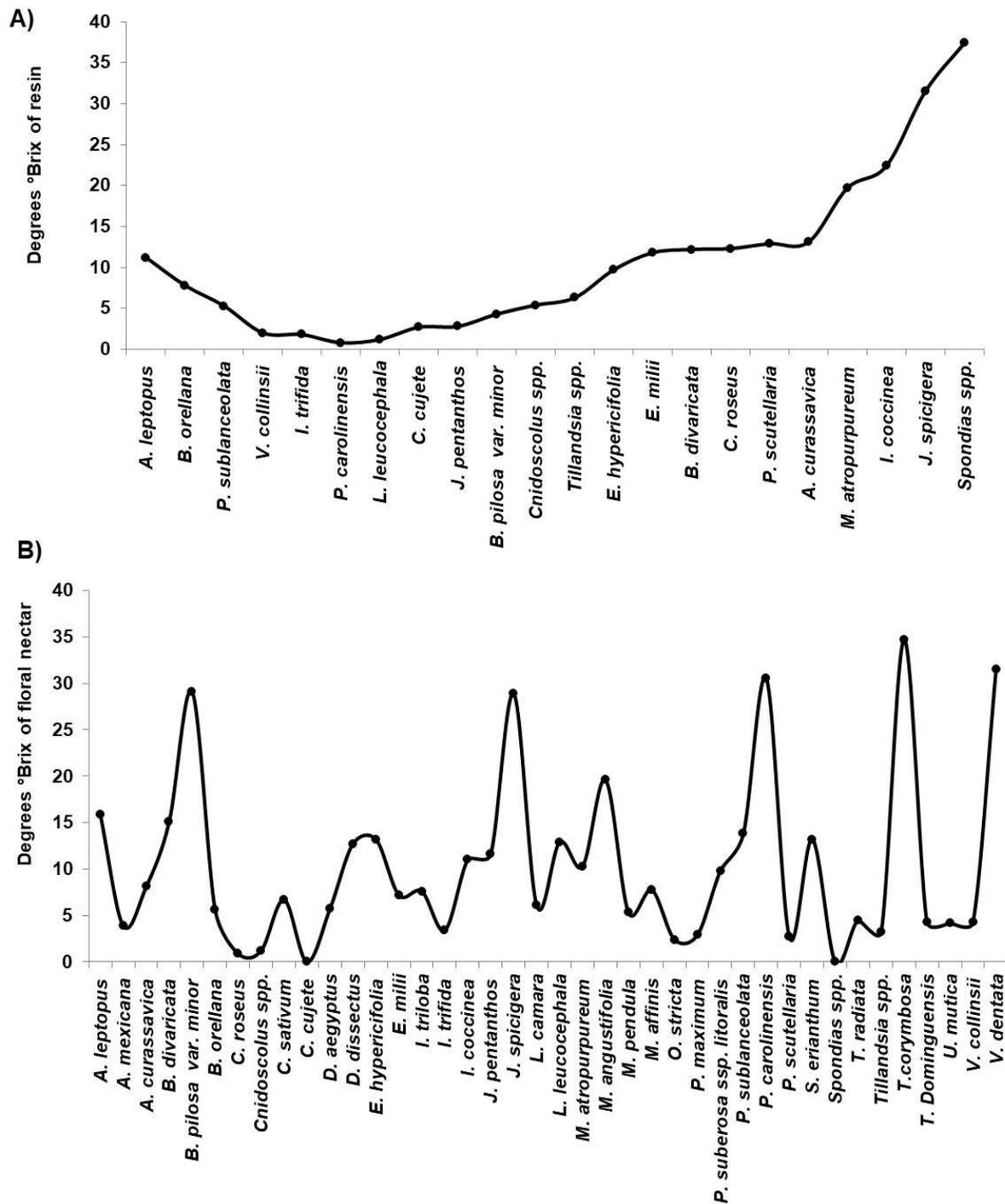
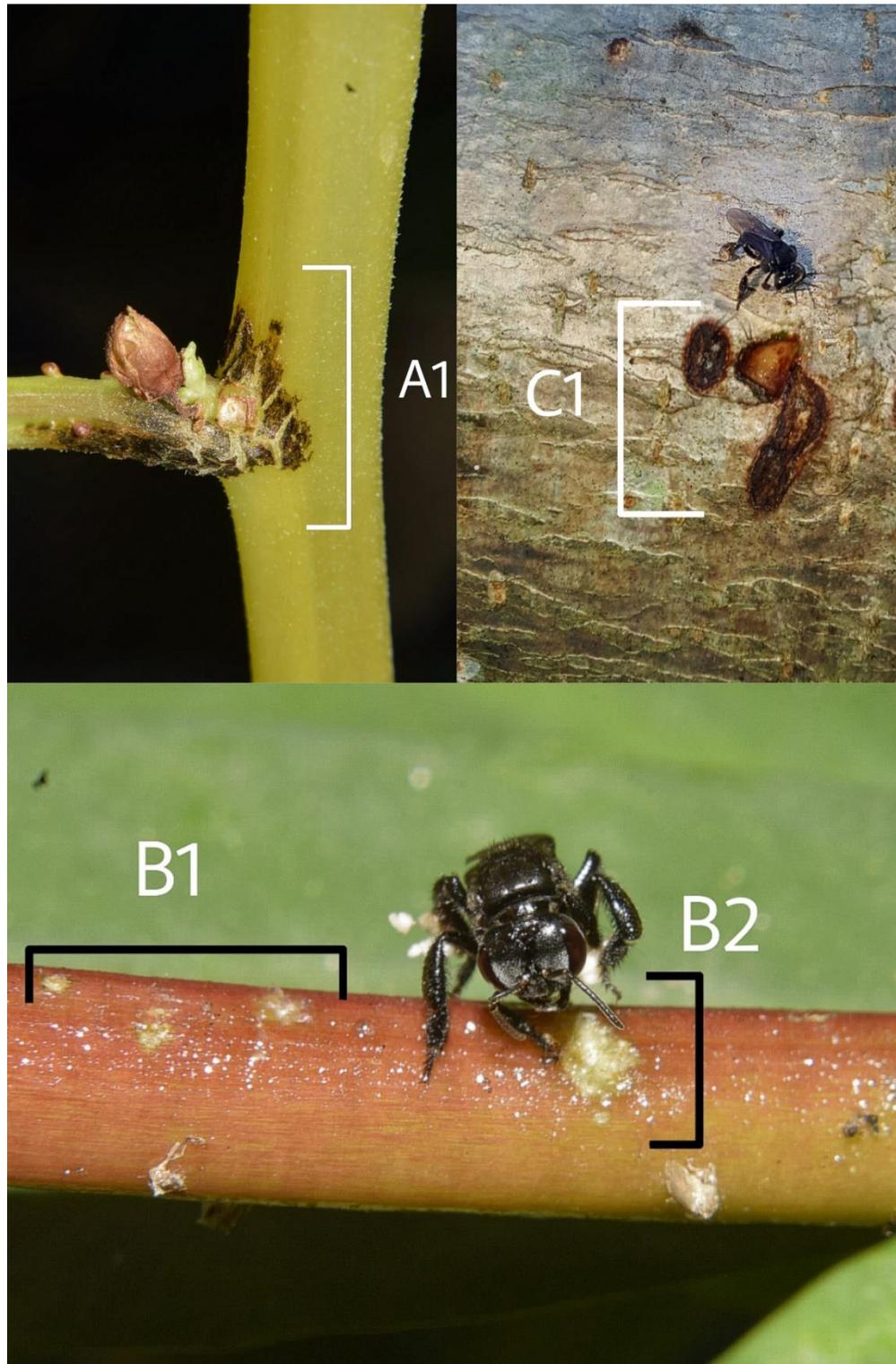


Figura 10. Técnica de colecta de resina de ASA. A1) Daño epidérmico ocasionado por las maxilas de *P. bilineata*., B) *P. bilineata* realizando scrapping, C1) Heridas epidérmicas xilemáticas.



9. Referencias

- Ayala, R., González, V. H. y Engel, M. S. (2013). Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): diversity, distribution, and indigenous knowledge. En P. Vit, S. R. M. Pedro y D. W. Roubik (Eds.), *Honey-pot: a legacy of stingless bees* (pp.135-152). New York: Springer.
- Bernardello, G. (2007). A systematic survey of floral nectaries. In: Nicolson S. W., M. Nepi & E. Pacini (eds.), *Nectaries and nectar*, pp.19-128. Springer, Dordrecht.
- Bruijn, L.; Sommeijer, M. (1997). The composition and properties of honeys of stingless bees (*Melipona*). Utrecht. 22 p.
- Cane, J. H. y Tepedino, V. J. (2001). Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. *Conservation Ecology*, 5, 1.
- Caspary, R. 1848. *De nectariis*. Bonn: Adolphum Marcum.
- Cué Hernández K (2014) Efecto de la Urbanización sobre las comunidades de abejas y abejorros (Hymenoptera Apoidea) en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Biológicas. México.
- Delpino, F. 1868-1875. Ulteriori osservazione e considerazione sulla dicogamia nel regno vegetale. *Atti Della Societa Italiana di Scienze Naturali e dei Museo Civico di Storia et Naturale di Milano*, 11, 265-332.
- Dobson, H. & G. Bergström. (2000). The ecology and evolution of pollen odors. *Plant Systematics and Evolution*. 222:63–87.
- Dudareva, N. & E. Pichersky. (2000). Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents. *Plant Physiology* 122:627–633.
- Elias, T. S. (1983). Extrafloral nectaries: their structure and distribution. In: Bentley B. & T. Elías (eds.), *The biology of nectarines*, Columbia University Press, New York. pp. 174-203
- Elias, T. S. 1983. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. In: Bentley B. & T. Elías (eds.), *The biology of nectarines*, Columbia University Press, New York. pp. 174-203
- Eltz, T., Hno. € uhl, C.A, Imiyabir, Z. y Linsenmair, K.E. (2003). Árboles de anidación y anidación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en bosques de dipterocarpos de tierras bajas en Sabah, Malasia, con implicaciones para el manejo forestal. *Por. Ecol. Gestionar*. 172, 301 - 313.
- Endress, P. K. & Matthews, M. L. (2006). Elaborate petals and staminodes in eudicots, diversity, function, and evolution. *Org. Divers. Evol.* 6, 257–293.

- Erbar, C. Nectar secretion and nectaries in basal angiosperms, magnoliids and non-core eudicots and a comparison with core eudicots. (2014). *Plant Div. Evol.* 131, 63–143.
- Espinosa Coria, Horacio, & Figueroa de la Fuente, Mariana. (2017). El aprovechamiento de la miel melipona como un atractivo turístico sustentable de Quintana Roo. *El periplo sustentable*, (33), 486-527.
- Fonte, Leydi, Milera, Milagros, Demedio, J, & Blanco, D. (2012). Selectividad de pecoreo de la abeja sin aguijón *Melipona beecheii* Bennett en la EEPF "Indio Hatuey", Matanzas. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 333-342. Recuperado en 23 de noviembre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000300009&lng=es&tlng=es.
- Francis, C., Kleist, N., Ortega, C., & Cruz, A. (2012). Noise pollution alters ecological services: enhanced pollination and disrupted seed dispersal. *The Royal Society*, 279.
- Gershenson, J. y N. Dudareva. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology* 3:408–414.
- González, A. J.A. (2012). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias* 5 (1): 34–41
- Grajales, J. Rincón, M., Vandame, R., Santiesteban, A. y Guzmán, M. (2001). Características físicas, químicas y efecto microbiológico de mieles de meliponinos y *Apis mellifera* de la región Soconusco, Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 6 p.
- Gumbert A., Kunze J. (2001). Colour similarity to rewarding model plants affects pollination in a food deceptive orchid, *Orchis boryi*. *Biological Journal of the Linnean Society*.72:419-434.
- Kerr B, Feldman M.W. (2003). The cognitive niche: Optimal learning strategies in homogeneous and heterogeneous environments. *Journal of Theoretical Biology*. 220:169-189.
- Kolossova, N., D. Sherman, D. Karlson y N. Dudareva. (2001). Cellular and subcellular localization of S-adenosyl-L-methionine benzoic acid carboxyl methyltransferase, the enzyme responsible for biosynthesis of the volatile ester methyltransferase, the enzyme responsible for biosynthesis of the volatile ester methylbenzoate in snapdragon flowers. *Plant Physiology* 121:956–964.
- Kwapong, P.K., Aidoo, K., Combey, R. y Karikari, AS (2010) Abejas sin aguijón: importancia, manejo y utilización. Unimax Macmilland Press, Accra.
- Manzano, Jesús. (2022). Manual de Apicultura en Sistemas de Producción Ecológica (4a. ed.). España, Guadalajara: Ecocolmena.
- Márquez M.A. (2007). Learning and Memory in Bees: An Ecological Perspective. A Dissertation

- Approved for the Discipline of Biology. Graduate School, University of Tulsa. Tulsa, Oklahoma.
- McDade, L.A. and Kinsman, S. 1980. The Impact of Floral Parasitism in Two Neotropical Hummingbird-Pollinated Plant Species. *Evolution* 34(5):944-958.
- Michener, C.D., 2000. The bees of the world. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Md.
- Moreno F.A. & Cardozo A.F. 1997. Abundancia de abejas sin aguijón (Meliponinae) en especies maderables del estado de Portuguesa, Venezuela. *Vida Silvestre Neotropical*. 6 (1-2): 53-56.
- Nates, P G., Rodríguez, C., & Vélez, E. D. (2006). Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la cordillera oriental de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 11 (1), Págs.25-35.
- Nates-Parra G. (1996). Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) de Colombia. En: *Insectos de Colombia*. Academia Javeriano. Bogota.
- Pacini, E., L. Viegi y G. Franchi. (2008). Types, evolution and significance of plant–animal interactions. *Rendiconti Lincei* 19:75–101.
- Padilla, F. (2005). Evolución del comportamiento social de las abejas. *El Colmenar*, 35-45. Obtenido de http://www.uco.es/dptos/zoologia/Apicultura/trabajos_libros/2005_Comportamiento_El_Colmenar.pdf
- Pichersky, E. y J. Gershenzon. (2002). The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Current Opinion in Plant Biology* 5:237–243.
- Piechulla, B. y M. Pott. (2003). Plant scents – mediators of inter– and intraorganismic communication. *Planta* 217:687–689.
- Pimm, S. (2001) *El mundo según Pimm: un científico audita el Tierra*. McGraw-Hill, Nueva York.
- Raguso, R. A. (2004). Flowers as sensory billboards: progress towards an integrated understanding of floral advertisement. *Current Opinion in Plant Biology* 7:434–440.
- Roubik, D. (1989) *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Roubik, D.W., (1992). Stingless bees. A guide to Panamanian and Mesoamerican species and their nests (Hymenoptera:Apidae:Meliponinae. In: Quintero, D., Aiello, A. (Eds.), *Insects of Panama and Mesoamerica—Selected Studies*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 495–524.
- Sosenski P. & Dominguez C, (2018), El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico: *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 961 - 970
- Toki K, Saito N, Irie Y, Tatsuzawa F, Shigihara A, Honda T (2008). 7-O-Methylated anthocyanidin

- glycosides from *Catharanthus roseus*. *Phytochemistry* 69 (5): 1215-9
- Vit, P., Medina, M. y Enríquez, M. E. (2004). Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World*, 85, 2-5.
- Yáñez, O. O., Trujano O, & Llorente B. J. (2008). Patrones de distribución de las especies de la tribu meliponini (hymenoptera: apoidea: apidae) en México. *Interciencia*, 33(1), 41-45.
- Zimmermann, J. G. (1932). Über die extrafloralen Nektarien der Angiospermen. *Beih. Bot. Centralbl.* 49: 99-196.