

# CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS POLINIZADORES SOCIALES DE MÉXICO



APIDAE: MELIPONINI

Su evolución,  
comunicación química  
y reproducción

*Macario Melitón Fierro Martínez*





CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS POLINIZADORES  
SOCIALES DE MÉXICO (APIDAE: MELIPONINI).  
SU EVOLUCIÓN, COMUNICACIÓN QUÍMICA Y REPRODUCCIÓN



CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS POLINIZADORES  
SOCIALES DE MÉXICO (APIDAE: MELIPONINI).  
SU EVOLUCIÓN, COMUNICACIÓN QUÍMICA Y REPRODUCCIÓN

MACARIO MELITÓN FIERRO MARTÍNEZ

2022



**Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción**  
Primera edición, 2022.

Obra dictaminada bajo proceso de pares académicos externos a doble ciego.

Dirección Editorial: Luis Adrián Maza Trujillo

Diseño Editorial: Ernesto de Jesús Pérez Álvarez

Diseño de portada: José Rodolfo Mendoza Ovilla

ISBN: 978-607-561-121-1



D.R. 2022 Universidad Autónoma de Chiapas

Boulevard Belisario Domínguez km 1081, sin número, Terán,

C. P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana  
con número de registro de afiliación: 3932

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, así como su transmisión por cualquier medio, actual o futuro, sin el consentimiento expreso por escrito de los titulares de los derechos. La composición de interiores y el diseño de cubierta son propiedad de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Impreso y hecho en México

*Printed and made in Mexico*

# Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| Prólogo .....   | 11 |
| <b>CAPITULO I. LOS INSECTOS SOCIALES</b>  |    |
| Introducción .....  | 15 |
| Glándulas productoras de feromonas<br>en la familia Apidae .....                  | 16 |
| Glándulas de la cabeza .....  | 17 |
| Glándulas del abdomen .....   | 20 |
| Glándulas ubicadas en las extremidades .....                                      | 21 |
| <b>CAPITULO II. EVOLUCIÓN DE LA COMUNICACIÓN QUÍMICA<br/>EN LA FAMILIA APIDAE</b> |    |
| Introducción .....  | 25 |
| Eusociabilidad de las abejas .....  | 27 |
| La comunicación química en la familia Apidae .....                                | 30 |
| Comunicación química de Apini y Meliponini.....                                   | 32 |
| Evolución y Co-evolución .....  | 35 |
| Propuesta de árbol filogenético<br>para la familia Apidae .....                   | 36 |
| Árbol filogenético hipotético propuesto por Noll .....                            | 38 |

### **CAPITULO III. REPRODUCCIÓN DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN**

|  |    |
|--|----|
| Introducción .....   | 45 |
| Áreas de congregación de zánganos.....   | 45 |
| Alteración de la feromona sexual de la reina<br>después del apareamiento ..... | 47 |

### **CAPITULO IV. LOS ESENCIALES POLINIZADORES SOCIALES: MELIPONINI**

|  |    |
|--|----|
| Introducción .....   | 53 |
| Especies agrícolas polinizadas por las abejas nativas .....                  | 54 |
| Distribución de las Abejas Sin Aguijón de México.....                        | 78 |
| Aplicación de los avances científicos<br>en la polinización de cultivos..... | 84 |
| Propuestas de técnicas de manejo con fines<br>de polinización .....          | 85 |

### **CAPITULO V. LA MELIPONICULTURA. ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA SU CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN EN EL SURESTE DE MÉXICO**

|  |     |
|--|-----|
| Introducción .....   | 90  |
| Estrategias de manejo sugeridas para la conservación<br>de las abejas sin aguijón..... | 92  |
| Manejo sustentable de las abejas sin aguijón .....                                     | 97  |
| Alimentación de las colonias hijas y débiles .....                                     | 100 |
| La cosecha de miel, polen, cera y propóleos .....                                      | 102 |
| Formación del meliponario .....  | 104 |
| Reproducción de las colonias.....  | 108 |

**CAPITULO VI. DESARROLLOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS  
DE LA UNACH PARA LA CONSERVACIÓN  
Y RESTAURACIÓN DE LOS POLINIZADORES  
SOCIALES DE MÉXICO (APIDAE: MELIPONINI)**

|  |     |
|--|-----|
| Efecto de los Factores Bióticos y Abióticos sobre la Abundancia y Diversidad de Especies de Abejas Nativas en Hábitats Neotropicales Fragmentados.....                                   | 114 |
| Introducción .....   | 114 |
| Materiales y métodos .....   | 117 |
| Resultados.....  | 123 |
| Discusión.....   | 139 |
| ¿Crisis mundial de polinizadores? Avances institucionales para la mitigación y restauración de las abejas sin aguijón (Apidae:Meliponini) ante el impacto de actividades antrópicas..... | 143 |
| Introducción .....   | 143 |
| Materiales y métodos .....   | 144 |
| Resultados.....  | 146 |
| Conclusiones .....   | 148 |
| Método que Facilita el Rescate de los Polinizadores Nativos en Peligro de Extinción Ante el Cambio Climático .....   | 150 |
| Introducción .....   | 150 |
| Metodología .....  | 152 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Resultados.....           | 153 |
| Conclusiones .....        | 157 |
| Reflexiones finales ..... | 161 |
| Glosario .....            | 169 |
| Referencias.....          | 175 |
| Agradecimientos .....     | 197 |

## PRÓLOGO

La riqueza y abundancia de las abejas sin aguijón, está estrechamente relacionada con la conservación de nuestros recursos naturales principalmente los forestales en consecuencia para su restauración y conservación ayuda mucho el avance científico de estos polinizadores así como la experiencia en el manejo sustentable de los ecosistemas. Asimismo resulta fundamental la difusión del conocimiento y la formación de recursos humanos que se involucren en los objetivos de conservación y sustentabilidad, comprometidos para transmitir sus experiencias a las generaciones futuras, generando métodos de producción y abriendo espacios de concientización y comercialización a los vitales servicios ambientales de las abejas sin aguijón y sus productos como la miel, polen y propóleos. En congruencia, este libro está dirigido a los ambientalistas, ecologistas, agrónomos, veterinarios, entomólogos, y a todos los profesionales de las ciencias naturales pero en especial a los estudiantes y profesores involucrados en las estrategias de investigación y de explotación sustentable de nuestros recursos naturales; no obstante, al estar ordenado por capítulos, puede ser utilizado por el público en general interesadas en conservar la biodiversidad de nuestros bosques y selvas. El libro consta de VI Capítulos, los primeros tres exponen las características de los insectos sociales con énfasis en las abejas, explica su proceso evolutivo y sus interacciones con las plantas, detalla la importancia de la comunicación química y expone un posible árbol filogenético de la Familia Apidae. Asimismo describe algunos aspectos de las áreas de congregación de zánganos y la alteración de las feromonas sexuales después del apareamiento en diferentes especies de abejas. El Capítulo IV es una descripción de la distribución

actualizada de los meliponinos por regiones en nuestro país, destacando la importancia de la abundancia y riqueza de especies en el sureste mexicano, principalmente Chiapas y Oaxaca. El Capítulo V destaca la importancia comercial de las abejas sin aguijón, haciendo énfasis en la explotación sustentable y describiendo las diez especies más importantes por su producción de miel y su potencial uso como polinizadores de cultivos agrícolas, atributos que se vuelven altamente importantes para la conservación y restauración de estos polinizadores. El Capítulo VI expone los avances científicos y tecnológicos para la conservación y restauración de las abejas nativas de México. Presenta los principales trabajos institucionales realizados por la Universidad Autónoma de Chiapas, en ellos se expone la crisis mundial de polinizadores, los factores bióticos y abióticos que los afectan y la situación actual de las abejas nativas en México, asimismo se describe la identificación química de las feromonas sexuales de *Tetragonisca angustula* y su importancia en la formación de las congregaciones de zánganos y aspectos relacionados con la etología y electrofisiología de los zánganos, así como la comunicación química durante el proceso reproductivo. Los resultados institucionales presentados en este capítulo, han sido publicados en diferentes revistas científicas nacionales e internacionales y se proporcionan las citas correspondientes. El capítulo se cierra con un resumen de las principales publicaciones científicas enfocadas a la conservación de las abejas nativas de México. Esperamos que esta aportación ayude a promover la conservación no solo de las abejas sin aguijón sino también de la biodiversidad, la abundancia y riqueza de especies de nuestro país y en consecuencia, la conservación de los multidiversos ecosistemas, respondiendo de esta manera al clamor mundial para la conservación y restauración de una vida digna...”Como organismos altamente sociales podremos corregir nuestros errores y transformar nuestros desiertos, en raudales de abundancia sustentable para las generaciones futuras”... Líderes del mundo.

**CAPÍTULO I**  
LOS INSECTOS SOCIALES



## INTRODUCCIÓN

Los insectos son la especie animal más abundante del planeta, con infinidad de interacciones destacando las que ocurren entre estos las plantas y el hombre. Los insectos habitan en todos los rincones del planeta realizando durante el desarrollo de sus ciclos vitales, funciones que desde el punto de vista humano pueden ser perjudiciales como el caso de los insectos plaga de los agro cultivos y los transmisores de enfermedades (vectores) o benéficos como lo son los insectos degradadores de materia orgánica y los polinizadores (abejas). El estudio de la bioecología de los insectos ha facilitado la comprensión de los sistemas más complejos de la vida en general. La sistemática de insectos ha hecho grandes contribuciones en su estudio, evidenciando el hecho de que existen entre uno y cinco millones de especies, esto es por mucho, más de las especies que existen entre plantas y animales juntos. Dos factores importantes han contribuido al éxito de los insectos: 1. Su alta capacidad adaptativa y 2. Su alta capacidad reproductiva.

Si bien es cierto de las ventajas que ofrece sus ciclos biológicos cortos también lo es el hecho que en la reproducción sexual de estos se requiere de “coincidencia armónica” de los participantes. En la mayoría de los casos este evento involucra mecanismos de comunicación sofisticados en los cuales participan sustancias químicas conocidas como feromonas. El término feromona fue definido inicialmente por Karlson y Luscher (1959) como las sustancias químicas que los animales emiten para comunicarse con miembros de su misma especie, la palabra

proviene del griego “*pherein*” (transportar) y “*bormán*” (excitación). Las feromonas frecuentemente son mezcla de dos o más compuestos, uno de ellos puede participar en la orientación mientras que los otros pueden estar relacionados con la atracción sexual, sincronizándose fisiológicamente con la pareja.

Las feromonas son producidas por los insectos en diferentes partes del cuerpo, como son la cabeza, el tórax y sus extremidades, generalmente a través de diferentes glándulas exocrinas que son utilizadas como mecanismos químicos de comunicación de recursos y fundamentalmente como atrayente sexual (Cuadro 1).

| <b>Cuadro 1.</b> Emisión de feromonas sexuales por diferentes especies de insectos |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
| <b>Nombre científico</b>   | <b>Nombre químico</b>                    | <b>Referencia</b>                |
| <i>Adoxophyes orana</i> (Lepidoptero, Tortricidae)                                 | 9cis/11 trans, acetato de tetradecilo    | Jacobson <i>et al</i> 1970       |
| <i>Anthonomus grandis</i> (Coleoptera, Curculionidae)                              | 3-trans,5-cis-tetradecenoico             | Silverstein <i>et al.</i> , 1967 |
| <i>Anastrepha obliqua</i> (Diptera,Tephritidae)                                    | (Z)- 3 nonenol, (E,E) $\alpha$ farneseno | Silverstein <i>et al.</i> , 1967 |
| <i>Apis mellifera</i> (Himenoptera, Apidae)  | Metil-p-hidroxibenzoato                  | Pankiw <i>et al.</i> ,1996       |
|  | Acido (E)-9-ceto-2-decenoico             |                                  |
|  | 4 hidroxí-3-metoxifeniletanol            |                                  |

## GLÁNDULAS PRODUCTORAS DE FEROMONAS EN LA FAMILIA APIDAE

A continuación se presenta un estudio más detallado de la emisión de volátiles de los insectos sociales, haciendo énfasis en la familia Apidae

(Himenoptera), debido a que es un grupo de insectos polinizadores más estudiados por su importancia económica y por los servicios ambientales que proporcionan, se describen las feromonas más relevantes que se conocen, su origen glandular y las partes del cuerpo donde se localizan (Gilley *et al.*, 2006; Keeling 2002; Slessor *et al.*, 1990; Cruz-Landim 2002).

## GLÁNDULAS DE LA CABEZA

Las abejas son artrópodos caracterizados por tener el cuerpo dividido en cabeza, tórax, abdomen y extremidades. La cabeza consta de varios segmentos unidos entre sí para formar una cápsula cefálica esclerotizada, distinguiéndose en ella los ojos, las antenas y las mandíbulas. Las mandíbulas en las abejas es un órgano auxiliar para su alimentación, y ligadas a ellas se han desarrollado un par de glándulas que poco o nada tienen que ver con la alimentación, pero sí y de manera importante con la comunicación intraespecífica. Estas glándulas se encuentran ampliamente distribuidas entre los insectos en general. Es una estructura en forma de bolsa unida directamente a la mandíbula (Snodgrass 1956; Chapman 1998). En los Himenópteros, las glándulas mandibulares están presentes en los adultos de todas las especies. En la cabeza de las abejas se localizan dos pares de glándulas productoras de feromonas: 1) La glándula mandibular y 2) La glándula labial. La morfología y desarrollo de estas glándulas varía entre las especies, entre los sexos de la misma especie y entre las castas. Esto sugiere funciones específicas para cada caso.

**La glándula mandibular** en *Apis mellifera*, probablemente el insecto social más estudiado, está constituida por una mezcla compleja

de al menos 50 compuestos diferentes, destacando al menos cinco con actividad feromonal relevante (Pankiw *et al.*, 1996) (Cuadro 2). Debido a su complejidad aún se desconoce la función que desempeñan muchos compuestos presentes en esa mezcla, pero se sabe que cinco de ellas participan en funciones vitales dentro de la organización de la colonia. Esta glándula se le localiza funcionalmente tanto en la reina como en sus obreras, en las nodrizas de estas últimas secreta el ácido 10, hidroxil, 2 decenoico, principal componente lípido del alimento larvario (Butenandt *et al.*, 1959), y el ácido octanoico y otros ácidos volátiles, mientras que en las obreras mayores, específicamente en las guardianas, se produce la 2-heptanona, con funciones de feromona de alarma o defensa, aunque su efecto es más débil que la feromona del agujón (Graham 1992, Slessor *et al.*, 2005). En la reina, la feromona mandibular está constituida principalmente por los compuestos descritos en el cuadro 2. Esta feromona de la reina es la responsable de mantener la cohesión y organización de la colonia funcionando como una feromona *releaser*, esto es inhibiendo o propiciando el desarrollo de ciertas actividades como son la inhibición de los ovarios en las obreras (primer feromonas) o la aparición de nuevas celdas reales en la colonia (Graham 1992: Slessor *et al.*, 2005). En los zánganos de *Apis* la feromona mandibular ayuda a la formación de las congregaciones de zánganos en lugares adecuados para el apareamiento (Graham 1992). Los machos del género *Bombus*, utilizan secreciones de la glándula mandibular como atrayente sexual. En las abejas sin agujón (Himenoptera, Meliponini), se ha observado que la glándula mandibular regula diferentes funciones: defensa (*Oxytrigona tataira*), repelencia para atacar (*Lestrimellita limao*), comunicación (*S. postica*) (Crúz Landim *et al.*, 2005), por otro lado la feromona mandibular de reinas de meliponinos, aunque parece tener un efecto similar sobre la colonia como en el caso

de *Apis*, hay comportamientos como la formación del séquito de la reina (retinue) que los Meliponini aún no realizan.

**Cuadro 2.** Componentes identificados en la glándula mandibular de *Apis mellifera* virgen y fecundada a diferentes edades, (Pankiw et al.,1996).

| Nombre del Compuesto                    | Abreviatura  | Reina vírgen (edad en días) |                  |                  |                  | Reina fecundada  |
|---|--------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|   |              | 1                           | 3                | 7                | 14               |                  |
| <b>Metil-p-hidroxibenzoato</b>          | <b>HOB</b>   | <b>0.1</b>                  | <b>t</b>         | <b>t</b>         | <b>t</b>         | <b>31 (8%)</b>   |
| <b>Acido (E)-9-ceto-2-decenoico</b>     | <b>9 ODA</b> | <b>25 (11%)</b>             | <b>159 (56%)</b> | <b>422 (73%)</b> | <b>497 (77%)</b> | <b>137 (37%)</b> |
| <b>4 hidroxi-3-metoxifeniletanol</b>    | <b>HVA</b>   | <b>0.5</b>                  | <b>1.4</b>       | <b>3.3</b>       | <b>5.6</b>       | <b>5.6 (1%)</b>  |
| Acido 9 hidroxidecanoico                | 9HDAA        | 0                           | 0.6              | 1.2              | 1.2              | t                |
| <b>Acido 9 hidroxi-2-decenoico</b>      | <b>9HDA</b>  | <b>3.4 (2%)</b>             | <b>20 (7%)</b>   | <b>35 (7%)</b>   | <b>32 (5%)</b>   | <b>28 (13%)</b>  |
| Acido 10 hidroxidecanoico               | 10HDAA       | 1.3                         | 0.2              | 0.5              | 0.5              | 14 (4%)          |
| <b>Acido (E)-10-hidroxi-2-decenoico</b> | <b>10HDA</b> | <b>1</b>                    | <b>2</b>         | <b>12 (2%)</b>   | <b>9 (2%)</b>    | <b>25 (7%)</b>   |

En negrita compuestos con actividad feromonal importante encontrados en las especies de *Apis mellifera*. Los compuestos en bajas concentraciones son denotados por "t". La composición porcentual esta dada entre paréntesis en relación con los otros compuestos presentes.

**La glándula labial cefálica** produce feromonas involucradas en la comunicación de recursos en abejas eusociales (Cruz-Landim *et al.* 2005) o como atrayente sexual en especies menos evolucionadas (*Bombus* spp). En *Apis mellifera* estas feromonas están formadas por alcanos de cadena larga (C17-C35) y alquenos (C23-C33) principalmente (Katzav-Gozansky *et al.* 2001). En las abejas sin agujón han sido identificados 145 compuestos (Cruz–Landim *et al* 2005), entre los que se incluyen ésteres, alcoholes, carboxilatos, terpenoides, aldehídos, cetonas y lactosas aromáticas, todas participando en la comunicación de recursos

(Jarau *et al.*, 2004a). En el tórax, se ubica la glándula labial torácica con funciones semejantes a la glándula labial cefálica.

## GLÁNDULAS DEL ABDOMEN

**Glándula de Dufour.** Se le encuentra distribuida en todas las hembras de los himenópteros y se le relaciona con el aguijón. Los componentes principales son lípidos de cadena larga con compuestos volátiles oxigenados. Sus funciones son múltiples y no están bien establecidas. Se le relaciona con la producción de sustancias para protección de los huevecillos en las celdas y en la eliminación de huevos depositados por pseudo reinas (obreras ponedoras) (Retnieks 1995). Estudios recientes sugieren que puede jugar un papel importante en el control organizativo que ejerce la reina sobre la colonia, (Katzav-Gonzansky 2001). Los compuestos descritos para la reina son principalmente alcanos y esterres específicos (hexadecanoato de tetradecilo y el tetradecanoato de hexadecilo), mientras que en las obreras predominan los alcanos. Cruz-López *et al.*, (2001), encontraron *acetato de transgeranilo* en secreciones de la abeja sin aguijón *Nannotrigona testaceicornis*. En *Frieseomelitta* spp se han descrito alcanos, alcoholes y aldehídos (Patricio 2003). En tanto que en reinas de *Melipona bicolor* se han descrito esterres de acetato y de isoburato (Abdalla *et al.*, 2004).

**Las glándulas tergaes.** Estas tienen un papel muy semejante al de las glándulas mandibulares de las reinas en cuanto a la formación del sequito de la reina por las obreras, también se le reconoce una función adicional, que es el de reconocimiento de la reina por las obreras. En abejorros (*Bombus* spp) participa en la comunicación de recursos

comunicando a otras obreras presencia de los mismos. En estas especies se han identificado al *eucaliptol*, el *ocimeno* y el farnesol (Granero *et al.*, 2005).

**Glándula de veneno.** Estas feromonas son extremadamente efectivas en provocar el comportamiento defensivo en el género *Apis*, por muchos años se considero al acetato de isoamilo como el único componente de las feromona (Boch *et al.*, 1962), recientemente se han identificado una mezcla mas compleja, entre los que destacan por su abundancia: el acetato de isopentilo, 2-nonanol, el isopentanol, el acetato de n-butilo, el acetato de benzilo, el acetato de n-octilo y el (Z)-11 eicosan-1-ol. Estos componentes promueven el comportamiento de defensa, que a diferencia del de alarma, provoca que las abejas ataquen directamente a sus potenciales enemigos (Graham 1992; Slessor *et al.*, 2005). Esta diversidad de compuestos presentes en esta glándula, no es común entre los insectos eusociales por lo que posiblemente desempeñen funciones adicionales más complejas.

**Glándulas ceríferas.** Al iniciar la construcción de celdas, las obreras de *A. mellifera* sintetizan una serie de compuestos oxigenados que promueven el comportamiento de almacenamiento y forrajeo. Se han identificado aldehídos como el nonanal, el decanal, el furfural, el benzaldehído y el undecanal que motivan este proceso de desarrollo de la colonia (Graham 1992).

## GLÁNDULAS UBICADAS EN LAS EXTREMIDADES

**Glándulas tarsales.** En la reina de *Apis mellifera*, estas glándulas contribuyen a inhibir la construcción de celdas reales. En las obreras, sirve para la comunicación de recursos o bien en la orientación de abejas

extraviadas. Se ha observado que en los abejorros, funcionan como repelentes, señalizando recursos ya explotados a otros individuos, identificándose al n-eicosano como la sustancia con mayor actividad repelente (Goulson *et al.*, 2000). En las abejas sin aguijón las feromonas actúan como atrayentes en la comunicación de recursos (Jarau *et al.*, 2004b).

Adicionalmente se han identificado nuevas feromona como la de la cría, constituida principalmente por esteres etílicos y metílico de los ácidos palmíticos, linolénico, esteárico y oleico, los cuales se sabe sirven como señales para la operculación de las celdas de cría. También se ha identificado al oleato de etilo en las forrajeras cuya función esta relacionada con el control demográfico de la colonia (Slessor *et al.*, 2005). El E- $\beta$ , ocimeno fue identificado por Gilley *et al* (2006), en reinas de *Apis mellifera* fecundadas con funciones aún desconocidas. Finalmente, de manera especial, hacemos mención de la feromona indentificada en los volátiles de las reinas vírgenes y fecundadas de *Tetragonisca angustula*, la cual consiste fundamentalmente en una mezcla de tres compuestos orgánicos, siendo el hexanoato de isopropilo el compuesto más abundante y producido en el abdomen de la reina, no obstante aún es necesario realizar más estudios de campo para conocer su importancia durante el proceso reproductivo (Fierro *et al.*, 2011).

**CAPÍTULO II**  
EVOLUCIÓN  
DE LA COMUNICACIÓN QUÍMICA  
EN LA FAMILIA APIDAE



## INTRODUCCIÓN

**L**a clase insecta ha clasificado a las abejas dentro de la familia Apidae. Las abejas son consideradas como avispas que evolucionaron, abandonando su estilo depredador de vida para convertirse en recolectores de polen y néctar los cuales les proveen los nutrientes y energía para su desarrollo. Las avispas provistas de aguijón y, que están relacionadas evolutivamente con las abejas, cazan a otros insectos o arácnidos para el alimento larvario de sus crías. Sin embargo no es raro observar que los adultos frecuentemente se alimentan del néctar de las flores sin dificultad pues sus órganos bucales están bien adaptados para chupar o lamer. Las abejas ancestralmente pudieron haber tenido una avispa o espécimen equivalente con estas características, capaz de ingerir néctar y en su momento, con las condiciones propicias, empezó a coleccionar polen para alimentar a sus crías en lugar de cazar a sus presas (Michener 1974). Una de las adaptaciones relevantes, esta relacionada con el desarrollo de estructuras anatómicas adaptadas para la colecta y transporte de polen y la presencia de glándulas productoras de feromonas. Todas las abejas han desarrollado un pelaje abundante y patas posteriores anchas adecuadas para coleccionar el polen, marcar la ruta y transportarlo de regreso al nido (Figura 1).



**Fig. 1.** Pata posterior de una abeja. Izquierda pata regular de un insecto no social, al centro pata de una abeja con escopa y a la derecha con corbicula, las dos últimas adaptadas para transportar polen (Cortesía de Diego Contreras).

Las primeras abejas deben haber aparecido en el paleocontinente Gondwana, que es la época coincidente con la aparición de las plantas con flores (Raven y Axelrod, 1974). Aunque el fósil de abeja data de tiempos mucho más recientes se considera su origen en avispas que habitaron el cretáceo medio, hace 100 millones de años, en coincidencia con la aparición de las angiospermas como la vegetación más abundante (Michener 1974). El registro del fósil encontrado data del Eoceno hace 40 millones de años, este espécimen ya presentaba características bastante desarrolladas semejantes a la abeja actual, por lo que se considera que su aparición fue mucho tiempo antes (Manning 1952). De cualquier forma, la aparición de las abejas se hipotetiza como íntimamente relacionado con la aparición de las angiospermas esto es, con plantas que producen una gran variedad de flores, con olores, colores y formas diferentes y adicionalmente una recompensa, como lo es la producción abundante de néctar y polen para atraer a las abejas y estas en el proceso de recolecta, transfieren el polen entre las plantas favoreciendo una eficiente polinización. La co-evolución a partir de las interacciones insecto-planta es un tema modelo altamente

atractivo para el estudio de la evolución, ampliamente discutido y discutible y es a partir de aquí donde, podríamos intentar responder las siguientes preguntas: ¿Cómo ha evolucionado la comunicación química en Apidae? ¿Se podría generar un árbol filogenético hipotético a partir de estos cambios evolutivos? Planteamientos que se desarrollan bajo la hipótesis de que las abejas evolucionaron a partir de un origen común y desde la perspectiva de los cladistas, donde los organismos más complejos esto es, que presentan mecanismos de comunicación más sofisticados y en consecuencia más eficientes son considerados como los más evolucionados.

## EUSOCIABILIDAD DE LAS ABEJAS

Las abejas (Hymenoptera, Apidae) son mutualistas de las plantas con flores alimentándose básicamente del polen y néctar que éstas producen, recibiendo a cambio una eficiente polinización. La mayoría de las especies de Apoidea son solitarias, sin embargo las tribus Apini y Meliponi contienen las estructuras más complejas de eusociabilidad (Michener, 1974). Esta eusociabilidad viene acompañada de sofisticados sistemas de comunicación química mediante la emisión de mezclas de volátiles producidos en diversos sistemas glandulares mencionados en el Capítulo I. Existen varios estudios que abordan los sistemas glandulares de las abejas (Cruz-Lamdim, 1967), y la química de las secreciones exocrinas producidas por éstas (Bell y Cardé, 1984; Vander Meer *et al.*, 1998). Las abejas eusociales, se caracterizan por su división de castas conformada por la reina (hembra con sistema reproductor bien desarrollado), las obreras (hembras con sistema reproductor atrofiado) y los zánganos (machos) (Figura 2).



**Fig. 2.** Una reina de *Scaptotrigona mexicana* después de ovipositar seguida de un puñado de obreras (Foto de Diana Caballero), a la derecha los machos o zánganos agrupados en una congregación de zánganos. Abajo, reina de *Tetragonisca angustula* fecundada (Fotos del autor).

En esta división cada individuo desempeña durante su vida diferentes funciones jerárquicas determinadas por ejemplo, los zánganos desempeñan un único papel fundamental: fecundar a la reina. Se ha documentado plenamente que en *Apis mellifera* los zánganos no realizan labores de forrajeo ni participan en el mantenimiento ni defensa de la colonia, es importante señalar que durante el apareamiento, los zánganos solo pueden aparearse una sola vez ya que durante la cópula, sus órganos reproductores se desprenden lo cual les ocasiona la muerte minutos después (Sakagami, 1982). En las abejas sin aguijón los estudios son menos abundantes y en consecuencia se conoce poco sobre las

feromonas de la reina y los integrantes de la colonia, pero se han identificado algunos compuestos no tan complejos como en *Apis*, pero con funciones semejantes a nivel organizativo de la colonia, por ejemplo, en *Trigona recurva* las glándulas labiales son las responsables de la producción del decanoato de hexilo utilizada como feromona de marcaje por los recursos (Jarau *et al.*, 2006), en *Scaptotrigona postica* la mezcla de compuestos a base de alcoholes secundarios de cadena corta (2-alcoholes), localizados en la cabeza de reinas vírgenes, provocan la atracción de los zánganos (Engels *et al.*, 1990). Asimismo en *S. mexicana*, compuestos a base de 2-alcoholes están presentes en los extractos cefálicos en ambos estados de la reina (vírgenes y fecundadas), pero en altas concentraciones en las reinas vírgenes, a los cuales responden los zánganos (Verdugo-Dardon *et al.*, 2011); lo mismo se ha observado con *Tetragonisca angustula*, donde tres esteres fueron identificados con funciones de feromona, siendo el hexanoato de hexilo el compuesto más abundante en reinas vírgenes (Fierro *et al.*, 2011). No obstante, un tema menos estudiado ha sido la etología y bioecología de los zánganos, debido principalmente a que éstos no contribuyen en ningún aspecto al desarrollo o cuidado de la colonia y sus crías, tampoco son polinizadores y menos aún a aumentar las reservas de miel. No obstante, estudios sobre la conducta de los zánganos podrían ser muy útiles en programas de reproducción, para el mejoramiento y calidad del apareamiento asegurando la reproducción y perpetuidad de especies principalmente de aquellas que se encuentran amenazadas y en peligro de extinción, como las especies de abejas Meliponas, especialmente *Melipona beecheii*, *M. fasciata*, *M. solani* y otras (Moo-Valle *et al.*, 2001), especie en grave riesgo de extinción (Quezada *et al.*, 2001; Villanueva *et al.*, 2003; 2005).

## LA COMUNICACIÓN QUÍMICA EN LA FAMILIA APIDAE

La familia Apidae está constituida por cuatro tribus: Apini, Meliponini, Bombini y Euglosini (Winston y Michener 1977) (Figura 3).



Fig. 3. La tribu de las abejas sin aguijón, *Meliponini* comprende más de 300 especies de distribución Pantropical, mientras que los *Apini*, están constituidos por nueve especies de *Apis* de origen oriental y occidental.

Cada una de estas tribus han desarrollado diferentes niveles de comunicación y en consecuencia presentan diversos grados de sociabilidad, reconociéndose a los Meliponini y Apini los que presentan las características sociales más elaboradas (eusociales) de todas las abejas (Michener 1974).

La comunicación se define como la transmisión de información entre un emisor y un receptor mediante un código común (Wilson, 2000). En los insectos, la comunicación puede llevarse a cabo mediante la emisión de sonidos, estímulos visuales (danza) y señales químicas (feromonas), siendo una herramienta muy útil en procesos esenciales como el apareamiento, alarma, y la organización, entre otros. Un caso típico de comunicación ocurre cuando individuos de algunas especies de insectos eusociales informan sobre el lugar donde se localizan recursos, proceso llamado reclutamiento o comunicación de recursos (Wilson, 2000).

Las abejas *eusociales* (Hymenoptera, Apidae) también interactúan con otros organismos de varias maneras, como mutualistas con las plantas con flores o como competidores con otros integrantes del gremio de los polinizadores. Como competidores, los sistemas de comunicación para la localización de los recursos (distancia, dirección y altura), les confieren grandes ventajas, especialmente cuando los recursos son por temporadas o agrupados en ciertas regiones, como suele ocurrir en las diferentes regiones del mundo. De esta manera las diferentes especies de la familia Apidae han desarrollado sistemas de comunicación de recursos, o de reclutamiento. Observándose en algunas de ellas, sistemas de reclutamiento más elaborados y más eficientes que otras, reflejando con ello su historia evolutiva. La eficiencia en la comunicación de los recursos se puede observar por la abundancia y dispersión de la especie en general o en lo particular, por la proporción de abejas que han recibido información espacial de un recurso y que eligen dicho recurso aún en presencia de otras alternativas similares. Este desempeño de alta precisión puede ser medido a nivel individual como la capacidad de una recluta de dirigirse a un recurso comunicado por una exploradora con

base no solo a señales químicas sino también a su experiencia y a los estímulos visuales y térmicos (Sánchez *et al.*, 2004).

## COMUNICACIÓN QUÍMICA DE APINI Y MELIPONINI

Los estudios de investigación enfocados a la biología de la reina son por mucho, más abundantes que los realizados en zánganos. Uno de los temas más abordados son los relacionados al estudio de sus glándulas y sus secreciones exócrinas. Las feromonas sexuales son volátiles emitidos por la reina. Estas secreciones involucran una mezcla de componentes provenientes de numerosos tejidos endócrinos, incluyendo la cutícula, y muy pocas feromonas sexuales han sido totalmente caracterizadas usando bioensayos y pruebas electrofisiológicas. En *Apis* la feromona de la reina es una mezcla compleja de al menos 50 compuestos químicos, como se discute en el Capítulo I (Cuadro 2) y que estos compuestos solos o combinados ejercen un impacto en la organización y cohesión de la colonia, o de tipo fisiológico. La inhibición de actividades como la producción de nuevas reinas y el desarrollo de los ovarios en las obreras son reguladas por la feromona de la reina, las cuales a nivel molecular bloquean el desarrollo fisiológico para realizar dichas funciones (Beggs *et al.*, 2006; Vergoz *et al.*, 2007). En el caso de las abejas sin aguijón, se ha observado que varias de ellas también utilizan la comunicación química dejando deposiciones de feromonas ya sea en el sitio donde se encuentran los recursos o a lo largo de una ruta hacia el nido como indicadores que permitan la fácil re-localización de los recursos (Hrcir *et al.*, 2004). Para conocer el origen de estos compuestos, en algunas especies de abejas sin aguijón se han realizado estudios de las principales

glándulas productoras de feromonas (Jarau *et al.*, 2004a; Grajales *et al.*, 2005), aunque se ha considerado por muchos años (como ocurrió en *Apis*) que la glándula mandibular es la fuente principal de la emisión de las feromonas en los diferentes géneros y especies de meliponinos (Michener, 1974; Roubik, 1989), sin embargo esto no es completamente cierto (Jarau *et al.*, 2004b), como se observó en experimentos de reclutamiento con *Scaptotrigona postica* (Lindauer y Kerr, 1960; Nieh y Roubik, 1995), donde las reclutas nunca reconocieron el marcaje con compuestos sintéticos de la glándula mandibular efectuado en dirección opuesta al realizado en forma natural por las forrajeras, concluyendo que las secreciones de la glándula mandibular por sí sola no son suficientes para provocar reclutamiento a través de una ruta marcada con estas sustancias. En otras pruebas, el 2-heptanol, compuesto principal (por su abundancia) localizado en extractos cefálicos de obreras de *Trigona spinipes*, obtuvo una baja respuesta cuando se intentó utilizarlo como feromona de marcaje (Kerr *et al.*, 1981). El 2-heptanol también ha sido identificado como el segundo compuesto más abundante después del 2-nonanol en extractos cefálicos de reinas fisiogástricas (reinas vírgenes) de *Scaptotrigona mexicana*, y aunque se observó la atracción de obreras a dichos extractos, no se especifica el compuesto químico que provoca dicha atracción y su probable empleo como feromonas de marcaje (Grajales *et al.*, 2005). Estudios dirigidos para conocer las fuentes glándulares de las feromonas y la composición química de las mismas en *T. recursa* y *T. spinipes* descubrieron que el decanoato de hexilo y el decanoato de octilo, dos ésteres de cadena corta, son las feromonas de marcaje plenamente identificadas para cada una de las trigonas respectivamente y que las glándulas labiales son las responsables de su producción (Jarau *et al.*, 2004b; 2006). La glándula labial es una porción

cefálica bien desarrollada en las abejas nativas la cual se encuentra en la parte anterior de la cabeza y por encima de la glándula mandibular (Cruz-Landim, 1967) y cuyas funciones aún se desconocen. También se ha identificado que la feromona de marcaje en *M. seminigra* es producida por la glándula epitelial localizada en el tendón retractor de sus extremidades y no en las glándulas tarsales como se había considerado (Jarau *et al.*, 2004a; Barth *et al.*, 2008). Congruente con su diversidad y formas de vida, Apini y Meliponini presentan numerosos mecanismos sensoriales que pueden ser usados por las abejas como canales de comunicación no sólo para comunicación de recursos sino también para atraer al sexo opuesto y lograr el apareamiento. No obstante, las señales químicas parecen ser en las abejas y muchos otros órdenes de insectos, el método común más utilizado para el reconocimiento de conespecíficos para realizar el apareamiento (Lewis, 1985). Una de las primeras feromonas sexuales identificadas en insectos fue la denominada “substancia de la reina” en *Apis mellifera*, la cual es producida en la glándula mandibular de la reina (Gary 1962; Butler, 1971). Aunque el extracto crudo de la glándula mandibular de la reina es altamente atractiva a los zánganos, el ácido 9-ceto-(E)-2-decenoico (9-ODA), es el atrayente principal, y solo demostró ser más atractivo que los otros compuestos individualmente, presentes en la mezcla. El papel predominante de este compuesto fue confirmado por electroantenografía (EAG) (Kaissling y Renner, 1968; Brockmann y Brückner, 1998) y en pruebas de campo se observó que los extractos de la glándula mandibular fueron capaces de atraer zánganos a una distancia de hasta 60 m a partir de un área de congregación, donde el apareamiento suele ocurrir. Se ha observado también que los zánganos son atraídos por los extractos de las glándulas tergaes de la reina. Los compuestos de estas glándulas probablemente estimulan el

comportamiento copulatorio en los zánganos, porque después de ser expuestos a estos volátiles los machos buscan el contacto con la reina. Otros ejemplos de feromonas sexuales producidos en la glándula mandibular de la reina han sido localizados en abejorros (Van Honk *et al.*, 1978), *Andrena* spp. (Tengö, 1979.), *Colletes* spp. (Vander Meer *et al.*, 1998) y las eusociales abejas sin aguijón (Engels, 1987; Engels *et al.*, 1990). Las funciones de las secreciones de la glándula mandibular como feromona sexual han sido sustentadas con pruebas de comportamiento empleando extractos de las glándulas. Sin embargo la importancia de un compuesto químico en particular raramente ha sido demostrada. En las abejas sin aguijón de *Scaptotrigona postica*, los compuestos químicos a base de 2-alcoholes atrajeron a machos a distancias lejanas, pero los intentos de cópula sólo se observaron en los bioensayos cuando a la mezcla de 2-alcoholes se le adicionaba, en pruebas de corta distancia usando mezcla sintética, el compuesto a base de 2-cetonas, estos compuestos también fueron encontrados en la glándula mandibular de la reina (Engels, 1987).

## EVOLUCIÓN Y CO-EVOLUCIÓN

La aparición de nuevas especies aún sin describir son el producto de la evolución de millones años de cambios graduales y presión ecológica. La competencia puede llevar a poblaciones enteras hasta la extinción o bien a especializarse buscando recursos alternos (Roubik 1989). Muchas especies de insectos comparten características morfológicas y etológica que provocan una intersección de nichos y en consecuencia se produce competencia (Roubik 1989), la cual también puede ser explicada en términos de los os-

cilatorios acoplados, donde la armonía observada en un ecosistema se ve alterada con la extinción o la introducción de nuevas especies, estabilizándose el ecosistema hasta que se logre el acoplamiento (proceso evolutivo) o adaptación a los cambios ocurridos (Vandermeer 2006). Este tipo de solapamientos generalmente ocurre en especies que tienen un origen filogenético inmediato anterior común (Noll 2002). La competencia puede originar la aparición de características que le provean de ventajas sobre las otras especies que en el caso de Apidae es relevante observar como las tribus Apini y Meliponini poseen características sociales muy semejantes y consecuentemente altas competidoras entre sí, mientras que Bombini es una tribu con un comportamiento social menos evolucionado, agrupado con la tribu Euglosini de comportamiento solitario (Michener 1974).

## PROPUESTA DE ÁRBOL FILOGENÉTICO PARA LA FAMILIA APIDAE

Basados en datos moleculares se han propuesto al menos dos hipótesis sobre la filogenia de la familia Apidae. Sin embargo la más sustentada parece ser la que se fundamenta en estudios moleculares y morfológicos (“Evidencia total”), (Chavarría y Carpenter, 1994), en el cual Meliponini y Apini se ubican como grupos hermanos, altamente sociales. (Roig-Alsina y Michener, 1993). Michener (1969), por definición ordenó a las abejas en dos grupos: 1. Las abejas primitivas, Euglosini y Bombini, que no presentan diferencias morfológicas relevantes entre las castas, y los nidos son pequeños (excepto en *Bombus* spp) y 2. Las abejas altamente sociales (Eusociales), Meliponini y Apini, que presentan un comportamiento bien definido, diferenciación anatómica y fisiológica de las castas (con sus excepciones) y un sistema de comunicación altamente

eficiente. Entre las abejas eusociales, *Apis mellifera* por su importancia económica, ha sido la más estudiada en todos los aspectos, observándose la presencia de mecanismos de comunicación intranidal altamente elaborados (como la danza en forma de ocho), que son considerados como un verdadero lenguaje, equiparable a las diferentes formas de comunicación humana y la deposición de feromonas extranidales (von Frisch 1967a, 1967b; Dyer, 2002). Los estudios en las tribus hermanas de Apini, como los Bombini y Meliponini (abejas sin aguijón), hasta ahora han mostrado la ausencia de un sistema de comunicación como el de *A. mellifera*, con resultados además bastante contradictorios entre algunas de sus especies (Nieh y Roubik, 1995; Hrncir *et al.*, 2004), a pesar de que también son capaces de reclutar (Nieh 2004).

Con la aparente ausencia de un lenguaje como el de *A. mellifera*, los Meliponini y los Bombini han desarrollado una serie alternativa de comportamientos que les permiten reclutar, como el pilotaje y la deposición de feromonas de ruta y del recurso (Nieh 2004), que forman parte integral de sus sistemas usados durante el forrajeo. Según lo anterior, los sistemas de comunicación se encuentran presentes en el género *Apis* en los abejorros y en las abejas sin aguijón, pero no en las abejas solitarias Euglosini (Peruquetti 2000). Las especies de cada tribu presentan sus propias características para comunicarse con mayor o menor eficiencia cuando se comparan entre ellas; por ejemplo, la comunicación dentro del nido de la distancia y dirección de los recursos, a través de la danza en ocho solo la realiza *Apis*, mientras que las abejas sin aguijón y los abejorros, se limitan a una serie de movimientos aún no descifrables para llamar la atención de otras obreras, sobre el descubrimiento de nuevas fuentes de alimento. (Lindauer y Kerr, 1960; Kerr *et al.*, 1981; Dyer y Seeley, 1991; Esch *et al.*, 2001; Jarau *et al.*, 2002). Otra forma

adicional de comunicarse es a través del contacto con las antenas y la trofalaxis, esta última se refiere al intercambio de alimentos líquidos entre individuos de la misma colonia. Esta forma de comunicación es considerada como la forma más primitiva de comunicación, utilizada para dar información acerca de la calidad y el olor del alimento. Este mecanismo de comunicación esta ampliamente distribuida en Apini y Meliponini (Wilson 2000); pero no en *Bombus* especie que coincidentemente no comunica presencia de recursos (Hart y Ratnieks, 2002; Nieh 2004). En lo referente a la comunicación extranidal, la producción y deposición de feromonas es el mecanismo de comunicación utilizado con mayor frecuencia entre las especies de abejas sociales. Las feromonas de comunicación de recursos se secretan principalmente en las glándulas mandibulares, labiales, tarsales y tergaes (Discutido en Capitulo I) (Nieh 2004). Las diferentes especies de abejas suelen tener diferentes estrategias para depositar feromonas. Por ejemplo algunas especies de abejas sin aguijón señalan toda la ruta para la ubicación del recurso depositando feromonas en su regreso desde la fuente de alimento descubierta por las exploradoras hasta la colonia (Lindauer y Kerr 1960; Kerr *et al.* 1981; Nieh 2004). Otras especies de abejas sin aguijón solo depositan feromonas a una corta distancia del recurso, pero no en todo el trayecto de regreso a la colonia (Nieh 2004), mientras que otras especies solo se limitan a marcar solamente el recurso.

### ÁRBOL FILOGENÉTICO HIPOTÉTICO PROPUESTO POR NOLL PARA LAS ABEJAS CORBICULADAS (HYMENOPTERA, APIDAE)

Basado en patrones de comportamiento de la familia Apidae (Euglosini, Bombini, Meliponini y Apini), Noll (2002) desarrolló un cladograma

con énfasis en el comportamiento social, aplicando para ello 42 rasgos sociales. Algunos ejemplos de los caracteres utilizados en su respectivo orden establecido por Noll son los siguientes. 1. Colección y almacenamientos de compuestos químicos aromáticos por los machos 2.- Sitio de nidificación y estructura general 6.- Hábitos de higiene. Otros caracteres refieren a: 8.- Materiales utilizados en la construcción de las celdas, 10.- Arquitectura de la cría, 11.- Forma de las celdas, 12.- Celdas reales, 26.- Transportación de polen, 28.- Comportamiento de forraje, 36.- Fundación de una nueva colonia, 41.- Diferencias morfológicas entre las castas.

La figura 4, presenta el resultado obtenido de la evolución de la socialidad en la familia Apidae basado en los caracteres arriba mencionados, este cladograma resultó congruente con los obtenidos por Reig-Alsina y Michener (1993), quienes emplearon caracteres morfológicos y con los obtenidos por Chavarría y Carpenter, (1994), quienes utilizaron la combinación de caracteres morfológicos y moleculares. Los resultados de Noll (2002), no expresan la evolución en términos de sus sistemas de comunicación y menos aún bajo la perspectiva del uso de feromonas. Siendo congruentes con los estudios de la evolución social de la familia Apidae propuesto por Noll, se agregan a la figura 4, las características de los sistemas de comunicación de cada tribu, mientras que en la figura 5 se presenta un árbol filogenético (hipotético), considerando exclusivamente para cada tribu, los mecanismos de comunicación que han desarrollado y el comportamiento que se genera (Noll 2002), pues el proceso evolutivo en lo social debe ser congruente con un rasgo también social como lo es la comunicación (ver notas en la Figura 4).

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción

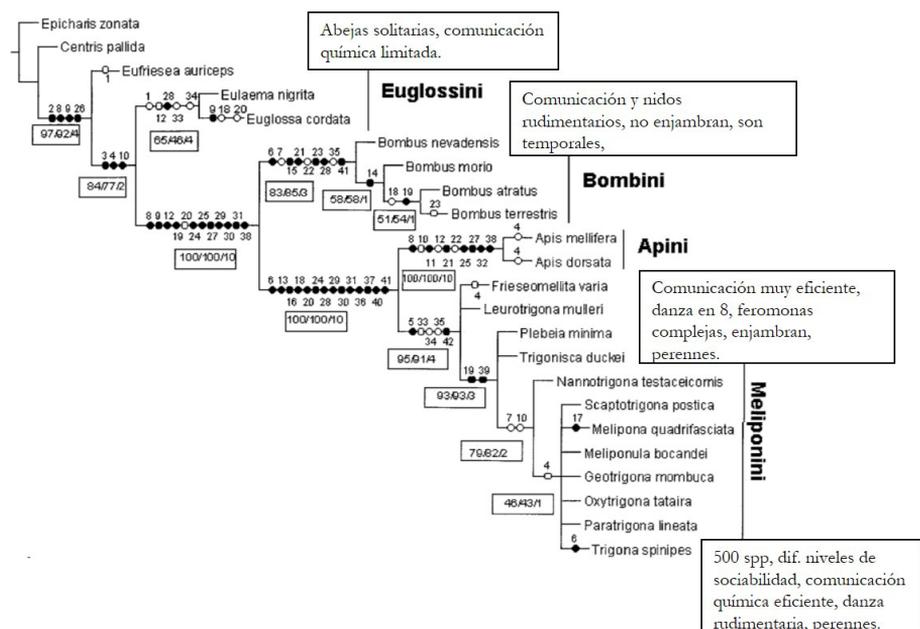


Fig. 4. Cladograma donde se puede apreciar el proceso evolutivo basado en 42 rasgos conductuales-sociales establecidos por Noll (2002). Se agregan notas anexas para observar la congruencia si se hubieran agregado los sistemas de comunicación de las diferentes tribus y especies de la familia Apidae. Los puntos negros refieren al sinapomorfismo observado entre los diferentes taxones. Obsérvese como la eusocial *Apis mellifera* cumple con la mayoría de los caracteres sociales establecidos, seguido por las abejas sin aguijón *M. quadrifasciata* y *T. spinipes*.

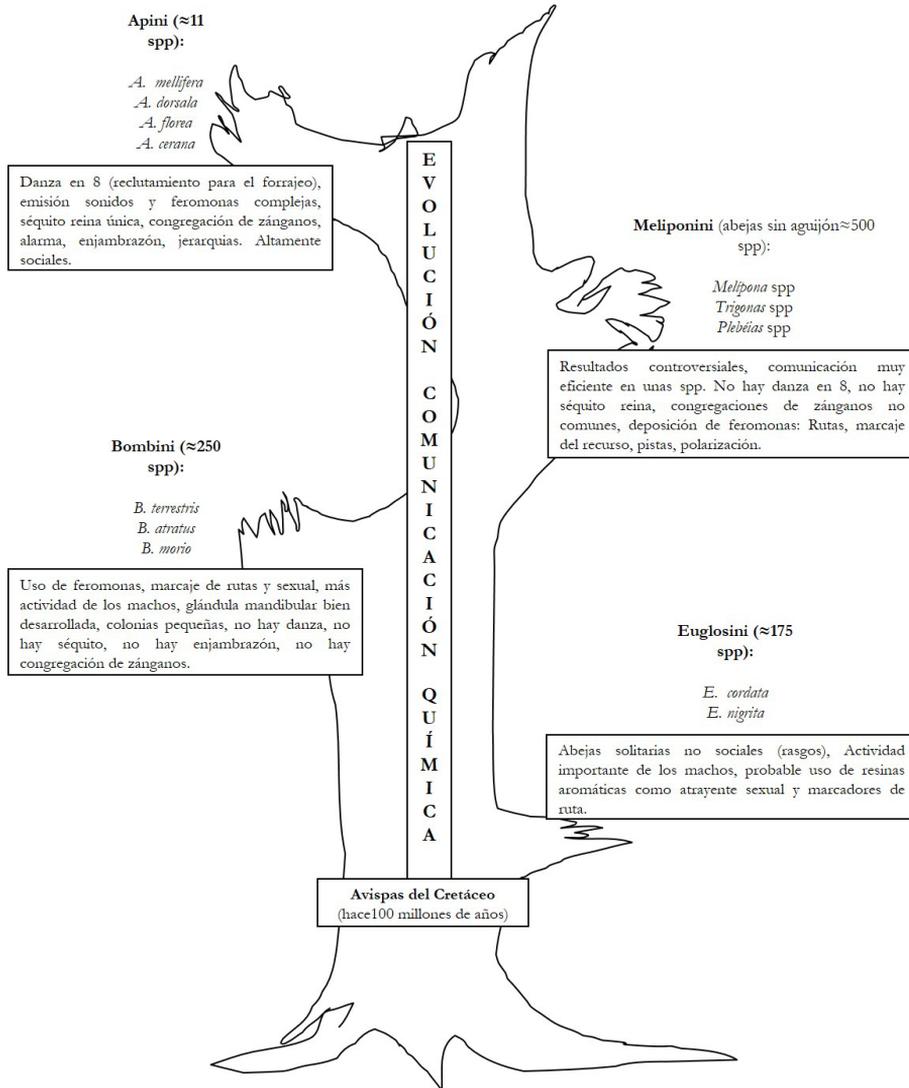


Fig. 5. Árbol filogenético hipotético de la evolución para la comunicación química en la familia Apidae.



**CAPÍTULO III**  
REPRODUCCIÓN DE LAS ABEJAS  
SIN AGUIJÓN  
(APIDAE: MELIPONINI)



## INTRODUCCIÓN

**E**n las abejas sin aguijón se ha sostenido la hipótesis de que la reina sólo se aparea una sola vez (Kerr *et al.*, 1962; Camargo y Pedro, 1992). Sin embargo trabajos recientes parecen indicar que en algunas de las especies de meliponinos el apareamiento múltiple también ocurre (Falcão y Contel, 1991). No ha sido posible realizar observaciones directas en forma natural en el momento del apareamiento y consecuentemente la comprensión del proceso ha sido únicamente en forma indirecta (Kerr *et al.*, 1962; Almeida, 1981; Camargo y Pedro, 1992), o en el laboratorio estudiando las variaciones de holoenzimas (Kerr 1969; Contel y Kerr, 1976; Falcão y Contel, 1991). Con la excepción de Falcão (1991), todos los demás investigadores concluyeron que el apareamiento ocurre con un solo zángano. Se sabe que en las especies de *Apis*, las reinas vírgenes suelen aparearse con un promedio de entre 15 y 23 zánganos durante el vuelo nupcial (Adams *et al.*, 1977). En el caso de las abejas nativas se tienen evidencias que las reinas pueden tener múltiples apareamientos debido a que estas después del apareamiento aún siguen emitiendo volátiles los cuales atraen fuertemente a los zánganos (Engels y Engels, 1988; Campos y Melo, 1990; Paxton *et al.*, 1999). Sin embargo hasta la fecha los estudios no han sido concluyentes.

## ÁREAS DE CONGREGACIÓN DE ZÁNGANOS

En *Tetragonisca angustula*, el apareamiento se realiza cuando la reina tiene en promedio 11 días de edad (Veen van y Sommeijer, 2000), el vuelo nupcial

es breve (8-10 min.) comparado con el tiempo que emplea *M. beecheii* durante el apareamiento que puede ser tan breve como 6 min y tan largo como 37 h (Paxton *et al.*, 1999). Esta variación en el tiempo del vuelo nupcial puede estar relacionada con la disponibilidad de machos. En *T. angustula* se observaron congregaciones de zánganos en las proximidades de las colonias conteniendo reinas vírgenes (Veen van y Sommeijer, 2000), mientras que en *Melipona beecheii* no se observó ninguna. Al menos dos de estas congregaciones (formadas por 150-200 zánganos) se instalaron a escasos 40 cm de la colonia madre desde muy temprano (09:00 h.), el mismo día en que la reina vírgen voló de la colonia madre hacia su nuevo nido instalado en las proximidades. El apareamiento ocurrió al medio día, frente al nido materno en medio de una pequeña pero densa nube de zánganos y obreras y dirigiéndose a su nuevo “hogar” a 5 m de distancia, lugar al cual los zánganos asistieron al siguiente día en mayor número (300), realizando nuevamente el vuelo nupcial a las 11:00 h. Los siguientes cuatro días solo permanecieron entre 80 y 100 zánganos y en el día 5, después del vuelo nupcial, solo llegaron cuatro. Por lo observado (Imperatriz-Fonseca y Zucchi, 1995; Veen van y Sommeijer, 2000), es indiscutible la emisión de señales sociales que provocan en primer lugar que los zánganos se congreguen en las proximidades de una colonia conteniendo una o más reinas vírgenes o incluso sobre el nido, estas señales podrían estar siendo producidas por la(s) reinas vírgenes o sus obreras. Una vez congregados, los zánganos excitados podrían estar enviando señales adicionales que atraen aún a más machos de tal forma que al momento del vuelo nupcial, simultáneamente con la emisión de feromonas sexuales por parte de la reina, el apareamiento es rápido y exitoso pudiéndose observar un evento aún más intenso en el segundo día gracias al mayor número de zánganos presentes y el ambiente impregnado de emisiones feromonales de todos

los participantes (Veen van y Sommeijer, 2000). La primera descripción de una congregación de zánganos fue realizada en *M. favosa* (Michener, 1946), observándose congregaciones de 25-70 machos que permanecían en el mismo sitio por varios días (Kerr *et al.*, 1962) y que estos provenían de diferentes nidos (Sommeijer y De Bruijn, 1995), acudiendo al lugar para buscar el apareamiento con una reina vírgen (Veen van y Sommeijer, 2000). En *S. pectoralis* y *S. mexicana* (Guzmán *et al.*, 2004; Galindo-López y Bernhard-Kraus, 2009), se observó que es común encontrar congregaciones de zánganos dentro de los meliponarios, éstas se ubican generalmente en la entrada de una colonia que contiene al menos una reina vírgen. Este fenómeno de congregarse en la entrada del nido o sus proximidades pocas veces ha sido observado en condiciones naturales, donde la densidad de colonias por hectárea es generalmente inferior a las de los meliponarios. Aún así los factores que originan la formación de las congregaciones no están muy claras, se conoce que la presencia de reinas vírgenes es la causa que dispara el inicio para la formación de las áreas de agregación y que los factores ambientales como la temperatura, presión atmosférica y humedad pudieran estar influyendo para la ubicación de las congregaciones así como la presencia de una feromona de agregación (Galindo-López y Bernhard-Kraus, 2009).

### ALTERACIÓN DE LA FEROMONA SEXUAL DE LA REINA DESPUÉS DEL APAREAMIENTO

En muchos insectos ha sido demostrado que después del apareamiento la producción de la feromona sexual en las reinas disminuye sustancialmente (Engels *et al.*, 1997). En las abejas, las reinas emiten volátiles

que llevan información a los receptores respecto a su edad, receptividad sexual (Engels *et al.*, 1993, 1997; Pankiw *et al.* 1996) y posiblemente sobre su status como reina (vírgen o fecundada) (Smith 1983). Las diferencias en la composición química de los volátiles emitidos por reinas vírgenes y fecundadas han sido demostradas por medio de su análisis químicos (Pankiw *et al.*, 1996) y pruebas comportamentales (bioensayos). En la abeja melífera (*Apis*), las reinas vírgenes producen significativamente menos feromona de la glándula mandibular, compuesto principalmente por 9-ODA y cuatro compuestos más, el ácido 9(R)- y 9-(S)-hydroxi-2-(E)-decenoico, el metil-p-hydroxibenzoato y el 4-hidroxi-3-metoxifeniletanol (Callow *et al.*, 1964; Slessor *et al.*, 1988, 1990), que las reinas fecundadas. Posteriormente, después del apareamiento, se produce un cambio ontogénico, a partir de una proporción (en términos de %) elevada del 9-ODA en reinas vírgenes a casi igual proporción de 9-ODA y del ácido 9-hidroxi-2-(E)-decenoico en reinas fecundadas. Sin embargo aunque la cantidad total del 9-ODA es baja en reinas recién emergidas, esta concentración se incrementa significativamente durante los primeros diez días de edad (Buttler y Paton, 1962), tiempo en el cual puede ocurrir el vuelo para el apareamiento. Congruente con lo anterior se ha observado que las reinas vírgenes no atraen a los zánganos hasta que llegan a la edad de 5 días, y obteniendo una máxima respuesta cuando tienen entre 8 y 10 días de edad, en la cual generalmente ocurre el vuelo nupcial para el apareamiento (Butler, 1971). En las abejas nativas se ha observado que después del apareamiento se presentan cambios fisiológicos en la producción de determinados compuestos, por ejemplo, Verdugo-Dardon *et al.*, (2011) y Engels *et al.*, (1990), demostraron que la composición química de extractos cefálicos de reinas vírgenes de *S. mexicana* y *S. postica*, a base de 2-alcoholes (atrayerente de los ma-

chos), no cambiaba cualitativamente después del apareamiento, pero sí observaron que la producción de los 2-alcoholes producido en altas proporciones en reinas vírgenes, disminuía significativamente después del apareamiento. Un proceso biológico semejante ocurre con el hexanoato de hexilo producido en las reinas de *S. mexicana*, el cual se incrementa hasta llegar a ser el compuesto más abundante, después de que la reina es fecundada e inicia la oviposición (Grajales *et al.*, 2005).



**CAPÍTULO IV**  
LOS ESENCIALES POLINIZADORES  
SOCIALES: MELIPONINI



## INTRODUCCIÓN

Las abejas son los principales agentes polinizadores de las plantas con flores, exceptuando a aquellas que se auto polinizan, aunque cuando son polinizadas por estos insectos, su producción se incrementa como ocurre en los cafetales (Manrique y Thimann, 2002). Los beneficios al medio ambiente son difíciles de contabilizar; sin embargo, los servicios de polinización realizados por las abejas a los ecosistemas, incluyendo a los agro ecosistemas, se estiman en términos económicos en 40 billones de dólares por año (Biesmeijer *et al.*, 2006).

En el Neotrópico las abejas sin aguijón son consideradas como los polinizadores más importantes, pues están perfectamente adaptadas a los bosques tropicales húmedos del planeta (Schwarz 1949; Moure 1951). Se considera que la mitad, de las más de 1000 especies de plantas que son cultivadas en los trópicos para alimento o producción de especias y medicinas, son polinizadas por abejas y alrededor de la mitad de esas especies están adaptadas para ser polinizadas por las abejas sin aguijón (Roubik 1995), como la macadamia, el chayote, el coco, el achiote, la cebolla, la guava, el pejibaye, el tamarindo, el aguacate y los cítricos entre otros. No obstante, todavía no se ha utilizado este grupo de insectos sociales en forma comercial (Slaa *et al.*, 2000; Macias *et al.*, 2001).

La utilización de las abejas sin aguijón para la polinización de cultivos, principalmente en invernaderos, presenta ciertas ventajas en relación con *Apis mellifera*: La falta de un aguijón funcional, el gran número de especies disponibles y la gran diversidad de tamaños, entre otros aspectos, las hacen potencialmente útiles para la polinización de cultivos protegidos en invernaderos.

En algunos países, aunque en forma semi experimental, las abejas sin aguijón, están siendo utilizadas exitosamente para la polinización de cultivos de importancia económica y bajo condiciones de invernaderos: en Japón se ha utilizado exitosamente a *Nannotrigona testaceicornis* para polinizar la fresa, en Australia se han utilizado especies de *Trigonas* para polinizar Macadamia y en México *Partamona bilienata* para polinizar Cucurbitáceas. En Costa Rica, muchas empresas productoras de semillas cultivan plantas ornamentales en invernaderos cerrados, las cuales necesitan polinizadores, sin embargo debido a que toda la población de *Apis mellifera* esta africanizada y tiene un comportamiento altamente defensivo, esta especie es poco utilizada empleándose en su lugar abejas sin aguijón como *T. angustula*; En Yucatán, se están empleando tres especies de abejas sin aguijón (*Melipona beecheii*, *Trigona nigra* y *Nannotrigona perilampoides*), para sustituir la costosa polinización en términos económicos realizada con especies de abejas importadas del género *Bombus* sp (abejorros), (Quezada-Euán 2005). Como en los ejemplos anteriores y ante la gran diversidad florística es lógico pensar que exista también una gran diversidad de polinizadores. La selección del polinizador adecuado depende de los requerimientos particulares de las especies vegetales por ser polinizadas y este es un campo en donde las abejas sin aguijón tienen sin duda un gran potencial.

## ESPECIES AGRÍCOLAS POLINIZADAS POR LAS ABEJAS NATIVAS CON VENTAJAS SOBRE OTROS POLINIZADORES

Frecuentemente se habla del potencial de las abejas sin aguijón como polinizadores (Free 1993; Michener 1974). Lamentablemente son pocas las

evidencias científicas que se tienen al respecto. De las más de 90 especies de agro cultivos que visita, solamente en 9 se han realizado estudios que confirman la contribución sustancial de las abejas sin aguijón en la polinización.

Aunque se conoce que *T. angustula*, en particular, es un meliponino generalista y poliléctico (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 1984; Carvalho y Bego, 1995, 1997), se ha observado su preferencia por *Mangifera indica* (Mango), pues es uno de sus visitantes florales más abundantes en diferentes regiones tropicales del mundo (Anderson *et al.*, 1982; Singh 1989; Simao y Maranhao, 1959), considerándolo como un polinizador importante (Iwama y Melhem, 1979; Sosa *et al.*, 1994). Algo semejante ocurre en los cultivares de *Coffea arabica*, ya que a través de estudios melisopolinológicos se ha observado gran cantidad de polen, proveniente de *Coffea arabica* en las reservas de colonias de *T. angustula* (Sosa-Najera *et al.*, 1994). También se ha documentado que en los cultivares de chayote (*Sechium edule*), *T. angustula* es un polinizador fundamental (Wille y Orozco, 1983). Su uso potencial como polinizador en agro cultivos en invernadero se limitan a dos especies: *Salvia farinacea* (flores) y *Capsicum annuum* (chile pimiento) (Slaa *et al.*, 2000; Free 1993).

### **Ventajas competitivas de las abejas sin aguijón (*T. angustula*) como polinizadores sobre *Apis* y *Bombus***

**No son agresivas.** Comparados con el género *Bombus* y la abeja melífera africanizada, que poseen un eficiente sistema de defensa, mediante el uso de su aguijón, el cual puede ser peligroso para el operador si no tiene experiencia en su manejo (Danka y Rinderer, 1986), por otro lado *T. angustula* es un meliponino completamente inofensivo pudiéndose realizar su manejo sin necesidad de equipo especial y a cualquier hora del día, su máxima manifestación

de agresividad consiste en posarse sobre la piel sin causar daño o enredarse en el cabello, comportamiento que desaparece después de unos minutos.

**Bajo costo del servicio de polinización.** La instalación de una sola colmena de abeja melífera para fines de polinización, en México supera los \$1800,00 pesos; sin tener en cuenta la adquisición del equipo protector y el costo del entrenamiento para su manejo y control. En el caso de los abejorros, el manejo y costos de importación también encarece el producto final de los cultivos. Por otro lado, si consideramos la vida útil de una colonia de abejas sin aguijón, los agricultores podrían contar con meliponarios permanentes dentro de sus cultivos obteniendo los servicios de polinización a costos inferiores a los \$700.00 pesos y con menos riesgos de accidentes, para los cultivadores.

**Diversidad de especies de meliponinos.** La diversidad de especies de las abejas sin aguijón (>400 spp), brinda una gran posibilidad de identificar posibles usos como polinizadores de cultivos comerciales (Ayala 1999).

**Alta fidelidad al cultivo.** Es el interés que demuestra una especie de insecto por el cultivo que se encuentra polinizando, las abejas sin aguijón y específicamente *T. angustula* posee un sistema de comunicación menos evolucionado que *A. mellifera*, lo que dificulta a los integrantes de la colonia comunicarse entre sí sobre la presencia de nuevas fuentes de alimento que pudieran ser más atractivas que el mismo cultivo, permitiendo a estas permanecer forrajeado en el cultivo original asegurando la polinización del cultivo. Mientras que la abeja melífera con su sofisticado sistema de comunicación y su amplio rango de vuelo, puede desplazarse inmediatamente hacia otras fuentes de alimentos más atractivas y perder rápidamente el interés por el cultivo que deseamos sea eficientemente polinizado.

**Las colonias no son precederas.** Dentro de las técnicas de manejo y mantenimiento básicas, las colonias de meliponinos a pesar de per-

der periódicamente reinas por vejez, pueden reemplazarlas rápidamente y tener una vida útil ilimitada. Se conoce que la estabilidad de colonias de *T. angustula* es de hasta 23 años nidificando en el mismo sitio. En cambio, la utilidad de los abejorros en invernaderos es limitada ya que sus colonias a diferencia de los meliponinos, no son perennes y su actividad de pecoreo puede verse severamente limitada bajo condiciones de clima tropical (Kwon y Sayeed, 2003; Palma *et al.*, 2004). Una desventaja más grave, es el hecho de la posible naturalización de abejorros no nativos que pueden invadir los ecosistemas tropicales, compitiendo y desplazando a las abejas sin aguijón como ha ocurrido en otras latitudes (Hingston y McQuillan, 1999; Cuadriello-Aguilar y Salinas-Navarrete, 2006).

Adicionalmente es importante mencionar que *Apis mellifera* presenta el problema del abandono de la colonia por inadaptabilidad a la ubicación de las nuevas condiciones del área a polinizar y el estrés causado por las áreas cerradas propias de los invernaderos causando una disminución significativa en su eficiencia como polinizador (Danka *et al.* 1987).

## **Las Abejas Sin Aguijón de México: Los polinizadores Neotropicales más importantes<sup>1</sup>**

A continuación se presentan las imágenes de las 46 especies de Abejas sin Aguijón, identificadas para México, se procuró incorporar en lo posible una imagen de la entrada al nido para facilitar su identificación en campo.

---

<sup>1</sup> Datos e Imágenes obtenidas del Catálogo de Especies de la publicación: Las Abejas sin Aguijón y su Cultivo en Oaxaca, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2018.

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Trigona fulviventris* polinizando cítricos, a la derecha, la piquera o entrada al nido subterráneo



Piquera típica de entrada al nido de *Tetragonisca angustula*. (Cortesía de Diana Caballero)



*Tetragona mayarum*, aunque no ha sido reportada para México, localizamos varios nidos en la Región Selva Lacandona de Chiapas, su morfología y características del nido es semejante a *T. angustula* pero morfométricamente más grande. Con esta especie suman 47 identificadas para México. A la derecha, nido de cría de *T. angustula*.



Reina y obreras de *Scaptotrigona mexicana*. (Cortesía de Diana Caballero)

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Melipona becheii*, sobre uno de sus pots de miel (Cortesía de Diana Caballero)



*Geotrigona acapulconis*, colectando resina y colocándolo en las corbículas de sus patas para su transporte. (Cortesía de Diana Caballero)



*Nannotrigona perilampoides*. (Cortesía de Diana Caballero)



*Cephalotrigona oaxacana*



*Cephalotrigona zexmeniae*

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Frieseomelitta nigra*



*Lestrimelitta chamelensis*



*Lestrimelitta niitkib*



*Melipona fasciata* y su entrada al nido

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Melipona solani* y guardiana en la entrada al nido



*Melipona yucatanica* y guardiana en la entrada al nido



*Nannotrigona perilampoides* guardianas, típica piquera que cierran por la noche.



*Paratrigona opaca*

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Partamona bilineata* y típico nido en pared de adobe



*Partamona orizabaensis* con su típico nido en la base de árboles viejos



*Plebeia frontalis*



*Plebeia fulvopilosa* con muchas guardianas en la entrada del nido

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Plebeia jatiformis*



*Plebeia llorentei*



*Plebeia melanica* y guardianas en la entrada del nido



*Plebeia mexicana*

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Plebeia moureana* y su típico nido en el tronco de un árbol muerto



*Plebeia parkeri* con nido entre las rocas



*Plebeia pulchra*, dos guardi anas a la entrada del nido.



*Scaptotrigona hellwegeri* con muchas guardianas en la entrada al nido.

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Scaptotrigona mexicana* y su típica entrada al nido en forma de trompeta, con muchas guardianas.



*Scaptotrigona pectoralis* con su piquera típica con muchas guardianas en la entrada



*Scaura argyrea*, pocas guardianas en la entrada al nido.



*Tetragnisca angustula*, típica entrada al nido con varias guardianas voladoras.

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Trigona corvina*, nidificación entre ramas expuesta.



*Trigona fuscipennis*, usando termiteros abandonados como sitios de nidificación.



*Trigona nigerrima*, construye nidos expuestos en la copa de los árboles.



*Trigonisca mixteca*, su diminuto tamaño le permite vivir casi en cualquier sustrato.

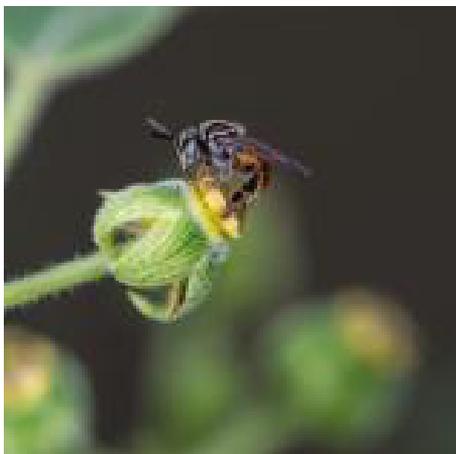
Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción



*Melipona colimana*



*Melipona lupitae*



*Plebeia manantlensis* (Cortesia: NaturaLista.Co.)



*Plebeia cora* (Cortesia: Nauralista Co.)



*Trigonisca pipioli* (Cortesía: NaturaLista. Co.)    *Trigonisca schulthessi* (Cortesía: NaturaLista. Co.)



*Trigonisca azteca* (Cortesía: NaturaLista. Co.)

## DISTRIBUCIÓN DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN DE MÉXICO Y RIQUEZA DE ESPECIES POR ESTADO

En México se han identificado 46 especies de abejas sin aguijón (Ayala, 1999) (sin considerar a *Tetragona mayarum*, que localizamos en la región selva Lavandona de Chiapas) agrupadas en 16 géneros. La mayor riqueza y abundancia de estas abejas se localiza en el Sur-Sureste mexicano, siendo Chiapas y Oaxaca los estados que registran más del 70% de las especies. En el Cuadro 3, se muestra la distribución de las 46 especies clasificadas en 11 géneros.

| <b>Cuadro 3.</b> Las 46 especies de Abejas Nativas de México, distribuidas en 11 géneros (Ayala 1999) |                               |  |
|---|-------------------------------|--|
| <b>1. Cephalotrigona</b>  | <b>6. Paratrigona</b>         | <b>9. Scaptotrigona</b>                |
| <i>C. eburneiventer</i>   | <i>P. guatemalensis</i>       | <i>S. mexicana</i>                     |
| <i>C. oaxacana</i>  | <b>7. Partamona</b>           | <i>S. pectoralis</i>                   |
| <i>C. zexmeniae</i>   | <i>P. bilineata</i>           | <i>S. hellwegeri</i>                   |
| <b>2. Lestrimelitta</b>   | <i>P. orizabaensis</i>        | <b>10. Trigona</b>                     |
| <i>L. chamelensis</i>   | <b>8. Plebeia</b>             | <i>T. (Frieseomelitta) nigra nigra</i> |
| <i>L. niitkib</i>   | <i>P. cora</i>                | <i>T. (Geotrigona) acapulconis</i>     |
| <b>3. Melipona</b>  | <i>P. frontalis</i>           | <i>T. (Tetragona) dorsalis</i>         |
| <i>M. beecheii</i>  | <i>P. fulvopilosa</i>         | <i>T. (Tetragonisca) angustula</i>     |
| <i>M. solani</i>  | <i>P. jatiformis</i>          | <i>T. corvina</i>                      |
| <i>M. fasciata</i>  | <i>P. llaretei</i>            | <i>T. fulviventris</i>                 |
| <i>M. lupitae</i>   | <i>P. manantlensis</i>        | <i>T. fuscipennis</i>                  |
| <i>M. belizeae</i>  | <i>P. melanica</i>            | <i>T. nigerrima</i>                    |
| <i>M. colimana</i>  | <i>P. mexica</i>              | <i>T. silvestriana</i>                 |
| <i>M. yucatanica</i>  | <i>P. moreana</i>             | <b>11. Trigonisca</b>                  |
| <b>4. Nannotrigona</b>  | <i>P. parkeri</i>             | <i>T. azteca</i>                       |
| <i>N. perilampoides</i>   | <i>P. pulchra</i>             | <i>T. maya</i>                         |
| <b>5. Oxytrigona</b>  | <i>P. (Scaura) latitarsis</i> | <i>T. mixteca</i>                      |
| <i>O. mediorufa</i>   |                               | <i>T. pipioli</i>                      |
|   |                               | <i>T. schulthessi</i>                  |

Información obtenida de la publicación: Las Abejas sin Aguijón y su Cultivo en Oaxaca, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2018.

Asimismo en el Cuadro 4, se observa la distribución de las 46 especies en cada uno de los estados del país (Ayala *et al.*, 1996; Echazarreta 1998), obsérvese que hay cinco estados (Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Zacatecas y el Estado de México) donde se ha identificado una sola especie y, que los estados de Tlaxcala, Baja California, Coahuila, Aguascalientes y Guanajuato, no cuentan hasta la fecha con registros de abejas sin aguijón, por lo que no aparecen en la lista.

**Cuadro 4.** Total de especies de abejas sin aguijón por estado en México

| Estado          | Total de especies |
|-----------------|-------------------|
| Oaxaca          | 35                |
| Chiapas         | 34                |
| Veracruz        | 24                |
| Quintana Roo    | 19                |
| Tabasco         | 16                |
| Guerrero        | 13                |
| Yucatan         | 12                |
| Puebla          | 12                |
| Jalisco         | 11                |
| Campeche        | 11                |
| Michoacan       | 10                |
| San Luis Potosí | 10                |
| Morelos         | 9                 |
| Colima          | 9                 |
| Nayarit         | 8                 |
| Edo. De México  | 5                 |
| Sinaloa         | 5                 |
| Hidalgo         | 5                 |
| Queretaro       | 3                 |
| Tamaulipas      | 3                 |
| Durango         | 3                 |

Información obtenida de la publicación: Las Abejas sin Aguijón y su Cultivo en Oaxaca, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2018.

En el Cuadro 5, se describen las características (Copa-Alvaro, 2004) de cada una de las 46 especies de las abejas sin aguijón y su potencial uso

| Cuadro 5. Las 46 Especies de Abejas Nativas de México, |                                      |   |
|--|--------------------------------------|---|
|  | Especie                              | Características de la abeja                     |
| 1  | <i>Cephalotrigona eburneiventris</i> | Negra, 8.5 mm                                   |
| 2  | <i>Cephalotrigona oaxacana</i>       | Negra de 9-9.4 mm                               |
| 3  | <i>Cephalotrigona zexmeniae</i>      | Negr con lineas amarillas 8.5 mm                |
| 4  | <i>Frieseomelitta nigra</i>          | Negra, alas blanquecinas, 5.3 mm                |
| 5  | <i>Geotrigona acapulconis</i>        | Negra con pelos blancos, 6.2 mm                 |
| 6  | <i>Lestrimelitta chamelensis</i>     | Negra liso y brillante, 5.3 mm                  |
| 7  | <i>Lestrimelitta niitkib</i>         | Negra liso y brillante, 5.3 mm                  |
| 8  | <i>Melipona belizeae</i>             | Negra, anaranjado, rayas amarillas, 8.0 mm      |
| 9  | <i>Melipona beecheii</i>             | Abdomen negro con rayas amarillas. 9.7-10.7 mm  |
| 10   | <i>Melipona colimana</i>             | Negra con rayas amarillas, anaranjadas, 9.5 mm  |
| 11   | <i>Melipona fasciata</i>             | Café anaranjada, 9.0 mm                         |
| 12   | <i>Melipona lupitae</i>              | Parda anaranjada con bandas amarillas, 8-8.5 mm |
| 13   | <i>Melipona solani</i>               | Robusta y peluda, marron, 8.0 mm                |
| 14   | <i>Melipona yucatánica</i>           | Abdomen negro con rayas amarillas, 8.2-8.5 mm   |
| 15   | <i>Nannotrigona perilampoides</i>    | Negro brillante, 4.0-4.2 mm                     |
| 16   | <i>Oxytrigona mediorufa</i>          | Marron, mayormente anaranjada, 5.4 mm           |
| 17   | <i>Paratrigona guatemalensis</i>     |   |
| 18   | <i>Paratrigona opaca</i>             | Negra con lineas amarillas en torax, 4.0 mm     |
| 19   | <i>Partamona bilineata</i>           | Negra blanquecina, 5.6 mm                       |
| 20   | <i>Partamona orizabaensis</i>        | Negra sin pelos blancos, 5.6 mm                 |

Información obtenida de la publicación: Las Abejas sin Aguijón y su Cultivo en Oaxaca, Mé

como polinizador y/o productor de miel. Su descripción es por género en orden alfabético.

| su Distribución Nacional y su presencia en Chiapas y Oaxaca |                        |                                     |                          |
|---|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Defensividad  | Nido/Guardianas        | Potencial/cultivo                   | Distribución principal   |
|   |                        |                                     | Centro de México (Mor.)  |
|   | Arborea                | ND                                  | Oaxaca                   |
| Baja  | Arborea/1-3            | Difícil                             | Chiapas, Oaxaca          |
|   | Arbórea/2-3            | Posible                             | Chiapas, Oaxaca          |
| Baja  | Subterránea            | Difícil                             | Oaxaca                   |
| Baja  | Arborea/muchas         | NR, pilladora                       | Oaxaca                   |
| Baja  | Arborea/muchas         | NR, pilladora                       | Chiapas, Oaxaca          |
|   |                        |                                     | Quintana Roo, Campeche   |
| Baja  | Arbórea/una            | Muy buena                           | Chiapas, Oaxaca          |
|   |                        |                                     | Norte de México, Colima  |
| Baja  | Arbórea/una            | Muy buena                           | Oaxaca                   |
|   | Arbórea/una            |                                     | Centro de México (Mich.) |
| Baja  | Arbórea/una            | Buena/sensible al entorno           | Chiapas, Oaxaca          |
| Baja  | Arbórea/una            | Regular por baja producción de miel | Chiapas, Oaxaca          |
| Timidas   | Arbóreas, rocas/4-15   | Muy buena                           | Chiapas, Oaxaca          |
| Muy defensivas  | Arbóreo/muchas         | NR                                  | Chiapas                  |
|   |                        |                                     | Chiapas                  |
| Defensiva   | Entre raíces de maleza | Difícil                             | Chiapas, Oaxaca          |
| Muy defensivas  | Expuesto, mas de 10    | NR por poco higienicas              | Chiapas, Oaxaca          |
| Muy defensivas  | Expuesto, mas de 10    | NR por poco higienicas              | Chiapas, Oaxaca          |

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción

|    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| 21 | <i>Plebeia cora</i>             | Negra con abdomen anaranjado, 4-4.3 mm            |
| 22 | <i>Plebeia frontalis</i>        | Negra con amarillo en torax, 3.5-4.5 mm           |
| 23 | <i>Plebeia fulvopilosa</i>      | Negra con líneas amarillas en torax, 4.3-4.7 mm   |
| 24 | <i>Plebeia jatiformis</i>       | Torax negro, abdomen amarillo. 3.5 mm             |
| 25 | <i>Plebeia llorentei</i>        | Cabeza y torax negro con abdomen amarillo, 3.5 mm |
| 26 | <i>Plebeia manantlensis</i>     | Negra con líneas amarillas en torax, 4.7-4.9 mm   |
| 27 | <i>Plebeia melanica</i>         | Negra, 4.5-5.0 mm                                 |
| 28 | <i>Plebeia mexica</i>           | Negra con líneas amarillas en torax, 4.5 mm       |
| 29 | <i>Plebeia moreana</i>          | Negra con líneas amarillas en torax, 3.3 mm       |
| 30 | <i>Plebeia parkeri</i>          | Negra con líneas amarillas en torax, 4.6 mm       |
| 31 | <i>Plebeia pulchra</i>          | Torax negro, abdomen amarillo. 3.5 mm             |
| 32 | <i>Scaptotrigona hellwegeri</i> | Anaranjada con negro, 5.0-5.3 mm                  |
| 33 | <i>Scaptotrigona mexicana</i>   | Negra con alas anaranjadas, olor a coco, 5.3 mm   |
| 34 | <i>Scaptotrigona pectoralis</i> | Marron, mayormente anaranjada, 5.4 mm             |
| 35 | <i>Trigona Scaura argyrea</i>   | Negra   |
| 36 | <i>Tetragona mayarum</i>        | Amarilla  |
| 37 | <i>Tetragonisca angustula</i>   | Amarilla  |
| 38 | <i>Trigona silvestriana</i>     |   |
| 39 | <i>Trigona corvina</i>          | Negra   |
| 40 | <i>Trigona fulviventris</i>     | Negra con abdomen anaranjado, 5.9-6.1 mm          |
| 41 | <i>Trigona fuscipennis</i>      | Negra, 5.0-5.3 mm                                 |
| 42 | <i>Trigona nigerrima</i>        | Negra, alas blanquecinas, 8.0 mm                  |
| 43 | <i>Trigonisca azteca</i>        | Negra muy pequeña, 2.7-2.8 mm                     |
| 44 | <i>Trigonisca mixteca</i>       | Negra, 2.9-3.3 mm                                 |
| 45 | <i>Trigonisca pipioli</i>       | Negra, 2.4-2.7 mm                                 |
| 46 | <i>Trigonisca schulthessi</i>   | Negra, 2.7-3.2 mm                                 |

Información obtenida de la publicación: Las Abejas sin Aguijón y su Cultivo en Oaxaca, Mé

Capítulo IV  
Los esenciales polinizadores sociales: *Meliponini*

|                |                             |                               |                                |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|                |                             |                               | Noroeste de México, Nay.       |
| Timidas        | Arbóreas/1-3                | Buena, poca miel muy cotizada | Chiapas, Oaxaca                |
| Timidas        | Arbórea/más de 6            | Buena, poca miel muy cotizada | Oaxaca                         |
| Defensiva      | Arbóreas/mas de 6           | Regular                       | Chiapas, Oaxaca                |
|                | Arboreo/mas de 6            | Regular                       | Chiapas, Oaxaca                |
|                |                             |                               | Centro de México, Jal.         |
| Timidas        | Arbórea/más de 10           | Bajo                          | Chiapas, Oaxaca                |
|                | Arbórea                     | Bajo                          | Oaxaca                         |
| Timidas        | Arbórea/1-2                 | Bajo                          | Chiapas, Oaxaca                |
| Timidas        | Arbórea y rocas/5-15        | Buena, poca miel muy cotizada | Chiapas, Oaxaca                |
| Timidas        | Arbóreas y rocas/1-2        | Buena, poca miel muy cotizada | Chiapas, Oaxaca                |
| Defensiva      | Arbórea/muchas              | Muy buena                     | Chiapas, Oaxaca                |
| Defensiva      | Arbórea/muchas              | Muy buena                     | Chiapas, Oaxaca                |
| Defensiva      | Arbórea/muchas              | Muy buena                     | Chiapas, Oaxaca                |
| Baja           | Térmiteros/2-3              | NR                            | Chiapas, Oaxaca                |
| Defensiva      | Arbórea/6-10 volando        |                               | Chiapas                        |
| Defensiva      | Arbórea, rocas/5-15 volando | Muy buena, miel muy apreciada | Chiapas, Oaxaca                |
|                |                             |                               | Chiapas                        |
| Muy defensivas | Aérea entre ramas/muchas    | NR, inadaptables              | Chiapas, Oaxaca                |
| Baja           | Subterránea                 | NR, inadaptables              | Chiapas, Oaxaca                |
| Muy defensivas | Térmiteros/ND               | NR, inadaptables              | Chiapas, Oaxaca                |
| Muy defensivas | Termiteros/muchas           | NR, inadaptables              | Chiapas, Oaxaca                |
|                |                             |                               | El valle de México, Pueb, Gro. |
| Baja           | Arbórea, rocas/ varias      | NR/no hay cosecha miel        | Chiapas, Oaxaca                |
| Baja           | Arbórea, rocas/ varias      | NR/no hay cosecha miel        | Chiapas, Oaxaca                |
| Baja           | Arbórea, rocas/ varias      | NR/no hay cosecha miel        | Chiapas, Oaxaca                |

México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2018.

## APLICACIÓN DE LOS AVANCES CIENTÍFICOS EN LA POLINIZACIÓN DE CULTIVOS

La polinización de los cultivos agrícolas en los trópicos es un tema muy discutido pero muy poco se ha aportado para el aprovechamiento y uso de los polinizadores sociales como las abejas para mejorar las cosechas (Roubik 1995; Sing 1989; Simao y Maranhao, 1959). Hay estudios que demuestran el empleo de extractos de la glándula de Nasanov o su componente sintético aplicado en diferentes concentraciones en campo incrementaron el número de visitas de *A. mellifera* a la flores del cultivo (Pardo y Nates-Parra, 1994). También Se ha observado en *A. mellifera*, que el empleo de la feromona de la reina específicamente de la glándula mandibular, y aplicada una o dos veces sobre los cultivos durante la antesis, aumenta el número de visitas de las abejas hacia las flores en cultivares de peras, arándano, manzana y kiwi (Ellis y Delaplane, 2009). Los compuestos sintéticos de la glándula mandibular de la reina en abejas melíferas en determinados cultivos ha dado como resultado un incremento en la producción y calidad de los frutos (Currie *et al.*, 1992a; 1992b), tal es el caso de dos variedades de arándanos (*Vaccinium macrocarpon* Ait., y *Vaccinium corymbosum* L.), Se sugiere que junto con el empleo de atrayentes de polinizadores y para eficientar los resultados de una buena polinización, deberán instalarse cerca o dentro de los cultivos colonias de los principales polinizadores del cultivar (Ambrose *et al.*, 1995).

Se han discutido diversas metodologías para conocer si los meliponinos emplean feromonas de marcaje para la relocalización de los recursos, mediante la identificación química y pruebas de laboratorio para observar la atracción de las abejas forrajeras hacia la feromona.

El conocimiento que se ha generado de estos aspectos químico-biológicos ha proveído de herramientas que permiten explorar la capacidad de orientación, de comunicación y de interpretación de la información durante la comunicación para la localización espacial de los recursos. Actualmente ha sido posible sintetizar diversas feromonas de meliponinos para ser empleados, en analogía a las técnicas utilizadas con las feromonas de *A. mellifera*, para una polinización dirigida dentro de un radio efectivo de polinización (Fierro *et al.*, 2011).

## PROPUESTAS DE TÉCNICAS DE MANEJO CON FINES DE POLINIZACIÓN

En los últimos años el uso de invernaderos para cultivar hortalizas ha ido en crecimiento. Muchos de estos cultivos requieren de polinización para una producción de frutos adecuada (Quezada-Euán 2005). Actualmente los polinizadores más utilizados dentro de los invernaderos son los abejorros (Velthuis y van Doorn, 2006; Bohart 1972). Debido a los costos y dificultades en el manejo, el uso de especies de abejas sin aguijón de fácil manejo y adaptabilidad parecen proveer la solución agroecológica adecuada. En la península de Yucatán el empleo de las abejas sin aguijón ha demostrado ser una excelente alternativa para la polinización de cultivos en invernaderos en condiciones tropicales (Quezada-Euán 2005).

La instalación y el número de colonias de *T. angustula* a utilizar dentro de los invernaderos se adecuará tomando en cuenta principalmente la superficie y especie del cultivar a polinizar, generalmente en las abejas melíferas se emplean colonias que son colocadas en las esquinas o periferia del invernadero con objeto de manejar una doble piquera (dentro

y fuera del invernadero) y evitar en lo posible el estrés que los lugares cerrados provocan en *Apis*. En *T. angustula* considerando que hay muy poca experiencia en su manejo en invernaderos, deberían tomarse al menos las siguientes consideraciones:

Asegurarse que las colonias presentan poblaciones  $> 3000$  obreras.

Mantener las colonias con reservas mínimas de miel y polen, considerando la abundancia de néctar y polen que proveerá la floración del cultivo.

Emplear una colonia por cada 80-100 m<sup>2</sup>. Aunque los rangos de vuelo de *T. angustula* podrían ser superiores a los 300 m (Nieuwstadt e Iraheta 1996; Roubik y Aluja, 1983), su eficiencia en el forrajeo bajo condiciones de invernadero es muy distinta por lo que tomando la experiencia observada en el manejo bajo invernadero con otros meliponinos (Roselino 2005), se podría instalar una colonia de *T. angustula* cada 10-12 m de distancia entre sí (Cauch *et al.*, 2002; 2006).

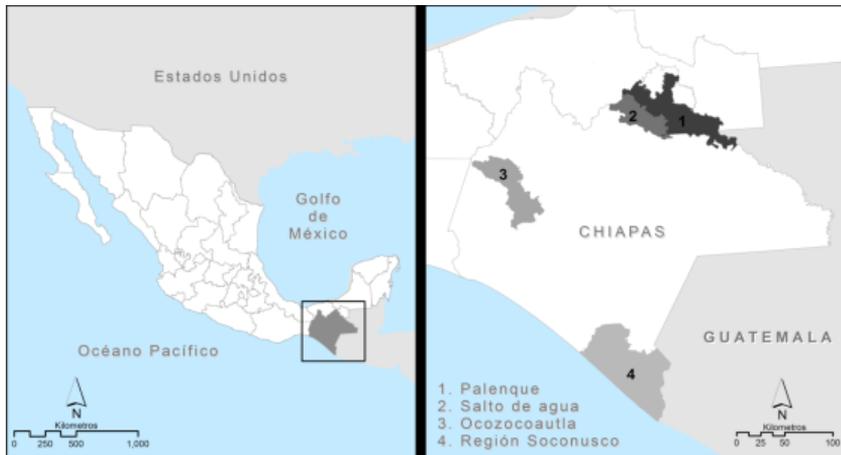
Las colonias deberán ser colocadas al menos tres días previos a la antesis e iniciada esta, se suspende toda forma de alimentación artificial y se inicia su entrenamiento para optimizar la polinización del cultivar. Durante el tiempo que dure la floración deberá evitarse aplicar cualquier tipo de fungicidas o insecticidas, si fuera muy necesario estos se aplicarán durante las últimas horas de la tarde, para evitar mortandad de los polinizadores, cuyos nidos serán protegidos para evitar el ingreso de los pesticidas. Las colonias deberán estar protegidas de los rayos directos del sol y de la lluvia, procurando que la entrada-salida (piquera) de las colonias este en dirección de los surcos del cultivo y al menos a 80 cm del nivel del suelo. Se recomienda observar diariamente y en diferentes horas del día su desempeño (visitas) durante la polinización para corregir imprevistos.

**CAPÍTULO V**  
LA MELIPONICULTURA.  
ESTRATEGIAS DE MANEJO  
PARA SU CONSERVACIÓN  
Y RESTAURACIÓN  
EN EL SURESTE DE MÉXICO



## NOTA PARA EL LECTOR

**E**l Capítulo V, se realiza con experiencias de campo llevadas a cabo en el estado de Chiapas (Figura 1), por lo que los términos y condiciones medio ambientales se enmarcan en ese contexto, principalmente las regiones Costa, Altos y Selva Lacandona de Chiapas. En ellas convergen usos y costumbres de los pueblos originarios tan cercanas como la de los Choles de Palenque y comunidades de la Selva Lacandona (1) con los Tzeltales de Chilon y Yajalon (2) y tan distantes como los Caxlanes, hombres mestizos de la Costa Chiapaneca (4).



**Figura 1.** Mapa del estado de Chiapas, gracias a su ubicación geográfica, y su accidentada topografía que propicia una diversidad climática la cual se fortalece al coincidir las regiones biogeográficas neártica y neotropical, Chiapas es extremadamente rico en biodiversidad. Además, es uno de los Estados Mesoamericanos más diversos del país en términos culturales, con una composición pluriétnica y pluricultural, heredera de conocimientos ancestrales que mantienen prácticas tradicionales en el uso de su biodiversidad, como lo es el cuidado y explotación de las abejas. En la figura de la derecha se señalan las áreas donde actualmente se desarrollan actividades de capacitación y conservación en el manejo de las abejas sin aguijón (1, 2). En la Región Selva de Chiapas, los sitios 3 y 4 son propuestos para la explotación sustentable de los polinizadores. (Imagen cortesía del Mtro. José H. López; El Colegio de la Frontera Sur).

## INTRODUCCIÓN

La calidad de nuestra vida está directamente relacionada con la salud de nuestro planeta, puesto que la población humana depende de otras especies animales y vegetales para su supervivencia. Un tercio de los alimentos que consumimos está disponible gracias a la polinización, y aproximadamente la mitad de los animales que polinizan las plantas tropicales son abejas (O'Toole 1993), el resto esta conformado por un grupo extremadamente variado entre aves, murciélagos y mamíferos no voladores. Las abejas parecen ser, el grupo de insectos mejor adaptado a la visita floral y, debido al gran número de especies y a la abundancia de algunas de estas, se convierten en un grupo esencial para la polinización y por tanto para la reproducción sexual de la mayoría de las plantas con flores, en especial para muchas plantas de interés agrícola (Michener 2000). Se considera que en el Neotrópico hay aproximadamente 6000 especies de abejas; de estas, 3000 especies son de lengua larga (Apidae y Megachilidae) y 3000 de lengua corta (Colletidae, Andrenidae, Halictidae), que con sus visitas frecuentes a las flores se convierten en polinizadores eficientes, a diferencia de otros animales, que solo las visitan ocasionalmente (Roubik 1995).

En las últimas tres décadas, el deterioro ambiental ha impactado seriamente a los polinizadores (Biesmeijer *et al.*, 2006; Villanueva *et al.*, 2005), de tal suerte que el más utilizado a nivel mundial (*Apis mellifera*) viene desapareciendo en diferentes regiones del mundo sin que se identifique plenamente las causas de tal desorden, el número de colonias manejadas comercialmente solo en los Estados Unidos ha disminuido de 5,9 millones en 1940 a 2,7 millones en 1995 (Kearns *et al.*, 1998). En México ha ocurrido algo semejante causado por la africanización de los

apiarios (Labougle y Zozaya, 1986; Fierro *et al.*, 1988) y el desinterés en la meliponicultura (Villanueva *et al.*, 2003). En consecuencia no hay mucho a favor de aquellas especies que producen muy poca miel (situación que prevalece en la mayoría de las especies de abejas nativas), y menos aún de aquellas que aparentemente no son útiles al ser humano (i.e, Las abejas solitarias), esas especies ni se mencionan en los programas mundiales de conservación. Cerca de 320 especies de abejas sin aguijón están siendo destruidas en Brasil por factores como la quema de bosques, los cazadores de miel, la explotación irracional del bosque y la fragmentación de áreas boscosas (Kerr 1997), fenómeno de destrucción de los recursos forestales se repitió en el 2019 en el amazonas, considerada la reserva ecológica más grande del mundo, siendo este un ejemplo de lo que ocurre en prácticamente todos los países denominados en vías de desarrollo y que coincidentemente están localizados en la franja Neotropical.

Ahora bien, para responder a la “crisis mundial de polinizadores” plenamente reconocida, el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB/COP) estableció en el 2002, una Iniciativa Internacional para la conservación y el uso sostenible de los polinizadores patrocinada por la FAO. Tomando en cuenta la Propuesta Mundial para el Rescate de los Polinizadores Olvidados (Buchmann y Nabhan, 1996) y teniendo presente que la situación de las abejas Neotropicales específicamente los meliponinos, es cada vez más crítica, en México se están realizando varios esfuerzos (González-Acereto *et al.*, 2006; Arnold *et al.*, 2018); pero aún son insuficientes. Si deseamos conservar nuestros recursos, se hace necesario no solamente seguir con el inventario y distribución de las especies de meliponinos en el país (Ayala 1999; González y Roubik, 2008; Esponda 2008; Fierro *et al.*, 2012), sino también intensificar el estudio de las interacciones planta-polinizador. De

la conservación de las abejas depende la conservación de los bosques y de ellos las de otros organismos, incluyendo al hombre, y a la biodiversidad en su conjunto. Es un círculo virtuoso que se debe mantener para garantizar un planeta saludable, que reclaman y exigen nuestros líderes, para las generaciones futuras.

## ESTRATEGIAS DE MANEJO SUGERIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN EN LAS SELVAS DEL SURESTE DE MÉXICO

La forma de conservar los polinizadores, particularmente las abejas, ha de ser promoviendo en primer lugar su conocimiento integral y en segundo lugar su aprovechamiento y utilidad. Los siguientes aspectos nos pueden servir como puntos de partida:

Es necesario completar los estudios regionalizados y focalizados para la identificación de las especies de meliponinos, su abundancia, riqueza y distribución en las selvas del sureste. Aunque ya contamos con un avance importante (Ayala 1996, 1999; Echazarreta 1998), cada vez que alguien incursiona los ecosistemas tropicales para conocer más de la familia Apidae, se encuentra con nuevas especies (Esponda 2008; González y Roubik, 2008), lo que sugiere que es un proceso que debe mantenerse vigente. Asimismo deberán realizarse estudios detallados de la biología, hábitos de nidificación, comportamiento de forrajeo y reproducción de los meliponinos. En México de las 46 especies identificadas solamente ocho (Con *Tetragona mayarum*, aún no descrita para Chiapas, serían nueve especies), están clasificadas como potenciales productoras de miel y polen: *Melipona beechii*, *Nannotrigona perilampoides*, *T. angustula*, *T. nigra*, *Partamona bilienata*, *Scaptotrigona mexicana*, *S. pectoralis*

y *Plebeia spp.*, con un poco de esfuerzo e imaginación podríamos llegar a diez, sin embargo de estas especies, solo tres son utilizadas para fines de polinización comercial principalmente en invernaderos (Cauich *et al.*, 2002; Quezada-Euán y José- Javier, 2009).

El reconocimiento de las especies con usos potenciales (Quezada-Euán 2009). Por ejemplo, por su abundancia, amplia distribución y comportamiento, se ha comparado a *N. perilampoides* en la polinización de chile habanero en invernadero contra el uso de abejorros. Los resultados mostraron que las flores polinizadas por *N. perilampoides* produjeron mayor cantidad de frutos que las polinizadas por *Bombus impatiens* debido principalmente a que las primeras son abejas adaptadas a los climas Neotropicales (Kwon y Sayeed, 2003), mientras que la actividad de los abejorros adaptados a climas templados europeos, generalmente disminuye al incrementarse la temperatura por arriba de los 32°C, adicionalmente *N. perilampoides*, por su tamaño y comportamiento, no causa daño a las flores del chile habanero aumentando el número de frutos producidos (Palma *et al.*, 2004).

Estos resultados nos permiten concluir que el uso de las abejas sin aguijón en la polinización de cultivos a cielo abierto o en invernadero, representan una alternativa promisoría para la explotación de diferentes cultivos en clima tropical e iniciar y promover el establecimiento de meliponarios para la polinización de las plantaciones, lo que permitiría un ingreso económico adicional a los agro-meliponicultores en el medio rural.

Identificación de polinizadores naturales para una especie vegetal determinada y en regiones particulares. Por ejemplo el empleo de alguna de las especies de *Melipona* para la polinización en cultivos como el tomate (*Solanum*) o el achiote (*Bixa Orellana*) cuyo sistema de polinización requiere de zumbido y vibraciones para desprender el polen en flores poricidas (Maues y Venturieri, 1995). Otro ejemplo, se puede apreciar

en el trabajo realizado en Costa Rica por Wille y Orozco (1983), quienes observaron que *T. angustula* es el polinizador primario del “Chayote” (*Sechium edule*). Por ejemplo en las zonas cafetaleras de las montañas del Soconusco, Chiapas., los campesinos acostumbran mantener como cultivo de traspatio diferentes variedades de chayote y otras cucurbitáceas, estos grupos de ejidatarios podrían ser excelentes candidatos para el establecimiento y desarrollo de trigonarios en sus huertas o jardines promoviendo a la vez la conservación de los meliponinos.

Establecimiento de meliponarios y difusión de las técnicas de manejo (Figura 6). En 1985, el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana (1990), dependiente entonces de la SARH implementó, ante el inminente arribo de las abejas africanizadas a México una serie de acciones encaminadas a minimizar el impacto de las mismas, entre los resultados obtenidos esta la concientización de la población en general y a los apicultores en lo particular, para extremar precauciones acerca del cuidado y manejo ante la presencia de estas nuevas abejas (Fierro *et al.*, 1988; Moffet *et al.*, 1987). De esa experiencia se pueden tomar dos actividades importantes y aplicarlas para la conservación de las abejas nativas como son: La capacitación (Asistencia técnica) (Figura 7) y la difusión a través de las Secretarías del Campo en los Estados, y dirigida a todos los meliponicultores de la región (que no son muchos), a los principiantes e invitación especial a los apicultores, para que adicionalmente se conviertan en meliponicultores y llevar a cabo una intensa campaña de divulgación por medio de trípticos, periódicos, radio, televisión, Internet y pláticas en escuelas y asambleas ejidales (Figura 8), respecto a los beneficios directos (ingresos económicos adicionales) e indirectos (servicios ambientales), que representa la conservación de nuestros polinizadores en especial de las abejas sin aguijón.

Fomentar campañas de reforestación y conservación de ecosistemas perturbados y establecer áreas de mayor diversidad, por ejemplo, siembra de árboles maderables o frutales en los cercos y linderos de los ranchos, ejidos, caminos vecinales parques y jardines, de tal forma que las abejas sin aguijón encuentren sitios de nidificación y recursos necesarios para su supervivencia. Asimismo fomentar el cuidado de cultivos agroforestales como el cacao y el cafetal, los cuales sirven como refugio y corredores biológicos semejantes a los naturales practicando técnicas para el manejo sustentable de los recursos naturales (Perfecto y Vandermeer, 1996; Salgado *et al.*, 2007), además de promover la conservación y restauración de áreas naturales vitales para optimizar los servicios de los polinizadores en ecosistemas agrícolas y en otros ecosistemas terrestres.

Comercialización de los productos y subproductos de las abejas. Factor decisivo para la recuperación de la meliponicultura en el mundo. Las condiciones actuales son inmejorables. Los mercados internacionales como en las grandes ciudades del país se encuentran en plena expansión mostrando un creciente interés por el consumo de productos naturistas provenientes de regiones tropicales. Lo cual es una excelente oportunidad para difundir los productos de las abejas sin aguijón y abrir canales de comercialización (Pat Fernández 2016).

Organización para conjuntar esfuerzos, estableciendo convenios y acuerdos. Revisar los ya establecidos, nacionales e internacionales como el de La Conferencia de las Partes para la Conservación y Uso Sostenible de los Polinizadores en el año 2000 (Decisión V/5, sección II), donde se aprobó la creación de la Iniciativa Internacional para la Conservación y Uso Sostenible de los Polinizadores (IPI), (International Pollinator Initiative, 2002; Imperatriz- Fonseca y Díaz 2004; Byrne y Fitzpatrick, 2009). En 2002 se adoptó un plan de acción, con la FAO

como facilitadora, para desarrollar los objetivos propuestos en la IPI mediante la presentación de actividades, metodologías y cronogramas para conseguir los objetivos, que se espera contribuyan a minimizar el impacto antropogénico sobre los polinizadores.



**Figura 6.** Kevin (arriba), un niño *ch'ol* entrenado para cuidar sus recursos naturales, tomando muestras de un nido de *Trigona nigerrima*. Abajo, capacitación en meliponicultura a apicultores choles de la región (Fotos del autor).



Fig. 7. Apicultores de la Comunidad de Suclumpá que fueron capacitados para la Explotación Sustentable de las Abejas sin aguijón, Palenque, Chiapas. (Foto del autor)

## MANEJO SUSTENTABLE DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN<sup>2</sup>

Resulta de interés definir qué debemos entender por sostenibilidad de un proyecto productivo, varios autores han desglosado este concepto en tres componentes principales los cuales deben enfocarse de manera integral: ambiental, sociocultural y económico para los fines de este libro es relevante mencionar que según lo encontrado en el entorno productivo de

---

<sup>2</sup> Información retomada del libro del autor: Explotación Sustentable de las Abejas sin Aguijón en la Región Selva Lacandona y Altos de Chiapas. (2014).

las regiones Selva y Altos de Chiapas un manejo óptimo de abejas nativas ofrece varias cualidades positivas relacionadas con la sustentabilidad de los proyectos, según los siguientes factores mencionado por Altieri (1987) representa una producción local de alimentos adaptados al entorno socioeconómico y natural, se fomenta un sistema productivo diversificado así como la preservación e integración de la biodiversidad mediante el manejo de especies autóctonas con bajos insumos externos, mantiene un respeto por las diferentes tradiciones culturales y el fomento de la pluralidad cultural y étnica, potencia las capacidades y habilidades locales.

En cuanto a los factores por mejorar con miras a un manejo sustentable se sabe que tradicionalmente las abejas sin aguijón han sido explotadas tirando los árboles y cortando los tramos de tronco donde está el nido (jobones), para posteriormente seguirlos explotando en el traspatio (Figuras 8 y 9).



**Fig. 8.** Traslado al meliponario de una colonia de *Melipona solani* en un jobon después de cosechar la miel y el polen y ser dividida. Note se la caja racional colocada en la entrada o piqueta del nido para darle un mejor manejo. (Foto del autor)



**Figura 9.** Explotación tradicional (ancestral y actual) de la abeja melipona (*Melipona beecheii*), trasladando los nidos de abejas en jobones (troncos de árbol) a la palapa ubicada en el traspatio de la casa. (Cortesía UADY).

No obstante, esta técnica muy primitiva presenta muchas desventajas, ya que es muy difícil revisar los nidos, localizar la reina para fines de reproducción o simplemente para determinar el estado en que se encuentra la cría y el resto de la colonia. Por lo anterior se recomienda transferir las colonias a cajas racionales (construidas con madera de la región), las cuales permiten al meliponicultor una mejor revisión de la colonia, la alimentación de las abejas, la extracción de una miel limpia y sin daño a los panales de cría, mejorando sustancialmente su productividad. Las medidas para construir las cajas racionales, según la especie de abeja a cultivar y su posible uso como polinizador se presentan en el Cuadro 6.

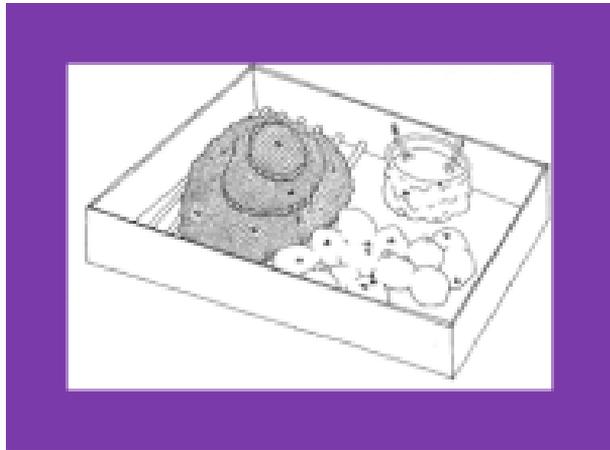
Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción

| <b>Cuadro 6.</b> Especies de importancia ecológica y comercial recomendadas para ser explotadas sustentablemente en la región Selva y Altos de Chiapas.            |                                     |                                      |             |   |                     |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---|---------------------|
|  | <b>Especie</b>                      | <b>*Medidas (ancho, largo, alto)</b> |             |   |                     |
|  | <b>Nombre Común/<br/>científico</b> | <b>Cámara<br/>de cría</b>            | <b>Alza</b> | <b>Uso como polinizador</b>                         | <b>Referencias</b>  |
| 1  | Alazana‡                            | 16x21x15                             | 16x21x7.5   | Huertos de rambutan                                 | Obs.<br>personal    |
| 2  | Doncellita                          | 18x28x10                             | 18x28x7.5   | Cucurbitáceas/invernaderos                          | 18, 23              |
| 3  | Abeja real ( <i>beecheii</i> )      | 23x23x10                             | 23x23x7.5   | Tomates, naranjas/huertos                           | 3, 8                |
| 4  | Melipona ( <i>solani</i> )          | 23x23x11                             | 23x23x7.5   | Päk'äbal koya', alaxax<br>Tomates, naranjas/huertos | 3, 8                |
| 5  | Limoncillo                          | 18x28x10                             | 18x28x7.5   | Potencial ND  | Obs.<br>personal    |
| 6  | <i>T. nigra nigra</i>               | 18x28x10                             | 18x28x7.5   | Macadamia/huertos                                   | 1,                  |
| 7  | <i>Cephalotrigona zexmeniae</i>     | 16x21x15                             | 16x21x7.5   | Potencial ND  | Obs.<br>personal    |
| 8  | <i>Trigona silvestrina</i>          | 16x21x7.5                            | 16x21x7.5   | Macadamia/huertos                                   | 1, 8                |
| 9  | <i>Partamona bilineata</i> ‡        | 16x21x15                             | 16x21x7.5   | Päk'äbal ch'um, pepino<br>Calabazas, pepinos etc.   | 1                   |
| 10   | Doncellita prieta/Nanno             | 16x21x7.5                            | 16x21x7.5   | Päk'äbal koya', ich<br>Tomate, chile/invernaderos   | 6, 9, 10, 12,<br>17 |
| *Medidas (cm) exteriores de la caja racional sin tapa ni fondo usando madera de 2.5 cm de grueso; <b>ND</b> = No determinado; ‡ especies moderadamente defensivas. |                                     |                                      |             |   |                     |

## ALIMENTACIÓN DE LAS COLONIAS HIJAS Y DÉBILES

Una colonia fuerte, con abundantes abejas y plena de recursos es difícil que sea atacada por sus enemigos naturales o enfermedades, por lo tanto es necesario alimentar a las nuevas colonias y a todas aquellas que se encuentren débiles; para ello hay que tomar en cuenta que durante un ciclo anual, en la Región Selva de Chiapas existen dos temporadas, el periodo de lluvias, que cubre los meses de mayo a octubre y el periodo de secas, los meses de noviembre a abril. Durante la época seca y en algunos años en

los que se presente excesiva sequía y pocas flores, es necesario alimentar a las abejas (generalmente la alimentación se realiza antes de la cosecha es decir entre los meses de mayo y octubre), para ello se puede preparar una mezcla de agua y azúcar en proporción de 1:1 esto es un kg de azúcar en un litro de agua, o usar agua y miel en la misma proporción. La mezcla preferentemente debe hervirse para evitar su fermentación. Esta mezcla se debe colocar en un pequeño envase, para que se consuma totalmente en los siguientes diez días, y deberá estar recubierto de cera, para ello la cera de la misma especie de abeja se derrite dentro de una ollita o cazuela, una vez en estado líquido se sumerge un pequeño envase con una boca amplia se cubre completamente de cera, se retira y se deja enfriar, posteriormente el envase se llena de la solución azucarada y se coloca dentro de la colonia. Se pueden colocar varios palitos de madera dentro del envase para evitar que las abejas se ahoguen (Figura 9).



**Figura 9.** Formación de una nueva colonia mediante la división de la colonia madre. Obsérvese la posición de los panales de cría sobre una base de madera o cera. El pequeño recipiente cubierto con cera sirve como alimentador y los palillos, para evitar que se ahoguen las abejas que accidentalmente caigan en el alimento. Los pots de polen deben estar cerrados, son necesarios (al menos uno), para el desarrollo de las crías. (Cortesía: Villanueva R.)

La colonia deberá revisarse una o dos semanas después para continuar con el abastecimiento del alimento o cambiarlo si fuera necesario. Hay que asegurarse de dejar bien cerradas las colonias, después de haberlas revisado, para evitar la invasión de la mosquita nenem y otros depredadores como las hormigas, atraídos por los olores del alimento y de la colonia (Arzalúz *et al.*, 2008).

### LA COSECHA DE MIEL, POLEN, CERA Y PROPÓLEOS

El mejor periodo para cosechar la miel de las abejas nativas es entre los meses de febrero y mayo. La cosecha se podría realizar dos veces al año, dependiendo de la cantidad de miel que la colonia haya almacenado. Para extraer la miel de los potes se puede utilizar una jeringa con perilla de succión de uso veterinario de 100 ml con punta de vidrio que permite fácilmente el paso de la miel, esta jeringa se puede conseguir en una farmacia o tienda veterinaria. Esta técnica permite una extracción limpia y libre de contaminación y también evita dañar los potes de polen y panales de cría (Arnold *et al.*, 2018).

El otro procedimiento sería extraer la mayoría de los potes enteros y aprovechar la cera para otros fines (Figura 10). Desafortunadamente este método tiene la desventaja de retardar la siguiente cosecha por la gran inversión que significa para las abejas formar los potes de cerumen. La forma tradicional de extracción de miel propicia su contaminación con polvo, piedritas y restos de abejas, como alas y patas, y daña la colonia con la gran pérdida de cerumen del nido, actualmente se estudia y trabaja para mejorar este proceso (Patente Sol. # MX/a/2015/011851, IMPI).

Como se dijo una colonia y según la especie, puede llegar a producir desde 100 ml hasta uno o dos litros de miel por cosecha (generalmente

anual), o incluso aun más, pero las abejas deben de tener siempre reservas de miel para su propia alimentación, por ello se recomienda que por lo menos se le dejen de 5 a 8 potes de miel. Nunca se debe dejar a las abejas sin reservas de miel y polen ya que esto debilita a la colonia y la hace vulnerable al ataque de sus enemigos naturales. Es recomendable no almacenar la miel por más de 1 año, o almacenarla en refrigeración, ya que ésta tiene un alto porcentaje de humedad ( $\geq 22\%$ ), lo cual facilita la fermentación del producto, mucho más rápida que la miel de la abeja africanizada o extranjera (*Apis mellifera*) ( $\leq 18\%$ ), (Pérez-Pérez *et al.*, 2007; Gonzales-Acereto 1991).

El polen se cosecha, extrayendo cuidadosamente la mayoría de los potes con polen (dejando entre tres y cinco potes como reserva), el polen contenido en los potes se vacía en un envase limpio y seco y se puede deshidratar exponiéndolo a una temperatura de 60 °C durante dos a tres días dependiendo la cantidad o mezclarlo directamente con parte de la miel extraída para consumirlo o venderlo en una presentación denominada miel enriquecida con polen (el polen es rico en aminoácidos). El remanente de los potes se puede hervir en agua, una vez derretido, se le deja enfriar entre dos y cuatro horas dependiendo de la cantidad y una vez frío, obtendremos la cera pura sobre la superficie y las impurezas permanecerán por debajo y en el fondo del recipiente (Arzaluz *et al.*, 2008).

El propóleo se obtiene, colectando con una espátula los excedentes de las mezclas resinosas colocadas por las abejas principalmente en las uniones de la caja. Si se desea cosechar cantidades más importantes de propóleos será necesario colocar a 1 cm y por debajo de la tapa de la colmena una maya metálica de aproximadamente 0.25 cm x 0.25 cm, para que las abejas inicien el sellado con propóleos en esos espacios. Posteriormente solo se retira la malla y se extrae el propóleo raspándola

y los residuos de cera se pueden extraer colocando la malla dentro de un recipiente con agua y dejándola hervir durante 10 o 15 minutos (May-Itzá 2008).



Fig. 10. Cosecha y reproducción de un nido de *Melipona solani* instalada en un jobon, en Nueva Galilea, región Selva Lacandona de Chiapas. (Foto del autor).

## FORMACIÓN DEL MELIPONARIO: TRANSFERENCIAS DE COLONIAS DE SITIOS ARBÓREOS A CAJAS RACIONALES

Para transferir los nidos de las diferentes especies de abejas sin aguijón, localizados en los sitios arbóreos originales a cajas racionales, sugerimos utilizar cajas de madera de la región con las medidas recomendadas según la especie (Cuadro 6). En todos los casos se recomienda que el grosor sea de 2.5 cm. Existen cajas racionales con otras medidas utilizadas en otras regiones, pero se ha observado que estas medidas han dado

buenos resultados en estas regiones tropicales del sureste de México. Por otra parte, para la fabricación de las cajas racionales, prácticamente se pueden utilizar cualquier especie maderable; sin embargo se recomienda utilizar madera que no sea muy dura, que retenga el calor y que sea duradera, y preferentemente que no produzca olor muy penetrante.

Para aprovechar sustentablemente estas abejas, se tendrá mucho cuidado para evitar tirar los árboles durante el proceso de extracción de los nidos en sitios arbóreos de la selva, para su posterior instalación en el traspatio y formar el meliponario. Es importante hacer notar que frecuentemente se ha observado que el sitio arbóreo que se deja vacío, suele ser ocupado por otra nueva colonia de abejas. Por lo que se recomienda seguir los siguientes tres pasos.

Se explorará la selva y se ubicarán las especies de abejas sin aguijón de nuestro interés (Figura 11).



**Fig. 11.** Búsqueda intensiva de nidos silvestres de abejas sin aguijón en la Región Selva Lacandona de Chiapas. (Fotos del autor)

Se preparan las cajas racionales necesarias, según la especie, de acuerdo al Cuadro 6 y Figura 11, y se trasladan a los sitios previamente localizados.



**Fig. 11.** Los cuatro modelos de cajas racionales propuestos según la especie: 1. *Plebeias*, *Nannotrigona perilampoides*, *T. silvestriana*, 2. *S.mexican*, *S. pectoralis*, *P. biliniata*, *C. zexmeniae*, 3. *T. angustula*, *T. mayarum*, *T. nigra*, 4. *M. beecheii* y *M. solani*.(Foto del autor).

Ya en el lugar y usando preferentemente una pequeña motosierra (con hoja de 16” es suficiente para evitar daños severos al nido), se corta en forma rectangular y suficiente según el tamaño del nido, la parte frontal alrededor de la piquera, dejando expuesta toda la colonia. El siguiente paso es mover con cuidado las hojas de cerumen que cubre a los panales de cría, esto se puede hacer con una espátula o cuchillo. Se separa la cría completa al igual que las abejas adultas que se encuentran sobre estos panales. Los panales de cría deben colocarse sobre pequeñas tiras de madera o pequeños pilares de cera de abeja africana de 1cm de altura para que no asienten sobre el piso de la caja. Se busca a la reina y se transporta con mucho cuidado a la caja racional, es importante

asegurarse que la reina también sea transferida. Se debe tener cuidado de no tocar directamente a la reina con nuestras manos. Aunque no es necesario pasar todas las reservas de miel y polen, si es importante observar que los potes que se trasieguen a la nueva colmena estén limpios y cerrados para evitar que el olor del polen atraiga a la mosca nenem. La caja racional debe cerrarse con cinta adhesiva para evitar la entrada de esta mosca. Posteriormente se vuelve a colocar la caja en la misma posición que estuvo el nido originalmente en el árbol; además, es conveniente pegar pequeños trozos de cerumen alrededor del orificio de entrada para que las abejas se orienten hacia la nueva colonia (Figura 12).



**Figura 12.** Extracción y explotación sustentable de los polinizadores: 1. Selección de los nidos silvestres. 2. Corte con sierra manual, 3. Extracción y manejo del nido, 4. Instalación en la caja racional. (Fotos del autor)

3. Recoger y transportar todas las colonias trasegadas, preferentemente el mismo día o al siguiente por la tarde-noche (para evitar pérdida de abejas), a su sitio definitivo (e.g. el traspatio, jardín etc. según Figura 13).



**Figura 13.** Tres formas de instalar un meliponario: **A)** Sobre bases colectivas a 50 cm del suelo, **B)** Usando un poste para cada colonia a un metro de altura, **C)** Colgadas bajo techo en base colectiva o individual. Obsérvese al fondo otras colonias colgadas. (Fotos del autor).

## REPRODUCCIÓN DE LAS COLONIAS

Una vez realizada la transferencia del nido a la caja racional de cualquiera de las especies de abejas nativas presentada en este libro, y que la colonia se halla adaptado a su nuevo hábitat (proceso que puede llevar varios meses), se puede proceder a la multiplicación o división de la misma (Fierro *et al.*, 2014; Patente Sol. # MX/a/2014/012828). Para la división de las colonias se recomienda hacerlo entre los meses de diciembre y marzo, que es la época en que hay más flujo de néctar en las regiones Selva y Altos de Chiapas. Además en esta época las colonias de abejas cuentan con una población alta (incluyendo la población de zánganos).

Es conveniente tener colonias con poblaciones fuertes, a las que llamaríamos “colonias madre”, para que a partir de estas se lleve a cabo la división, ya que se requiere suficiente cría y abeja adulta para reproducir una nueva colonia. Se recomienda tomar crías maduras a punto de emerger (Figura 14) para que la división tenga una población fuerte y a la vez es necesario transferir abejas adultas a la nueva “colonia hija”, esto se puede llevar a cabo por una pequeña red. Al igual que con el proceso de transferencia, se sugiere la colocación de pequeñas tiras de madera o cera para mantener los panales de cría separados del piso de la base.

También se deberán colocar pilares de 1 cm de altura formados con cera preferentemente de la misma colonia que se va a dividir, entre los diferentes panales con cría. Estos pilares permiten que exista espacio entre los panales de cría para que las abejas puedan transitar libremente entre los mismos. Para la realización de estas divisiones, se deberán tomar unos seis panales de cría de una “colonia madre” para producir una nueva “colonia hija”.

Es recomendable transferir cuatro o cinco potes de miel a la nueva colonia para que tengan reservas de alimento, procurando cortarlos y separarlos con cuidado para que no se rompan. Tanto para la transferencia como para la multiplicación de las colonias, se recomienda llevarlas a cabo en la noche o en un espacio cerrado con una malla de mosquitero (tipo pabellón) para evitar la infestación de la mosca nenem a las colonias que se están transfiriendo o dividiendo.

Finalmente, la nueva “colonia hija” se coloca en el mismo lugar donde se encontraba la “colonia madre” para que las abejas forrajeras que se encuentran en el campo, entren a la nueva colonia y fortalezcan su población, y las colonias madres deberán colocarse en un sitio distante (30-40 metros alejados del sitio donde estaban) para evitar que las

obreras regresen con la reina madre. Teniendo éxito en este procedimiento ya no será necesario seguir recolectando nidos de la selva y por el contrario podríamos instalar algunas especies de abejas sin aguijón dentro de ella para recolección de néctar y polen, según la época de floración, propiciando un ciclo biológico de conservación y sustentabilidad.



**Figura 14.** División y multiplicación de las colonias de las abejas sin aguijón: 1. Se extraen 5 ó 6 panales con cría madra (próxima a nacer), 2. Se colocan dentro de la caja racional con suficientes reservas de miel y polen, 3. Se tapa perfectamente y se deja en el sitio que ocupaba la colonia madre, 4. Retirar la colmena madre al menos 20 metros. (Foto del autor)

**CAPÍTULO VI**  
**DESARROLLOS CIENTÍFICOS**  
**Y TECNOLÓGICOS DE LA**  
**UNACH PARA LA CONSERVACIÓN**  
**Y RESTAURACIÓN DE LOS**  
**POLINIZADORES SOCIALES**  
**DE MÉXICO (APIDAE: MELIPONINI)**



Como parte del compromiso social que la Universidad Autónoma de Chiapas sostiene con su entorno, la Institución ha venido apoyando la investigación científica y tecnológica para ayudar a mitigar y restaurar las comunidades de polinizadores sociales en aras de conservar nuestros bosques y selvas saludables, fortaleciendo los ciclos biológicos y las vitales interacciones insecto-planta. En consecuencia y bajo un proyecto con objetivos sostenibles se han realizado diversos trabajos de investigación básica y aplicada así como desarrollos tecnológicos que ayuden a mitigar, conservar y restaurar las poblaciones de meliponinos que actualmente se encuentran seriamente amenazados. En respuesta a esta amenaza, se han realizado trabajos enfocados a conocer los inventarios api-faunísticos principalmente del estado de Chiapas, así como el impacto que la actividad humana está causando sobre los polinizadores nativos al modificar el uso de suelo y la deforestación intensiva con fines agrícolas o de urbanismo. Asimismo se ha realizado investigación básica para conocer los mecanismos de comunicación química como parte importante en su ciclo de reproducción y se diseñaron cajas racionales para sustituir la falta de cavidades arbóreas en su hábitat natural y poder realizar un manejo sustentable de las colonias de abejas silvestres para fines de restauración de las diversas especies de abejas nativas en peligro de extinción. A continuación se presentan, en su versión en español, los trabajos más relevantes realizados institucionalmente, la versión publicada en revistas arbitradas nacionales o extranjeras, generalmente en inglés, puede ser consultada en las referencias al final de este capítulo, donde se hace una compilación de las publicaciones científicas enfocadas a la conservación y restauración de las abejas sin aguijón de México.

## EFFECTO DE LOS FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS SOBRE LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES DE ABEJAS NATIVAS EN HÁBITATS NEOTROPICALES FRAGMENTADOS<sup>1</sup>

Macario M. Fierro Martínez<sup>2</sup>, Leopoldo Cruz-López<sup>3</sup>, Daniel Sánchez Guillen<sup>3</sup>, Ricardo Magallanes Cedeño<sup>2</sup>.

### Introducción

Los meliponinos son insectos sociales importantes por los servicios ambientales que prestan como polinizadores de plantas silvestres en las comunidades tropicales del mundo, y de las cultivadas por el hombre (Nogueira-Neto, 1970).

Recientemente se ha observado una marcada y acelerada modificación de los ambientes naturales alrededor del mundo debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera además del crecimiento urbano provocando cambios en los microclimas, en la estructura y composición de la vegetación y en la estructura de las comunidades de insectos (Kremen *et al.*, 2002). Estos cambios también han disminuido y afectado la eficiencia de los polinizadores (Ghazoul 2005; Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Villanueva *et al.*, 2005). Por ejemplo, en las comunidades de hormigas, más de 30 especies terrestres fueron localizadas en los tradicionales agro-ecosistemas cafetaleros de sombra comparados con solo 6 especies, en los modernos sistemas de producción de café de tallas

---

<sup>1</sup> Artículo aceptado para su publicación en el *Journal of Modern Agricultural Science and Technology* (JMAST). Versión en español, ampliada para esta publicación.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Chiapas

<sup>3</sup> El Colegio de la Frontera Sur

pequeñas y cultivadas a cielo abierto, sin sombra (Perfecto y Vandermeer, 1996). Una de las causas de esta pérdida puede estar relacionada con los cambios microclimáticos, provocando la eliminación de algunas especies y permitiendo el establecimiento de otras (Nestel y Dickschen 1990; Nestel *et al.*, 1993). A pesar de esta preocupación mundial se ha generado muy poca información sobre el impacto que estos cambios están ocasionando en las diferentes comunidades de meliponinos.

Estudios realizados para conocer la ecología del forrajeo de las abejas han generado información respecto a las principales plantas políferas visitadas por las mismas y sus preferencias florales (Ramalho *et al.*, 1990; Nieh *et al.*, 2004); pero poco se sabe de los niveles de competencia durante el forrajeo de polen y resinas que ocurre inter e intra-específicamente en una comunidad de meliponinos (Pedro y Camargo, 1991; Eltz *et al.*, 2001; Biesmeijer y Slaa, 2006). Se conoce que la composición química de las resinas colectadas por diferentes especies de *Frieseomelitta* está constituida por una mezcla compleja de terpenos, pero que cada especie presenta grupos especie-específica de los mismos (Howard 1985; Goncalves-Alvim 2001; Patricio *et al.*, 2002). Estas comparaciones (inter-especies) podrían ayudar a determinar la presencia de ciertos patrones que influyen en la dispersión, estructura y riqueza de las comunidades de meliponinos los cuales finalmente podrían vincularse con los sistemas de comunicación utilizados por las diferentes especies de abejas (Nieh 2004; Biesmeijer y Slaa, 2004; Aguilar *et al.*, 2005; Jarau *et al.*, 2003), al comportamiento agresivo durante el forrajeo de algunos meliponinos y a la calidad y cantidad de las fuentes proveedoras de los recursos.

Otro de los factores que influyen en la distribución espacial de las abejas sin aguijón es la disponibilidad y competencia por los sitios de nidificación (Hubbell y Johnson 1977; Krebs 1999). Los nidos

generalmente son asociados a los árboles y sus cavidades, observándose cierta selectividad por la especie de árbol y una gran atracción por las características de las cavidades (Martins *et al.*, 2004). Estudios por separado concluyeron que las poblaciones silvestres de meliponinos fueron principalmente limitados por la disponibilidad de alimento que por la disponibilidad de sitios de nidificación (cavidades) (Hubbell y Johnson 1977; Eltz *et al.*, 2002). Sin embargo, también se pudo observar que la falta de sitios de nidificación era un factor limitante en la densidad del número de colonias de *Trigona minangkabau* en Sumatra (Inoue *et al.*, 1993).

Dentro de los meliponinos se encuentra una especie ecológicamente interesante *Tetragonisca angustula* (Latreille 1811), la cual es uno de los meliponinos que presentan gran adaptabilidad ecológica y en contraste con la mayoría de las especies, es altamente resistente a las perturbaciones de los ecosistemas por lo que se ha convertido en una de las abejas sin aguijón más comunes y ampliamente distribuida en las Américas (Michener 1990; Copa-Álvaro 2004; Nates Parra *et al.*, 2006), su alta capacidad de adaptabilidad y abundancia está bien documentada (Parra 1991; Batista *et al.*, 2003; Slaa 2006). Además es una forrajera generalista muy eficiente (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 1984; Martínez *et al.*, 1994).

Son pocos los trabajos realizados con *T. angustula* donde comparan la ecología del forrajeo entre la comunidad de meliponinos, estos frecuentemente se limitan a informar las preferencias florales de plantas poliníferas de varios taxón (Ramalho *et al.*, 1990) o aportan conclusiones muy generales del gremio de polinizadores, proporcionando una serie pormenorizada de las interacciones abeja-planta-alimento (Roubik 1989). Sin embargo no hay referencias de comparaciones intra e inter-específicas cualitativas de *T. angustula* con la comunidad de meliponinos. Tampoco hay información

cómo el comportamiento de forrajeo y otros factores biológicos que conjuntamente con factores ambientales como la temperatura, influyen en la distribución espacial de *T. angustula* en áreas perturbadas.

En consecuencia, en el presente trabajo se pretende responder bajo las condiciones de abundancia de recursos, y con diferentes niveles de perturbación de los ecosistemas, ¿En que medida están impactando los factores microclimáticos, la competencia por los recursos y los sitios de nidificación, en la abundancia y distribución espacial de *T. angustula*? ¿Impactan de igual manera a toda la comunidad?

Para contestar estas preguntas se realizó el presente trabajo de investigación, en el área del Soconusco, Chiapas, México, la cual forma parte de la zona de amortiguamiento del corredor biológico Mesoamericano (Ramírez 2003), donde se han registrado una gran cantidad de abejas y la presencia de varias especies de meliponinos (Esponda 2008), además existen áreas con grandes zonas perturbadas consistentes en mosaicos de parches forestales intercalados con pasturas y cultivos agroforestales (Salgado *et al.*, 2007). Entre las especies de abejas reportadas se encuentra ampliamente distribuida *T. angustula*.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó durante los meses de octubre-diciembre 2009, en un fragmento Neotropical húmedo del Soconusco, Chiapas, México donde se seleccionaron tres hábitats con diferentes niveles de perturbación: 1) Plantación de cacao (HC) de 6 Has. (14°53' N, 92°11' O); 2) Pastizal (HP) de 12 Has. (14°53' N, 92°12' O); 3) Área urbana (HU) de 2 Has. (14°53' N, 92°17' O).

## Selección de los hábitats

Para la selección de los hábitats se tomó en consideración que estos presentaran condiciones semejantes de: altura, (132-188 msnm), temperatura (25-38°C) y precipitación pluvial anual, (2500-3000 mm.). Asimismo que hallan estado bajo diferentes niveles de actividades antrópicas cuando menos durante los últimos treinta años. Con objeto de asegurar que el forrajeo de los meliponinos se realice dentro de sus propios hábitats, estos se encuentran distantes entre sí al menos por 800 m (Figura 15). El HC es un cultivo agroforestal de 7 hectáreas con una densidad promedio de 750 plantas adultas y en producción de cacao por hectárea, esta rodeado por pastizales y acahuales por el Sur y Norte de la plantación, al Este se localizan la mayor parte de las viviendas de sus propietarios y al Oeste por plantaciones de cacao y fragmentos de montañas primarias formadas principalmente por diferentes variedades de plantas de las familias: Leguminoseae, Palmae, Bignoniaceae, Moraceae, Poaceae, Boraginaceae, y Burseraceae, entre otras. La actividad humana en este agro ecosistema es moderado y esta relacionado con la intervención humana durante la cosecha de los frutos. El HP es un área de aproximadamente 12 Has., se ubica 1200 m al SO de HC esta rodeado al norte por plantaciones de cacao y cultivos de temporal al Este y Sur por pastizales y al Oeste por agricultura de temporal y huerta de mango. El uso de los pastizales es para alimentar ganado vacuno a libre pastoreo con escasa vegetación al interior pero aprovechando los linderos para sembrar diferentes tipos de árboles maderables principalmente laurel y roble y frutales. La intervención humana en este hábitat es baja. El HU esta formado por el área que ocupan dos instituciones educativas que abarcan una superficie de 3 has, con jardines dentro y fuera de sus instalaciones y presencia de árboles bien desarrollados principalmente de la familia de las *Moráceas*. La intervención humana en toda el área es alta.



Fig. 15. Los tres hábitats seleccionados: Hábitat Urbano (HU); Hábitat Pastizal (HP); Hábitat Cacaotal (HC).

### **Búsqueda de nidos**

Los tres hábitats fueron intensamente explorados en busca de los sitios de nidificación de los meliponinos, registrando mediante el empleo de un posicionador global (GPS), la ubicación de cada uno de los nidos localizados, el género y especie floral (si es árbol), o descripción de los sustratos de nidificación (troncos, artificiales o subterráneos), el diámetro a la altura del pecho del árbol (DAP), altura de la piquera (tubo de entrada). Durante la exploración simultáneamente se clasificaron y registraron todos los árboles con  $DAP \geq 15$  cm.

### **Identificación de los meliponinos y especies arbóreas**

En cada uno de los nidos localizados se colectaron varios ejemplares (al menos 4 preferentemente de ambos sexos) para su identificación taxonómica en el laboratorio, con apoyo de personal especializado la cual se realizó empleando las claves y descripciones según Ayala (1999).

En la identificación arbórea, debido a que las especies más frecuentes fueron especies frutícolas ampliamente conocidas, no fue necesario identificarlas en el herbario. Sin embargo las demás especies se identificaron según Pennington y Sarukhan (2005).

### **Perfil de temperatura**

El perfil de temperatura fue realizado empleando un hidrotérmómetro digital Kestrel 4000, durante la temporada de reproducción de los meliponinos (diciembre), en los tres hábitats, efectuando mediciones referenciales de estas variables a cada 20 metros de distancia, hasta cubrir toda la superficie de estudio. Las mediciones se realizaron durante cuatro días consecutivos en condiciones climatológicas semejantes de las 9:00-10:00 am.

## **Colecta de resinas y polen**

Toma de muestras. Para determinar las preferencias en la colecta de resinas y polen de *T. angustula* y otras especies de meliponinos, se procedió a tomar muestras de cada uno de los nidos localizados accesibles, de las 9:00-12:00, capturando a las forrajeras con un tubo entomológico que regresaban al nido con cargas de resinas o polen en sus corbículas, hasta por tres días continuos si en los primeros dos días no se capturaban forrajeras con cargas de polen o resinas. Las muestras se tomaron en diciembre (durante la época de floración), registrando el día de colecta, hora, especie forrajera y sitio de nidificación.

## **Preparación de las muestras para análisis del polen y de las resinas**

Las forrajeras con polen o resina colectadas en campo de cada especie se conservaron en congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis químico. En el laboratorio con ayuda de un micro-estereoscopio y pinzas entomológicas se removió las resinas colectadas, si esto no era posible, se disectaron individualmente la tibia de las patas posteriores de las obreras, conteniendo las resinas, en el caso del polen este se removió con ayuda de una aguja de disección. Las muestras por separado se depositan cuidadosamente en el fondo de capilares de vidrio para análisis cromatográfico. Muestras del propóleo de los nidos y de las tibias libres de resinas, polen o restos de partículas extrañas de cada especie fueron procesadas de la misma manera para ser utilizados como referencia y control.

## **Análisis químico**

Se empleó un equipo acoplado de cromatografía de gases-espectrometría de masas, Hewlett Packard 5890 según técnica descrita por Patricio

*et al.*, (2002) inyectando el capilar de vidrio, conteniendo la muestra de resina o polen, directamente en el área de inyección, calentado según técnica descrita por Bagneres y Morgan (1990). Todas las muestras fueron analizadas bajo condiciones de temperatura inicial de la columna de 18°C durante 2 minutos y después con incrementos de 8°C por minuto hasta alcanzar 250°C, manteniendo esta temperatura por 30 min. El análisis cuticular de la tibia se realizó de acuerdo con la técnica descrita por Bagneres y Morgan (1990).

La identificación de los compuestos químicos encontrados será confirmada por comparación de los espectros de masa y los tiempos de retención con muestras conocidas y con apoyo de la biblioteca Wiley-NBS versión actual.

### **Análisis de datos**

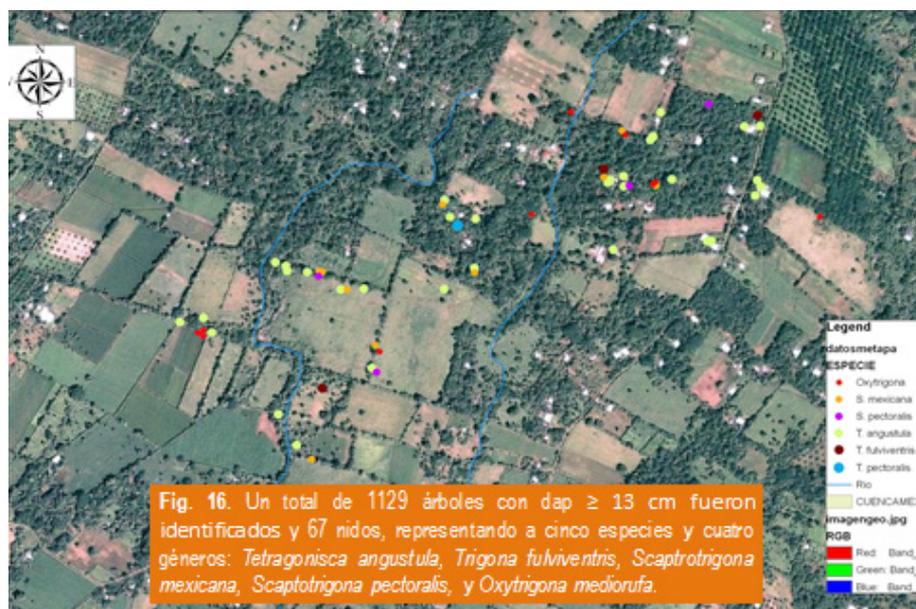
La distribución espacial entre los nidos con-específicos y hetero-específicos en los diferentes hábitats se determinará mediante el método modificado de Clark & Evans descrito por Krebs (1999), empleando Índices de agregación (R) corregidos para cada hábitat. Un valor  $R > 1$  indica una distribución dispersa;  $R < 1$  indica una distribución agregada. Los niveles de significancia (p) serán del 5%. Se empleará un paquete estadístico SPATSTAT de Baddeley Adrian y Rolf Turner versión 1.16.2 y versión R 2.9.2

La competencia por el acopio de resinas se determinará de acuerdo a los resultados cualitativos que arrojen los análisis químicos. Los compuestos que sean colectados por dos o más especies, serán cuantificados y analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) en los compuestos identificados.

## Resultados

### Diversidad arbórea

La diversidad arbórea de los tres hábitats esta constituida por 1129 árboles entre frutales maderables y otros usos con diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq$  13 cm, correspondientes a 23 familias y 54 especies. Aunque el hábitat cacaotal y el pastizal registraron el mismo número de árboles (518 y 526, Figura 16) el cacaotal presentó la mayor diversidad de especies (37) y densidad de árboles por hectárea (74), sin incluir el cultivo *per se*. Mientras que la diversidad de especies del pastizal fue de 29 y una densidad de 37 árboles/ha. El hábitat urbano fue el menos diverso con 11 especies y 28 árboles/ha (Cuadro 7).



Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción

| <b>Cuadro 7.</b> Frecuencia relativa de las especies arbóreas en los tres hábitats: Cacaotal (HC); Pastizal (HP); Urbano (HU), en la región del Soconusco, Chiapas, México. |                                |      |     |      |     |             |
|---|--------------------------------|------|-----|------|-----|-------------|
| Familia   | Especies                       | Uso* | HC  | HP   | HU  | Total nidos |
| Anacardiaceae   | <i>Mangifera indica</i>        | (f)  | 7.1 | 0.6  | 8.0 | 1           |
|   | <i>Spondias mombim</i>         | (f)  | 0.0 | 0.4  | 0.0 |             |
| Anonaceae   | <i>Annona muricata</i>         | (f)  | 0.4 | 0.0  | 0.0 |             |
|   | <i>Annona diversifolia</i>     | (f)  | 0.0 | 0.2  | 0.0 |             |
|   | <i>Annona scleroderma</i>      | (f)  | 0.0 | 1.0  | 0.0 |             |
| Anacardiaceae   | <i>Anacardium occidentale</i>  | (f)  | 0.0 | 0.4  | 1.3 |             |
|   | <i>Leguminosae/Mimosoideae</i> | (t)  | 1.2 | 0.6  | 0.0 |             |
| Apocynaceae   | <i>Stemmadenia donnell</i>     | (t)  | 0.2 | 0.0  | 0.0 |             |
| Bignoniaceae  | <i>Crescentia cujete</i>       | (c)  | 0.4 | 1.1  | 1.3 |             |
| Bignoniaceae  | <i>Tabebuia donnell</i>        | (t)  | 3.7 | 3.2  | 3.3 | 2           |
|   | <i>Tabebuia pentaphylla</i>    | (t)  | 2.1 | 23.9 | 8.7 | 3           |
|   | <i>Parmentiera edulis</i>      | (m)  | 0.0 | 0.6  | 0.0 |             |
| Bombacaceae   | <i>Ceiba pentandra</i>         | (nd) | 0.0 | 0.6  | 0.6 |             |
|   | <i>Pachira aquatica</i>        | (t)  | 0.2 | 0.4  | 0.0 |             |
|   | <i>Quararibea funebris</i>     | (c)  | 5.2 | 0.0  | 0.0 |             |
| Boraginaceae  | <i>Cordia alliodora</i>        | (t)  | 4.4 | 16.3 | 0.0 | 11          |
| Burseraceae   | <i>Bursera simaruba</i>        | (t)  | 7.1 | 3.4  | 0.6 | 1           |
|   | <i>Bursera simaruba</i>        | (m)  | 0.2 | 1.1  | 0.0 | 1           |
| Combretaceae  | <i>Terminalia amazonia</i>     | (t)  | 0.6 | 0.0  | 0.0 |             |
|   | <i>Terminalia catappa</i>      | (f)  | 0.2 | 0.0  | 5.3 |             |
| Sterculiaceae   | <i>Guazuma ulmifolia</i>       | (c)  | 2.7 | 7.2  | 1.3 |             |
|   | <i>Theobroma bicolor</i>       | (f)  | 1.0 | 0.0  | 0.0 |             |
| Fabaceae  | <i>Gliricidia sepium</i>       | (t)  | 0.4 | 0.0  | 0.0 |             |
|   | <i>Acacia</i> sp.              | (nd) | 0.0 | 0.4  | 0.0 |             |
| Fabaceae  | <i>Diphysa robinoides</i>      | (t)  | 0.4 | 2.9  | 0.0 |             |

Capítulo VI. Desarrollos científicos y tecnológicos de la UNACH para la conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: meliponini)

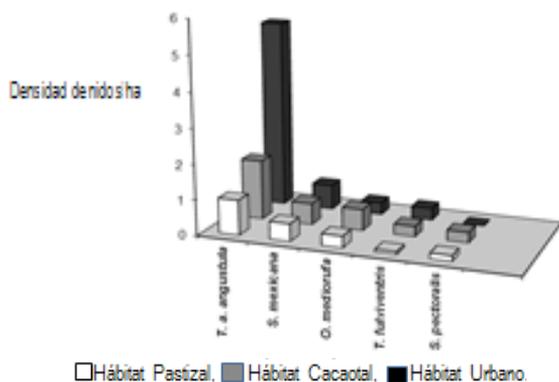
|              |                                   |               |      |      |      |    |
|--------------|-----------------------------------|---------------|------|------|------|----|
|              | <i>Enterolobium cyclocarpum</i>   | (t)           | 0.0  | 0.4  | 0.0  |    |
|              | <i>Inga micheliana</i>            | (fl)          | 2.1  | 0.0  | 1.3  |    |
|              | <i>Lonchocarpus</i> sp.           | (t)           | 2.5  | 0.0  | 0.0  |    |
|              | <i>Tamarindus indicus</i>         | (f)           | 0.4  | 0.2  | 0.0  | 1  |
| Gramínea     | <i>Bambusa vulgaris</i>           | (c)           | 0.0  | 0.4  | 0.0  |    |
| Gutiferae    | <i>Calophyllum brasiliense</i>    | (t)           | 0.6  | 0.0  | 0.0  |    |
| Lauraceae    | <i>Persea americana</i>           | (f)           | 1.7  | 0.0  | 0.0  |    |
|              | <i>Nectandra</i> spp.             | (t)           | 0.6  | 0.0  | 0.0  |    |
| Leguminosae  | <i>Platymiscium dimorphandrum</i> | (t)           | 0.2  | 6.1  | 0.0  | 1  |
|              | <i>Inga lauriana</i>              | (fl)          | 0.0  | 2.5  | 0.0  |    |
| Malpigiaceae | <i>Byrsonima crassifolia</i>      | (f)           | 1.5  | 0.0  | 2.0  |    |
| Meliaceae    | <i>Cedrela odorata</i>            | (t)           | 2.5  | 3.6  | 4.0  |    |
| Moraceae     | <i>Cecropia obtusifolia</i>       | (nd)          | 0.6  | 0.0  | 0.0  |    |
| Moraceae     | <i>Castilla elastica</i>          | (nd)          | 0.0  | 1.1  | 0.0  | 2  |
|              | <i>Ficus involuta</i>             | (nd)          | 0.2  | 0.8  | 8.0  | 15 |
|              | <i>Ficus nitida</i>               | (o)           | 0.0  | 0.0  | 30.8 |    |
|              | <i>Brosimum costaricanum</i>      | (t)           | 1.5  | 0.0  | 0.0  | 2  |
| Palmae       | <i>Cocos nucifera</i>             | (f)           | 8.8  | 0.0  | 2.0  | 2  |
|              | <i>Elaeis guineensis</i>          | (o)           | 0.0  | 0.0  | 6.0  |    |
|              | <i>Roystonea</i> sp               | (o)           | 0.0  | 0.0  | 8.7  |    |
|              | <i>Sheelea preussi</i>            | (c)           | 22.0 | 12.9 | 0.0  |    |
| Rutaceae     | <i>Citrus</i> sp                  | (f)           | 4.1  | 0.6  | 0.6  | 3  |
| Sapindaceae  | <i>Cupania dentata</i>            | (t)           | 0.8  | 0.2  | 0.0  | 1  |
| Sapotaceae   | <i>Chrysophyllum caimito</i>      | (f)           | 1.9  | 0.0  | 0.0  | 2  |
|              | <i>Pouteria sapota</i>            | (f)           | 4.6  | 0.0  | 0.0  |    |
|              | <i>Manilkara zapota</i>           | (f)           | 0.0  | 0.0  | 0.0  |    |
| Meliaceae    | <i>Trichilia martiana</i>         | (m)           | 0.0  | 1.5  | 0.0  | 3  |
|              |                                   | otras plantas | 2.3  | 3.8  | 0.0  |    |
|              |                                   |               |      |      |      | 51 |

## Identificación de los meliponinos

En los tres hábitats estudiados se registraron un total de 67 nidos silvestres correspondientes a 5 especies. De estos nidos *Tetragonisca angustula* fue la más abundante (57.6%) seguida por *Oxitrigona mediorufa* (15.2%) y *Scaptotrigona mexicana* (13.5%). En el Cuadro 8 se observa la abundancia y distribución de las especies localizadas en cada uno de los hábitats estudiados, destacando que *T. angustula* fue la especie más abundante en cada uno de ellos, principalmente en el hábitat urbano y que *S. pectoralis* no fue localizada en el hábitat urbano (Figura 17).

**Cuadro 8.** Abundancia de especies de abejas sin aguijón en tres hábitats de estudio en la Región Soconusco, Chiapas., México.

| Especies meliponino                | Número de nidos |           |          | Total nidos |
|------------------------------------|-----------------|-----------|----------|-------------|
|                                    | Urbano          | Cacahotal | Pastizal |             |
| <i>T. angustula</i> (n=34)         | 17              | 11        | 10       | 38          |
| <i>S. mexicana</i> (n=8)           | 2               | 4         | 6        | 12          |
| <i>S. pectoralis</i> (n=4)         | 0               | 2         | 2        | 4           |
| <i>T. fulviventris</i> (n=4)       | 1               | 2         | 1        | 4           |
| <i>Oxitrigona mediorufa</i> (n= 9) | 1               | 4         | 4        | 9           |
| Total nidos/hábitat                |                 |           |          | 67          |



## Preferencias de nidificación

Cada una de las especies localizadas presento características típicas de preferencias por los sitios de nidificación, observándose que el 62.7 % prefirió las cavidades de los árboles, mientras que el 18.6% utilizó cavidades artificiales formadas por rocas o paredes mientras que el 10% se estableció en troncos de árboles caídos o postes de casas. Típicamente a excepción de un caso de *T. angustula*, (1.5%); *T. fulviventris* siempre utilizó nidos subterráneos (5.9%). Las características de los patrones de nidificación y preferencias arbóreas de *T. angustula* fue semejante con las demás especies en aspectos como la preferencia por los sitios de nidificación en árboles vivos, utilizando además una gran variedad de sustratos y diferente en cuanto a la altura de la ubicación del nido, presentando el mayor índice de uniformidad  $J'$  (Cuadro 9). La altura a la entrada del nido de *T. angustula* fue de 120 cm (DS=94.2), diferente a los demás meliponinos, mientras que *S. mexicana* y *S. pectoralis* no mostraron diferencias significativas entre si pero si presentaron diferencias significativas con *Oxitrigona mediorufa*, en la cual se observó una gran variabilidad en la ubicación de los nidos (Cuadro 9). *T. fulviventris* siempre presento nidos subterráneos característicos con un tubo de entrada que sobresale del suelo de aproximadamente 15 cm.

**Cuadro 9.** Preferencias de nidificación de los meliponinos (%) en los hábitats estudiados en la Región Soconusco, Chiapas., México

| Especie                        | Arbol | Altura entrada<br>(± SE) | Artificial | Subt. | Tronco | Total (%) | Índice de uniformidad ( $J'$ ) |
|--------------------------------|-------|--------------------------|------------|-------|--------|-----------|--------------------------------|
| <i>T. angustula</i> (n = 38)   | 31.3  | 96 ± 19                  | 16.4       | 1.5   | 7.5    | 57.5      | 0.75                           |
| <i>S. mexicana</i> (n = 12)    | 16.4  | 224 ± 88                 | 0          | 0     | 1.5    | 17.9      | 0.21                           |
| <i>O. mediorufa</i> (n = 9)    | 12.1  | 288 ± 148                | 0          | 0     | 1.5    | 13.6      | 0.25                           |
| <i>S. pectoralis</i> (n = 4)   | 5.9   | 253 ± 121                | 0          | 0     | 0      | 5.9       | ND                             |
| <i>T. fulviventris</i> (n = 4) | NF    | ND                       | 0          | 5.9   | 0      | 5.9       | ND                             |

Abreviaturas: Subterráneo (Subt.); Error Standard (SE, cm); No determinado (ND); No encontrado (NE)

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción

## Especies arbóreas y sitios de nidificación

De las 14 especies utilizadas por las abejas sin aguijón para establecer sus colonias, 9 especies fueron utilizadas por *T. angustula* (Cuadro 10), de estas *Ficus involuta* (Moraceae) fue utilizada preferentemente en un 50%, seguido de *S. mexicana* que la utilizó en un 30% y *Oxytrigona* 37%. La segunda especie arbórea más utilizada por *T. angustula* y *S. mexicana* fue *Cordia alliodora* con el 11% y 40% respectivamente. La altura promedio de los árboles fue de 20 m y con excepción del DAP de *Ficus involuta* (220 cm) los DAP promedio de las otras especies fue de 65 cm. La frecuencia de nidos ubicados en árboles de *Ficus involuta* fue mayor de la esperada, basados en la densidad de árboles de esta especie ( $\chi^2$ ,  $P < 0.01$ ,  $gl=1$ ). El hábitat donde se encontró mayor cantidad de colonias de *T. angustula* fue el urbano, superior a los esperado tanto en sustratos de árboles vivos como en artificiales.

**Cuadro 10.** Diversidad arbórea usada por los meliponinos para nidificación en los tres sitios de estudio en la Región Soconusco, Chiapas., Mexico

| Familia       | Especie                                    | Nombre común  | dap (± SD) | <i>Ta</i> |    |    | <i>Sm</i> |    |    | <i>Sp</i> |    |    | <i>Oxy</i> |    |    | Total |   |
|---------------|--|---------------|------------|-----------|----|----|-----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------|---|
|               |  |               |            | HC        | HP | HU | HC        | HP | HU | HC        | HP | HU | HC         | HP | HU |       |   |
| Anacardiaceae | <i>Mangifera indica</i> L.                 | Mango         | 78 ± 0.0   | 1         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 0     | 1 |
| Bignoniaceae  | <i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose       | Primavera     | 64 ± 4.2   | 0         | 1  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 1  | 0  | 0          | 0  | 0  | 0     | 2 |
|               | <i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl.    | Roble         | 83 ± 4.0   | 0         | 2  | 0  | 0         | 1  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 0     | 3 |
| Boraginaceae  | <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken | Laurel        | 57 ± 8.8   | 1         | 3  | 0  | 1         | 5  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 1  | 0  | 11    |   |
| Burseraceae   | <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.         | Mulato        | 68 ± 0.0   | 1         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 1     |   |
| Fabaceae      | <i>Diphysa robinoides</i> Benth.           | Guachipilin   | 74 ± 0.0   | 0         | 1  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 1     |   |
|               | <i>Tamarindus indicus</i> L.               | Tamarindo     | 48 ± 0.0   | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 1         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 1     |   |
| Moraceae      | <i>Ficus sp.</i>                           | Hule          | 87 ± 0.0   | 0         | 0  | 0  | 1         | 0  | 0  | 1         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 2     |   |
|               | <i>Ficus involuta</i>                      | Matapalo      | 247 ± 63   | 0         | 2  | 7  | 1         | 0  | 2  | 0         | 0  | 0  | 2          | 0  | 1  | 15    |   |
|               | <i>Brosimum costaricanum</i>               | Jushite, Mojú | 92 ± 7.5   | 0         | 0  | 0  | 1         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 1          | 0  | 0  | 2     |   |
| Palmae        | <i>Cocos nucifera</i> L.                   | Coco          | 39 ± 3.5   | 2         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 2     |   |
| Rutaceae      | <i>Citrus sp</i>                           | Cítricos      | 37 ± 5.7   | 1         | 1  | 0  | 0         | 0  | 0  | 1         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 3     |   |
| Sapindaceae   | <i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé        | Cola de pava  | 67 ± 0.0   | 0         | 1  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 1     |   |
| Sapotaceae    | <i>Chrysophyllum cainito</i> L.            | Caimito       | 118 ± 0.0  | 0         | 0  | 0  | 1         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 1          | 0  | 0  | 2     |   |
| Melastomaceae | <i>Trichilia maritima</i>                  | Napahuite     | 84 ± 0.0   | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 3  | 0  | 3     |   |
| Leguminosae   | <i>Platymiscium dimorphandrum</i>          | Hormiguillo   | 54 ± 0.0   | 0         | 1  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 1     |   |
|               |  |               |            | 6         | 12 | 7  | 4         | 7  | 2  | 2         | 2  | 0  | 4          | 4  | 1  | 51    |   |

Abreviaturas: Cacaotal (HC); Pastizal (HP); Urbano (HU); *Tetragonisca angustula* (*Ta*); *Scaptotrigona mexicana* (*Sm*); *Scaptotrigona pectoralis* (*Sp*); *Oxytrigona mediatora* (*Oxy*); Diámetro a la altura del pecho (dap); Desviación estandar (DS, cm).

## Distribución espacial de los nidos

Los patrones de distribución espacial determinados por  $K$ , la función registrada en diferentes intervalos de 10 m ofrece información detallada (Cuadro 11). Es preciso aclarar que únicamente el total de nidos de las especies localizadas en cada hábitat y *T. angustula* en el hábitat P y U estaban presentes en cantidades suficientemente altas para determinar los patrones espaciales (Figura 19 b, c y d). El sitio de pastizales (P) y el Cacaotal (C) mostraron una distribución agrupada (10-70 m), tendiendo a ubicarse en “Cluster” o grupos (Figura 18 y 19a, c). Sin embargo, la distribución espacial de *T. angustula* en el hábitat P fue totalmente aleatoria (10-100 m, Figura 19b). Mientras que los nidos ubicados dentro del sitio urbano (U) se distribuyeron aleatoriamente (10-40 m), con tendencia a dispersarse (50-100 m, Figura 4d). Se observaron nidos de *T. fulviventris* sobredispersos ( $R01.75$ ) y solitario. Para analizar más a fondo la anidación subterránea de *T. fulviventris* incluimos dos sitios de nidos ubicados fuera del área de estudio, entre los sitios C y G, resultando en un espacio entre nidos de  $293,2 \pm 19,1$  m.

**Cuadro 11.** Distribución espacial según Clark y Evans usando la función  $K$ , de los nidos localizados en los tres hábitats de la Región Soconusco, Chiapas., México

| Hábitat   | Especie             | NNA       | $K$ (m)           | $R$ (NN Ratio) |
|-----------|---------------------|-----------|-------------------|----------------|
| Cacahotal | Total               | Aleatorio | Agrupado (10-70)  | 0.892          |
| Cacahotal | <i>T. angustula</i> | Aleatorio | Aleatorio         | 1.24           |
| Pastizal  | Total               | Agrupado  | Agrupado (10-70)  | 0.54           |
| Pastizal  | <i>T. angustula</i> | Aleatorio | Aleatorio         | 1.01           |
| Urbano    | Total               | Aleatorio | Disperso (40-100) | 0.84           |
| Urbano    | <i>T. angustula</i> | Aleatorio | Disperso (50-100) | 0.99           |

La distribución agrupada, con datos del GPS se puede apreciar en el hábitat cacaotal, donde cada nido se encuentra más distanciado y distribuido en toda la superficie, aprovechando la mayor densidad y diversidad de especies arbóreas (Figura 18).

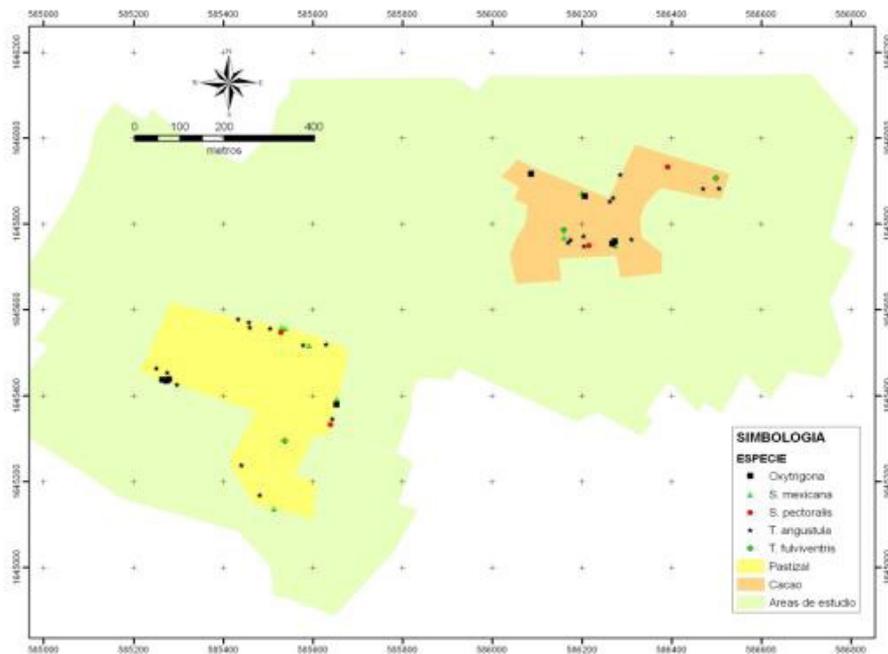
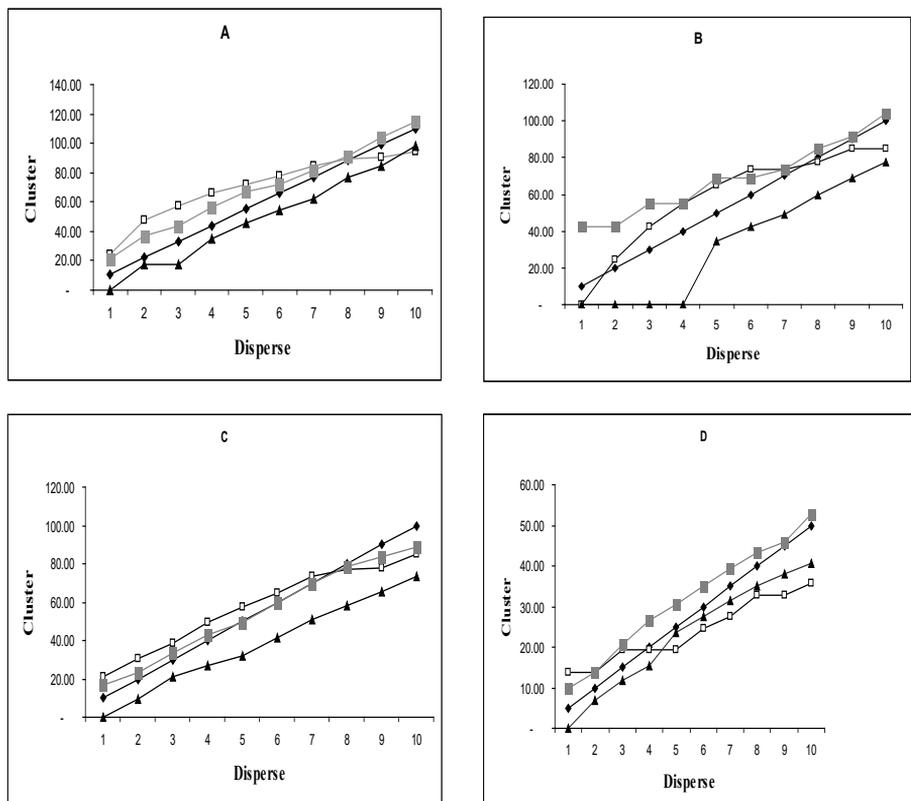


Fig. 18. Distribución espacial de las abejas sin aguijón en los hábitats pastizal y cacaotal.

Los resultados de la distribución espacial de los meliponinos según Clark y Evans se pueden apreciar en el Cuadro y Figura 19.



**Fig. 19.** Patrones espaciales de nidificación de las abejas sin aguijón en los tres sitios estudiados. A. Patrón general espacial de nidificación observado en el hábitat pastizal (HP), B. Patrón de nidificación de *Tetragonisca angustula* (Ta), en el hábitat HP, C. Patrón de nidificación de Ta en el hábitat cacaotal (HC), D. Patrón de nidificación de Ta en el hábitat urbano (HU). Los valores observados entre las curvas de baja confiabilidad y alta se consideran un patrón de distribución aleatorio. Los valores observados fuera de la curva de alta confiabilidad son patrones de distribución agrupada (Cluster). Los valores observados por debajo del intervalo de confianza bajo se consideran un patrón de distribución dispersa.

Claves: ◆ Esperado, □ Observado, ▲ Baja confiabilidad, ■ Alta confiabilidad.

**Perfil de temperatura.** Las temperaturas presentes en cada uno de los nidos en los diferentes hábitats se pueden observar en el Cuadro 13. Las temperaturas más homogéneas se observaron en el HC, con una variación entre los nidos de 2°C , mientras que las variaciones más extremas se registraron en HP y el HU con 3.6°C y 5.7°C respectivamente.

**Cuadro 12.** Mínima/máxima temperatura (T), registrada en los tres hábitats estudiados de la Región Soconusco, Chiapas., México

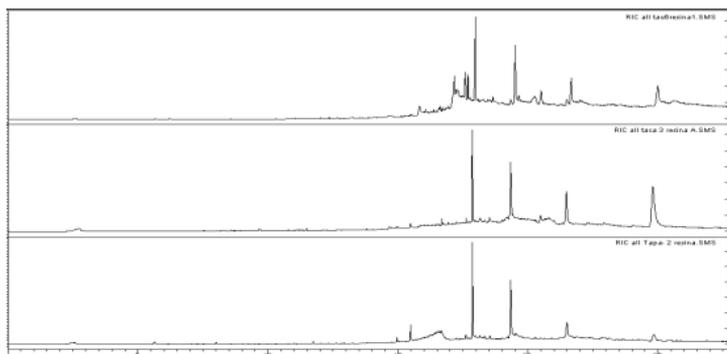
|                        | <b>Cacaotal</b> | <b>Pastizal</b> | <b>Urbano</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Especie                | T (°C)          | T (°C)          | T (°C)        |
| <i>T. angustula</i>    | 28.5 / 30.9     | 31.7 / 35.1     | 32.4 / 35.2   |
| <i>S. mexicana</i>     | 29.2 / 29.7     | 32.7 / 34.2     | 29.6 / 29.6   |
| <i>T. fulviventris</i> | 29.6 / 30.0     | 35.3 / 35.3     | 29.5 / 29.5   |
| <i>O. mediorufa</i>    | 29.2 / 29.7     | 31.9 / 35.1     | 32.6 / 32.6   |
| <i>S. pectoralis</i>   | 29.5 / 30.5     | 32.9 / 34.2     | NNF           |

NNF: nido no localizado.

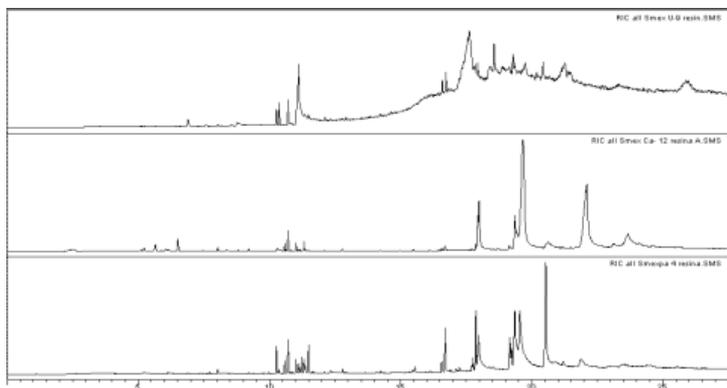
### **Forrajeo de resinas y polen de *T. angustula* con respecto a la comunidad de abejas sin aguijón**

Durante la colecta de resinas, *T. angustula* fue la única especie que presentó preferencia por un solo tipo de compuestos resinosos en los tres hábitats los cuales fueron diferentes a las otras especies de abejas sin aguijón estudiados (Figura 20). Las resinas colectadas por *S. mexicana* fueron intraespecíficamente muy parecidas en los tres hábitats (Figura 21), presentando un grupo de compuestos con un tiempo de retención (TR) de 10-12 min que parecen ser semejantes a los observados con el mismo TR en las resinas colectadas por *S. pectoralis* (Figura 22). *S. pectoralis*, presentó el mismo perfil cromatográfico en los dos hábitats estudiados, mientras que *T. fulviventris* parece ser de acuerdo a su perfil cromatográfico la especie que colecta una mayor variedad de compuestos resinosos

los cuales y de acuerdo con el número de picos que se observan en los cromatogramas, indican que se trata de mezclas relativamente más complejas, observándose diferencias inter e intraespecíficas principalmente con las colectadas en el hábitat urbano (Figura 23).



**Fig. 20.** Resinas colectadas por *T. angustula* en cada uno de los hábitats. De arriba hacia abajo: Hábitat Urbano (HU), Hábitat Cacahotal (HC), Hábitat Pastizal (HP). Obsérvese los perfiles cromatográficos semejantes en los tres hábitats.



**Fig. 21.** Resinas colectadas por *S. mexicana* en cada uno de los hábitats. De arriba hacia abajo: Hábitat Urbano (HU), Hábitat Cacahotal (HC), Hábitat Pastizal (HP). Obsérvese los perfiles cromatográficos distintos en los tres hábitats.

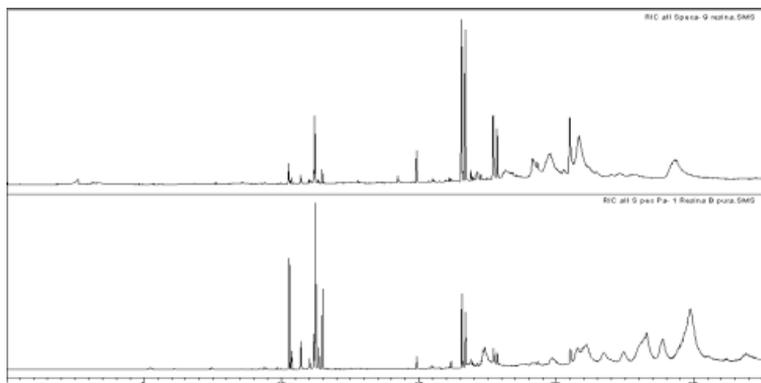


Fig. 22. Perfiles cromatográficos de resinas colectadas por *Scaptotrigona pectoralis* en el hábitat Cacaotal (HC, superior) y Pastizal (HP, inferior). Nótese la semejanza en las señales más importantes.

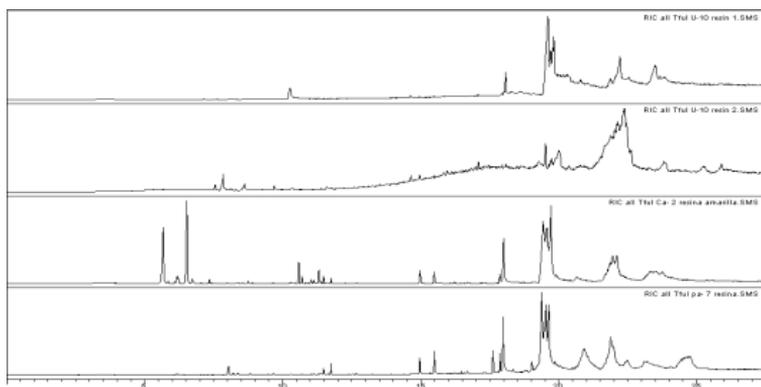
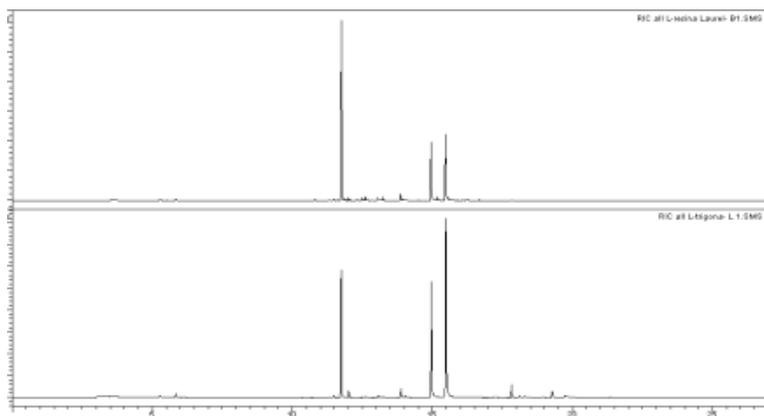


Fig. 23. Péfiles cromatográficos de resinas colectadas por *Trigona fulviventris* en los tres hábitats estudiados: Tful U (HU), Tful Ca (HC), Tful Pa (HP). Obsérvese la semejanza en las resinas de los hábitats HC y HP.

### Especies arbóreas productoras de resinas

Dentro de las especies registradas, *Cordia alliodora* (Laurel), fue una de las especies visitadas por *T. fulviventris* para la colecta de resinas. De acuerdo

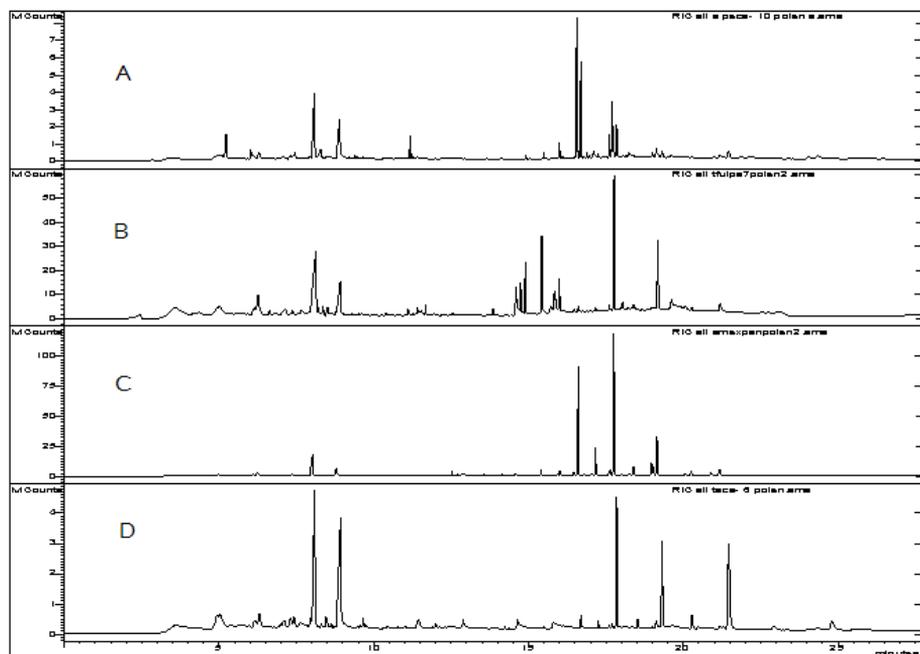
con los cromatogramas de las resinas colectadas por *T. fulviventris* (Figura 23), los picos que se observan con un tiempo de retención de 12, 15, 15.5 y 18 min son semejantes a los observados en el cromatograma de la resina obtenida del extracto hexánico de la corteza de *Cordia alliodora* (Figura 24). Se observaron varias especies potencialmente productoras de resinas como el chaperno (*Lonchocarpus sp*), roble (*Tabebuia pentaphylla*), los cuales abren una oportunidad para estudios posteriores.



**Fig. 24.** Cromatografía de resina obtenida por extracción hexánica de la corteza de *Cordia alliodora* (laurel), colectada en el hábitat pastizal.

### **Comportamiento de las abejas sin aguijón durante el forrajeo de polen**

En la figura 25 se observan los volátiles emitidos por el polen que fue colectado en forma preferente, esto es más abundante ( $\geq 50\%$ ) por las diferentes especies identificadas en los tres hábitat de estudio.



**Fig. 25.** Perfiles cromatograficos de los volátiles emitidos por el polen de las preferencias florales colectadas:  
A. *Tetragonisca angustula*, B. *Scaptotrigona pectoralis*, C. *Trigona fulviventris*, D. *Scaptotrigona mexicana*

De acuerdo a los patrones observados por cromatografía de gases, el perfil de los picos de las diferentes colectas de polen de *T. angustula* es semejante en los tres hábitats y muy similar con los volátiles del polen colectado por *T. fulviventris* principalmente en los picos con tiempo de retención: 8, 9 y 19 min (Figura 26 y 27).

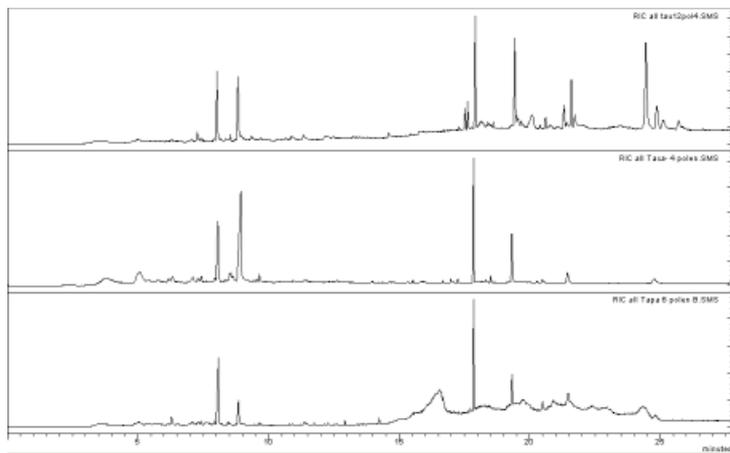


Fig. 26. Perfiles cromatográficos de polen colectado por *T. angustula* en tres hábitats: A) Urbano (TaU, B) Cacaotal (Taca, C) Pastizal (Tapa).

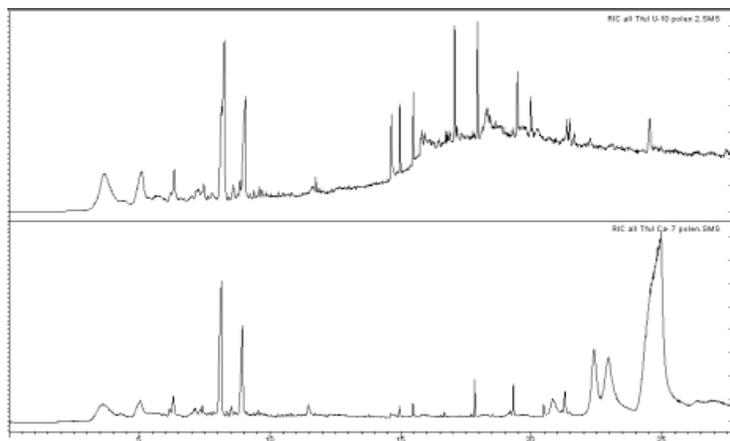
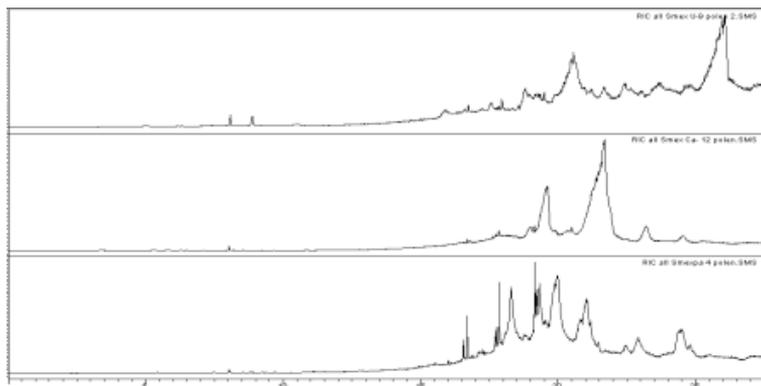
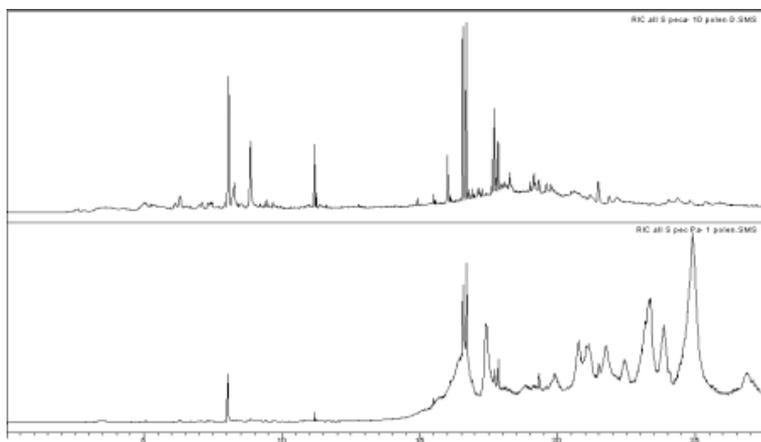


Fig. 27. Perfiles cromatográficos del polen colectado por *T. fulviventris* en hábitat urbano (Tful U) y cacaotal (Tful Ca).

En los perfiles cromatográficos de *S. mexicana* y *S. pectoralis* (Figuras 28 y 29) no se observaron variaciones intraespecíficas relevantes en los diferentes hábitats pero si la hay entre las especies.



**Fig. 28.** Pérfiles cromatográficos de polen colectado por *S. mexicana* en los tres hábitats estudiados: A) Urbano (Smex U), B) Cacaotal (Smex Ca, y C) Pastizal (Smexpa).



**Fig. 29.** Perfiles cromatográficos de polen colectado por *Scaptotrigona pectoralis* en dos hábitats: A) cacaotal (S peca, superior) y B) Pastizal (S pe Pa, inferior).

## Las poblaciones de meliponinos estudiados después de un año

Un año después de haber concluido los trabajos de exploración y búsqueda de meliponinos, los tres sitios de estudio fueron nuevamente explorados en búsqueda de nuevos nidos y conocer las condiciones de conservación de los nidos registrados en la exploración inicial. Los resultados indican que se formaron cinco nuevos nidos y 17 fueron destruidos o muertos por diferentes causas (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Nidos nuevos localizados, abandonados o muertos después de un año de estudio en los tres sitios explorados de la Región Soconusco., Chiapas., México

| Hábitat/especies | Nidos nuevos/Nidos abandonados o muertos |             |              |            |             | Total | Causas   |
|------------------|--|-------------|--------------|------------|-------------|-------|--|
|                  | <i>Ta</i>                                | <i>Smex</i> | <i>Spect</i> | <i>Oxy</i> | <i>Tful</i> |       |  |
| Cacahotal        | 0/1                                      | 1/2.        | 0/1.         | 0/3        | 0/1         | 1/8.  | Uno por ciclo normal, otros por la deforestación y AH* |
| Pastizal         | 2/0                                      | 0/2         | 0/0          | 0/1        | 1/1.        | 3/4.  | Deforestación  |
| Urbano           | 1/4.                                     | 0/1         | 0/0          | 0/0        | 0/0         | 1/5.  | Uno por ciclo normal, otros por la deforestación       |

Abreviaturas: *Tetragonisca angustula* (*Ta*); *Scaptotrigona mexicana* (*Smex*); *Oxitrigona mediorufa* (*Oxy*); *Trigona fulviventris* (*Tful*).

\*Actividades humanas: Aplicaciones químicas o destrucción por fuego.

## Discusión

De las cinco especies de meliponinos localizados, *T. fulviventris* es la única que empleó exclusivamente nidos subterráneos, mientras que las otras cuatro utilizaron 13 especies arbóreas para nidificar y de estas, solamente en dos especies: *Ficus involuta* (37.8%) y *Cordia alliodora* (13.5%), fueron observados la mayor parte de los nidos. Martins *et al.*, (2004), observaron la utilización de 12 especies arbóreas por la comunidad de meliponinos en Caatinga, Brasil., y de estas especies el 75% de las abejas sin aguijón fueron encontradas en solo dos especies vegetales: *Caesalpinia pyramidalis* (Caesalpinaceae, 41.9%) y *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae, 33.9%). Situaciones semejantes fueron observadas por Rigo y Brito (1996) en un ecosistema de cerrado maranhense y Copa Alvaro en La Paz Bolivia, donde el 47% de los nidos de *T. angustula* fueron

localizados en una sola especie vegetal (*Astronium urundeuva*). Aunque no siempre se ha observado en los diferentes hábitats estudiados preferencia por alguna especie vegetal en particular para nidificar (Nate-Parra 2008), Estos antecedentes sugieren que las comunidades de meliponinos manifiestan, bajo ciertas condiciones de diversidad arbórea, preferencia por determinadas especies. Las especies de árboles que por sus características propias son susceptibles de formar cavidades propiciarán las posibilidades de ser utilizados por las abejas sin aguijón y de acuerdo con Hubbell y Johnson (1977), no se trata de la especie vegetal sino de la disponibilidad de cavidades.

Las características de los nidos encontrados en los tres hábitats indican que *T. angustula* posee una alta capacidad de adaptabilidad a los cambios de temperatura ubicando sus nidos en una gran variedad de sitios. Esta capacidad le confiere ventaja sobre las otras especies en la selección de los sitios de nidificación, observándose la mayor abundancia y densidad de nidos por hectárea en el hábitat urbano el cual aunque posee la menor variedad de especies y densidad arbórea es suficiente en la provisión de recursos localizados en parches florales de hiervas y arbustos de los alrededores. Estos resultados son congruentes con los reportados por Moreno y Cardoso (1997), quienes observaron que el uso de las cavidades no depende de las especies arbóreas sino de la disponibilidad de cavidades.

La actividades humanas reflejadas en sus construcciones han generado cambios en el paisaje y un número indeterminado de cavidades los cuales representan un refugio que en algunos casos podría ser no el más adecuado por sus dimensiones; pero si el más seguro por el difícil acceso a los depredadores y su estabilidad a las inclemencias del tiempo, factores que son bien aprovechadas por *T. angustula*, de acuerdo con

Silva y Amaral, 1996 y Sousa 2002, la abundancia de *T. angustula* en las zonas urbanas del Brasil, incluyendo los cementerios es bastante común.

La distribución espacial de los nidos de meliponinos es un tema poco estudiado, sin embargo diversos factores participan influyendo en su distribución espacial. Adicionalmente a la disponibilidad de recursos y sitios de nidificación, la temperatura y la humedad relativa son factores que de acuerdo con Perfecto y Vandermeer (1996), han impactado en la distribución de diversas especies de hormigas en los cafetales, cuando estos han sido transformados de un manejo como cultivo agroforestal en sombra a un monocultivo a cielo abierto. Es de esperarse consecuentemente diferencias en la estructura y distribución espacial de la comunidad de meliponinos, considerando que el cacaotal como cultivo agroforestal mantiene condiciones microclimáticas distintas a la del pastizal y urbano que están expuestos a cielo abierto a las condiciones medio-ambientales prevalecientes con una capacidad de amortiguamiento climático muy inferiores a los hábitats agro forestales. La abundancia y distribución espacial de los nidos observados en el hábitat urbano, es distinta a lo registrado para el pastizal y el cacaotal. La abundancia muy superior de *T. angustula* respecto a las otras especies y una distribución irregular es un indicador de que esta especie tiene una gran capacidad de adaptabilidad para instalar sus nidos en una gran variedad de cavidades y tolerar temperaturas extremas, la poca densidad de nidos de otras especies y la abundancia de recursos, son condiciones que pueden generar poca competencia intra y heteroespecífica. Esto se robustece si consideramos que *T. angustula* se limita a coleccionar un tipo determinado de resina distinto al empleado por las otras especies, mecanismo que parece ser parte del acoplamiento en el difícil proceso por la sobrevivencia como lo observó Patricio *et al.*, (2002) en el acopio de resinas

de tres especies de *Frieseomelitta*, donde cada especie colectó diferentes grupos de terpenos aún cuando estas compartían el mismo hábitat. En el hábitat pastizal se observa una distribución con ciertos patrones de agrupación, formándose al menos tres grupos heteroespecíficos bien definidos mientras que en el cacaotal la distribución es más uniforme. En los insectos sociales de acuerdo con Johnson 1983, Nagamitsu e Inoue, 1997 y Slaa 2006, consideran que los patrones de nidificación con relativa simetría indican ciertos niveles de competencia. Holldobler y Wilson (1990) observaron que una distribución al azar de los nidos ocurría en hábitats con suficientes recursos. La distribución en el pastizal y cacaotal sugieren que existen factores de competencia intra y heteroespecíficas. Slaa 2006, observó que las especies de forrajeo agresivo como *Trigona corvina* y *T. fulviventris* ubican sus nidos muy distantes entre sí. Como se puede apreciar en los tres hábitats, los nidos de *T. fulviventris* están muy distantes entre sí, pero la presencia de nidos con-específicos de especies no agresivas como *T. angustula* y *S. mexicana* es común encontrar nidos cercanos los cuales incluso podrían ser el producto de la multiplicación natural de una colonia pionera madre.

## ¿CRISIS MUNDIAL DE POLINIZADORES? AVANCES INSTITUCIONALES PARA LA MITIGACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN (*APIDAE: MELIPONINI*) ANTE EL IMPACTO DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS<sup>4</sup>

Fierro Martínez, Macario<sup>5</sup>; Castro Castro, Vicente<sup>5</sup>; y Lerma Molina, Noe<sup>5</sup>

### Introducción

La modificación del paisaje ocasionado por la ampliación de la frontera agrícola, urbana, industrial y turística así como el abuso en la aplicación de insecticidas han comenzado a poner en riesgo la vida de los polinizadores especialmente de las abejas (Klein *et al.*, 2007; Steffan-Dewenter *et al.*, 2005), estos insectos son responsables de al menos el 70 % de la polinización de las plantas con flores facilitando la fecundación al trasladar el gameto masculino (polen) con el femenino de las flores y lograr la fertilización. Aunque en México, debido a su extraordinaria biodiversidad, aún no se resienten los efectos por la disminución de los polinizadores principalmente de las abejas sin aguijón, en los Estados Unidos y Europa ya existen graves problemas (Levy, 2011). La intensa actividad antrópica fragmenta el paisaje, interrumpen la conectividad y provocan la pérdida de biodiversidad con consecuencias altamente riesgosas en el equilibrio de los ecosistemas. En México, el efecto de la fragmentación de los ecosistemas sobre las comunidades de abejas sin aguijón tiene en peligro de extinción a varias especies de meliponinos entre ellas *Melipona beecheii* y *M. solani* (Villanueva *et al.*, 2005). Sin embargo, y a pesar del riesgo en que se encuentran, y la reconocida

---

<sup>4</sup> Presentado y publicado en el Congreso Mesoamericano de Investigación/UNACH 2017

<sup>5</sup> Universidad Autónoma de Chiapas

crisis mundial de polinizadores, estos han sido poco estudiados. Ante esta situación, es urgente emprender acciones que permitan mitigar y restaurar las comunidades de abejas sin aguijón, porque la extinción de los polinizadores no sólo significaría el fin de unos servidores ambientales indispensables, sino pondría en riesgo la producción de alimentos, y con ella, la supervivencia de la humanidad.

El objetivo del presente trabajo es difundir los esfuerzos institucionales realizados para la conservación de los polinizadores y presentar los avances de los estudios actuales para recuperar las poblaciones de abejas sin aguijón en peligro de extinción y rescatar la meliponicultura, actividad ancestral que se está perdiendo (Quezada-Euán *et al.*, 2001). Los resultados ayudarán a diseñar proyectos de restauración y conservación y serán de gran utilidad para académicos e investigadores de las ciencias naturales, ecólogos, ambientalistas, api-meliponicultores y productores agrícolas al valorar los servicios ambientales que las abejas sin aguijón proveen no solo para mantener selvas y bosques saludables, sino también para la producción de alimentos.

## **Materiales y Métodos**

El levantamiento de los inventarios apifaunísticos y florísticos se realizó en tres sitios con diferentes niveles de perturbación empleando las claves de Ayala (1999) y Pennington (2005) respectivamente (Fierro *et al.*, 2012). El estudio de comunicación química de las abejas se realizó mediante la colecta de los volátiles de la reina por SPME y su análisis, empleando un cromatografo de gases Varian Star model 3400 CX GC (Palo Alto, CA., USA) acoplado a un espectrómetro de masas Varian Saturn 4D (Fierro *et al.*, 2011). El estudio de las áreas de apareamiento (AA) se realizó en tres sitios con diferentes niveles de perturbación En cada sitio se introdujeron siete colonias de *T. angustula*, y en los controles

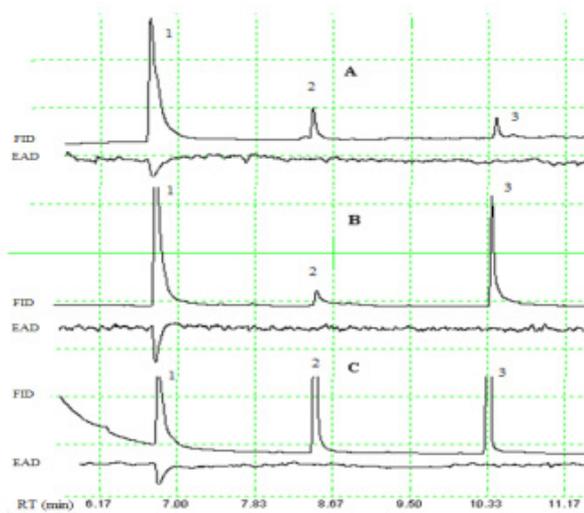
tres, cada una con celdas reales próximas a nacer. El control rural consistió en un sitio sin presencia de nidos silvestres en un radio  $\geq 500$  m de las colonias experimentales. El control urbano fue semejante al rural, pero con tres nidos silvestres ubicados a 5, 15 y 35 m de las colonias experimentales. Se registraron las AA formadas, monitoreando los sitios diariamente y una vez establecidos se contaron los machos cada hora de las 07:00 a las 17:00 h. Para la reproducción de las colonias de *M. solani* se utilizó el modelo: Caja Reversible Api-Mel, en su versión para cría y reproducción de *M. solani* (Patente Sol. # MX/a/2015/011851) el cual incorpora dos dispositivos específicos novedosos. El primero de ellos se adiciona a la colonia para darle dirección y soporte vertical al nido de cría (Figura 30). El segundo dispositivo se coloca cuando el nido de cría ya se desarrolló y está preparado para el almacenamiento de miel y polen (excluidor de reina). Con estos dos nuevos elementos se logra el manejo y dirección de la colonia en forma sencilla, facilitando no solo la reproducción de la colonia sino también la cosecha de miel.



**Fig. 30.** Caja Api-Mel modificada para la reproducción sostenida aritmética anual de *Melipona* spp. A la izquierda la colonia madre en crecimiento (sin abejas para fines ilustrativos) alimentada con miel en panal de *Apis mellifera*. A la derecha la división por simple remoción de la caja superior conteniendo abejas y cría madura.

## Resultados

Se levantaron los inventarios faunísticos y florísticos en la Región Soconusco y Selva Lacandona. Se identificaron un total de 31 especies, cinco en la Región Soconusco y 27 en la Región Selva. Asimismo se identificó a *Ficus involuta* (Bignoniaceae), *Cordia alliodora* (Boraginaceae) y *Gliricidia sepium* (Fabaceae) como los recursos florísticos más utilizados por las abejas como sitios de nidificación. En los estudios de comunicación química se identificaron tres compuestos como los responsables de la atracción de la reina de *Tetragonisca angustula* (Apidae: Meliponini) hacia los zánganos: el hexanoato de hexilo (HH), el hexanoato de butilo (BH) y el hexanoato de isopropilo (IPH), siendo este último el más abundante en reinas vírgenes confiriéndole una fuerte atracción hacia los machos (Figura 31).

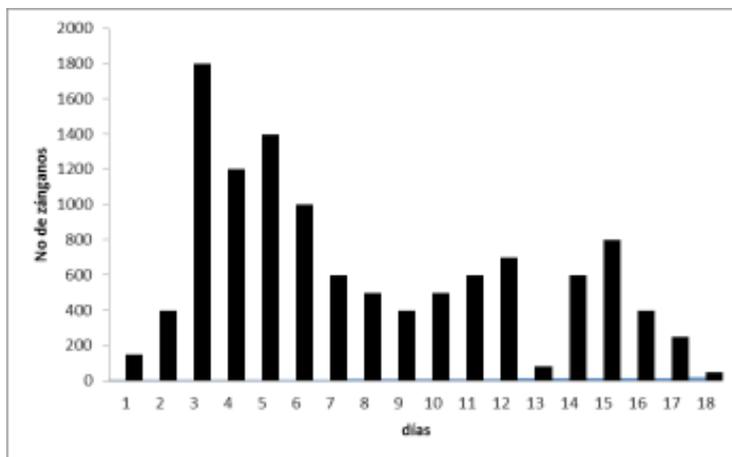


**Figura 31.** Cromatografía de gases acoplado y electroantenografía (GC\_EAD) muestra las respuestas de los zánganos de *Tetragonisca angustula* a una reina virgen (A); a una reina fecundada (B) y a la mezcla de compuestos sintéticos de los volátiles de la reina. Picos: 1; hexanoato de isopropilo, 2; hexanoato de butilo, 3; hexanoato de hexilo.

Con el manejo de las reinas vírgenes se indujo la formación de 17 congregaciones de zánganos distribuidas en los tres sitios de estudio (Figura 32 y 33), de estos; seis fueron en nidos silvestres.



**Figura 32.** Dos áreas de apareamiento de *Tetragonisca angustula*. Izquierda, sobre la colonia conteniendo reina(s) vírgen(es). A la derecha en una rama de cítrico ~ 1.5 m de la colonia.



**Fig. 33.** Comportamiento típico de una congregación de zánganos de *T. angustula* en un fragmento de la región Soconusco, Chiapas., México.

Mediante la aplicación del método (Patente Sol. # MX/a/2015/011851) que permite la reproducción sostenida aritmética anual de las abejas Meliponas, se ha logrado la reproducción hasta en dos ocasiones de una colonia madre en un año apícola. Actualmente se trabaja estandarizando las colonias obtenidas para iniciar un nuevo ciclo de reproducción en un nuevo año apícola que iniciará en el momento de la cosecha de miel, donde se incluirá, además de la alimentación natural que se les provee de miel de *Apis mellifera*, una porción consistente en 100 grs. de proteína vegetal y 50 grs. de polen cada 21 días/colonia. El objetivo es estimular un mayor desarrollo del nido de cría y lograr una tercera división en el mismo año. Este método podría permitir la restauración de las poblaciones de abejas principalmente de aquellas en peligro de extinción.

## Conclusiones

Los polinizadores en México como ocurre en otras partes del mundo, están siendo impactado por actividades antropogénicas; en el estudio apifaunístico realizado hubieron especies que no fueron localizadas o están en peligro de extinción como *M. beecheii* y *M. solani*. La deforestación irracional de las especies florísticas preferidas como sitios de nidificación, es uno de los factores principales en la disminución de las poblaciones de abejas sin aguijón.

La abundancia de zánganos ( $\geq 2000$  individuos) en las áreas de apareamiento (AA) de *T. angustula* sugieren la existencia de una población abundante, dinámica y bien comunicada de nidos silvestres dentro del sitio de estudio, esta información nos permite señalar que no todas las especies de polinizadores están en riesgo.

El diseño y desarrollo del método para la reproducción de las abejas *Meliponas spp*, resulta una buena opción para la restauración y conservación de *M. solani*, especie en peligro de extinción. Este método permite al menos una reproducción anual de la colonia. Sin embargo ya se ha logrado una segunda división, y actualmente se estudia la bioecología de los meliponinos para lograr una tercera reproducción a partir de una colonia madre fuerte en un año apícola, de lograrse se habrá dado un importante paso para la recuperación y conservación de los polinizadores más importantes del Neotrópico.

## MÉTODO QUE FACILITA EL RESCATE DE LOS POLINIZADORES NATIVOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>6</sup>

Macario M. Fierro<sup>7</sup> A. Briones Aranda<sup>7</sup> Vicente C. Castro<sup>7</sup> Juan Díaz V.<sup>7</sup>

### Introducción

Los meliponinos o abejas sin aguijón (Hymenoptera, Apidae), son insectos *eusociales* importantes por los servicios ambientales que realizan como polinizadores. Están distribuidos ampliamente en el *Neotrópico*, identificándose más de 300 especies. Generalmente utilizan las cavidades de los árboles como sitios de nidificación. Sin embargo pueden utilizar otros sustratos. Uno de los principales factores que influyen en su abundancia y distribución ha sido la disponibilidad de sitios de nidificación. Se sabe que algunas especies arbóreas ofrecen más y mejores sitios que otras, y que la falta de sitios de nidificación ha sido un factor limitante en la densidad y abundancia de colonias de estas abejas (Roubik 1989). La acelerada deforestación de los bosques y selvas alrededor del mundo debido a la expansión de la frontera agropecuaria además del crecimiento urbano y turístico han fragmentado los ecosistemas disminuyendo no solo los sitios de nidificación sino que han modificado la estructura y composición florística provocando cambios en los microclimas, y en la estructura de las comunidades de insectos, colocando algunas especies en peligro de extinción, y afectando la eficiencia en la polinización (Steffan-Dewenter *et al.*, 2005). Una de las causas de esta pérdida puede estar relacionada con el cambio climático especialmente

---

<sup>6</sup> Artículo presentado y publicado en el Congreso Mesoamericano de Investigación/UNACH 2016

<sup>7</sup> Universidad Autónoma de Chiapas

a nivel de las microrregiones, ocasionando la eliminación de algunas especies y permitiendo el establecimiento de otras como ha ocurrido con algunas especies de hormigas (Perfecto y Vandermeer, 1996), y de insectos vectores de enfermedades como *Anopheles pseudopunctipennis*. Asimismo, un estudio a largo plazo reveló una caída en la polinización del *Lirio glaciar* (*Erythronium grandiflorum*) de las Rocky Mountain en Co. USA. El motivo, la diferencia de tiempos entre el período en el que las flores se abren y las reinas de los abejorros dejan de hibernar. El cambio climático como resultado de prácticas que han impactado a los ecosistemas coloca a diversas especies de polinizadores en peligro de extinción. En la región del Soconusco, Chiapas, México, existen áreas con grandes zonas perturbadas consistentes en mosaicos de parches forestales intercalados con pasturas y cultivos agroforestales, donde se han registrado gran diversidad de abejas entre ellas la presencia de varias especies de meliponinos. Sin embargo actualmente es significativo la ausencia de las especies *Melipona beecheii* y *M. solani* (Fierro *et al.*, 2011) que eran las especies más abundantes y cultivadas por los antiguos Mayas. En consecuencia es urgente diseñar métodos que permitan rescatar a las comunidades amenazadas y garantizar no solo una eficiente polinización de nuestros bosques y selvas sino también asegurar la producción de alimentos de origen agrícola que requieren de los servicios ambientales de los polinizadores. Se ha propuesto el uso de una serie de métodos y modelos de cajas racionales (Nogueira-Neto 1997); sin embargo sus metodologías o son más laboriosas, requiriendo más de una colonia para su reproducción (Arzaluz *et al.*, 2008) o han sido dirigidas a la reproducción de especies distintas a *Melipona spp*; en ambas situaciones los modelos de cajas racionales propuestas son diferentes.

El objetivo del presente trabajo es proporcionar, un método sencillo, ecológico, sustentable y eficiente que permita el manejo de las abejas *Meliponas spp.*, de tal manera que se convierta en una actividad económicamente atractiva para los productores, rescatar una actividad ancestral que está en peligro de desaparecer, y con ello restaurar las comunidades de abejas meliponas, principalmente de aquellas en peligro de extinción. (Quezasa-Euán *et al.*, 2001). Estos resultados ayudarán a diseñar proyectos de conservación y valorar los servicios ambientales que las abejas nativas aportan como polinizadores en beneficio no solo de los diferentes ecosistemas sino también de los productores de alimentos de origen agrícola.

## Metodología

- a) El estudio se realizó del 2014 a 2015, en tres sitios de un fragmento del Soconusco, Chiapas, México: 1) Agroforestal cacaotal (C), 7 Has. (14°53' N, 92°11' O); 2) Agropecuario pastizal (P), 12 Has. (14°53' N, 92°12' O); 3) Urbano (U), 3 Has. (14°53' N, 92°17' O). Los sitios fueron explorados registrando el género y especie de los meliponinos. La clasificación florística se realizó en todos los árboles con DAP  $\geq$  13 cm. Asimismo para el perfil de temperatura se utilizó un hidrotérmetro digital Kestrel 4000, efectuando mediciones cada 20 metros. Estas se realizaron de 9:00 a 10:00 hrs. en condiciones climatológicas semejantes.
- b) Multiplicación de las colonias de *M. solani* utilizando el modelo: Caja Reversible Api-Mel, en su versión para cría y reproducción de *M. solani* (Sol. Patente # MX/a/2014/012828) incorporándole dos dispositivos específicos novedosos. El primero de ellos se adiciona a la colonia para darle dirección y soporte vertical al nido de cría (soporte del nido). El segundo dispositivo se coloca cuando el nido de cría ya se desarrolló y está preparado para el

almacenamiento de miel y polen (excluidor de reina). Con estos dos nuevos elementos se logra el manejo y dirección de la colonia en forma sencilla, facilitando no solo la reproducción de la colonia sino también la cosecha de miel (Figura 33).

- c) Análisis de datos. Se utilizó la prueba de *Kruskal-Wallis* para calcular las diferencias en la abundancia de especies entre sitios. Chi-cuadrada de Pearson ( $\chi^2$ ) evaluó diferencias entre el tamaño de los fragmentos y el número de nidos esperados. La prueba *t* de *Hutcheson* evaluó las diferencias en los índices de diversidad entre los sitios. Nivel de significancia  $P \leq 0.05$ .

## Resultados

Un total de 67 nidos fueron estudiados, representando a cinco especies: *Tetragonisca angustula*, *Trigona fulviventris*, *Scaptotrigona mexicana*, *Scaptotrigona pectoralis*, y *Oxytrigona mediorufa*. Aunque no se observaron diferencias en las variables forestales ni en la riqueza y abundancia de meliponinos entre los sitios G/C ( $P = 0.85$ ), sí se observaron diferencias significativas florísticas entre los sitios C/U y G/U ( $P = 0.022$ ;  $P = 0.028$  respectivamente), y diferencias significativas en la densidad de nidos entre las especies de meliponinos ( $X^2 = 9.9$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.04$ ). *T. angustula* y *T. fulviventris* establecieron nidos expuestos a temperaturas de hasta 6,7 ° C por encima de la temperatura media registrada en las otras especies (Cuadro 12). El sitio urbano presentó las variaciones de temperatura más significativas.

### Multiplicación de las colonias de *Melipona beecheii* y *M. solani*

El 90% de las colonias de *M. beecheii* y *M. solani* reproducidas con el método propuesto generaron nuevas reinas fecundadas y en consecuencia

nuevas colonias (Figura 34). Proveyendo ventajas sobre otros métodos donde se requieren al menos la aportación de dos colonias para generar una (Arzaluz *et al.*, 2008). Estos resultados significan que no hay rechazo al método utilizado. Asimismo, el método es sencillo y permite una fácil manipulación de la colonia. En *M. solani* se logró la reproducción de la colonia hasta en una segunda ocasión en el mismo año. Esto permitió que en siete meses (Febrero/Agosto 2015) a partir de 15 colonias originales de *M. solani* se obtuvieran un total de 57 nuevas colonias (Cuadro 14a y 14b).

| <b>Cuadro 14a.</b> Reproducción de colonias de <i>Melipona solani</i> fortalecidas con alimentación a base de miel en panal de <i>Apis mellifera</i> |  |                 |              |              |             |
|--|--|-----------------|--------------|--------------|-------------|
|  | <b>No Colonia/<br/>(Condición)</b>   | <b>Febrero†</b> | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> | <b>Mayo</b> |
|  | 1/(100)  | NA*             | REP(50/50)   | 100/100      | (100/100)   |
|  | 2/(100)  | NA*             | 100          | REP(50/50)   | (100/100)   |
|  | 3/(100)  | NA*             | 100          | 100          | REP(50/50)  |
|  | 4/(100)  | NA*REP(50/50)   | (50/50)      | (100/100)    | (100/100)   |
|  | 5/(100)  | NA*             | 100          | REP(50/50)   | (100/100)   |
|  | 6/(100)  | NA*REP(50/50)   | (50/50)      | (100/100)    | (100/100)   |
|  | 7/(100)  | NA*             | REP(50/50)   | (100/100)    | (100/100)   |
|  | 8/(100)  | NA*REP(50/50)   | (50/50)      | (50/100)     | (100/100)   |
|  | 9/(100)  | NA*REP(50/50)   | (50/50)      | (100/100)    | (100/100)   |
|  | 10/(100)   | NA*             | REP(50/50)   | (50/50)      | (100/100)   |
|  | 11/(100)   | NA*REP(50/50)   | (50/50)      | (50/50)      | (100/100)   |
|  | 12/(100)   | NA*             | REP(50/50)   | (50/50)      | (100/100)   |
|  | 13/(100)   | NA*             | REP(50/50)   | (50/50**)    | (50/50**)   |
|  | 14/(100)   | NA*REP(50/50)   | (50/50)      | (50/100)     | (100/100)   |
|  | 15/(100)   | NA*             | 100          | REP(50/50)   | (50/100)    |
| Total colonias   | 15   | 15+6            | 21+5         | 26+3         | 29+1        |
|  | Claves: †Fin de la floración; NA*: No aplica alimentación y se cosecha miel y polen; **Colonia huérfana; REP: Reproducción por división a la mitad (50/50) de una colonia fuerte (100), utilizando la caja reversible Api-Mel. |                 |              |              |             |

Capítulo VI. Desarrollos científicos y tecnológicos de la UNACH para la conservación y restauración de los polinizadores sociales de México (Apidae: meliponini)

**Cuadro 14b.** Reproducción de colonias de *Melipona solani* fortalecidas con alimentación a base de miel en panal de *Apis mellifera*

| No colonias | Mayo | Junio      | Julio±     | Agosto±    |
|-------------|------|------------|------------|------------|
| 1           | 100  | 100        | REP(50/50) | (50/100)   |
| 2           | 100  | 100        | REP(50/50) | (100/100)  |
| 3           | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 4           | 100  | 100        | REP(50/50) | (50/100)   |
| 5           | 50   | 50         | 50         | 0          |
| 6           | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 7           | 100  | REP(50/50) | (50/50)    | (50/100)   |
| 8           | 100  | 100        | REP(50/50) | (50/100)   |
| 9           | 100  | 100        | REP(50/50) | (50/100)   |
| 10          | 100  | REP(50/50) | (50/50)    | (50/100)   |
| 11          | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 12          | 100  | 100        | REP(50/50) | (100/100)  |
| 13          | 100  | 100        | REP(50/50) | (50/100)   |
| 14          | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 15          | 100  | REP(50/50) | (50/100)   | (50/100)   |
| 16          | 50   | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 17          | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 18          | 100  | REP(50/50) | (50/50)    | (50/100)   |
| 19          | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 20          | 100  | 100        | REP(50/50) | (50/100)   |
| 21          | 100  | REP(50/50) | 100        | (50/100)   |
| 22          | 100  | 100        | 100        | REP(50/50) |
| 23          | 100  | 100        | 100        | (50/100)   |

Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción

|                |     |      |            |            |
|----------------|-----|------|------------|------------|
| 24             | 100 | 100  | 100        | REP(50/50) |
| 25             | 100 | 100  | 100        | REP(50/50) |
| 26             | 50  | 50   | 100        | 100        |
| 27             | 100 | 100  | 100        | REP(50/50) |
| 28             | 100 | 100  | REP(50/50) | (50/100)   |
| 29             | 100 | 100  | 100        | REP(50/50) |
| 30             | 100 | 100  | 100        | REP(50/50) |
| Total colonias | 30  | 30+5 | 35+9       | 44+13      |

Claves: †Fin de la floración; ‡Inicio de floración principalmente de *Chalum* (*Inga* spp); NA\*: No aplica alimentación y se cosecha miel y polen; \*\*Colonia huérfana; REP: Reproducción por división a la mitad (50/50) de una colonia fuerte (100), utilizando la caja reversible Api-Mel.



**Fig. 34.** Meliponario reproducido exitosamente usando el Método de la Caja Reversible Api-Mel y la alimentación intensiva a base de miel en panal de *Apis mellifera*.

## Conclusiones

1. Los sitios pastizal y agroforestal, favorecen la conservación de las comunidades de meliponinos. Se sugiere manejo sustentable.
2. El éxito de *T. angustula* en los tres sitios lo ubica como potencial polinizador, y especie modelo para estudios comportamentales, de comunicación y evolutivos.
3. El buen desarrollo de las colonias de *M. solani* y la alta eficiencia en la extracción de miel ha generado cosechas de mayor calidad proveyendo al mismo tiempo colonias fuertes, que podrían permitir realizar en un año una tercera multiplicación de la colonia.
4. El diseño y desarrollo del método para la reproducción de las abejas *Meliponas spp*, resulta una buena opción para la restauración y conservación de *M. solani*, especie en peligro de extinción.



**REFLEXIONES  
FINALES**



## REFLEXIONES FINALES

### Ecología, Comunicación y Áreas de Congregación de *T. angustula*

Los Meliponinos están respondiendo a las presiones ecológicas originadas por cambios del paisaje co-evolucionando, como lo han hecho durante millones de años, juntamente con las plantas con flores (Roubik, 1989). Algunas de estas respuestas pueden considerarse como positivas. Por ejemplo, de las especies localizadas de los estudios realizados en el sureste mexicano, solamente *T. angustula* observó una alta plasticidad ecológica para adaptarse a los tres sitios de estudio con diferentes niveles de perturbación, comportamiento semejante al observado en otros hábitats (Sousa *et al.*, 2002; Nates-Parra *et al.*, 2006). *Scaptotrigona pectoralis* fue la única especie no encontrada en el sitio urbano; sin embargo la abundancia de las otras especies en este sitio también fue muy escasa comparado con lo registrado en los sitios Agroforestal y Pastizal. Asimismo otras especies que se localizan en la región Soconusco, como *Lestrimellita limao*, *Partamona* spp. y *Melipona beecheii* (Ayala, 1999), tampoco fueron localizadas en ninguno de los sitios explorados, sugiriendo que algunas de las especies de Meliponinos con preferencias por sitios de nidificación arbórea están siendo afectadas por las modificaciones del paisaje (Vamosi *et al.*, 2006). Lo anterior es un indicador para diseñar e implementar programas de restauración y/o rehabilitación ecológica para detener y revertir los posibles daños

ocasionados a estos polinizadores (Quezada-Euán *et al.*, 2001). Un factor relevante en la abundancia de los Meliponinos es la disponibilidad de recursos, el cual durante el periodo de estudio, parece ser que no fue un factor asociado con la abundancia de las especies de abejas, por lo que podemos sugerir que parte de la restauración ecológica deberá enfocarse en la conservación y propagación de la flora que aún existe y que ofrece excelentes sitios de nidificación para los meliponinos (Rêgo y Brito, 1996; Martins *et al.*, 2004). Sin embargo, las observaciones realizadas durante el presente estudio relacionadas con la formación de las congregaciones de zánganos en los sitios urbanos y no en los rurales, puede ser una buena noticia para la sobrevivencia y abundancia de las especies que se han adaptado a las áreas con alta perturbación antrópica. Estas agregaciones de machos parecen estar asociados con la abundancia y distribución espacial de los meliponinos (Fierro., *et al* 2011). Esto nos ofrece una excelente oportunidad para realizar réplicas del proceso y confirmar la hipótesis. De confirmarse, los resultados nos proveerían de un conocimiento altamente útil para mejorar los éxitos en el apareamiento de los Meliponinos y eficientizar la división y multiplicación de la especie. La identificación del compuesto activo, hexanoato de isopropilo (IPH), en la atracción de los machos de *T. angustula*, permitirá realizar pruebas adicionales que permitan conocer más sobre el comportamiento reproductivo de estas abejas y sus posibles aplicaciones prácticas como por ejemplo, se ha observado en *A. mellifera*, que el empleo de la feromona sintética de la reina específicamente de la glándula mandibular, y aplicada una o dos veces sobre los cultivos durante la anthesis floral, aumenta el número de visitas de las abejas hacia las flores en cultivares de peras, arándano, manzana y kiwi dando como resultado un incremento en la producción y calidad de los frutos (Currie *et al.*, 1992a,b;

Ellis y Delaplane, 2009). Con excepción del hexanoato de hexilo (HH), que ha sido encontrado en *S. mexicana*, los otros dos compuestos más abundantes encontrados en *T. angustula*, el hexanoato de butilo (BH) y el IH no han sido reportados en los Meliponinos. El BH es usado en la naturaleza como feromona sexual de *Megalotomus quinquespinosus* (Hemiptera, Alydidae, Alydinae), y como kairomona en *Cyndia pomonella* y *Grapholita molesta* (Lepidoptera, Tortricidae), (El-Sayed, 2011). Mientras que el IPH es un compuesto ampliamente distribuido en la naturaleza formando parte de las esencias florales con funciones co-evolutivas de atracción de polinizadores (Dobson y Bergström, 2000).

### **La Comunicación Química en Abejas: un Enfoque Evolutivo**

Es frecuente encontrar artículos científicos que sugieren que el resultado de estructuras altamente sociales en los insectos como las abejas tiene un origen común. Esta sociabilidad generalmente la establecen a partir de la evolución hace ~100 millones de años de la tribu Apini (Hymenoptera, Apidae). Aunque el modelo *Apis* es el más estudiado, uno de los fósiles más antiguos conservados en ámbar y que ofrecen información evolutiva relevante corresponden a restos de Meliponinos (Apidae, Meliponini) que datan de hace ~40 millones de años a.C. (Manning 1952) localizados en el Neotrópico. Dentro de los himenópteros solo estos dos grupos han alcanzado niveles semejantes de eusociabilidad. Sin embargo esta semejanza observada en ambas tribus de Apidae parece tener dos orígenes distintos. Mientras que para *Apis*, el Sudeste Asiático es considerado como el origen y dispersión de las once especies reconocidas, para Meliponini con más de 400 especies, su origen y centro de dispersión es atribuida al Neotrópico. Los estudios filogenéti-

cos (morfológicos y moleculares) que proponen un origen común de la sociabilidad de estas dos tribus han generado resultados controversiales (Michener 2000). El desarrollo de estructuras altamente sociales en estas tribus es relevante y más aún si consideramos que ambas evolucionaron independientemente en regiones geográficas muy distantes. Algunas estructuras sociales desarrolladas por estos insectos están relacionadas con las características de sus nidos, sus estructuras organizativas dentro de la colonia y en sus sistemas de comunicación. En cada una de estas estructuras sociales se observan rasgos comunes (organización social) y divergentes (estructura del nido) (Noll 2002). Un rasgo divergentes es la comunicación de recursos mediante la danza en forma de ocho observada en *Apis mellifera* pero aun no en Meliponini, el cual es considerado como uno de los mecanismos de comunicación más sofisticados observados (Von Frisch 1967a; Dyer 2002). Estas estructuras más elaboradas, y más eficientes que otras, reflejan su historia evolutiva. Para conocer esa historia evolutiva, es necesario determinar rasgos comunes y divergentes entre taxas filogenéticamente cercanas (Lindauer *et al.* 1960). Por ejemplo en la especie hermana *A. laboriosa*, con nidos expuestos a cielo abierto, la danza en ocho no se expresa acompañada de sonidos como ocurre con *A. mellifera*, que utiliza cavidades para nidificar, por lo que se asume que las señales acústicas durante la danza es consecuencia del proceso evolutivo para comunicarse en la oscuridad (Kirchner *et al.* 1996). Considerando la comunicación química durante el proceso reproductivo de *T. angustula*, como el rasgo de interés y que dicho comportamiento está presente en *Apis* y que también ha sido observado en varias especies de meliponinos considerados evolutivamente más avanzados (*S. mexicana*, *M. panamica*), se puede esperar encontrar información que ayude a develar la evolución de la comunicación química entre estas

especies de abejas. Asumiendo que la comunicación química durante el apareamiento en *A. mellifera* es la forma más evolucionada, no solo por la complejidad de sus componentes químicos, sino por el impacto que provoca en la conducta de los machos aún a grandes distancias, podríamos de manera semejante valorar las respuestas comportamentales de las especies de meliponinos ya mencionados con respecto a *T. angustula* consideradas con mecanismos de comunicación menos evolucionados. Aunque no se han realizado análisis filogenéticos de las diversas especies de meliponinos usando la comunicación química como rasgo principal, que aportarían elementos importantes para la elaboración de modelos evolutivos, podemos sugerir hipótesis respecto a los factores químicos que están involucrados en la comunicación durante el proceso reproductivo en las diferentes especies de meliponinos. Primeramente podemos hipotetizar desde un punto de vista bioquímico que en base a la emisión de volátiles de la reina formados principalmente (70-80%) por 2-alcoholes (*S. mexicana*, *S. postica*) (Grajales *et al.*, 2005; Verdugo *et al.*, 2011; Engels *et al.* 1990, 1993) o por ésteres de cadena corta (*T. angustula*), la comunicación de los meliponinos durante el proceso reproductivo tiene un origen común. Las rutas biológicas y de síntesis entre estos compuestos son muy estrechas y generalmente la presencia de uno puede dar origen al otro (Attygalle y Morgan, 1986). El estudio de las rutas biosintéticas de estos volátiles (ésteres y alcoholes), podría proveer elementos adicionales en la evolución de la comunicación en estas especies. Para ello se requiere profundizar en pruebas electrofisiológicas y comportamentales con estos elementos para poder elucidar si realmente estos volátiles tuvieron un origen común y que divergieron evolutivamente por presiones ecológicas (competencia), para ser más eficientes. Esta hipótesis se fortalece con la presencia del hexanoato de

hexilo (HH), compuesto común de *T. angustula* y *S. mexicana*, y relacionado con la actividad reproductiva de la reina lo que sugiere mecanismos químicos bio-regulatorios muy semejantes. Sin embargo, y no obstante los avances en el entendimiento de la comunicación en meliponinos, todavía nos encontramos lejos de tener una imagen clara de cómo ocurrió la evolución de la comunicación en este grupo. Probablemente estudiando especies menos evolucionadas (como se ha sugerido con *T. angustula*), y otras especies así como otros grupos relacionados y más primitivos en su estructura social como los Bombini (Hymenoptera, Apidae), sea posible construir un esbozo de los eventos que culminaron en la aparición de la sofisticada y compleja, pero altamente eficiente comunicación química en los meliponinos.

# GLOSARIO



## GLOSARIO

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Abeja africanizada      | Es el producto de la cruce de la abeja europea con la africana   |
| Abeja sin agujijón      | Son las abejas nativas o meliponinos de distribución tropical  |
| Abeja maya              | Se refieren a los meliponinos principalmente a las especies <i>M. beecheii</i> y otras por ser explotada abundantemente durante la colonia en la península de Yucatán.   |
| <i>Apis mellifera</i>   | Genero y especie de las abejas europeas/africana o su cruce  |
| Alza                    | Parte de una caja de colmena que se usa para la cosecha de miel.   |
| Area de apareamiento    | Tambien denominado área de congregación de zánganos, es el sitio donde en época reproductiva diversas especies de abejas como <i>Apis</i> y <i>Meliponini</i> se aparean |
| Calendario de floración | Un calendario que ordena la información sobre cuáles plantas tienen flor y en cuál época del año.  |
| Cerumen                 | Mezcla de cera con resina.   |
| Co-evolución            | Proceso evolutivo que se desarrolla entre dos o más especies que interactúan entre sí  |
| Colmena                 | La vivienda de una colonia de abejas y, por extensión, la colonia que habita en ella.  |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Colmena madre         | La colmena que generalmente tiene una gran población de cría y de abeja adulta suficiente para dividirla  |
| Colonia               | Una colonia, en biología, es un término utilizado ampliamente como un grupo de seres vivos organizados bajo bases cooperativas.   |
| Comunicación          | Transmisión de información entre un emisor y un receptor mediante un código común   |
| Comunicación química  | Mecanismo que usan principalmente los insectos como las abejas para comunicarse entre si mediante la emisión de compuestos químicos volátiles   |
| Conservación          | Acto que consiste en cuidar las cosas de tal forma que no se descompongan o destruyan   |
| Cosecha               | Época en que se puede extraer la miel y el polen de las colmenas o colonias   |
| Distribución espacial | En este libro se refiere a los diferentes agrupamiento (aleatorios, dispersos o agrupados) que presenta el conjunto de nidos de especies de meliponinos en los diferentes hábitats                      |
| División de colmena   | El trabajo de separar la cría de una colmena, para que de una colmena se obtengan dos. Es una labor delicada que requiere experiencia y conocimiento de la biología de la especie de abeja sin aguijón. |
| Feromona              | Sustancia química producida por muchos seres vivos principalmente por los insectos para comunicar, recursos alimenticios, de defensa o de atracción sexual para el apareamiento                         |

|                   |  |
|-------------------|--|
| Involucro         | apa de láminas de cerumen que envuelve el conjunto de panales de cría de las abejas sin aguijón en su nido.  |
| Jobón             | Palabra maya yucateca que se aplica a un tipo específico de colmena que consiste en un tronco ahuecado de manera natural o elaborado por las personas. A veces se escribe como hobón   |
| Miel real         | Se llama en Chiapas a la miel de las abejas sin aguijón. Otros nombres también usados, pero con menos frecuencia son: miel de palo, miel de colmena, miel virgen y miel melipona.  |
| Meliponario       | Lugar donde se colocan bajo protección a las abejas sin aguijón que se crían, ya sea que estén contenidas en ollas de barro, cajas o troncos ahuecados de manera natural o por el humano. El meliponario generalmente está cerca de la casa, aunque también puede estar en la finca o en el cultivo. |
| Meliponicultura   | Crianza de abejas de abejas sin aguijón (Meliponini).  |
| Meliponini        | Nombre de la tribu (agrupación científica) de las abejas sin aguijón.  |
| Meliponinos       | Nombre común que se refiere a todas las especies de abejas sin aguijón.  |
| Melisopalínología | Técnica utilizada para identificar el origen floral del polen presente en la miel  |
| Mitigación        | Acción realizada para detener o disminuir un proceso destructivo o perturbador   |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Néctar                | Es un líquido aguado dulce producido por las flores que les sirve como atrayente para los animales que realizan la polinización (transporte de polen de una flor a otra), como las abejas.   |
| Polinización          | Proceso que consiste en llevar el polen generalmente de una flor a otra y que es realizada principalmente por los insectos como las abejas.  |
| Propóleo              | Material resinoso y balsámico colectado y procesado por las abejas. Para su elaboración colectan diferentes resinas. A esta mezcla de resinas a través de su saliva agregan enzimas, bálsamos vegetales, ceras, aceites esenciales y polen. Las abejas usan los propóleos para sellar grietas y proteger la colmena de la humedad y de agentes patógenos, ya que tienen una actividad antimicrobiana y antioxidante. También es benéfico para la salud del hombre. |
| Resina                | Secreción orgánica pegajosa que producen muchas plantas, particularmente los árboles como los pinos y los copales.   |
| Servicios ambientales | Actividad que principalmente realizan los insectos sociales como las abejas para polinizar las plantas.  |
| Sustrato              | Cuerpo que subyace a otro. En este libro el sustrato es el cuerpo que contiene/encierre a la colmena. Por ejemplo, un tronco puede ser el sustrato de nido para una colmena de abejas sin aguijón.   |
| Vuelo nupcial         | Vuelo que realiza una reina virgen para aparearse.   |

# REFERENCIAS



## REFERENCIAS

- Abdalla F., Jones G., Morgan D., Cruz-Landim C. (2004) Chemicals composition of the Dufour gland secretion in Queens of *Melipona bicolor* (hymenoptera, Meliponini). *Journal of the Brazilian Chemical Society* 15, 621-625.
- Adams, J., Rothman, E. D., Kerr, W. E., Paulino, Z. L. (1977) Estimation of the number of sex alleles and queen mating from diploid male frequencies in a population of *Apis mellifera*. *Genetics* 86:583-596.
- Aguilar I, Fonseca A, Biesmeijer J.C. (2005) Recruitment and communication of food source location in three species of stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Apidologie* 36, 313–324.
- Altieri, M.A. (1987) Diez tesis sobre el medio ambiente en América Latina, *Ecología* 2:1.
- Ambrose J., Schultheis J., Bambara S., Mangum W. (1995) An evaluation of selected commercial bee attractants in the pollination of cucumbers and watermelons. *American Bee Journal* 135, 267-272.
- Anderson D., Sedgley M., Short J., Allwood A. (1982) Insect pollination of mango in Northern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 33, 541-548.
- Arzaluz Gutiérrez, A., Arredondo Peter, R., Obregón Hernández, F. (2008) Propagación y manejo productivo de poblaciones de *Melipona beecheii*. Universidad Autónoma de Chiapas. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. CE019. México D. F.
- Arnold N., Zepeda R., Vazquez D., Aldasoro M. (2018) Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México. Comisión Nacional para el uso y Conocimiento de la Biodiversidad, 193 pp.

- Attygalle AB, Morgan ED. (1986) A versatile micro-reactor and extractor. *Anal. Chem.* 58:3054-3058.
- Ayala R. (1999) Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomol. Mex.* 106, 1-123.
- Ayala R., Griswold T., Yanega D. (1996) Apoidea (Hymenoptera) de México. En B. J. Llorente, E. González, A. N. García-Aldrete y R. Johansen, (eds) Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de los Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Cap. 27: 426 - 465. México: Fondo de cultura Económica.
- Baddeley A., Turner R. (2005) Spatstat: an R package for analyzing Spatial Point Pattern. *Journal of Statistical Software* 12, 1-43.
- Bagneres A.G., Morgan E.D.(1990) A simple method for analysis of insect cuticular hydrocarbons. *J. Chem Ecol* 16, 3263-3276.
- Barth, F., Hrncir, M., Jarau, S. (2008) Signal and cues in the recruitment behavior of stingless bees (Meliponini) *J. Coop. Physiol. A.* 194: 313-327.
- Batista A., Ramalho M., Soares A. (2003) Nesting site and abundance of Meliponini (Hymenoptera:Apidae) in heterogenuos habitats of the atlntic rain forest, Bahia, Brazil. *Lundiana* 4, 19-23.
- Beggs, K.T., Glendining, K.A., Marecha, N.M., Vergoz, V., Nakamura, I., Slessor, K.N., Mercer, A.R. (2006) Queen pheromone modulates brain dopamine function in worker honey bees, *Proc. Natl. Acad. Sc.* 104: 2460-2464.
- Bell, W.J., Cardé, R.T., eds. (1984) *Chemical Ecology of Insects*. London: Chapman-Hall. pp. 387-428.
- Biesmeijer J.C., Slaa E.J. (2004) Information flow and organization of stingless bee foraging, *Apidologie* 35, 143-157.
- Biesmeijer J.C., Slaa E.J. (2006) The structure of eusocial bee assemblages in Brazil, *Apidologie* 37, 240-258.

- Biesmeijer J., Roberts M., Reemer R., Ohlemüller M., Edwards T., Peeters A., Schaffers S., Potts R., Kleukers C., Thomas J., Settele W., Kunin W. (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in British y Netherlands. *Science* 313, 351-354.
- Biesmeijer J., Roberts M., Reemer R., Ohlemüller M., Edwards T., Peeters A., Schaffers S., Potts R., Kleukers C., Thomas J., Settele W., Kunin W. (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in British y Netherlands. *Science* 313, 351-354.
- Boch R., Shearer D.A., Stone B.C. (1962) Identification of iso-amyl acetate as an active component in the sting pheromone of the honey bee. *Nature* 195:1018-1020.
- Bohart G. (1972) Management of wild bees for pollination of crops. *Ann. Rev. of Entomol.* 17: 287 - 312.
- Buchmann, S., Nabhan, G.P. (1996) The forgotten pollinators. Washington, DC, US, Island Press. 292 p.
- Butler, C.G. (1971) The mating behavior of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *J. Entomol.* 46: 1–11.
- Butenandt A., Beckmann R., Stamm D., Hecker E. (1959) *Z. Naturforsch.* B 14, 283-284.
- Butler, C.G. (1971) The mating behavior of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *J. Entomol.* 46: 1–11.
- Butler, C.G., Paton, P.N. (1962) Inhibition of queen rearing by queen honey bees (*Apis mellifera* L.) of different ages. *Proc. R. Entomol. Soc. London Ser. A* 37: 114–16.
- Brockmann, A., Brückner, D. (1998) The EAG response spectra of workers and drones to queen honeybee mandibular gland components: the evolution of a social signal. *Naturwissenschaften.* 85: 283–85.

- Byrne A., Fitzpatrick Ú. (2009) Bee conservation policy at the global, regional and national levels. *Apidologie* 40, 194–210.
- Callow, R.K., Chapman, J.R., Paton, P.N. (1964) Pheromones of the honeybee: chemical studies of the mandibular gland secretion of the queen. *J. Apic. Res.* 3: 77–89.
- Camargo, J.M.F., Pedro, S.R.M. (1992) Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (Hymenoptera, Apidae): a mini-review, *Apidologie*. 23: 509-522.
- Campos, L.A.O., Melo, G.A.R. (1990) Physogastric-queen mating in *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae). *Rev. Bras. Genet.* 13: 491-500.
- Cameron SA., Mardulyn P. (2001) Multiple data sets suggest independent origins of highly eusocial behavior in bees (Hymenoptera: Apinae). *Syst. Biol.* 50, 194–214.
- Carvalho A.M.C., Bego L.R. (1995) Seasonality of dominant species of bees in the Panga Ecological Reserve, Cerrado, Uberlandia, M.G. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 24, 329-337.
- Carvalho A.M.C., Bego L.R. (1997) Exploitation of available resources by bee fauna (Apoidea-Hymenoptera) in the reserve ecologica do Panga Uberlandia, state of Minas Gerais, Brazil. *Revta Bras. Ent.* 41, 101-107.
- Cauch O., Quezada-Euán J., Meléndez-Ramírez V, Valdovinos Nuñez G., Moo-Valle H. (2006) Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using the stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. *J Apic Res.* 45, 125-130.
- Cauch O., Quezada-Euán J., Macías-Macías J., Reyes-Oregel V., Medina-Peralta S., Parra. (2002) The behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical México. *J Econ Entom.* 97, 475-481.

- Contel, E.P.B., Kerr, K.E. (1976) Origin of males in *Melipona subnitida* estimated from data of an isozymic polymorphic system. *Genetica*. 46: 271–277.
- Copa-Alvaro, M. (2004) Patrones de nidificación de *Trigona (Tetragonisca) angustula* y *Melipona rufiventris* (Hymenoptera: Meliponini) en el norte de La Paz, Bolivia. *Ecol. Apl.* 3, 82-86.
- Chapman R. (1998) *The insect. Structure and function*. 4<sup>a</sup> ed. Cambridge University Press, 770 pp.
- Chavarría G., Carpenter J. M. (1994) “Total evidence” and the evolution of highly social bees. *Cladistics* 10, 229–258.
- Crúz-Landim C., Abdalla F. (2002) *Glândulas exócrinas das abelhas*. Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, 181 pp.
- Cruz-Landim C., Abdalla F., Gracioli-Vitti L. (2005) Morphological and functional aspects of volatile-producing glands in bees (Hymenoptera: Apidae). *Insect Science* 12, 467-480.
- Cruz-Landim, C.D. (1967) Estudo comparativo de algumas glandulas das abelhas (Hymenoptera, Apoidae) e respectivas implicacoes evolutivas. *Argent. Zool.* 15: 177–290.
- Cruz-López L., Patricio E.F.L.R.A., Morgan E.D. (2001) Secretions of stingless bees: the dufour gland of *Nannotrigona testaceicornis*. *Journal of Chemical Ecology*. 27, 69-80.
- Cuadriello-Aguilar J., Salinas-Navarrete J. (2006) Los riesgos de importar polinizadores exóticos y la importancia de su legislación. Primer Taller de Polinizadores en México (NAPPC)- 20-22 de Noviembre San Juan del Río Querétaro.
- Currie R., Winston M., Slessor, K. (1992a) Effect of synthetic queen mandibular pheromone sprays on honey bee (Hymenoptera: Apidae) pollination of berry crops. *Journal of Economic Entomology* 85, 1300-1306.

- Currie R., Winston M., Slessor K., Mayer D. (1992b) Effect of synthetic queen mandibular pheromone sprays on pollination of fruit crops by honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology* 85, 1293-1299.
- Danka, R. G., Rinderer, T.E. (1986) Africanized bees and pollination. *Am. Bee J.* 126, 680-682.
- Danka, R. G., Rinderer, T.E., Collins, A.M., Hellmich, R.L. II. (1987) Responses of Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae) to pollination-management stress. *J. Econ. Entomol.* 80, 621-624.
- Darwin C. (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection.*
- Dobson, HE, Bergström G. 2000. The ecology and evolution of pollen odors. *Plant Syst. Evol.* 222:63-87.
- Dyer FC. (2002) The biology of the dance language. *Ann Rev Entomol* 47, 917-949.
- Dyer FC, Seeley TD. (1991) Dance dialects and foraging range in three Asian honey bee species. *Behav Ecol and Sociobiol* 28, 227-233.
- Echazarreta G. (1998) Biodiversidad de la apifauna de Yucatán. Informe final del Proyecto B004 Universidad Autónoma de Yucatán.
- El-Sayed, AM, (2011) The Pherobase: Database of Insect Pheromones and Semiochemicals. <<http://www.pherobase.com>>. 2003-2011.
- Eltz T., Brühl C.A., van der Kaars S., Chey V.K., Linsenmair K.E. (2001) Pollen foraging and resource partitioning of stingless bees in relation to flowering dynamics in a Southeast Asian tropical rainforest, *Insectes Soc.* 48, 273–279.
- Eltz T., Brühl C.A., van der Kaars S., Linsenmair K.E. (2002) Determinants of stingless bee nest density in lowland dipterocarp forests of Sabah, Malaysia, *Oecologia* 131, 27–34.

- Ellis A., Delaplane K. (2009) An evaluation of Fruit-Boost™ as an aid for honey bee pollination under conditions of competing bloom. *J of Apicultural Res and Bee World* 48, 15-18.
- Engels, W., Engels, E., Francke, W. (1997) Ontogeny of cephalic volatile patterns in queens and mating biology of the neotropical stingless bee, *Scaptotrigona postica*. *Invertebr. Reprod. Dev.* 30: 251–56.
- Engels E, Engels W, Lübke G, Schröder W, Francke W (1993) Age-related patterns of volatile cephalic constituents in queens of the Neotropical stingless bee *Scaptotrigona postica* Latr (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie* 24: 539-548.
- Engels W, Engels E, Lübke G, Schröder W, Francke W (1990) Volatile cephalic secretions of drones, queens and workers in relation to reproduction in the stingless bee, *Scaptotrigona postica*. *Entomol. Gen.* 15:91-101.
- Engels, E., Engels, W. (1988) Age dependent queen attractiveness for drones and mating in the stingless bee, *Scaptotrigona postica*. *J. Apicult. Res.* 27: 3–8.
- Engels, W. (1987) Pheromones and reproduction in Brazilian stingless bees. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz Rio de Janeiro.* 82: 35–45.
- Esch HE, Zhang S, Srinivasan MV, Tautz J (2001) Honeybee dances communicate distances measured by optic flow. *Nature* 411, 581-583.
- Esponda M. (2008) Diversidad de abejas (Himenóptera, Apoidea) en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera “El Triunfo”, Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, Tesis de Maestría.
- Falcão, T.M.M.A., Contel, E.P.B. (1991) Genetic variability in natural population of Brazilian bees: II Electrophoretic data for PMG and MDH give evidence for multiple fertilizations in stingless bees. *Rev. Bras. Genet.* 14: 47–59.

- Fierro, M.M., Cruz López, L., Sánchez Guille, D., Villanueva Gutierrez, R., Remy Vandame (2011) Queen volatiles as a modulator of *Tetragonisca angustula* drone behavior. *J. Chem. Ecol.* 37: 1255-1262.
- Fierro, M.M., Cruz-López, L., Sánchez, D., Villanueva-Gutiérrez, R., Vandame, R. (2012) Effect of biotic factors on the spatial distribution of stingless bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in fragmented neotropical habitats. *J. Neotrop. Entomol.* 41:91-104.
- Fierro M., Muñoz M., López A., Sumuano X., Salcedo H., Roblero G. (1988) Detection and control of the Africanized bee in coastal Chiapas, México. *Am. Bee J.* 128, 272-275.
- Frish K. von (1967a) *The dance language and orientation of bees*. Cambridge Mass., Harvard Univ. Press.
- Frish K. von (1967b) Honeybees: do they use direction and distance information provided by their dancers? *Science* 158, 1072-1076.
- Free J B. (1993) *Insect pollination of crops*. London, Academic.
- Galindo-López, J.C., Bernhard-Kraus, F. (2009) Cherchez la femme? Site choice of drone congregation in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana*. *Anim. Behav.* 77: 1247-1252.
- Gary, N.E. (1962) Chemical mating attractants in the queen honeybee. *Science*. 136: 773-74.
- Gilley D., DeGrandi-Hoffman G., Hooper J. (2006) Volatile compound emitted by live European honey bee (*Apis mellifera* L.) queens, *J. Insect Physiol.* 52, 520-527.
- Gillespie JH. (1984) The molecular clock may be an episodic clock. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 81. 8009-8013.
- González V., Roubik D. (2008) Especies nuevas y filogenia de las abejas de fuego, *Oxytrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). *Acta Zoológica Mexicana* 24, 43-71.

- González-Acereto J., Quezada-Euán J., Medina L. (2006) New perspectivas for stingless beekeeping in the Yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity. *J Apic Res.* 45, 234-239.
- Gonzales-Acereto, J. (1991) La división artificial de la abeja xunan-kab, Manual. Yik' el Kab A. C. Merida Yucatán, Mexico. 23 p.
- Goncalves-Alvin S.J. (2001) Resin-collecting bees (apidae) on *Clusia palmicida* (Clusiaceae) in a riparian forest in Brazil. *Journal tropical Ecology* 17, 149-153.
- Goulson D., Stout J., Langley J., Hughes W. (2000) Identity and function of scent marks deposited by foraging bumblebees. *Journal of Chemical Ecology* 26, 2897-2911.
- Guzmán, M.A., Rincón, M., Vandame, R. (2004) Manejo y conservación de abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini). Manual técnico. El Colegio de la Frontera Sur- Línea de investigación “Abejas de Chiapas”.
- Ghazoul J. (2005) Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 367–373.
- Grajales-Conesa J, Rojas JC, Guzmán M, Rincón M, Cruz-López L (2005) Cephalic and Dufour gland secretions of *Scaptotrigona mexicana* queens: chemical composition and biological activity. *Apidologie* 38:38-46.
- Graham JM. (1992) the hive and the honeybee. Dadant & Sons, Michigan, USA
- Granero A., Sanz., gonzález F., Vidal., Dornhaus., Ghani J., Serrano A., Chittka L. (2005) Chemicals compounds of the foraging recruitment pheromone in bumblebees. *Naturwissenschaften* 92, 371-4.
- Goncalves-Alvin S.J. (2001) Resin-collecting bees (apidae) on *Clusia palmicida* (Clusiaceae) in a riparian forest in Brazil. *Journal tropical Ecology* 17, 149-153.

- Hart AG, Ratnieks FLW (2002) Task-partitioned nectar transfer in stingless bees: work organisation in a phylogenetic context. *Ecol Entomol* 27, 163.
- Hartl DL., Clark AG. (1980) *Principles of population genetics*. Sinauer Associates, Inc. Publishers Fourth Edition. Sunderland, Massachusetts. 25 pp.
- Hingston A., Mcquillan P. (1999) Displacement of Tasmanian native megachilid bees by the recently introduced bumblebee *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae). *Aust J Zool.* 1999;47, 59-65.
- Howard J.J. (1985) Observations on resin collecting by six interacting species of stingless bees (Apidae: Meliponinae), J. Kans. Entomol. Soc. 58, 337-345.
- Hubbell S.P., Johnson L.K. (1977) Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community, *Ecology* 58, 949-963.
- Hrncir, M., Jarau, S., Zucchi, R., Barth, F.G. (2004) On the origin and properties of scent marks at the food source by a stingless bee, *Melipona seminigra*, *Apidologie*. 35: 3-13.
- Imperatriz-Fonseca VL., Dias BFS. (2004) Brazilian Pollinators Initiative. in: Freitas B.M., Pereira O.P. (Eds.), Solitary bees- conservation, rearing and management for pollination, UFC, 27-34. [online] [http://www.webbee.org.br/bpi/english/solitary\\_bees.htm](http://www.webbee.org.br/bpi/english/solitary_bees.htm) (accessed on 13 February 2009).
- Imperatriz-Fonseca, V.L., Zucchi, R. (1995) Virgin queens in stingless bee (Apidae, Meliponinae) colonies: a review. *Apidologie*. 26: 231-244.
- Imperatriz-Fonseca V.L., Kleinert-giovannini A., Cortopassi-Laurino; M., Ramalho M. (1984) Hábitos de colecta de *Tetragonisca angustula angustula* Latreille, (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Bol. Zool. Univ. S. Paulo*. 8, 115-131.
- Inoue T., Nakamura K., Salmah S., Abbas. (1993) Population dynamics of animals in unpredictably-changing tropical environments. *J. Biosc* 18, 425-455.

- International Pollinator Initiative – Plan of Action (2002) Pollinators – Plan of Action, [online] [http:// www.cbd.int/agro/planaction.shtml](http://www.cbd.int/agro/planaction.shtml) (accessed on: 13 February 2009).
- Iwama S., Melhem T. (1979) The pollen spectrum of the honey of *Tetragonisca angustula angustula* Latreille (Apidae, Meliponinae), *Apidologie* 10, 275-295.
- Jacobson M., green N., Warthen D. Harding C., Toba H. (1970) In “Chemical Controlling Insect Behaviour” *Academic Press New York*, 3-20.
- Jarau, S., Schulz, C., Hrnrcir, M., Francke, W., Zucchi, R., Barth, F., Ayasse, M. (2006). Hexyl decanoato, the first trail pheromone compound identifies in a stingless bee, *Trigona recursa*. *J. Chem. Ecol.* 32: 1555-1564.
- Jarau S., Hrnrcir M., Zucchi R. Barth F. (2004a) A stingless bee uses labial gland secretions for scent trail communication (*Trigona recursa* smith 1863). *Journal of Comparative Physiology. A-Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 190, 233-239.
- Jarau, S., Hrnrcir, M., Ayasse, M., Schulz, C., Francke, W., Zucchi, R., Barth, F.G. (2004b) A stingless bee, *Melipona seminigra*, marks food sources with a pheromone from its claw retractor tendons, *J. Chem. Ecol.* 30: 793-804.
- Jarau S., HrnrcirM., Schmidt V.M. (2003) Effectiveness of recruitment behavior in stingless bees (Apidae, Meliponini), *Insectes Soc.* 50, 365–374.
- Jarau S, Hrnrcir M, Zucchi R, Barth FG (2002) Foot print pheromones used to mark food sources by stingless bees. In: Billen J (ed) XIV International Congress of IUSI: the golden jubilee proceedings. Hokkaido University Coop, Hokkaido University, Sapporo, Japan, pp 16.
- Johnson, L.K. (1983) Foraging strategies and the structure of stingless bee communities in Costa Rica. In: Jaisson, P. (Ed.), *Social insects in the tropics* 2, Université Paris-Nord, Paris, France, pp. 31-58.

- Kaissling, K.E., Renner, M. (1968) Antennale Rezeptoren für Queen Substance und Sterzelduft bei der Honigbiene. *Z. Vgl. Physiol.* 59: 357–61.
- Karlson P., Luscher M. (1959) *Nature (London)* 183,55-56.
- Katzav-Gozansky T. (2001) Tak-related chemical analysis of labial gland volatile secretion in worker honeybees (*Apis mellifera ligustica*). *Journal of chemical Ecology* 27, 919-926.
- Kearns C., Inouye D., Waser N. (1998) Endangered mutualisms: The conservation of plant pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29, 83-112.
- Keeling C.I., Slessor K. N., Higo H.A., Winston M.L. (2002) New components of the honey bee (*Apis mellifera* L.) queen retinue pheromone. *Proc. Natl. Acad. Sc.* 100, 4486-4491.
- Kerr W. (1997) Native bees: a neglected issue in the conservation and use of genetic resources. In Workshop to develop guidelines for the CGIAR. Proceedings. Foz de Iguaçu, BR, International plant genetic resources institute (IPGRI), 60-61.
- Kerr, W.E., Blum, M., Fales, H.M. (1981) Communication of food source between workers of *Trigona (Trigona) spinipes*. *Rev. Bras. Biol.* 41: 619–623.
- Kerr, W.E., R. Zucchi, J. Nakadaira., Butolo, J.E. (1962) Reproduction in the social bees (Hymenoptera: Apidae). *J.N.Y.entomol. Soc.* 70: 265–276.
- Kimura, M. (1983) The neutral theory of molecular evolution. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England.
- Kirchner WH, Dreller C, Grasser A, Baidya D (1996) The silent dances of the Himalayan honeybee, *Apis laboriosa*. *Apidologie* 27: 331-339.
- Klein, A., B.E. Vaissiere., J.H. Cane, I.Steffan-Dewenter, S.A., Cunningham, C. Kremen, T. Tscharntke (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* 274: 303–313.

- Krebs C.J. (1999) *Ecological Methodology*, 2<sup>nd</sup> ed., Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Menlo Park, CA, USA.
- Kremen, C., N.M. Williams, R.W., Thorp. (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Pnas*, 16812-16816.
- Kwon V., Sayeed S. (2003) Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera:Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Appl Entom Zool* 38, 275-280.
- Labougle J., Zozaya A. (1986) La apicultura en México. *Ciencia y desarrollo* 69, 17-36.
- Levy, S. (2011).The pollinator's crisis: what's best for bees? *Nature*, 479: 164-165.
- Lewis, T., ed. (1985) *Insect Communication*. London: Academic. pp. 349-77.
- Lindauer, M., Kerr, W. (1960) Communication between the workers of stingless bees. *Bee World*. 41: 29–41, 65–71.
- Machado, M.F.P. S., E.P.B., Contel, W.E., Kerr. (1984) Proportion of males sons of the queen and sons of workers in *Plebeia droryana* (Hymenoptera, Apidae) estimated from data of an MDH isozymic polymorphic system. *Genetica*. 65: 193–198.
- Maynard S. (1996) *Evolutionary genetics*. Oxford University Press. 49-76.
- Macias M., Quezada-Euán J., Parra-Tabla V., Reyes O. (2001) Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. II Seminario mexicano sobre abejas sin aguijón, 119-124.
- Martínez E., Cuadriello J., Ramirez E., Medina M., Sosa M., Melchor J. (1994) Foraging of *Nannotrigona testaceicornis*, *Trigona* (*Tetragonisca*) *angustula*, *Scaptotrigona mexicana* and *Plebeia* sp in the Tacana region, Chiapas, México. *GRANA* 33, 2005-217.

- Manning, F.J. (1952) Recent and fossil honeybees: some aspects of their cytology, phylogeny and evolution, *Proc. Linn. Soc. Lond.* 163, 3-8.
- Manrique A., Thimann R. (2002) Coffee (*Coffea arabica*) pollination with africanized honeybees in Venezuela. *Interciencia* 27, 414-41.
- Martins CF, Cortopassi-Laurino M, Koedam D, Imperatriz Fonseca VL (2004) Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). *Biota Neotrop* 4: 1-8.
- Maues MM., Venturieri GC. (1995) Pollination biology of annatto and its pollinators in Amazon area. *Honeybee Sci.* 16, 27-30.
- May-Itzá, W. de J. (2008). Crianza de abejas sin aguijón en Mesoamérica. *Vida Apícola* 152, 50–55.
- Mendel G. (1865) *Experiments in plant hybridization*. Read at the February 8th, and March 8th, 1865, *Meetings of the Brünn Natural History Society*.
- Michener, CD. (2000) *The bees of the world*. USA, The Johns Hopkins University Press. 913 pp.
- Michener C.D. (1990) Classification of the Apidae (Hymenoptera). The University of Kansas. *Science Bulletin* 54, 75-164.
- Michener, C.D. (1974) *The social behavior of the bees: a comparative study*. Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press.
- Michener CD. (1969) Comparative social behavior of bees. *Ann. Rev. Entomol.* 14, 299-342.
- Michener, C.D. (1946) Notes on the habits of some Panamanian stingless bees. *J. New York Entomol. Soc.* 54: 179-197.
- Moffet J., Maki L., Andre T., Fierro M. (1987) The Africanized bee in Chiapas, México. *Am. Bee J.* 127, 517-519, 525.
- Moreno, F., Cardoso, A. (1997) Abundancia de abejas sin aguijón (Meliponinae) en especies maderables del Estado Portuguesa, Venezuela. *Vida silvestre Neotropical* 6:53-56.

- Moure J.S. (1951) Notas sobre meliponinae (Hymenoptera, Apoidea). *Duse-  
nia*. 1, 25-70.
- Moo-Valle, H., Quezada-Euán, J.G., Wenseleers, T. (2001) The effect of  
food reserves on the production of sexual offspring in the stingless  
bee *Melipona beecheii* (Apidae, Meliponini), *Insect. Soc.* 48: 398-403.
- Nagamitsu, T., Inoue, T. (1997) Aggressive foraging of social bees as a me-  
chanism of floral resource partitioning in an Asian tropical rainforest.  
*Oecologia* 110: 432-439.
- Nates-Parra, G., Palacios, E., Parra, H. (2008) Efecto del cambio del paisaje  
en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera:  
Apidae) en Meta, Colombia, *Rev. Biol. Trop.* 56: 1295-1308.
- Nates-Parra, G., A. Rodríguez & E.D. Vélez. (2006) Abejas sin aguijón (Hy-  
menoptera:  
Apidae: Meliponini) en Cementerios de la Cordillera Oriental de Colombia.  
*Acta. Biol. Col.* 11, 25-35.
- Nestel D, Dickschen F, Altieri MA (1993) Diversity patterns of soil ma-  
cro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosys-  
tems: an indication of habitat perturbation. *Biodivers Conserv* 2, 70-78.
- Nestel D, Dickschen F (1990) The foraging kinetics of ground ant commu-  
nities in different coffee agroecosystems. *Oecologia* 84, 58-63.
- Nieh JC (2004) Recruitment communication in stingless bees (Hymenop-  
tera, Apidae, Meliponini). *Apidologie* 35, 159-182.
- Nieh J.C., Barreto L.S., Contrera F.A.L., Imperatriz-Fonseca V.L. (2004)  
Olfactory eavesdropping by a competitively foraging stingless bee,  
*Trigona spinipes*, *Proc. R. Soc. London B* 271, 1633-1640.
- Nieh, J.C., Roubik, D.W. (1995) A stingless bee (*Melipona panamica*) indi-  
cates food location without using a scent trail, *Behav. Ecol. Sociobiol.*  
37: 63-70.

- Nieuwstadt van M., Iraheta C. (1996) Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae), *Apidologie* 27, 219-228.
- Nogueira-Neto, P. (1970) A criação de abelhas indígenas sem ferrão. (Meliponinae). 2a.ed. Ed. Chácaras e Quintais, São Paulo, 365pp.
- Nogueira Neto P. (1997) Vida e criação des hábelas indígenas sem ferrao. Editorial Nogueirapis. 445 pp.
- Noll F (2002) Behavioral Phylogeny of Corbiculate Apidae (Hymenoptera; Apinae), with Special Reference to Social Behavior. *Cladistics* 18, 137–153.
- O'Toole C. (1993) Diversity of native bees and agro ecosystems. In LaSalle, J; Gauld, ID. eds. Hymenoptera and Biodiversity. Wallingford, UK, *Commonwealth Agricultural Bureau International*, 169-196.
- Ondarza R. (1994) Biología molecular: antes y después de la doble hélice. Ed. Siglo Veintiuno, México DF, 203 pp.
- Pankiw, T., Winston, M.L., Plettner, E., Slessor, K.N., Pettis, J.S., (1996) Mandibular gland components of European and Africanized honey bee queens. *J. Chem. Ecol.* 22: 605–615.
- Palma G., Quezada-Euán J., Meléndez-Ramírez V, Rejón-Ávila M. (2004) Resultados preliminares en polinización de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en invernadero mediante el uso de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) y abejorros (Hymenoptera: Bombini) Memorias XVIII Seminario Americano de Apicultura, Villahermosa Tabasco, México.
- Pardo R., Nates-Parra G. (1994) Aumento de visitas florales en *Apis mellifera* en cultivos al usar feromona de Nassanov sintética. *Revista Colombiana de Entomología* 20, 187-192.
- Parra G. (1991) Distribución de la abeja sin aguijón (Meliponinae-.Apidae) en el departamento del Valle del Cauca. *Cespedesia* 18, 9-22.

- Pat F., Hernández B., Pat F. Juan., Guizar V. (2016) Situación actual y perspectivas de la meliponicultura en comunidades aledañas a la RB, Los Petenes. Informe final del estudio técnico, PROCODES-CO-NANP, 72 P
- Patente Sol. # MX/a/2015/011851, IMPI p. 142 Inventores: Macario M. Fierro [MX]; Martín O. Constantino, [MX]; Elizabeth Fierro R. [MX]; Josué J. Fierro R. [MX]; Método que facilita la producción de miel y la reproducción sostenida aritmética anual de colonias de abejas Meliponas spp. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, CP. 29050, MX.
- Patente sol. MX/a/2014/012828, IMPI p. 142 Inventores: Macario M. Fierro (Mx); Javier Aguilar F, (Mx); Azbel García O. (Mx); José I. Chiu F. (Mx); & Paola V. Ferrero (Ar). Método y sistema que usa una caja reversible Api-Mel para la fecundación de reinas *Apis* o para la cría de abejas meliponas. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, CP. 29050, MX.
- Patricio E. (2003) Secretions of stingless bees: the Dufour glands of some *Frieseomelitta* species (Apidae, Meliponinae). *Apidologie* 34, 359-365.
- Patricio E.F.L.R.A., Cruz L., Maile R., Tentschert J., Jones G., Morgan E. (2002) The própolis of stingless bees: terpenes from the tibia of three *Frieseomelitta* species. *Journal Insect Physiology* 48, 249-254.
- Paxton, R.J., WeiBschuh, N., Engel, W., Hartfelder, K., Quezada-Euán, J.G. (1999) Not only single mating in stingless bees, *Naturwissenschaften*. 86: 143-146.
- Pedro M.S.R., Camargo J.M.F. (1991) Interactions on floral resources between the africanizad Honey bee *Apis mellifera* L. and the native bee community (Hymenoptera:Apoidea) in natural “cerrado” ecosystem in Southeast Brazil. *Apidologie* 22, 397-415.

- Pennington, T.D.; J. Sarukhán (2005) *Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies*. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México.
- Pérez-Pérez, E., Rodríguez-Malaver, A., Vit, P. (2007). Efecto de la fermentación postcosecha en la capacidad antioxidante de miel de *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811. *BioTecnología* 10, 14–20.
- Perfecto I., Vandermeer J. (1996) Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem, *Oecologia* 108, 577-582.
- Peruquetti RC. (2000) Function of fragrant collected by Euglossini males (Hymenoptera, Apidae). *Entomologia Generalis* 25, 33-37.
- Programa Nacional para la Prevención y Control de la Abeja Africana (1990) Las abejas africanas y su control. Orientaciones técnicas n°2 SARH, México.
- Quezada-Euán J., José Javier G. (2009) Potencial de las abejas nativas en la polinización de cultivos. *Acta Biol. Colomb* 14, 169 – 172.
- Quezada-Euán J. (2005) Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). *Tratados* 16, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Quezada-Euán, JJG., May-Itzá' W., González-Acereto, JA. (2001) Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee World* 82: 160-167.
- Ramalho M. (1990) Foraging by stingless bees of the genus, *Scaptotrigona* (Apidae, Meliponinae), *J. Apic. Res.* 29, 61–67.
- Ramírez G. (2003) El corredor biológico Mesoamericano. *Biodiversitas* 47, 1-7.
- Raven P., Axelrod D. (1974) Angiosperm biogeography and past continental movements. *Ann. Bot. Gard* 61, 539-673.
- Retnieks FLW. (1995) Evidence for a queen-produced egg-marking pheromone and its use in worker policing in the honey bee. *Journal of Apicultural Research* 34, 31-37.

- Rêgo MMC, Brito C (1996) Abelhas sociais (Apidae: Meliponini) em um ecossistema de cerrado s.l. (Chapadinha MA, BR): distribuição dos ninhos. *In: encontro sobre abelhas, 3º, Ribeirão Preto, Anais., Ribeirão Preto, FFCLRP-USP 3: 238-247.*
- Roig-Alsina A., Michener C. D. (1993) Studies of the phylogeny and classification of long-tongued bees (Hymenoptera: Apoidea). *Univ. Kansas Sci. Bull.* 55, 124–162.
- Roselino C. (2005) Polinização em culturas de pimentão – *Capsicum annuum* por *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris* e de morango – *Fragaria x ananassa* por *Scaptotrigona* aff. *depilis* e *Nannotrigona testaceicornis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Tesis de Maestria. Ribeirão Preto-USP
- Roubik D. (1995) Pollination of cultivated plants in the tropics. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 118, 1-6.
- Roubik D.W. (1989) Ecology and natural History of tropical bees. Cambridge University Press, New York.
- Roubik D., Aluja M. (1983) Flight ranges of *Melipona* and *Trigona* in tropical forest. *J. Kans. Entomol. Soc.* 56, 217-222.
- Roubik D. (1995) Pollination of cultivated plants in the tropics. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 118, 1-6.
- Roubik, D.W. (1989) Ecology and Natural History of Tropical Bees, Cambridge University Press, New York.
- Sakagami, S.F. (1982) Stingless bees. In *Social Insects*, ed. HR Hermann, 3:361–423. New York: Academic.
- Salgado M., Ibarra G., Macias J., López O. (2007) Diversidad arbórea en cacaoales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 32, 763-768.
- Sánchez D., Nieh J., Hénaut Y., Cruz L., Vandame R. (2004) High precision during food recruitment of experienced (reactivated) foragers in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* (Apidae, Meliponini). *Naturewissenschaften* 91, 346-349.

- Sommeijer, M.J., De Bruijn, L.L.M. (1995) Drone congregations apart from the nest in *Melipona favosa*. *Insect. Soc.* 42: 123–127.
- Silva R., Amaral, F. (1996) Influencia de um gradiente de rbanizacao na abundancia, riqueza e composicao em espécies de abelhas em Belo Horizonte (MG), XXII Congresso de Brasileiro de Zoología.
- Silverstein R., Rodin J., Burkholder W., Gorman J. (1967) *Science* 157, 85.
- Singh G. (1989) Insect pollinator of mango and their role in fruit setting. *Acta Hort.* 231, 629-632.
- Simao S., Maranhao Z. (1959) Os insectos como agentes polinizadores da manga. *An. Esc. Super. Agric. "Luis De Queiroz"* 16, 299-304.
- Sosa-Najera MS., Martínez-Hernandez E., Lozano-García MD., Cuadrillo-Aguilar JI. (1994). Nectaropolliniferous sources used by *Trigona (Tetragonisca) angustula* in Chiapas, southern México. *Grana* 33, 225-230.
- Sousa LA, Pereira O, Prezoto F, Faria-Mucci GM (2002) Nest foundation and diversity of *Meliponini* (Hymenoptera, Apidae) in an urban area of the municipality of Juiz de For a MG, Brazil. *J Biosci* 18: 59-65.
- Schwarz H.F. (1949) The stingless bees (Meliponidae) of Mexico. *Sobretiro de los Anales del Instituto de Biología.* 2, 357-370.
- Slaa E.J. (2006) Population dynamics of a stingless bee community in the seasonal dry lowlands of Costa Rica, *Insectes Soc* 53, 70–79.
- Slaa E., Sánchez L., Sandi M., Salazar W. (2000) Scientific note on the use of stingless bees for comercial pollination in enclosures. *Apidologie.* 31, 141-142.
- Slessor K., Winston L., Le Conte Y. (2005) Pheromones communication in the honeybees (*Apis mellifera* L.) *Journal of Chemical Ecology* 31, 2731-2745.
- Slessor K., Kaminski, L.A., King G.C.S., Winston M.L. (1990) Semiochemicals of the honey bee queen mandibular glands. *J. Chem. Ecol.* 16, 851-860.

- Slessor, K.N., Kaminski, L.A., King, G.G.S., Borden, J.H., Winston, M.L. (1988) The semiochemical basis of the retinue response to queen honey bees. *Nature*. 332: 354–56.
- Smith, B.H. (1983) Recognition of female kin by male bees through olfactory signals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 80: 4551–53.
- Snodgrass R.E. (1956) *Anatomy of the honey bee*. Constock Publishing Association New York. 334 pp.
- Steffan-Dewenter I., Potts S.G. & Packer L. (2005) Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 651–652.
- Tengö, J. (1979) Odour-released behavior in *Andrena* male bees (Apoidea, Hymenoptera). *Zoon*. 7: 15–48.
- Vamosi, J.C., Knight, T.M., Steets, J.A., Mazer, S.J., Burd, M., Ashman, T.L. (2006) Pollination decays in biodiversity hotspots. *Proceed. Natl. Acad. Sci.* 103: 956–961.
- Van Honk, C.G.J., Velthuis, H.H.W., Röseler, P.F. (1978) A sex pheromone from the mandibular glands in bumble-bee queens. *Experientia*. 34: 838–39.
- Vandermeer J. (2006) Coupled oscillators and population dynamics. *BioScience* 56, 967-975.
- Vander Meer RK, Breed MD, Winston ML, Espelie KE, eds. (1998) *Pheromone Communication in Social Insects*. Boulder, CO: Westview. pp. 236-56.
- Veen van, J.W., Sommeijer, M.J. (2000) Observations on virgin queens and drones around nuptial flights in the stingless bees *Tetragonisca angustula* and *Melipona beecheii* (Hymenoptera. Apidae. Meliponinae). *Apidologie*. 31: 47-54.
- Verdugo-Dardon, M., Cruz-López, L., Malo, E.M. Rojas, J.C., Guzmán-Díaz, M. (2011) Olfactory attraction of *Scaptotrigona mexicana* drones to their virgin queen volatiles. *Apidologie*. 42: 543–550.

- Vergoz, V., Schreurs, H.A., Mercer, A.R. (2007) Queen pheromone blocks aversive learning in young worker bees, *Science*. 317: 384-386.
- Velthuis H., van Doorn A. (2006) A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie* 37, 421-451.
- Villanueva-Gutiérrez R., Roubik D.W. and Colli-Ucán W. (2005) Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán peninsula. *Bee World*, 86, 35-41.
- Villanueva G., Roubik D., Colli-Ucan W., Fosythe S. (2003) La meliponicultura, una tradición maya que se pierde, Memorias del III Seminario Mesoamericano sobre abejas sin aguijón, Tapachula, Chiapas. ECOSUR y Universidad Autónoma de Chiapas. 148 pp.
- Von Frish K (1967a) *The dance language and orientation of bees*. Cambridge Mass., Harvard Univ. Press.
- Wilson EO. (2000) *Sociobiology: The new synthesis*, 25 th anniversary edn. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Winston L., Michener D. (1977) Dual origin of highly social behavior among bees. *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.)* 74, 1134-1137.
- Wille A., Orozco E. (1983) Polinización del Chayote (*Sechium edule* Jacq. Swartz) en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31, 145-154.

## AGRADECIMIENTOS

**A** Don Adrian Peña de Leon, por su disposición total en el acompañamiento de los diversos trabajos de campo realizados en Chiapas. A Don Juan Sánchez Vázquez, a su esposa Graciela y su pequeño hijo Kevin, por sus atenciones y recorridos exploratorios en las diversas comunidades choles de Nueva Galilea y la Región Selva Lacandona de Chiapas. A las diversas familias y amigos que gentilmente nos abrieron las puertas de sus casas y sus corazones en los diversos rincones de Chiapas, como toda la familia Gamboa que colaboraron de mil maneras en el proyecto. Al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), por el valioso apoyo técnico y científico. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento proveído en los trabajos presentados y en forma muy especial a la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), que dispuso y facilitó todos los medios para que este proyecto fuera posible. A todos mis colegas y compañeros universitarios del Grupo Colegiado del CIM/UNACH, y en especial a los revisores externos, y a la MC. Elizabeth y Abraham Fierro Rabanales, quienes con sus críticas y aportaciones en favor de esta publicación, la enriquecieron y volvieron más interesante. Muchas gracias a todos y mi eterno agradecimiento...





## MACARIO MELITÓN FIERRO MARTÍNEZ

Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable  
por El Colegio de la Frontera Sur

**C**uenta con Maestría en Biotecnología por la UNACH y una Especialidad Técnica en Honeybee Mating Biology and Queen Raising Techniques por parte del USDA-ARS (Agricultural Research Service) en Tucson AZ. USA. En 1982, se graduó como Ingeniero Bioquímico en Alimentos en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNACH con la tesis: Rotenoides aislados de *Tephrosias*, realizada en el Instituto de Química de la UNAM.

### **Actividades Académicas Relevantes**

Profesor Investigador de Tiempo Completo Titular “C” de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), adscrito al Centro de Investigaciones con Visión para Mesoamérica (CIM), Ha participado en

diversos programas académicos presenciales y a distancia. Profesor en la Licenciatura de Seguridad a Poblaciones Humanas ante Desastres (LSPHS) así como en el Doctorado en Ciencias para la Salud. En este último impartió las asignaturas: Toxicología Ambiental, y Seminarios de Investigación I y II.

Ha publicado diversos artículos académicos y científicos en revistas de prestigio nacional e internacional, algunas de ellas registradas por el JCR. Recientemente publicó su segundo libro sobre abejas titulado: “Explotación sustentable de las abejas sin aguijón en la región Selva y Altos de Chiapas” con traducción al Tseltal y al Ch’ol. Actualmente colabora en el Grupo Colegiado de investigación para el *Fortalecimiento de las Cadenas Productivas Primarias, de importancia Transfronterizas regionales*, con énfasis en el manejo y conservación de los polinizadores sociales y el desarrollo de la Apimeliponicultura. Ha sido reconocido como Perfil PRODEP, en el Sistema Estatal de Investigadores Nivel V (SEI) y candidato al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), con proyectos de investigación financiados por el CONACYT.

## **Intereses y Líneas de Investigación**

- Desarrollo de métodos y patentes para la mitigación, restauración/reproducción y conservación de los insectos polinizadores sociales principalmente las abejas.
- Estudiar el comportamiento y comunicación química en la búsqueda y acopio de recursos y durante su reproducción. Estudio de las áreas de apareamiento y mejoramiento genético.

## **E-mail**

macarioff1@hotmail.com; macario.fierro@unach.mx

Cel: 962 6242422



*Conservación y restauración de los polinizadores sociales de México  
(Apidae: Meliponini). Su evolución, comunicación química y reproducción*  
se terminó de editar en marzo de 2022  
en la Dirección Editorial de la Universidad Autónoma de Chiapas  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



