



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Abejas silvestres
(Hymenoptera: Apoidea:
Anthophila) y sus
interacciones con la flora en
la Sierra de Quila,
Tecolotlán, Jalisco**

Tesis

que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias en
Biosistemática y Manejo de
Recursos Naturales y
Agrícolas**

Presenta

Álvaro Edwin Razo León

Zapopan, Jalisco

Julio del 2015



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Abejas silvestres
(Hymenoptera: Apoidea:
Anthophila) y sus
interacciones con la flora en
la Sierra de Quila,
Tecolotlán, Jalisco**

Tesis

que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias en Biosistemática y
Manejo de Recursos Naturales y
Agrícolas**

Presenta

Álvaro Edwin Razo León

DIRECTOR

Miguel Vásquez Bolaños

Zapopan, Jalisco

Julio del 2015



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Abejas Silvestres (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) y sus interacciones con la flora en la Sierra de Quila

**Por
Alvaro Edwin Razo-León**

Maestría en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas

Aprobado por:

Dr. Miguel Vásquez Bolaños
Director de Tesis e integrante del jurado

Fecha

Dr. Alejandro Muñoz Urias
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

Fecha

Dr. Francisco Martín Huerta Martínez
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

Fecha

Dr. Pablo Carillo Reyes
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

Fecha

Dr. Gustavo Moya Raygoza
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

Fecha

DEDICATORIA

A mi esposa, mejor amiga y compañera de vida Mireya Guadalupe Campos Porras que siempre me ha dado su entusiasmo y apoyo siendo mi inspiración para seguir adelante

A mis padres Lourdes León Cortez y Héctor Francisco Razo Saldaña por darme perseverancia con su compañía y apoyo incondicional

Para mis hermanos Héctor Jesús Razo León y Etienne de Jesús Razo León por darme una razón más para esforzarme y ver a futuro

Y a mis mentores por mostrarme el maravilloso mundo de la biología

AGRADECIMIENTOS

A todos mis profesores que me brindaron con su esfuerzo y paciencia sus conocimientos y valores para formarme como profesional e impulsaron mi amor por estudiar la vida y me ayudaron a comprender por lo menos un poco este maravilloso mundo.

A mi comité particular de tesis.

- Miguel Vásquez Bolaños, por aceptar ser mi director, brindarme el apoyo en mi trabajo de tesis y mis estudios de posgrado.
- Alejandro Muñoz Urias, por su apoyo en el área de ecología, su compañía durante todo el trabajo y su valiosa amistad.
- Francisco Martín Huerta Martínez, por su revisión y oportunos comentarios a lo largo del proyecto.
- Pablo Carillo Reyes, por su ayuda con la determinación de los ejemplares botánicos y la revisión para la tesis.
- Gustavo Moya Raygoza, por su apoyo para la conclusión de la tesis con sus correcciones y comentarios.
- J. Jesús Guerrero Nuño, Claudia Janeth Ramírez Díaz y Arturo Castro Castro Castro por su ayuda con la determinación de los ejemplares botánicos.
- Claudia Uribe Mú, por su ayuda a lo largo del posgrado y sus valiosos comentarios durante el mismo.
- Hugo Eduardo Fierros López, por su colaboración con la determinación de las abejas y sus opiniones sobre el proyecto.
- Chiristian Barajas, por su apoyo en el análisis de los datos y para tomar fotografías.
- Mireya Guadalupe Campos Porras, por los comentarios y su revisión de la tesis.
- Comité Regional de Protección, Promoción y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila A. C. Por todo su apoyo institucional como logístico, que sin su cooperación este trabajo no habría sido posible.

-Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada que me permitió realizar mis estudios de posgrado.

-A la Universidad de Guadalajara, por todo el apoyo institucional y brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

ÍNDICE

Sección	Página
1.- Resumen	1
2.- Abstract	2
3.- Introducción	3
4.- Antecedentes	5
4.1.- Conocimiento taxonómico	5
4.2.- Características morfológicas	7
4.3.- Sobre la biología de las abejas	13
4.3.1.- Ciclo de vida y alimentación	13
4.3.2.- Comportamiento social	13
4.3.3.- Las abejas y las flores	14
4.4.- Importancia de las abejas	17
4.5.- Disminución de las abejas y conservación	18
4.6.- Red de interacción abeja-planta	19
5.- Hipótesis	22
6.- Objetivos	23
7.- Material y métodos	24
7.1.- Descripción del área de estudio	24
7.2.- Diseño de estudio y muestreo	26
7.3.- Inventario y claves dicotómicas	28
7.4.- Diversidad α y β	29
7.5.- Red de interacción abeja-planta	33

8.0.- Resultados	36
8.1.- Inventario de las abejas silvestres de la Sierra de la Quila	36
8.1.2.- Clave para la determinación de las especies de la Sierra de Quila	41
8.1.3.- Lista de abejas de la Sierra de Quila	70
8.2.- Diversidad α	87
8.3.- Diversidad β	91
8.4.- Redes de interacción abeja-planta	94
9.- Discusión	99
9.1.- Inventario	99
9.2.- Diversidad α y β	103
9.3.- Redes de interacción abeja-planta	105
10.- Conclusiones	108
11.- Literatura citada	110
12.- Apéndice A	118
13.- Apéndice B	124
14.- Apéndice C	127

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Número de especies de abejas registradas en estudios faunísticos de México	6
2. Riqueza y abundancia de las familias de abejas en la Sierra de Quila	36
3. Abejas oligoléticas de la Sierra de Quila	37
4. Abejas que visitaron el mayor número de plantas	37
5. Plantas que fueron visitadas por un mayor número de especies de abejas	38
6. Afinidades biogeográficas de los géneros de abejas silvestres de la Sierra de Quila	40
7. Valores de eficiencia de muestreo de abejas de la Sierra de Quila con diferentes indicadores	87
8. Valores de eficiencia de muestreo de abejas del BTC con diferentes indicadores ...	88
9. Valores de eficiencia de muestreo de abejas del BP-E con diferentes indicadores ...	89
10. Riqueza, abundancia, diversidad y uniformidad de dos tipos de vegetación en la Sierra de Quila y valores de t, grados de libertad (gl) y probabilidad (p)	90
11. Conectancia y densidad de enlaces (promedio \pm error estándar) e interacciones de la red de interacciones en Sierra de Quila	94
12. Características de la red abeja-planta de Sierra de Quila N=anidamiento, TM= temperatura de la matriz, TN= temperatura de la matriz con el modelo nulo, P= probabilidad	95
13. Porcentaje de especies de plantas y abejas que contribuyen al anidamiento y las especies idiosincráticas en BTC y BP-E	96
14. Robustez de la red abeja planta en Sierra de Quila, en BTC y BP-E bajo los supuestos de eliminación aleatoria de especies de plantas y eliminación de especies de plantas con mayor número de interacciones	97
15. Especies de plantas y de abejas con mayor número de interacciones en Sierra de Quila	97
16. Especies de plantas y de abejas con mayor número de interacciones en el BTC ...	98
17. Especies de plantas y de abejas con más interacciones en el BP-E	98
18. Porcentaje de riqueza específica de tres familias en los estudios de Jalisco	100

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Características morfológicas de las abejas, a) Seda ramificada de <i>Centris agilis</i> , b) Metapata de <i>Scaptotrigona hellwegeri</i>	5
2. Diagrama de las estructuras de la cabeza de una abeja, a) vista anterior y b) vista lateral	8
3. Diagrama de la antena de una abeja	9
4. Diagrama del aparato bucal de una abeja	9
5. Diagrama de las estructuras del tórax de una abeja, a) vista lateral y b) vista dorsal .	10
6. Diagrama de la pata de una abeja	10
7. Diagrama de las venas de las alas de una abeja	11
8. Diagrama de las celdas de las alas de una	11
9. Diagrama del abdomen en vista lateral de una abeja	12
10. Diagrama del ápice en vista dorsal del abdomen de una abeja	12
11. (Izquierda) El abejorro <i>Bombus ephippiatus</i> visitando a una planta del género <i>Lupinus</i> . (Derecha) <i>Centris nigrocaerulea</i> visitando a <i>Wigandia urens</i>	15
12. Representación gráfica de los tipos de redes, a) Red unipartita y dirigida b) Red bipartita y no dirigida	21
13. Ubicación del Área de Protección de Flora y Fauna de la Sierra de Quila y las localidades de muestreo: A) bosque tropical caducifolio a los 1,400 m B) bosque tropical caducifolio a los 1,700 m C) bosque de pino-encino a los 1,800 m y D) bosque de pino-encino a los 2150 m	25
14. Sitios de muestreo de abejas silvestres en la Sierra de Quila a) BTC a 1400 m s.n.m. b) BTC a 1700 m s.n.m. c) BP-E a 1800 m s.n.m. y d) BP-E a 2150 m s.n.m.	27
15. Métodos de recolecta de abejas silvestres a) Trampa de color b) Trampa de caída para abejas de las orquídeas c) Frasco con ejemplares de la abeja <i>Euglossa virisima</i> recolectados con la trampa de caída	27
16. Riqueza específica de abejas y plantas registradas por visita en la Sierra de Quila	39
17. Abundancia mensual de abejas de la Sierra de Quila	39
18-29. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	62
30-40. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	63
41-53. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	64

54-64. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	65
65-75. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	66
76-85. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	67
86-96. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	68
97-102. Imágenes para las claves de las abejas de la Sierra de Quila	69
103. Curva de acumulación de especies de abejas de la Sierra de Quila	87
104. Curva de acumulación de especies de abejas del BTC en la Sierra de Quila	88
105. Curva de acumulación de especies de abejas del BP-E en la Sierra de Quila	89
106. Curva de Rarefacción de la riqueza de abejas entre dos tipos de vegetación	90
107. Índice de diversidad de Shannon-Wiener por sitio de estudio y sus intervalos de confianza mediante bootstrap	91
108. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Jaccard, en de tipos de vegetación: BTC= bosque tropical caducifolio y BP-E= bosque de pino-encino	92
109. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Bray-Curtis, en de tipos de vegetación: BTC= bosque tropical caducifolio y BP-E= bosque de pino-encino	92
110. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Jaccard, por sitios de estudio: BTC1= bosque tropical caducifolio a los 1400 m s. n. m. BTC2= bosque tropical caducifolio a los 1700 m s. n. m. y BP-E1= bosque de pino-encino a los 1800 m s. n. m. y BP-E= bosque de pino-encino a los 2150 m s. n. m.	93
111. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Bray-Curtis, por sitios de estudio: BTC1= bosque tropical caducifolio a los 1400 m s. n. m., BTC2= bosque tropical caducifolio a los 1700 m s. n. m. y BP-E1= bosque de pino-encino a los 1800 m s. n. m. y BP-E= bosque de pino-encino a los 2150 m s. n. m.	93
112. Red de interacción abeja-planta para la Sierra de Quila, del lado izquierdo se presentan las especies de animales y del lado derecho las especies vegetales	124
113. Red de interacción abeja-planta del BTC para la Sierra de Quila, del lado izquierdo se presentan las especies de animales y del lado derecho las especies vegetales	125
114. Red de interacción abeja-planta del BP-E para la Sierra de Quila, del lado izquierdo se presentan las especies de animales y del lado derecho las especies vegetales	126

115. Patrones de extinción de plantas y sus efectos sobre las comunidades de abejas de la Sierra de Quila: a) Retirando las especies vegetales con mayor número de conexiones y b) Eliminación de plantas al azar	127
116. Patrones de extinción de plantas y sus efectos sobre las comunidades de abejas en BTC: a) Retirando las especies vegetales con mayor número de conexiones y b) Eliminación de plantas al azar	128
117. Patrones de extinción de plantas y sus efectos sobre las comunidades de abejas en BP-E: a) Retirando las especies vegetales con mayor número de conexiones y b) Eliminación de plantas al azar	129

1 RESUMEN

Se estudió la fauna de abejas silvestres y las interacciones abeja-planta en la Sierra de Quila, a lo largo de un año, en dos tipos de vegetación y cuatro sitios a diferente altitud: bosque tropical caducifolio (BTC) a los 1,400 y 1,700 m. s n m y bosque de pino-encino (BP-E) a los 1,800 y 2,150 m. s n m. Se presenta un listado en general sobre las abejas, sus plantas hospederas y claves dicotómicas para la determinación de las especies encontradas. Se recolectaron 1,574 ejemplares pertenecientes a cinco familias, de 63 géneros y 200 especies. Las familias con mayor riqueza específica fueron Apidae y Halictidae. Se registraron 10 especies cleptoparásitas y 11 oligoléticas. Las abejas silvestres que visitaron más plantas fueron: *Trigona fulviventris* con 18, *Megachile gentilis* con 16 *Bombus steindachneri* con 15 y *Bombus ephippiatus* con 15. La riqueza específica fue mayor en BTC con 153 especies, que en el BP-E con 93. El índice de Shannon-Wiener muestra diferencias significativas, siendo mayor en BTC que en BP-E. Los índices de similitud son bajos entre el BTC y el BP-E con un 26% para Jaccard y Bray-Curtis respectivamente. Las redes de interacción abeja-planta mostraron un fuerte patrón de anidamiento, con conectancias bajas (menores al 4%) y los valores de robustez también fueron bajos en la simulación de extinción de las especies de plantas más generalistas (menores al 50%), lo que sugiere que las redes de la zona son susceptibles ante la pérdida de especies con mayor número de conexiones. Además las diferencias encontradas en la red en función del tipo de vegetación son mínimas, por lo que las redes se comportan de manera muy similar en sus propiedades analizadas, a excepción de la similitud entre las interacciones donde cada red tiene una particular composición, lo que favorece la riqueza y diversidad del sistema de polinización de la zona. La Sierra de Quila es un importante sitio para la conservación de abejas silvestres, ya que alberga, aproximadamente el 64% de las especies citadas para el estado de Jalisco. El BTC presentó una mayor riqueza y diversidad α de abejas en relación al BP-E. Sin embargo, tan solo cubre el 15% del área, por lo que se debe poner particular atención en la conservación de este tipo de vegetación.

2 ABSTRACT

The wild bee fauna of the Sierra de Quila was studied and plant-bee interactions for a year in two vegetation types and four sites at different altitudes: deciduous tropical forest (BTC) to the 1,400 m. s n m and 1,700 m. s n m and pine-oak forest (BP-E) at 1,800 and 2,150 m. s n m different altitudes. This research includes a list generally on bees and their host plants, dichotomous keys for the determination of the species found in area. We recolected 1574 specimens of five families, 63 genera and 200 species. The families with highest species richness were Apidae and Halictidae. We recorded 10 species oligolectics and 11 cleptoparasitic bees. Wild bees that visited more plants were *Trigona fulviventris* with 18 species, *Megachile gentilis* with 16, *Bombus steindachneri* with 15 and *Bombus ephippiatus* with 15. Species richness was highest in BTC with 153, which in the BP-E with 93. The Shannon-Wiener index shows significant differences, being higher in BTC than BP-E. Index of similarity are low between the BTC and BP-E with 26% for Jaccard and Bray-Curtis respectively. Interaction networks bee-plant showed a strong pattern of nestedness, we found a low connectance (under 4%) and low values of robustness in the simulation of extinction of more generalist plants (under 50%), this suggests that networks in this area are susceptible to the loss of generalist species. Also the differences in the network based on the type of vegetation they are minimal, so the networks behave very similarly in their properties tested, except for the similarity between interactions where each network has a particular composition, this has a positive effect in the richness and diversity of pollination system in the area. The Sierra de Quila is an important site for the conservation of wild bees, since it because have approximately the 64% of the species reported for the state of Jalisco. And the BTC presented a greater richness and α diversity of bees in relation to the BP-E. However, only it covers 15% of the area, and is important pay particular attention to the conservation of this vegetation type.

3 INTRODUCCIÓN

Las abejas son insectos que pertenecen a la serie Anthophila de la superfamilia Apidea en el orden Hymenoptera, la alimentación básica de los adultos es el néctar de las flores. Las hembras construyen celdas donde preparan una provisión de polen, aceites vegetales y néctar sobre la que depositan sus huevos, la larva al emerger consume la provisión de alimento y puede completar su desarrollo hasta las siguientes etapas: pupa y adulto (Reyes-Novelo *et al.*, 2009a; Roubik, 1989).

Las abejas necesitan visitar grandes cantidades de flores diariamente para satisfacer sus requerimientos de alimentación y reproducción, que a su vez tiene como consecuencia la polinización de un gran número de especies vegetales (Nantes-Parra y González, 2000; Nantes-Parra, 2005)

Estos himenópteros son necesarios para la reproducción de muchas de las angiospermas, interacción que las convierte en organismos críticos para el mantenimiento de las comunidades vegetales silvestres y de interés agronómico, ya que polinizan aproximadamente la mitad de las plantas tropicales y un tercio de los alimentos vegetales que consumimos están disponibles gracias a estos polinizadores (O'toole y Raw, 1999). Razón por la cual son indispensables para los ecosistemas y el ser humano (Coro, 2009; Reyes-Novelo *et al.*, 2009a).

Además de la polinización, las abejas ofrecen directa o indirectamente una serie de beneficios al hombre, entre los cuales pueden mencionarse: la producción de miel para alimentación, conservación de especies vegetales y animales, producción de materia prima para medicinas y cosmetología (Bonifácio *et al.*, 2009).

Sin embargo, las abejas, junto con otros grupos de insectos no revisten importancia al momento de establecer prioridades en la investigación y en programas de conservación. Hasta el momento no se conocen listas de especies de abejas que estén amenazadas de alguna forma, aunque si hay registro de especies cuyas poblaciones locales han disminuido preocupantemente (Nantes-Parra y González, 2000).

Debido a esto es de vital importancia intensificar los estudios faunísticos y ecológicos de abejas silvestres, que son muy escasos para el país, ya que el 56% de los géneros presentes en México no han sido revisados y por consecuencia; hay pocos estudios relacionados a la biología de estos insectos (Ayala *et al.*, 1996).

4 ANTECEDENTES

4.1. CONOCIMIENTO TAXONÓMICO

Las abejas forman parte del orden Hymenoptera, dentro del grupo Aculeata junto con las hormigas y avispas. La superfamilia Apoidea se puede separar del resto de los himenópteros porque el lóbulo pronotal es distintivamente corto y no alcanza a tocar las tégulas. Esta a su vez incluye dos grupos: las avispas específicas y las abejas o Anthophila, en general los segundos son más robustos y peludos que las avispas y difieren morfológicamente porque: 1- poseen sedas ramificadas únicas entre los insectos (Fig. 1a). 2- El basitarso de la metapata es más ancho que el resto de los tarsómeros (Fig. 1b) (Grimaldi y Engel, 2005; Michener *et al.*, 1994; Michener, 2000). Además se diferencian de avispas y hormigas por tener hábitos fitófagos a lo largo de todo su ciclo de vida (Smith-Pardo y Vélez-Ruiz, 2008).

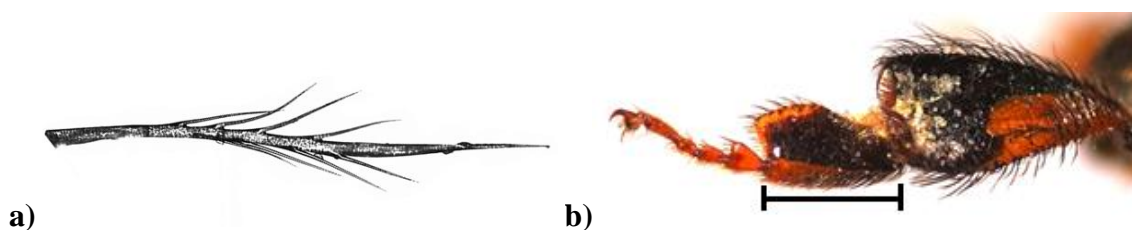


Fig. 1. Características morfológicas de las abejas, **a)** Seda ramificada de *Centris agilis*, **b)** Metapata de *Scaptotrigona hellwegeri*.

En el mundo se conocen aproximadamente 20,000 especies de abejas (Michener, 2000; Roubik, 1989) en siete familias: Stenotritidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae y Apidae, de estas la primera únicamente habita en Australia (Michener, 2000).

La melitofauna de México se compone de seis familias, 144 géneros y 1800 especies y subespecies. Sin embargo, este número de taxa es conservador, considerando la falta de revisiones recientes para muchos de los géneros y los escasos muestreos que tiene el país, de manera anticipada se puede decir que el número real de especies de abejas sobrepasa las 2,000 (Ayala *et al.*, 1996). Algunos de los estudios sobre la fauna de abejas para México se presentan en el Cuadro 1.

En el caso particular de Jalisco, se sitúa en el tercer lugar en cuanto a riqueza de abejas en el país con 313 especies en cinco familias (Ayala *et al.*, 1996; Fierros-López, 2004). En lo referente a la Sierra de Quila se cuenta con poca información de abejas silvestres, en el Programa de Manejo del Área de Protección de la Flora y Fauna sólo se consideran seis especies para la zona, pertenecientes al género *Bombus* (Abejorros): *B. medius*, *B. haueri*, *B. diligens*, *B. ephippiatus*, *B. fervidus* y *B. pennsylvanicus*. (Anónimo, sin año).

Localidad	Estado	Especies	Autor	Vegetación
Sierra de Chichinautzin	Morelos	346	Hinojosa, 2001	7 tipos de vegetación
Zapotitlán de las Salinas	Puebla	259	Vergara y Ayala, 2002	MX
El Triunfo	Chiapas	238	Vandame, 2012	BTC
Chamela	Jalisco	232	Ayala, 1988	BTC
Monterrey	Nuevo León	191	Ramírez, 2012	5 tipos de vegetación
San Gregorio	Guanajuato	177	Godínez, 1991	MX y BE
Volcán de Tequila	Jalisco	172	Fierros-López, 1998	BTC y BP-E
Sierra del Tigre	Jalisco	171	Estrada, 1992	BP, BE y BP-E
Ría Lagartos	Yucatán	140	Novelo-Rincón <i>et al.</i> , 2003	BTC y DC
Seis Áreas Protegidas	Yucatán	130	Reyes-Novelo <i>et al.</i> , 2009b	BTC, BTSC y DC
Pedregal San Ángel	Distrito Federal	97	Hinojosa, 1996	MX
Bosque de la Primavera	Jalisco	92	Pineda, en revisión	BP-E
Sian Ka'an	Quintana Roo	90	Roubik <i>et al.</i> , 1991	BTSC

Cuadro 1. Número de especies de abejas registradas en estudios faunísticos de México. BTC= bosque tropical caducifolio, BTSC= bosque tropical subcaducifolio, BP= bosque de pino, BE= Bosque de Encino, BP-E= bosque de pino-encino, DC= duna costera y MX= matorral xerófilo.

4.2. CARACTERÍSTICAS MORFÓLOGICAS

Diagnosis: Antenas con 10 flagelomeros en las hembras y 11 en los machos; pronoto con el ápice posterolateral separado de la tégula por un espacio cuticular distintivo, margen postero-dorsal del pronoto ampliamente en forma de U. Metapostnoto (triángulo propodeal) largo, expuesto y fusionado con el propodeo. Venación del ala anterior bien desarrollada, usualmente con 9 o 10 celdas cerradas, ala posterior con una o dos celdas cerradas y generalmente con lóbulo jugal. Primero y segundo esterno metasomal no separados por una constricción fuerte. Ovipositor oculto en reposo y modificado en un aguijón. Sedas ramificadas presentes. Dimorfismo sexual ligero a moderado; ambos sexos macrópteros (González, 2006), a continuación se describen las diferentes características morfológicas de las abejas (Figs. 2-10).

CABEZA

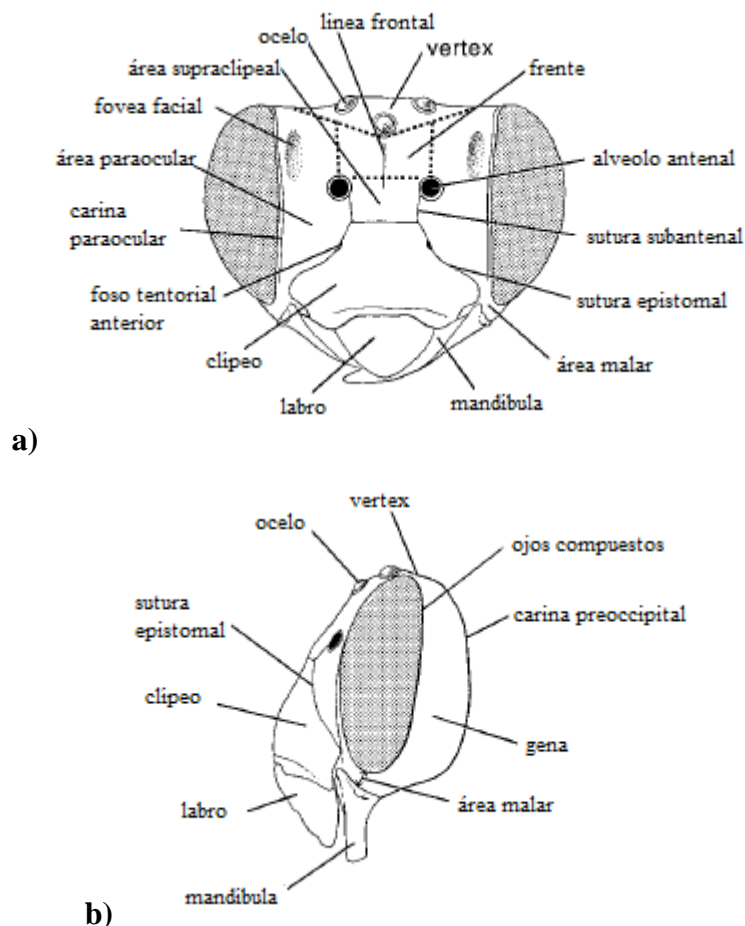


Fig. 2. Diagrama de las estructuras de la cabeza de una abeja, **a)** vista anterior y **b)** vista lateral (modificado de Michener, 2000).

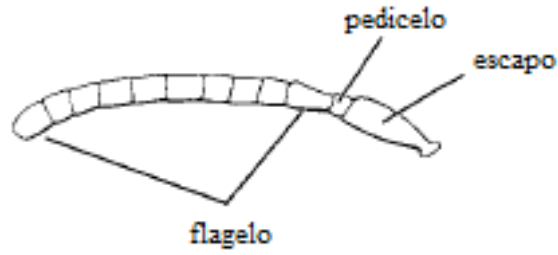


Fig. 3. Diagrama de la antena de una abeja (modificado de Michener, 2000).

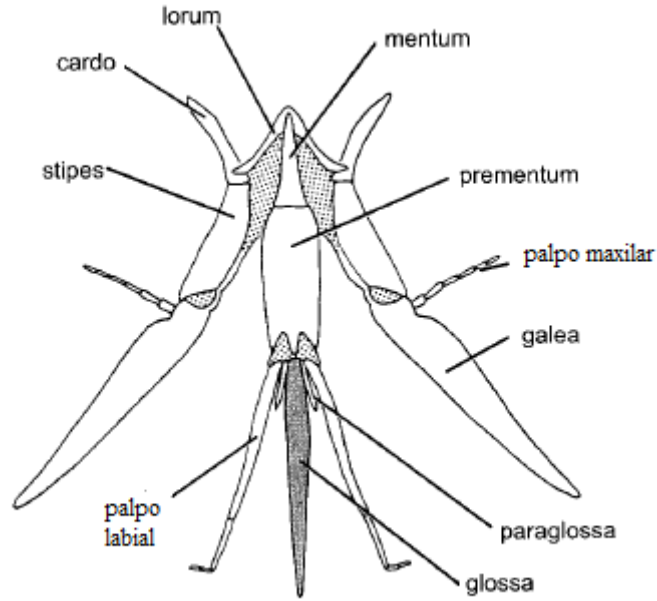
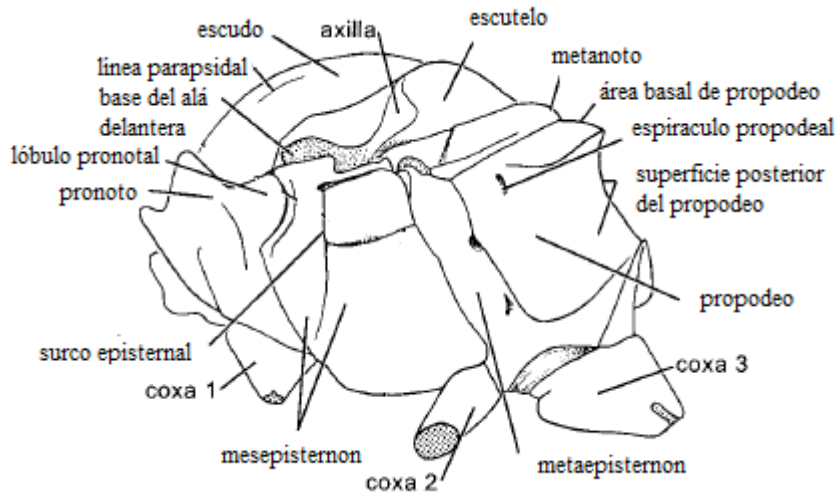
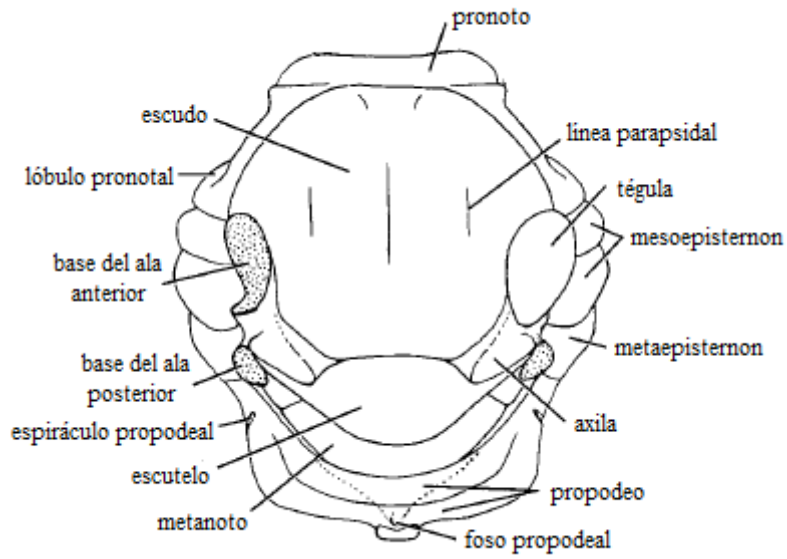


Fig. 4. Diagrama del aparato bucal de una abeja (modificado de Michener, 2000).

TÓRAX



a)



b)

Fig. 5. Diagrama de las estructuras del tórax de una abeja, **a)** vista lateral y **b)** vista dorsal (modificado de Michener, 2000).

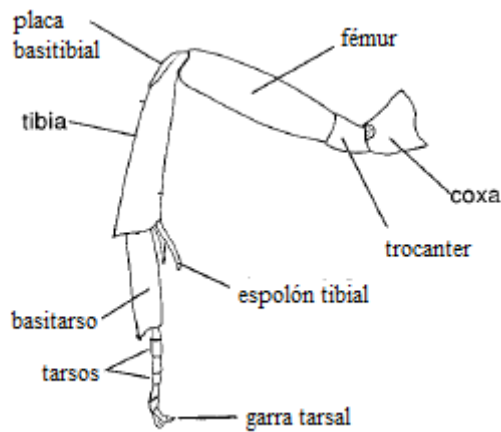


Fig. 6. Diagrama de la pata de una abeja (modificado de Michener, 2000).

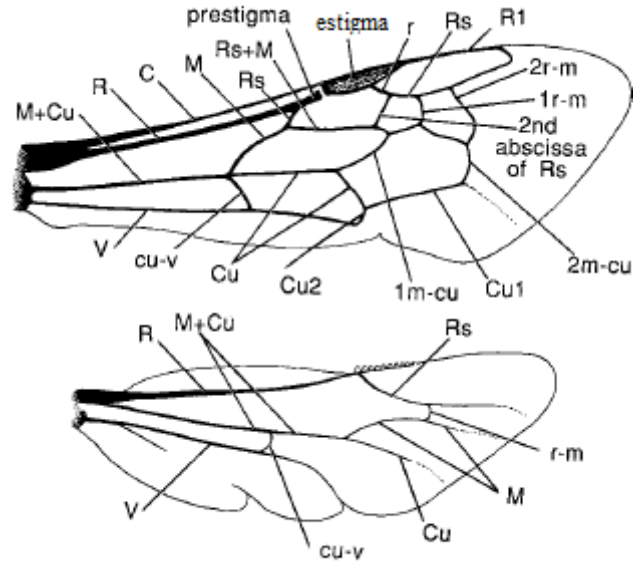


Fig. 7. Diagrama de las venas de las alas de una abeja (modificado de Michener, 2000).

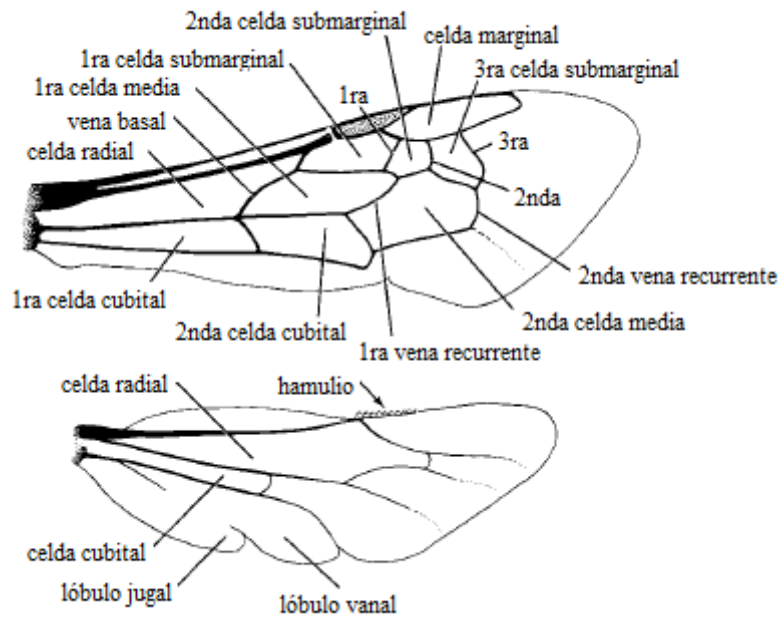


Fig. 8. Diagrama de las celdas de las alas de una abeja (modificado de Michener, 2000).

ABDOMEN

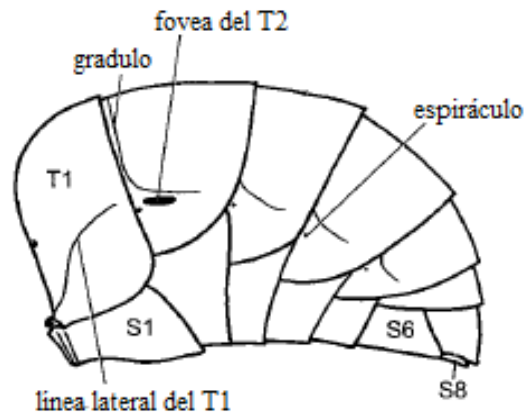


Fig. 9. Diagrama del abdomen en vista lateral de una abeja (modificado de Michener, 2000).

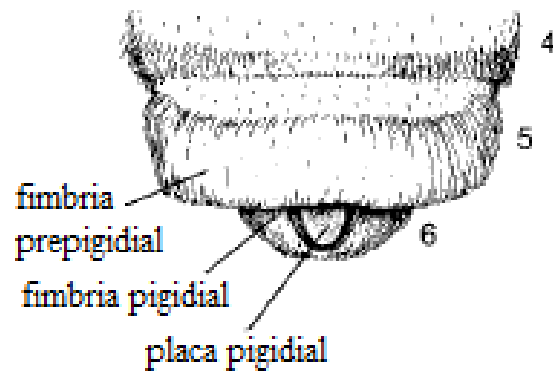


Fig. 10. Diagrama del ápice en vista dorsal del abdomen de una abeja (modificado de Michener, 2000).

4.3. BIOLOGÍA DE LAS ABEJAS

4.3.1. Ciclo de vida

Las abejas son insectos holometábolos que pasan por los estados de: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos de casi todas las especies son elongados y ligeramente curvos, blanquecinos y suaves; las larvas son blandas, de color blanco y ápodas; las pupas son relativamente delicadas y su desarrollo procede rápidamente; finalmente aparece el adulto que emerge del nido, para buscar pareja, aparearse y las hembras construyen nuevos nidos (Michener, 2000).

4.3.2 Comportamiento social

La mayoría de las abejas son solitarias, cada hembra construye y aprovisiona su propio nido sin ayuda de otra hembra, aunque existen algunas especies que no construyen nido. De las aproximadamente 20,000 especies de abejas que se conocen el 85% son solitarias (Spivak, 2011). Sin embargo, las abejas presentan diversos tipos de comportamiento social que son: **Subsocial**, donde la colonia consiste en una hembra adulta con sus crías inmaduras, que va alimentando progresivamente; **Parasociales**, hembras de la misma generación comparten el nido, en términos colectivos para formar colonias comunales, cuasisociales y semisociales; **Comunal**, es una colonia de hembras de la misma generación que comparten el nido, pero cada hembra hace, provee y pone sus huevos en su propio grupo de celdas, sin cooperación; **Cuasisocial**, una colonia de hembras de la misma generación, en donde cada uno de sus miembros coopera en construir y aprovisionar las celdas, todas las hembras se aparean y depositan huevos; **Semisocial**, una colonia de hembras de la misma generación, que presenta división de trabajo, donde algunas hembras tienden a poner la mayoría de los huevos y funcionan como reinas mientras que otras tienden a poner pocos huevos o a no poner y funcionan como obreras; **Eusociales**, una colonia de adultos de dos o más generaciones que abarca la madre e hijas, formada por la reina que pone huevos y obreras no reproductivas respectivamente, dentro de los eusociales se pueden separar dos grupos los **Eusociales primitivos**, en las que la colonia se inicia por una sola hembra y los **Altamente eusociales** donde se inicia por una reina y un grupo de obreras (Michener, 2000; O'toole y Raw, 1999; Roubik, 1989; Roubik y Hanson, 2004), cabe mencionar que existen abejas cleptoparasitas que no construyen su propio nido, si no que colocan sus huevos en el nido de otra especie (Roubik y Hanson, 2004).

4.3.3 Las abejas y las flores

Las plantas requieren de vectores bióticos o abióticos para la dispersión de su polen debido a su hábito sésil (Quesada *et al.*, 2012). La polinización abiótica tiene lugar por acción del viento o del agua (Murcia, 2002). Sin embargo, la mayor parte de las especies de plantas tropicales son polinizadas por animales y tienen sistemas de autoincompatibilidad que evitan la fecundación del óvulo con polen propio, por lo que las angiospermas tienen una fuerte dependencia hacia los animales para mover su polen (Quesada *et al.*, 2012).

En función del número de especies vegetales que polinizan en los trópicos, los vectores más importantes en orden descendiente son: abejas, aves, escarabajos, polillas, murciélagos, mariposas y moscas (Murcia, 2002), los antófilos son los principales agentes polinizadores debido a que tienen hábitos fitófagos a lo largo de todo su ciclo de vida a diferencia de otros insectos como avispas y mariposas, además son vehículos de polen eficientes ya que tienen cierta especificidad a las especies vegetales que visitan, poseen tamaño y comportamiento adecuado para remover el polen de los estambres y depositarlos en los estigmas, además transportan en su cuerpo grandes cantidades de polen viable y compatible (Nantes-Parra, 2005).

Debido a sus hábitos alimentarios las abejas han desarrollado complejas adaptaciones morfológicas (presencia de escopas o corbículas y pelos plumosos en diferentes partes del cuerpo) y de comportamiento (González, 2006) (forrajeo por zumbido: las abejas utilizan los músculos indirectos del vuelo, para hacer vibrar sus cuerpos y de esta manera transmitir el movimiento a las anteras de las especies de plantas que liberan el polen a través de un poro apical) que les permiten estar en contacto con el polen, removerlo y traspararlo de una flor a otra, por lo que son el grupo de insectos mejor adaptado a la visita floral (Nantes-Parra, 2005).

En función de la preferencia que muestran las abejas para coleccionar polen de ciertas plantas, se pueden separar tres grupos: **Poliléticas**, son abejas generalistas que coleccionan polen de muchas especies de plantas y tienen dietas muy variadas; **Oligoléticas**, estas abejas recogen polen de un grupo pequeño de plantas cercanamente relacionadas, por ejemplo de una sola familia o género y **Monoléticas**, que reúnen polen sólo de una especie vegetal (Spivak, 2011; Parker *et al.*, 2005).

Por otra parte las flores muestran señales que sirven de atrayentes para gremios específicos de polinizadores, como el color de los pétalos, guías de néctar, fragancias y su morfología floral, factores que en conjunto determinan el tipo de visitante (Espino *et al.*, 2012). Las abejas son atraídas por flores que se abren preferentemente durante el día, con fragancias agradables, con néctar, de color azul, morado, amarillo, blanco y con tonos ultravioleta y con plataformas que les permitan posarse (Fig. 11) (Roubik, 1989).



Fig. 11. (Izquierda) El abejorro *Bombus ephippiatus* visitando a una planta del género *Lupinus*. (Derecha) *Centris nigrocaerulea* visitando a *Wigandia urens*.

Las abejas utilizan varios recursos de las plantas para construir sus nidos, mantener su metabolismo y reproducirse, a continuación se mencionan los más importantes:

Savia: Es un recurso no floral, de la vegetación leñosa y los frutos que usan las abejas temporalmente para alimentación, su valor nutricional deriva principalmente de los productos fotosintéticos (sacarosa y otros azúcares) (Roubik, 1989).

Resinas: Es usado por las hembras principalmente para construir los nidos (Roubik, 1989).

Lípidos florales: Usualmente se encuentran en forma de aceites y son secretados en estructuras llamadas elaióforos, estas glándulas son visitadas exclusivamente por abejas y se encuentran presentes en plantas de las familias: Malpighiaceae, Iridaceae, Scrophulariaceae, Krameriaceae y en algunos miembros de Melastomataceae, Orchidaceae, Gesneriaceae y Solanaceae. Otros aceites florales comúnmente se

encuentran en la superficie que cubre los granos de polen, los lípidos florales son usados por las abejas como alimento o material para construcción del nido (Roubik, 1989).

Néctar: Una característica del néctar es que su composición y cantidad varía según la especie de planta, el contenido de azúcares va desde el 5% hasta el 80% y sus principales contenidos son mono y disacáridos, aminoácidos, enzimas, lípidos, proteínas, alcaloides, fenoles, saponinas, ácidos orgánicos, antioxidantes y vitamina C (Roubik, 1989).

Polen: El polen es a veces el único recurso reunido por las abejas de algunas flores, cuando las plantas no ofrecen otro recurso es masivamente colectado, la composición y calidad del polen varia marcadamente dependiendo de la especie de planta usada por la abeja, el contenido de proteína en el polen de algunas plantas es menor del 15% y en otras es superior al 60% (Roubik, 1989).

Fragancias: Entre los polinizadores en general, los machos de las abejas de las orquídeas (Tribu: Euglossini) son únicos, pues sus visitas no son para recolectar alimentos si no para recoger compuestos aromáticos o químicos asociados. Las flores a su vez son inusuales, ya que producen estos compuestos químicos como la única recompensa para los polinizadores, las principales plantas que producen estos compuestos volátiles son las orquídeas, cerca de un 10% de las plantas de esta familia en el neotrópico son polinizadas por los machos de euglosinos, a pesar de que las inflorescencias de las orquídeas son duraderas, los compuestos aromáticos volátiles se producen en las flores durante cortos períodos de tiempo. Una flor atrae machos de euglosinos justo el tiempo necesario para colocar el polinario en la abeja y recibir polinios de otra, aumentando la posibilidad de dispersión y la exogamia. Por otro lado no se sabe con claridad como usan los machos los químicos colectados. Se cree que intentan reunir tantas fragancias distintas como puedan y que las hembras determinan con que macho se aparean en función de cuantas fragancias colectó (Roubik y Hanson, 2004).

4.4. IMPORTANCIA DE LAS ABEJAS

El mundo en el que vivimos depende en gran medida de las plantas con flor y de los productos que se derivan de ellas (Quesada *et al.*, 2012) y las abejas desempeñan un papel preponderante en la reproducción y conservación de las angiospermas, interacción que las convierte en organismos críticos para el mantenimiento de las comunidades vegetales silvestres y de interés agronómico (Reyes-Novelo *et al.*, 2009a).

Se estima que cerca del 73% de las especies vegetales cultivadas y más del 75% de la vegetación mundial son polinizadas por abejas (Coro, 2009), adicionalmente un tercio de los alimentos vegetales que consume el hombre está disponible gracias a estos insectos (O'Toole y Raw 1999). Entre los cultivos importantes en México que requieren de estos polinizadores están el frijol, chile, tomate, jitomate, calabacitas, ciruelas, mangos, manzanas, café, cacao, vainilla, almendro, etc. Además cultivos como la alfalfa, del que depende mucha de la producción de carne, necesita de estos insectos para la producción de semillas (Coro, 2009).

Además de la polinización, las abejas también tienen un uso comercial, por la explotación de miel, polen y cera, con diferentes fines ya sea para alimentación, producción de materia prima, para medicinas y cosmetología (Bonifácio *et al.*, 2009). Además de *Apis mellifera*, las abejas sin aguijón (Meliponini) producen pequeñas pero importantes cantidades de miel de excelente calidad y a la cual la medicina popular le asigna propiedades terapéuticas (Porter *et al.*, 2015). En México hay aproximadamente 47 especies de esta tribu, que son escasamente utilizadas para la producción de miel y cera (Ayala *et al.*, 1996; Ayala, 1999).

Ante la actual pérdida de biodiversidad por el efecto de la actividad humana, se han buscado herramientas para la conservación y manejo de la misma, entre la que se encuentra el uso de organismos bioindicadores. Recientemente las abejas también se han propuesto como indicadores de la calidad del hábitat, debido a la importancia que tienen en el mantenimiento de las comunidades vegetales y en el proceso de recuperación de áreas perturbadas, ya que intervienen en la reproducción de muchas de las angiospermas al actuar como vectores de polen (Reyes-Novelo *et al.*, 2009a).

4.5. DISMINUCIÓN DE LAS ABEJAS Y CONSERVACIÓN

Varios trabajos de investigación han alertado sobre la existencia de una verdadera crisis de polinización, la abeja domesticada *Apis mellifera* está sufriendo una severa disminución en sus poblaciones en Estados Unidos (se habían perdido el 59% de las colonias entre 1947 y 2005) y en Europa central (se habían perdido el 25% de las colonias entre 1985 y 2005), existe evidencia concreta de que no sólo las poblaciones manejadas de *A. mellifera* están disminuyendo, sino también las poblaciones de muchos polinizadores silvestres, que están sufriendo extinciones locales y globales (Potts *et al.*, 2010). Por ejemplo, un estudio ha demostrado en Gran Bretaña y Holanda la disminución en la riqueza y abundancia de abejas y sírfidos (Biesmeijer *et al.*, 2006), y otros estudios enfocados al género *Bombus* (abejorros) en Europa y Norte América llegan a los mismos resultados (Goulson *et al.*, 2008; Grixti *et al.*, 2009; Morales, 2007; Williams *et al.*, 2007; Williams y Osborne, 2009).

Las principales causas de la disminución de poblaciones de abejas se atribuyen a la deforestación, prácticas de pastoreo, el establecimiento de asentamientos humanos, la introducción de especies exóticas (principalmente *A. mellifera*), el uso de agroquímicos y el calentamiento global (Nantes-Parra, 2005; Nantes-Parra y González, 2000; Potts *et al.*, 2010; Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2005; Winfree, 2010).

Las abejas más susceptibles son aquellas perseguidas para la obtención de alguno de sus productos: miel, polen o cera (Meliponinos), así como aquellas que anidan en el suelo ya que sus áreas de reproducción pueden ser destruidas por prácticas agrícolas y ganaderas (*Anthophora*, *Bombus*, *Centris*, Euglosinos y *Thygater*), abejas con sitios de nidificación en arboles vivos o en sitios muy específicos (Meliponinos y *Xylocopa*), abejas que recogen fragancias (Euglosinos), aceites (Centridinos) y resinas de plantas (Euglosinos y Meliponinos) que desaparecen por motivos de deforestación y que las abejas usan como atractivos sexuales, para impermeabilizar celdas de cría o para construir nidos expuestos, también las que dependen de fuentes de alimento muy específico y que son incapaces de volar sobre áreas desprovistas de bosques (Euglosinos) o con amplitudes de vuelo muy corto (Meliponinos) (Nantes-Parra y González 2000; Nantes-Parra, 2005).

A pesar de la gran diversidad de visitantes florales, el manejo de la polinización de la mayoría de los cultivos involucra casi exclusivamente a una sola especie de abeja, *A. mellifera*, que ahora sufre una disminución en el número de enjambres domésticos atribuible a diversas enfermedades y al uso de pesticidas sumado al proceso de africanización en los trópicos y subtropicos americanos. Esta práctica ha puesto en evidencia la vulnerabilidad de muchos de los sistemas productivos y es en este momento en el que los polinizadores nativos toman importancia (Aizen y Chacoff, 2009).

La conservación de las abejas es importante porque son: un componente vital de la biodiversidad mundial, forman un grupo clave para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres ya que son indispensables para la polinización de especies silvestres y cultivadas, directa o indirectamente ayudan a la conservación de muchas especies silvestres, pueden ser utilizadas para evaluar la biodiversidad en áreas de conservación y las abejas silvestres se convierten en polinizadores alternativos a *A. mellifera* (Nantes-Parra, 2005; Reyes-Novelo *et al.*, 2009a).

La forma de conservar a los polinizadores y en este caso específico a las abejas, tiene que ser a través de promover su conocimiento integral a partir de la identificación de las especies silvestres del país, con la elaboración de estudios faunísticos, de protección y recuperación de los sitios naturales de nidificación y del hábitat en general, establecer nidos artificiales para diferentes especies, reconocer las abejas silvestres con usos potenciales y proteger la flora nativa (Nantes-Parra, 2005).

4.6. REDES DE INTERACCIÓN ABEJA-PLANTA

Diversos animales visitan las flores para alimentarse, usualmente de néctar y polen. Esto es parte de una relación de mutuo beneficio, las plantas ganan el servicio de los polinizadores para transportar su polen de una estructura reproductiva a otra (Gómez, 2002; Murcia, 2002). Esta interacción es fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, porque de ella depende gran parte de la reproducción de muchas de las especies de plantas (Quesada *et al.*, 2012).

Existen muchos estudios de polinización que incluyen sólo especies de plantas seleccionadas o visitantes florales en específico (Kratochwil *et al.*, 2009), pero concentrar los estudios en un reducido grupo de organismos deja de lado el hecho de que existen grupos de especies que interactúan entre sí (Tylianakis *et al.*, 2010). Por lo que, recientemente se han propuesto nuevas metodologías para estudiar la relación entre plantas y polinizadores a escala de comunidad, por medio de redes complejas de interacciones (Lara-Rodríguez *et al.*, 2012; Quesada *et al.*, 2012).

Las interacciones entre plantas y visitantes florales pueden representarse en forma de redes. Para elaborarlas se construye una matriz, donde los visitantes florales pueden ser ubicados en columnas y las especies vegetales en filas (Kratochwil *et al.*, 2009; Lara-Rodríguez *et al.*, 2012), éstas a su vez pueden contener información cualitativa, es decir, datos de presencia-ausencia o cuantitativa con el número de interacciones (Memmot, 1999) y pueden ser “fitocéntricas”, pues las interacciones de los visitantes florales se registran sobre las plantas o “zoocéntricas” donde la información deriva del estudio de los animales y los patrones de las plantas que visitan, por ejemplo, composición de la dieta de las abejas en función del polen y néctar de los nidos (Jordano *et al.*, 2009).

Las redes se componen de dos elementos: nodos o vértices (especies vegetales y visitantes florales) y los enlaces que los unen (interacciones) (Bascompte y Jordano, 2008; Dupont *et al.*, 2003; Quesada *et al.*, 2012). Existen dos tipos de redes: unipartitas o uni-modales, donde los enlaces pueden conectarse con cualquier nodo de la red, y bipartitas o bi-modales, donde los nodos están separados en dos secciones (visitantes florales y plantas) que se conectan entre sí, de tal forma que no existen interacciones entre nodos del mismo grupo (Fig. 12). Además las redes pueden ser: no dirigidas (simples) y dirigidas, que difieren en que las últimas incluyen información de flujo y dirección de la interacción (Fig. 12) (Jordano *et al.*, 2009).

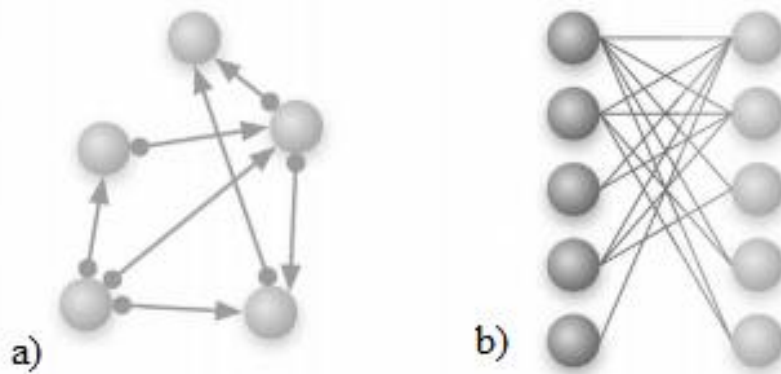


Fig. 12. Representación gráfica de los tipos de redes, **a)** Red unipartita y dirigida **b)** Red bipartita y no dirigida.

Los análisis de patrones de las redes de interacción animal-planta, en particular aquellas que involucran visitantes florales, muestran que las interacciones no ocurren al azar, si no revelan una estructura predecible en forma anidada o encajada (Bascompte y Jordano, 2008; Guimaraes *et al.*, 2007; Quesada *et al.*, 2012). Esta ocurre como consecuencia de dos factores; las especies generalistas o polilécticas (las que presentan mayor número de conexiones) interactúan con el otro subgrupo de especies generalistas y las especies especialistas u oligolécticas que interactúan con un subgrupo de generalistas (Bascompte y Jordano, 2008; Jordano *et al.*, 2009; Kratochwil *et al.*, 2009; Lara-Rodríguez *et al.*, 2012; Quesada *et al.*, 2012; Tylianakis *et al.*, 2010).

Al comparar las redes mutualistas con una estructura anidada con redes al azar, donde los organismos presentan las mismas probabilidades de interactuar, se vio que las primeras son más heterogéneas que las segundas, debido a que hay especies generalistas están mucho más conectadas en relación a lo esperado y que algunas especies interactúan menos de lo previsto (Jordano *et al.*, 2009). Por lo que las redes animal-planta, al ser menos uniformes que una red aleatoria, muestran más robustez ante la extinción de especies. Finalmente, el estudio de estos patrones es útil para entender mejor el proceso coevolutivo, la vulnerabilidad de las especies ante la pérdida de interacciones y generar estrategias de conservación, facilitando encontrar las especies claves que estabilizan las interacciones a nivel comunidad, para conservarlas y protegerlas (Lara-Rodríguez *et al.*, 2012).

5 HIPÓTESIS

La riqueza, diversidad y las especies que integran la red de interacción abeja-planta en la Sierra de Quila cambiarán dependiendo del tipo de vegetación. Sin embargo, atributos como el anidamiento, la conectancia y robustez permanecerán constantes debido a que ambos sitios están sometidos a las mismas políticas de conservación y manejo que reducen factores que pueden modificar la estructura de la red.

6 OBJETIVOS

Objetivo General:

-Realizar el inventario de la melitofauna en la Sierra de Quila y documentar las interacciones con sus plantas hospederas.

Objetivos Particulares:

-Elaborar claves dicotómicas para la determinación de las especies recolectadas.

-Realizar una lista comentada sobre las abejas silvestres de la zona.

-Estimar la diversidad α y β de abejas silvestres de dos tipos de vegetación.

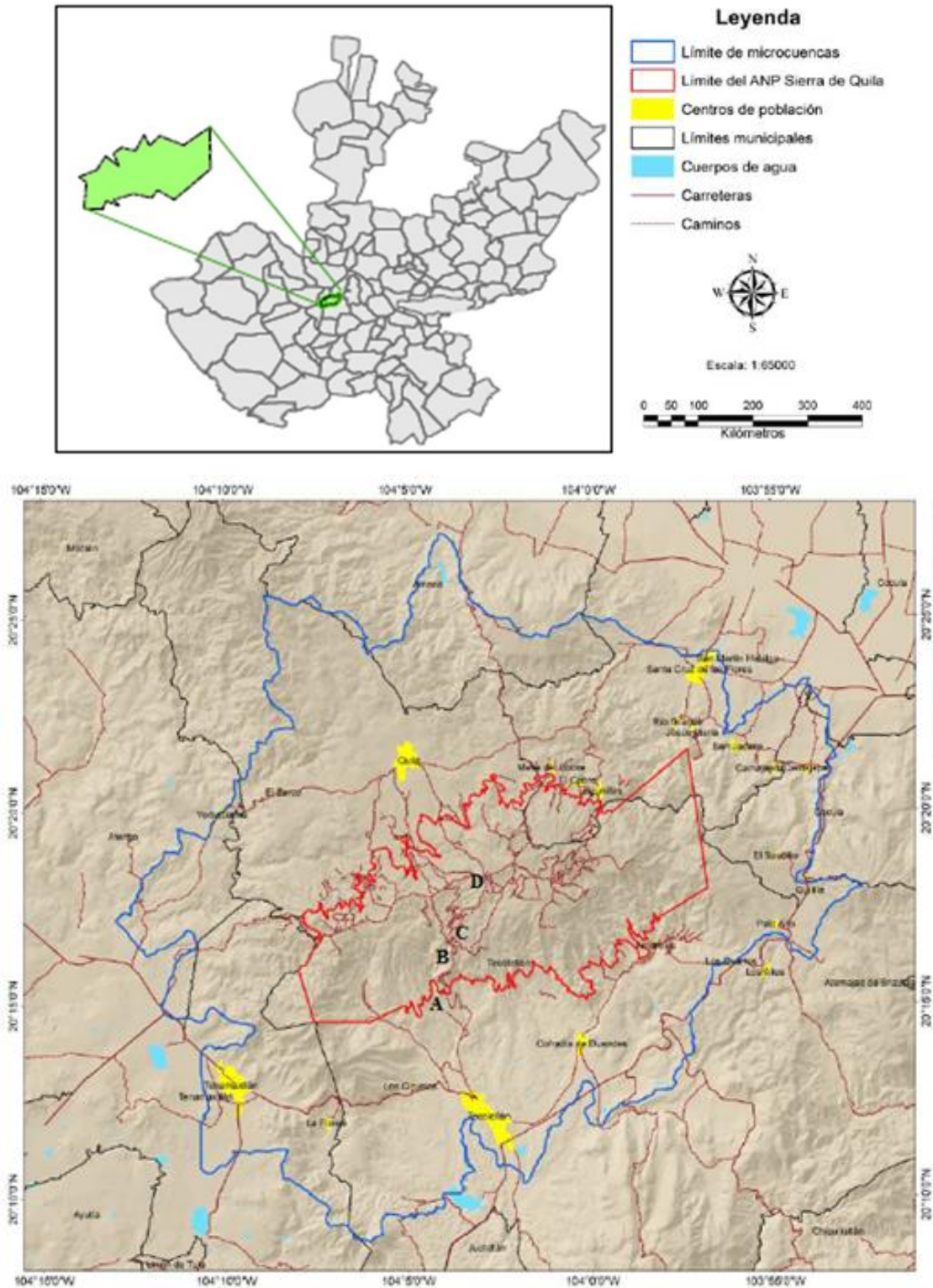
-Describir y comparar la red de interacción entre las abejas y la flora de dos tipos de vegetación de la Sierra de Quila.

7 MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Descripción del área de estudio

El Área de Protección de Flora y Fauna de la Sierra de Quila (APFFSQ) es una región boscosa de Jalisco localizada a 100 km al Suroeste de la ciudad de Guadalajara, dentro de la región fisiográfica de la Faja Neovolcánica Transversal (Subprovincia: Sierras de Jalisco), limitada al norte con la Sierra Madre Occidental, al Noreste con la Mesa del Centro, al Oeste y al Sur con la Sierra Madre del Sur, abarcando los municipios de: Tecolotlán, Tenamaxtlán, San Martín Hidalgo y Cocula (Fig. 13). Geográficamente se ubica entre las coordenadas 20° 14' y 20° 22' latitud Norte; 103° 57' y 104° 07' longitud Oeste, Con una superficie de 15,912 hectáreas (Guerrero-Nuño y López-Coronado, 1997; Villavicencio *et al.*, 2012; Villavicencio y Ávila, 2015). La sierra presenta un relieve montañoso eminente con valles de poca extensión. Tiene un gradiente altitudinal que oscila entre los 1,300, en las faldas, hasta los 2,560 m s.n.m. siendo la cumbre del cerro El Huehuentón el punto más alto. Prevalcen dos tipos de clima según la clasificación de Koppen modificada por García, el primero de ellos es el clima (A)C(W₁)(W), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual mayor de 18°C, se presenta en la mayor parte de la sierra, sobretodo en el centro y el sentido E-O. El segundo tipo de clima es C(W₂)(W) se halla principalmente en el sentido centro-norte, se describe como templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual entre 12 y 18°C, se le clasifica entre los más húmedos de los templados subhúmedos. La precipitación pluvial anual varía entre los 700 y 1000 mm (Guerrero-Nuño y López-Coronado, 1997; Villavicencio *et al.*, 2005).

Se describen para la Sierra de Quila seis tipos de vegetación: Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino, Bosque Tropical Caducifolio, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de Galería y Bosque Espinoso (Guerrero-Nuño y López-Coronado, 1997; Villavicencio *et al.*, 2012). De acuerdo con el mapa de vegetación generado por Villavicencio y Ávila (2015), tres unidades representan el 98% de la superficie del Área Natural Protegida; El Bosque de Pino-Encino con 60%, Bosque de Encino con 22% y Bosque Tropical Caducifolio con 15%, el resto de la vegetación lo componen los demás tipos con machones reducidos.



7.2. Diseño del estudio y muestreo

Se llevaron a cabo muestreos para la colecta de abejas silvestres. Durante un año, de octubre del 2013 a octubre del 2014, en los meses de diciembre a junio se muestreó dos días por mes (temporada seca) y de julio a noviembre (temporada de lluvias) cuatro días por mes. Para cada día de recolecta trabajaron dos personas durante seis horas (10:00 a 16:00 hrs.), se visitaron cada día cuatro localidades: Dos en bosque tropical caducifolio (BTC), uno de ellos ubicado a los 1,400 y otro a los 1,700 m.s n m, y dos en bosque de pino-encino (BP-E) donde uno de ellos su ubica a los 1,800 y otro a 2,150 m.s n m (Figs. 13 y 14), se dedicó el mismo tiempo de muestreo para cada localidad.

Se utilizó una red aérea para capturar a las abejas sobre las plantas en floración, al vuelo o en sus nidos. Para complementar el inventario se colocaron en dos sitios (BTC a 1400 m.s.n.m. y BP-E a 1800 m.s.n.m.) 15 trampas de color, que consisten en un recipiente plástico pintado (de colores amarillo y verde fluorescente), con una mezcla de agua jabonosa en su interior, que las abejas confunden con flores y mueren ahogadas en su interior. Además se colocó en la red una compresa de algodón: Eugenol, eucaliptol, salicilato de metilo y vainillina para atraer a los machos de las abejas de las orquídeas (tribu Euglossini) y se empleó una trampa de caída, en BTC a los 1400 m.s.n.m., la cual se construyó a partir de una botella plástica con un orificio de entrada basado en el modelo de Vélez y Pulido–Barrios (2005), y en su interior se colocaron los cuatro atrayentes químicos previamente mencionados con el mismo propósito (Fig. 15).

Los ejemplares recolectados fueron colocados en bolsas de papel glassine y marcados con los datos de colecta (localidad, fecha, altitud, tipo de vegetación, la planta de alimentación y recolectores) para ser sacrificados en una cámara letal con acetato de etilo. Se procesaron siguiendo el método estándar para el montaje de abejas para ser etiquetados. Posteriormente se revisaron y determinaron hasta el nivel taxonómico posible. Los ejemplares fueron depositados en la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara (CZUG).

Además se recolectaron y prensaron los ejemplares de las plantas visitadas por las abejas. Estos ejemplares fueron determinados por especialistas en el área y los ejemplares de respaldo se encuentran en el Herbario “Luz María Villareal de Puga”, del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG).



Fig. 14. Sitios de muestreo de abejas silvestres en la Sierra de Quila **a)** BTC a 1400 m s.n.m. **b)** BTC a 1700 m s.n.m. **c)** BP-E a 1800 m s.n.m. y **d)** BP-E a 2150 m s.n.m.

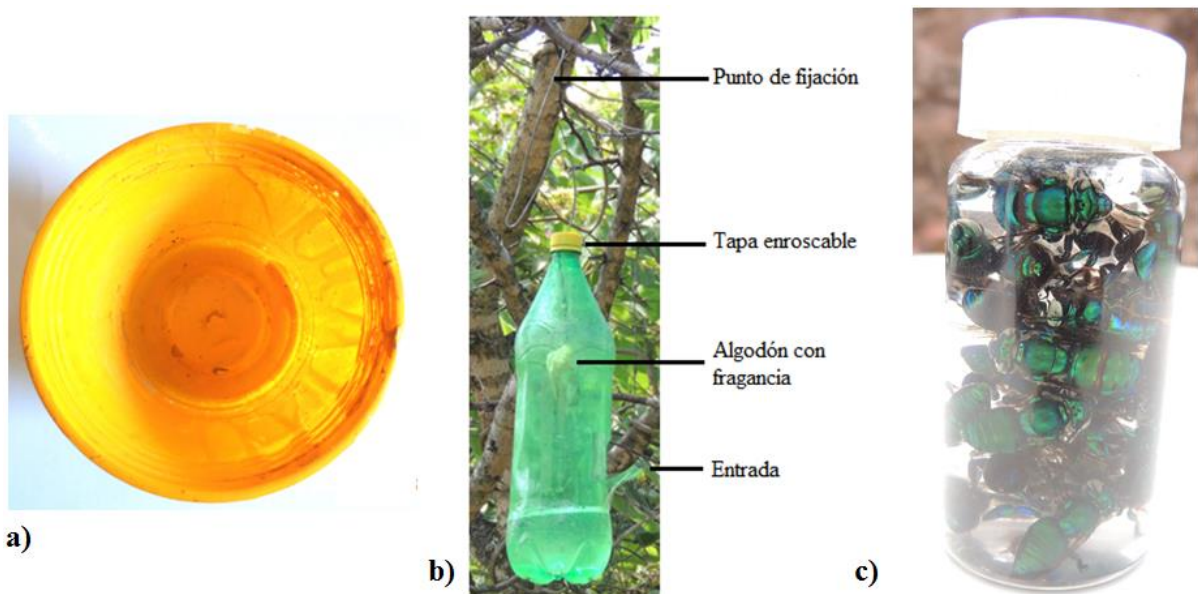


Fig. 15. Métodos de recolecta de abejas silvestres **a)** Trampa de color **b)** Trampa de caída para abejas de las orquídeas **c)** Frasco con ejemplares de la abeja *Euglossa virisima* recolectados con la trampa de caída.

7.3. Inventario y claves dicotómicas

En el presente trabajo se incluye una lista taxonómica, la cual se obtuvo a partir de las abejas recolectadas durante los muestreos, debido a la falta de revisiones para algunos géneros en el país no todas las especies de abejas pudieron ser determinadas a nivel de especie, por lo que esos ejemplares fueron separados a morfoespecie y se les agregaron diferentes números para separarlas.

La clave dicotómica de las abejas silvestres de la Sierra de Quila se basó en las especies capturadas durante el trabajo de campo y de los ejemplares procedentes del área depositados en la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara (CZUG) (se incluyó a *Epicharis elegans* la única especie depositada en esta colección no registrada en este estudio). La clave a nivel de especie se elaboró a partir de las características de los ejemplares recolectados y con ayuda de literatura especializada: Ayala y Griswold (2012), Coelho, (2004), Gibbs *et al.* (2013), LaBerge (1989), LaBerge (2001), LaBougle (1990), McGinley (1986), Sneling (1990), Sneling (1974), Sneling (1984), Roberts (1972) y Urban (2001). Para las claves de familia y género se modificaron de: Ayala (1988), Fierros-López (1998), González (2006), Michener *et al.* (1994) y Michener (2000). Se establecieron las afinidades biogeográficas de los géneros de abejas de la Sierra de Quila basado en: Ayala (1988), Estrada (1992), Fierros-López (1998), Michener *et al.* (1994), Michener (2000), Smith-Pardo y Vélez-Ruiz (2008), Vergara y Ayala (2002).

7.4. Diversidad α y β

La diversidad biológica es la variedad y abundancia de especies en un área definida de estudio, para cuantificarla existen diferentes métodos (Magurran, 2004). Sin embargo las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades, por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad en relación con la estructura del paisaje se dio la separación de la diversidad biológica en los componentes alfa, beta y gamma (Moreno, 2001).

La **diversidad alfa** es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la **diversidad beta** es el grado de cambio o remplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, la **diversidad gamma** es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de la diversidad alfa como de la diversidad beta (Magurran, 2004; Moreno, 2001).

Diversidad α

El más antiguo y simple concepto de diversidad, es la riqueza de especies (S): el número de especies de una comunidad (Krebs, 1999), que es quizás, el atributo más frecuentemente utilizado para describirlas, ya que nos da una idea rápida y fácil de interpretar de la diversidad de un sitio (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Sin embargo, es casi imposible enumerar todas las especies de una comunidad (Krebs, 1999), por lo que fue necesario evaluar el inventario.

Se realizó una curva de acumulación de especies, la cual se utiliza para estimar el número de especies esperadas a partir de los resultados de los muestreos que nos revela cómo el número de especies se va acumulando, en función del número acumulado de muestras. Para esto se utilizó el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

Para poder comparar el número de especies entre las comunidades vegetales se realizó una curva de rarefacción, que calcula el número esperado de especies de cada muestra si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar; Es decir que todas las muestras posean el mismo número de individuos capturados (Moreno, 2001).

Además se utilizó el índice de Shannon-Wiener para comparar la diversidad entre el BTC y BP-E mediante una prueba de “t” y se estimó este índice también para cada localidad y se contrastaron en función de un intervalo de confianza obtenido mediante bootstrap, para el análisis de la diversidad únicamente se tomaron en cuenta los ejemplares que fueron colectados mediante red área. En este análisis se utilizó el programa PAST 3.0, usando el logaritmo natural.

El índice de Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo tomado al azar de una colección. Asume que todos los individuos son tomados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Tiene valores que van desde cero cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Kreb, 1999; Magurran, 2004).

Su expresión matemática es: $H' = -\sum(pi)(\ln pi)$

Dónde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

pi = Es la proporción total del número de individuos que constituyen la *i*ésima especie.

ln = Es el logaritmo natural.

También se estimó el índice de equidad de Pielou que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a la situación donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

Su expresión matemática es:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Diversidad β

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de remplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Moreno, 2001). A diferencia de la diversidad alfa y gamma pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 2004). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, disimilitud, o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos o cuantitativos (Moreno, 2001).

En el presente estudio se usó el programa BioDiversity Ver. 2 (McAleece, 1997) para estimar la diversidad beta con base a dos coeficientes. El índice de Jaccard que presenta una expresión matemática muy simple para estimar la semejanza entre comunidades. Este índice se basa en la relación de presencia-ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas y en el número total de especies (Huerta y Guerrero, 2004).

Su expresión matemática es:

$$IJ = \frac{c}{a + b + c} (100)$$

Dónde: **IJ**= Índice de semejanza de Jaccard

a = Número de especies presentes en el sitio A

b = Número de especies presentes en el sitio B

c = Número de especies presentes en ambos sitios A y B

Además se utilizó el índice de Bray-Curtis que se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie. A diferencia del índice de Jaccard que no considera si las especies son abundantes o raras, Bray-Curtis utiliza datos cuantitativos que permiten otorgar un valor de importancia a cada una de las especies (Huerta y Guerrero, 2004).

Su expresión matemática es:

$$I_{B\&C} = \frac{2jN}{(aN+bN)}$$

Dónde: **IB&C** = Índice de Bray-Curtis

aN = Número total de individuos en la comunidad A

bN = Número total de individuos en la comunidad B

jN = Suma total de las abundancias menores de las especies encontradas en A y B

7.5 Red de interacción abeja-planta

Con los datos obtenidos durante el muestreo con las redes aéreas, se elaboró una matriz de adyacencia $P \times A$ (plantas x abejas) con valores “1” y “0”, donde “1” indica una interacción entre dos especies y “0” que no fue observada ninguna interacción. La red bipartita de interacción abeja-planta fue graficada con el programa R-paquete bipartite de Dormann *et al.* (2008). Para detectar el anidamiento en las redes se utilizó el programa Aninhado de Guimaraes y Guimaraes (2006), este se puede cuantificar con el grado de anidamiento (N) propuesto por Atmar y Patterson (1993), que se calcula mediante la reorganización las filas y columnas de la matriz de acuerdo a un orden decreciente de las interacciones, donde se calcula para la matriz, la isóclina de N máxima. La ausencia de interacciones al lado izquierdo de la isóclina o la presencia al lado derecho contribuyen a disminuir N. Estas interacciones difieren de una matriz perfectamente anidada y un algoritmo estima la distancia de cada una a la isóclina y la promedia. Lo que proporciona la temperatura de anidamiento o grado de desorden de la matriz (T), con valores que van de 0 a 100, donde los resultados cercanos a 0 son indicativos de matrices muy anidadas y los próximos a 100 indican una matriz aleatoria. Para cuantificar N (el grado de orden) (Bascompte y Jordano, 2008), el anidamiento se define como:

$$N = \frac{100 - T}{100}$$

Donde los valores de N cercanos a 1 indican fuertes patrones de anidamiento, valores intermedios sugieren que las interacciones están realizándose al azar y valores cercanos a cero indican que la matriz puede estar organizada en compartimentos (Bascompte y Jordano, 2006; Lara-Rodríguez *et al.*, 2012). Se utilizaron las comparaciones que genera el programa ANINHADO entre la temperatura de anidamiento observada y 1,000 repeticiones generadas por un modelo nulo, para saber si los valores de anidamiento observados son más altos de lo esperado por patrones al azar, donde la probabilidad de que una planta interactúe con una abeja depende del número de interacciones para ambas especies:

$$\frac{\left(\frac{P_i}{A} + \frac{P_j}{R}\right)}{2}$$

P_i corresponde al número de interacciones de la planta i , P_j es el número de interacciones de la abeja i , A es el número de especies de abejas y R es el número de especies de plantas (Guimaraes y Guimaraes, 2006). Además se obtuvieron las especies anidadas que son aquellas que no se desvían considerablemente del anidamiento perfecto y contribuyen así a un patrón de anidamiento estructurado y las especies idiosincráticas que no siguen un anidamiento perfecto y aumentan la temperatura de la matriz (Heino *et al.*, 2009).

Se calculó la conectancia o conectividad (C), que es el porcentaje de las interacciones observadas con respecto al total de combinaciones posibles entre pares de especies.

Donde:

$$C = \frac{I}{M} 100$$

I = a las interacciones observadas y M corresponde al tamaño de la matriz, dado por el número total de especies de abejas (A) multiplicado por el de plantas (P) (Quesada *et al.*, 2012). La conectancia es una medida de la generalización de la red y puede usarse para hacer comparaciones entre redes (Lara-Rodríguez *et al.*, 2012).

Se estimó la asimetría de la red que es la desviación de la razón 1:1 del número de especies de plantas con respecto al número de visitantes florales, donde la asimetría de la red= Animales – Plantas / Plantas + animales. Además de la densidad (D) de enlaces promedio de plantas y animales. D = número de interacciones/ el número de especies de plantas o animales respectivamente.

Para comprobar la robustez de la red ante la pérdida de especies, se simuló la extinción local de especies de plantas al ser removidas de la red y su consecuencia sobre las abejas al perder su fuente de alimentación. Se utilizaron dos diferentes algoritmos para remover especies del programa R, uno remueve especies al azar sin ser remplazadas, con 1,000 repeticiones para cada red, este algoritmo representa un modelo nulo para comparar con la eliminación sistemática, el segundo algoritmo elimina a las especies con más conexiones, que representa el peor de los escenarios en pérdida de especies. Esta

simulación asume una extinción en cascada y supone que las abejas no expanden sus dietas florales para salvarse de una extinción (Memmott *et al.*, 2004), se considera que una red de interacción es robusta, si resiste la pérdida de los nodos que la componen sin experimentar cambios importantes en su composición o estructura, la robustez (R) se estimó mediante el índice R_{50} , que indica la proporción de polinizadores o plantas que deben extinguirse para que el número de especies de plantas o polinizadores se reduzca a la mitad, varía entre 0 (mínima robustez) y 1 (máxima robustez) (Santamaría y Méndez, 2013). Finalmente se comparó la similitud de las interacciones entre las redes del BTC y el BP-E, mediante el índice de Jaccard previamente descrito, donde el número de especies presentes fue remplazado por la presencia de una conexión o interacción (Poisot *et al.*, 2012).

8 RESULTADOS

8.1 Inventario de abejas silvestres de Sierra de Quila

Se recolectaron 1,574 ejemplares agrupados en cinco familias, en 63 géneros y 200 especies (Cuadro 2). Apidae fue la familia mejor representadas en cuanto al número de especies con 81 y un 40,5% del total, seguido por Halictidae con 51 especies y un 25,5%, Megachilidae con 41 especies y un 20,5%, Andrenidae con 15 especies y un 7,5% y Colletidae con 12 especies y un 6%. De las cuatro localidades que se establecieron, la que presentó mayor riqueza de abejas fue el BTC a los 1400 m s.n.m. con 128 especies, seguido por BTC a los 1700 m s.n.m. con 102, BP-E a los 2150 m s.n.m. con 67 y finalmente BP-E a los 1800 m s.n.m. con 54 especies.

Se ataraparon con red aérea sobre las plantas en floración 1,437 ejemplares de 195 especies de abejas, al vuelo 38 ejemplares de 22 especies, con el método indirecto de las trampas de color 20 ejemplares de ocho especies, en sus nidos 16 ejemplares de seis especies y finalmente 63 ejemplares de dos especies de abejas de la tribu Euglossini en la trampa de caída con atrayentes químicos.

Los géneros con mayor riqueza específica fueron *Lasioglossum* con 29 especies, *Megachile* 16 especies y *Centris* con 8 especies, respectivamente. Cinco especies son altamente eusociales: *Plebeia cora*, *Partamona bilineata*, *Scaptotrigona hellwegeri*, *Trigona nigra* y *Trigona fulviventris*. Siete son eusociales primitivas: *Augochlorella neglectula*, *Augochlorella pomoniella*, *Bombus diligens*, *Bombus ephippiatus*, *Bombus steindachneri*, *Bombus weisi* y *Halictus ligatus*. El resto son solitarias, subsociales, parasociales o semisociales.

Cuadro 2. Riqueza y abundancia de las familias de abejas en la Sierra de Quila.

FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	EJEMPLARES
COLLETIDAE	5	12	72
ANDRENIDAE	5	15	106
HALICTIDAE	10	51	334
MEGACHILIDAE	15	41	301
APIDAE	28	81	761
TOTAL	63	200	1574

Se registraron 10 especies cleptoparasitas: *Coelioxys azteca*, *Coelioxys rufitarsis*, que atacan los nidos del género *Megachile*, *Hoplostelis bivittata* sobre abejas de la tribu Euglossini, *Sphcodes* sp. 1, que se recolectó en el nido de *Perdita* sp. 2, *Stelis costarisensis*, sobre *Megachile*, *Triepeolus* sp. 1, *Triepeolus* sp. 2, *Triepeolus* sp. 3, *Triepeolus* sp. 4 y *Triepeolus* sp. 5, que invaden nidos de la tribu Eucerini y de los géneros *Dieunomia*, *Protoxaea* y *Ptiloglossa*. Once especies tienen relación oligoléctica con la flora (Cuadro 3). Por otra parte fueron cinco las especies de abejas silvestres que visitaron un gran número de especies de plantas (Cuadro 4).

Cuadro 3. Abejas oligolécticas de la Sierra de Quila.

Especie	Familia de planta
<i>Diadasia</i> sp. 1	Cactaceae
<i>Diadasia</i> sp. 2	Cactaceae
<i>Lithurge apicalis</i>	Cactaceae
<i>Ancyloscelis apiformis</i>	Convolvulaceae
<i>Melitoma marginella</i>	Convolvulaceae
<i>Lasioglossum (Sphcodogastra)</i> sp. 1	Onagraceae
<i>Peponapis azteca</i>	Cucurbitaceae
<i>Peponapis uthaensis</i>	Cucurbitaceae
<i>Xenoglossa gabbii</i>	Cucurbitaceae
<i>Tetraloniella (Pectinapis) fasciata</i>	Lamiaceae
<i>Tetraloniella (Pectinapis) salviae</i>	Lamiaceae

Cuadro 4. Abejas que visitaron el mayor número de plantas.

Especie	Número de plantas
<i>Trigona fulviventris</i>	18
<i>Megachile gentilis</i>	16
<i>Bombus ephippiatus</i>	19
<i>Bombus steindachneri</i>	15
<i>Melissodes</i> sp. 2	13

Se registraron 134 especies de plantas pertenecientes a 39 familias (Apéndice A), que fueron visitadas por abejas, donde Asteraceae con 34 especies, Fabaceae con 27 especies y Lamiaceae con 15 especies, fueron las familias que mayor riqueza presentaron. Cinco especies de plantas fueron las visitadas por la mayor cantidad de especies de abejas (Cuadro 5).

Los meses donde se recolectó la mayor riqueza de antófilos fueron: octubre, noviembre y julio, que coinciden con la temporada lluviosa, mientras que los meses con menor número de especies fueron: enero, marzo y mayo, durante la temporada seca (Fig. 15). En octubre, noviembre, julio y abril fue donde se registró la mayor abundancia, por otra parte enero, febrero, marzo y mayo son los meses donde se recolectó el menor número de ejemplares (Fig. 17).

Cuadro 5. Plantas que fueron visitadas por un mayor número de especies de abejas.

Especie	Número de abejas
<i>Salvia polystachya</i>	47
<i>Dyssodia tagetiflora</i>	27
<i>Hyptis albida</i>	26
<i>Wigandia urens</i>	25
<i>Marina scopa</i>	18

En cuanto a la afinidad biogeográfica de los 63 géneros recolectados, se encontró un predominio de los elementos neotropicales, con un 47%; seguido por un 22% de los elementos neárticos; con un 14% para aquellos de amplia distribución (mundial); 6% de afinidad mesoamericana; 5% sonorenses; 3% anfitropicales y 3% endémicos de México (Cuadro 6).

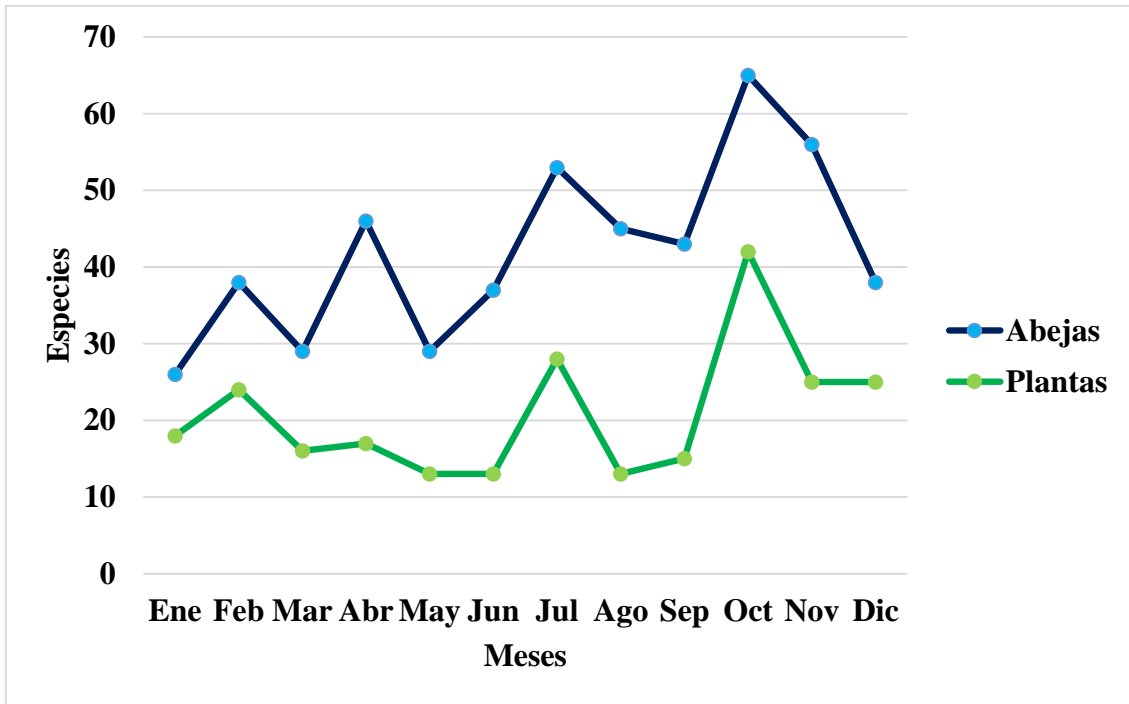


Fig. 16. Riqueza específica de abejas y plantas registradas por visita en la Sierra de Quila.

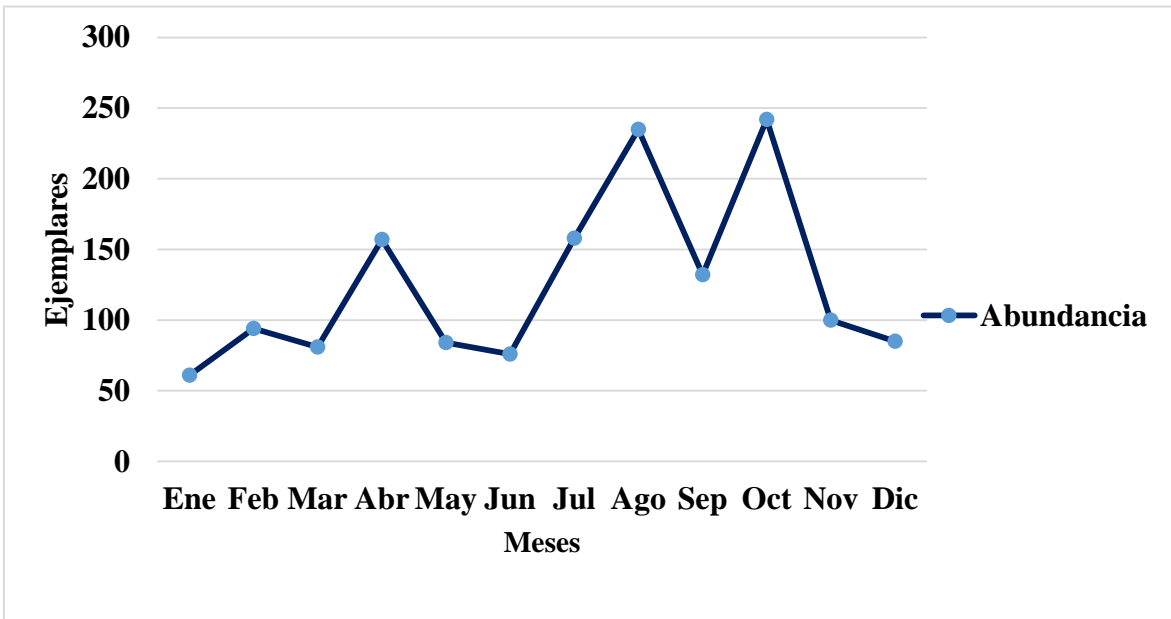


Fig. 17. Abundancia mensual de abejas de la Sierra de Quila.

Cuadro 6. Afinidades biogeográficas de los géneros de abejas silvestres de la Sierra de Quila, Jalisco.

Afinidad y Número de Géneros	Familia/Géneros
Neotropical (29)	<p>Colletidae: <i>Caupolicana, Chilicola, Hylaeus y Mydrosoma.</i></p> <p>Halictidae: <i>Augochlora, Augochlorella, Augochloropsis, Caenaugochlora, Pseudaugochloropsis y Habralictus</i></p> <p>Megachilidae: <i>Anthodioctes, Hoplostelis y Stelis</i></p> <p>Apidae: <i>Ancyloscelis, Anthophorula, Centris, Eufriesea, Euglossa, Eulaema, Exomalopsis, Melissodes, Monoeca, Partamona, Paratetrapedia, Plebeia, Scaptotrigona Tetrapedia, Thygater y Trigona</i></p>
Neártica (14)	<p>Colletidae: <i>Colletes</i></p> <p>Andrenidae: <i>Andrena y Perdita</i></p> <p>Halictidae: <i>Lasioglossum y Sphecodes</i></p> <p>Megachilidae: <i>Ashmeadiella, Dianthidium, Osmia, Paranthidium y Trachusa</i></p> <p>Apidae: <i>Anthophora, Bombus, Tetraloniella y Triepeolus</i></p>
Amplia Distribución Mundial (9)	<p>Halictidae: <i>Halictus</i></p> <p>Megachilidae: <i>Anthidiellun, Anthidium, Coelioxys, Heriades, Lithurge y Megachile</i></p> <p>Apidae: <i>Ceratina y Xylocopa</i></p>
Sonorense (3)	<p>Colletidae: <i>Calliopsis, Protandrena y Pseudpanurgus</i></p>
Mesoamericana (4)	<p>Halictidae: <i>Agapostemon</i></p> <p>Apidae: <i>Deltoptila, Peponapis y Xenoglossa</i></p>
Anfitropical (2)	<p>Apidae: <i>Diadasia y Melitoma</i></p>
Endémico de México (2)	<p>Halictidae: <i>Paragapostemon</i></p> <p>Megachilidae: <i>Aztecantidium</i></p>

8.1.2 CLAVE PARA LAS FAMILIAS DE ABEJAS DE LA SIERRA DE QUILA

- **1a)** Palpos labiales con los dos primeros artejos alargados y aplanados, los segmentos restantes pequeños y cortos (Fig. 18) **2**
- **b)** Palpos labiales con todos los artejos similares y ninguno aplanado (Fig. 19) **3**
- **2a(1)** Labro más largo que ancho (Fig. 20); alas con dos celdas submarginales (Fig. 21); hembras con escopas sobre los esternitos metasomales (excepto en especies cleptoparásitas) (Fig. 22) **Megachilidae**
- **b)** Labro más ancho que largo (Fig. 23); alas con dos o tres celdas submarginales (Fig. 24 y 25.); hembras con escopas presentes en la tibia y basitarso de las patas posteriores (Fig. 25) o la tibia modificada en una corbícula (Fig. 26) (excepto en especies cleptoparásitas) **Apidae**
- **3a(1)** Área subantenal con dos suturas subantenas (Fig. 27) **Andrenidae**
- **b)** Área subantenal con dos suturas subantenas (Fig. 23) **4**
- **4a(3)** Ápice de la glosa truncado o bífido, comúnmente la glosa más ancha que larga (Fig. 18); vena basal sólo ligeramente curva o casi recta (Fig. 24) **Colletidae**
- **b)** Ápice de la glosa agudo o redondeado; vena basal fuertemente arqueada (Fig. 28) **Halictidae**

CLAVE PARA LAS ESPECIES (POR FAMILIA) DE ABEJAS DE LA SIERRA DE QUILA

COLLETIDAE

- **1a)** Alas anteriores con dos celdas submarginales (Fig. 21); abejas pequeñas (menores a 0.05 cm), con cuerpo delgado y pubescencia inconspicua **2**
- **b)** Alas anteriores con tres celdas submarginales (Fig. 24); abejas grandes (mayores a 0.05 cm), robustas y con pubescencia abundante **5**
- **2a)** Espacio interantenal elevado fuertemente sobre las bases antenales; área facial con marcas amarillas (Fig. 29 y 30), al menos en el área paraocular; hembras sin escopas (*Hylaeus*) **3**
- **b)** Espacio interantenal no elevado sobre las bases antenales; área facial sin marcas amarillas; hembras con escopas en el fémur, tibia y S1 a S3 **Chilicola sp. 1**
- **3a)** Área supraclipear con una marca de color amarillo (Fig. 29) **4**

- **b)** Área supraclipear completamente negra (Fig. 30) *Hylaeus* sp. 1
- **4a)** Pronoto y escutelo amarillo *Hylaeus* sp. 4
- **b)** Pronoto y escutelo negro *Hylaeus* sp. 3
- **5a)** Segunda vena recurrente fuertemente arqueada (Fig. 31); glosa débilmente bilobulada (Fig. 19) (*Colletes*) 6
- **b)** Segunda vena recurrente casi recta (Fig. 23); glosa fuertemente bífida, con lóbulos más largos que anchos (Fig. 32) 12
- **6a)** Tórax con pubescencia rojiza *Colletes macconelli*
- **b)** Tórax con pubescencia variable pero no rojiza 7
- **7a)** Bandas de pubescencia del abdomen color amarillo 8
- **b)** Bandas de pubescencia del abdomen color blanco 9
- **8a)** Machos con los segmentos apicales de las antenas curvos; tibia de la propata ensanchada; hembras con el fémur de la propata y mesoepisternon con pubescencia negra *Colletes recurvatus*
- **b)** Machos con los segmentos apicales de las antenas rectos; tibia de la propata sin modificar; hembras con el fémur de la propata y mesoepisternon con pubescencia blanca *Colletes* sp. 1
- **9a)** Tibia y basitarso de la para posterior solo con pubescencia blanca 10
- **b)** Tibia y basitarso de la para posterior con pubescencia blanca entremezclada con negra 11
- **10a)** Pubescencia del tórax corta, similar en tamaño al diámetro del ocelo; parte apical del clípeo sin una carena longitudinal *Colletes* sp. 6
- **b)** Pubescencia del tórax larga, por lo menos dos veces el diámetro del ocelo; parte apical del clípeo con una carena longitudinal *Colletes* sp. 2
- **11a)** Pubescencia del tórax blanca; tégulas color pardo rojizo *Colletes* sp. 3
- **b)** Pubescencia del tórax blanca entremezclada con negro; tégulas negras
..... *Colletes* sp. 7
- **12a)** Primer flagelomero mayor a los siguientes artejos (Fig. 34) *Caupolicana clypeata*
- **b)** Primer flagelomero similar o más cortos que los siguientes (Fig. 35) ...
..... *Mydrosoma bohartorum*

ANDRENIDAE

- **1a)** Ápice de la celda marginal agudo (Fig. 24 y 28); escopa bien desarrollada en el trocánter y fémur posterior; hembras con fóveas faciales anchas cubiertas por sedas muy pequeñas (*Andrena*) **2**
- **b)** Ápice de la celda marginal truncado (Fig. 35); escopa desarrollada principalmente en la tibia posterior; hembra con fóveas faciales angostas y sin sedas **4**
- **2a)** Metasoma con tonos pardo rojizos **3**
- **b)** Metasoma completamente negro *Andrena* sp. **1**
- **3a)** Metasoma completamente rojizo; alas hialinas *Andrena* sp. **3**
- **b)** Metasoma con los terguitos del I-IV con color negro en la parte basal; Alas con el borde apical con pigmentación oscura *Andrena* sp. **2**
- **4a)** Esternito VI de la hembra sin una banda de sedas definida; esternito V del macho sin proyecciones apicales (Fig. 38) **7**
- **b)** Esternito VI de la hembra con una banda de sedas definida (Fig. 36); esternito V del macho con proyecciones apicales (Fig. 37) (*Calliopsis*) **5**
- **5a)** Alas con el borde apical con pigmentación oscura *Calliopsis rodhophila*
- **b)** Alas hialinas **6**
- **6a)** Escapo del macho con tonos amarillos; Clípeo de la hembra en la parte media con una mancha amarilla longitudinal, márgenes del clípeo negro *Calliopsis hondurasica*
- **b)** Escapo del macho negro; Clípeo de la hembra con los márgenes amarillos ...
..... *Calliopsis* sp. **1**
- **7a)** Celda marginal corta, más corta que la distancia de su ápice al ápice del ala (Fig. 35) (*Perdita*) **8**
- **b)** Celda marginal similar en longitud a la distancia de su ápice al ápice del ala (Fig. 39) **9**
- **8a)** Metasoma con bandas amarillas *Perdita* sp. **1**
- **b)** Metasoma completamente negro *Perdita* sp. **2**
- **9a)** Coxa anterior de la hembra con una proyección espiniforme con pubescencia (Fig. 40); tibia posterior del macho con el margen posterior carenado (*Pseudopanurgus*) **10**

- **b)** Coxa anterior de la hembra sin proyección espiniforme (Fig. 41); tibia posterior del macho con el margen posterior dentado (Fig. 102) (*Protandrena*) 11
- **10a)** Puntuación del escudo y escutelo gruesa y separada, con espacios lisos entre la puntuación *Pseudopanurgus* sp. 2
- **b)** Puntuación del escudo y escutelo pequeña y junta, sin espacios entre la puntuación *Pseudopanurgus* sp. 1
- **11a)** Alas con dos celdas submarginales (Fig. 17) *Protandrena* sp. 1
- **b)** Alas con tres celdas submarginales (Fig. 20) 12
- **12a)** Metasoma con abundante pubescencia dorada *Protandrena* sp. 2
- **b)** Metasoma glabro o con escasa pubescencia blanca 13
- **13a)** Tórax subigual al ancho de la cabeza *Protandrena* sp. 3
- **b)** Tórax 1.5 veces más ancho que la cabeza *Protandrena* sp. 4

HALICTIDAE

- **1a)** Terguito V de la hembra con área media especializada con una profunda hendidura (Fig. 42); terguito VII del macho sin placa pigidial; primera vena recurrente cerca de la segunda transversa cubital o uniéndose a la tercera celda submarginal (Fig. 44) (**Augochlorini**) 2
- **b)** Terguito V de la hembra con área media especializada no hendida (Fig. 43); terguito VII del macho con placa pigidial (Fig. 81); primera vena recurrente uniéndose a la segunda celda submarginal (Fig. 45) o a la vena segunda transversa cubital (**Halictini**) 15
- **2a)** Tégula con ángulo interno posterior un poco proyectado (Fig. 46); placa basitibial de la hembra muy corta, apenas extendiéndose más allá del ápice del fémur; terguito I y II con una serie de sedas apicales *Augochloropsis metallica*
- **b)** Tégula con ángulo interno posterior suavemente redondeado (Fig. 47); placa basitibial de la hembra extendiéndose mucho más allá del ápice del femoral; tergitos sin una serie de sedas apicales 3
- **3a)** Hembras en la tibia posterior con el espolón interno aserrado, dientes, más anchos que largos, (Fig. 48) machos con el esternito IV sin áreas medias o apicales de sedas (Fig. 50) 4

- **b)** Hembras en la tibia posterior con el espolón interno pectinado, dientes más largos que anchos (Fig. 49); machos con el esternito IV con áreas conspicuas de sedas en la parte media o apical (Fig. 51) **12**
- **4a)** Lóbulo paraocular extendiéndose hacia abajo en el clípeo en ángulo agudo (Fig. 52) (*Augochlora*) **5**
- **b)** Lóbulo paraocular extendiéndose hacia abajo en el clípeo en ángulo obtuso o recto (Fig. 52) (*Augochlorella*) **11**
- **5a)** Metasoma negro con tonos metálicos débiles **6**
- **b)** Metasoma con tonos metálicos verde o azules fuertes **7**
- **6a)** Tórax azul metálico; abejas grandes (15mm o más) ... *Augochlora sidaefolia*
- **b)** Tórax verde metálico; abejas pequeñas (de 5 a 10mm) ... *Augochlora quiriquensis*
- **7a)** Cuerpo verde metálico **8**
- **b)** Cuerpo azul metálico **9**
- **8a)** Téglula sin iridiscencia metálica; hembra con el esternito I sin proyección espiniforme; machos con el margen apical del clípeo con una marca blanquecina y mandíbula pardo rojiza *Augochlora aurifera*
- **b)** Téglula con iridiscencia verde metálico; hembra con el esternito I con proyección espiniforme; machos con el margen apical del clípeo sin una marca blanquecina y mandíbula negra *Augochlora smaragdina*
- **9a)** Parte apical del clípeo con una marca blanquecina **10**
- **b)** Parte apical del clípeo sin una marca blanquecina *Augochlora* sp. **2**
- **10a)** Patas negras *Augochlora* sp. **1**
- **b)** Patas pardo ambarinas *Augochlora* sp. **3**
- **11a)** Cara superior del propodeo con estrías en la mitad anterior, el resto con integumento liso y brillante *Augochlorella pomoniella*
- **b)** Cara superior del propodeo con estrías que cubren casi toda la superficie ...
..... *Augochlorella neglectula*
- **12a)** Borde preoccipital redondeado, vértice elevado, formando un lomo transverso detrás de los ocelos; ojos casi labros (Fig. 53); machos con el flagélomero apical en forma de gancho (Fig. 55) *Pseudaugochlora graminea*
- **b)** Borde preoccipital usualmente carenado, vértice no elevado; ojos usualmente con pelos largos (Fig. 54); machos con el flagélomero apical sin modificar (Fig. 56) (*Caenaugochlora*) **13**

- 13a) Tórax con tonos metálicos cobrizos	<i>Caenaucochlora</i> sp. 2
- b) Tórax con tonos metálicos verdes	14
- 14a) Abdomen azul metálico	<i>Caenaugochlora</i> sp. 1
- b) Abdomen verde metálico	<i>Caenaugochlora</i> sp. 3
- 15a) Venas distales del ala anterior (tercera transversa cubital, frecuentemente segunda transversa cubital y segunda recurrente) más débiles que las otras venas (Fig. 28) (<i>Lasioglossum</i>)	16
- b) Venas distales del ala anterior fuertes (fig. 20)	42
- 16a) Cuerpo negro, sin brillos metálicos; metasoma con bandas de pubescencia ...	17
- b) Cuerpo con brillos metálicos débiles; metasoma usualmente sin bandas de pubescencia (<i>Lasioglossum</i> , <i>Dialictus</i>)	25
- 17a) Segunda vena trasversa cubital más fuerte que la tercera (Fig. 57) (<i>Lasioglossum</i> , <i>Lasioglossum</i>)	18
- b) Segunda vena transversa cubital similar a la tercera (Fig. 58)	22
- 18a) Acarinario ausente; tórax con débiles tonos metálicos; machos con una mancha amarilla en el clípeo	<i>Lasioglossum</i> (L.) <i>aequatum</i>
- b) Acarinario presente; tórax negro sin tonos metálicos; machos con el clípeo negro	19
- 19a) Tórax con abundante pubescencia rojiza	<i>Lasioglossum</i> (L.) <i>jubatum</i>
- b) Tórax con escasa pubescencia blanca o amarilla	20
- 20a) Cabeza corta, casi tan ancha como larga; parte dorsal del propodeo rugosa	<i>Lasioglossum</i> (L.) <i>desertum</i>
- b) Cabeza elongada, más larga que ancha; parte dorsal del propodeo lisa	21
- 21a) Cara dorsal del propodeo redondeada anteriormente	<i>Lasioglossum</i> (L.) <i>acarophyllum</i>
- b) Cara dorsal del propodeo con forma de “V”	<i>Lasioglossum</i> (L.) sp. 1
- 22a) Superficie posterior del propodeo encerrada por una conspicua carena	<i>Lasioglossum</i> (<i>Sphecodogastra</i>) sp. 1
- b) Superficie posterior del propodeo sin carena marginal conspicua	23
- 23.- Escudo con puntuación escasa, profunda, separada y con espacios lisos entre los puntos	24
- b) Escudo con abundante puntuación, poco profunda y sin espacio entre los puntos	<i>Lasioglossum</i> (E.) sp. 2

- 24a) Parte superior del propodeo rugosa	<i>Lasioglossum (E.)</i> sp. 3
- b) Parte superior del propodeo lisa	<i>Lasioglossum (E.)</i> sp. 4
- 25a) Abejas pequeñas (5 mm o menos)	32
- b) Abejas grandes (7-10 mm)	26
- 26a) Cuerpo sin tonos metálicos y abdomen negro con tonos ambarinos	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 4
- b) Cuerpo con tonos metálicos	27
- 27a) Patas de color ambarino	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 11
- b) Patas de color negro	28
- 28a) Tórax pulido y sin puntuación evidente	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 13
- b) Tórax con puntuación evidente	29
- 29a) Cabeza y tórax color bronce	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 9
- b) Cabeza y tórax color verde o azul metálico	30
- 30a) Pubescencia del tórax rojiza	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 1
- b) Pubescencia del tórax amarilla o blanca	31
- 31a) Pubescencia del tórax amarilla; triangulo propodeal rugoso; propodeo con abundante pubescencia amarilla	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 3
- b) Pubescencia del tórax blanca; triangulo propodeal con puntuación simple; propodeo labro	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 8
- 32a) Metasoma negro, sin tonos metálicos	33
- b) Metasoma verde metálico	34
- 33a) Esternitos metasomales narajnas	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 10
- b) Esternitos metasomales negros	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 2
- 34a) Escudo con puntuación profunda, con apariencia rugosa	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 5
- b) Escudo con puntuación simple	35
- 35a) Tégulas completamente negras	36
- b) Tégulas negras con el margen ambarino	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 6
- 36a) Propodeo estriado	37
- b) Propodeo sin estrías	43
- 37a) Patas ambarinas	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 20
- b) Patas negras	38
- 38a) Parte superior del propodeo sin estrías en la zona media	39

- b) Parte superior del propodeo con estrías en la zona media	40
- 39a) Pterostigma negro	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 7
- b) Pterostigma amabarino	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 19
- 40a) Parte superior del propodeo con estrías horizontales en la zona media	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 14
- b) Parte superior del propodeo con estrías verticales en la zona media	41
- 41a) Parte superior del propodeo redondeada apicalmente	42
- b) Parte superior del propodeo con una carena	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 12
- 42a) Parte superior del propodeo completamente estriado; sin una carena	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 17
- b) Parte superior del propodeo con solo la mitad basal estriada ...	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 18
- 43a) Antena con la parte basal del flagelo color amarillo ...	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 16
- b) Antena completamente negra	<i>Lasioglossum (D.)</i> sp. 15
- 42a) Propodeo fuertemente areolado, área basal usualmente con estrías separando grandes hoyuelos (Fig. 59); resto del tórax por lo común fuertemente punteado; cuerpo no metálico	<i>Sphecodes</i> sp. 1
- b) Propodeo variable pero no fuertemente areolado; escultura en general más débil; frecuentemente cuerpo débilmente metálico	43
- 44a) Terguitos metasomales del 1 al 4 con bandas de apicales de pelos claros; no metálicos o sólo débilmente; gena con una espina (Fig. 60)	<i>Halictus ligatus</i>
- b) Terguitos metasomales del 1 al 4 sin bandas o con bandas basales de pelos; coloración variable	45
- 45a) Ojos pilosos, con pelos erectos al menos tan largos como la mitad del ocelo medio (Fig. 54)	<i>Paragapostemon coelestinus</i>
- b) Ojos glabros o con pelos diminutos, cuyo largo es mucho menor que el diámetro del ocelo medio	46
- 46a) Superficie posterior del propodeo encerrada por una conspicua carena (Fig. 61); Metasoma del macho no peciolado (Fig. 62) (<i>Agapostemon</i>)	47
- b) Superficie posterior del propodeo sin carena marginal conspicua; Metasoma del macho peciolado (fig. 63)	<i>Habralictus tradux</i>
- 47a) Machos	48
- b) Hembras	50

- **48a)** Clípeo conspicuamente cóncavo ventralmente más de tres veces ancho que largo *Agapostemon nasutus*
- **b)** Clípeo sin modificaciones, poco más largo que ancho **49**
- **49a)** Fémur posterior con un conspicuo diente *Agapostemon texanus*
- **b)** Fémur posterior sin diente *Agapostemon lenculus*
- **50a)** Cuerpo completamente metálico *Agapostemon texanus*
- **b)** Metasoma no metálico **51**
- **51a)** Lóbulo posterior del pronoto con el ápice metálico *Agapostemon lenculus*
- **b)** Lóbulo posterior del pronoto con el ápice con una marca amarilla ... *Agapostemon nasutus*

MEGACHILIDAE

- **1a)** Placa pigidial presente, en las hembras representada por una espina (Fig. 64) y superficie externa de las tibias con numerosas espículas gruesas carentes de pelos o setas (Fig. 65) *Lithurgus apicalis*
- **b)** Placa pigidial ausente y superficie externa de las tibias de las hembras sin espículas **2**
- **2a)** Tegumento del tórax y/o metasoma con manchas amarillas o blancas (raramente rojas) o raramente rojo con manchas negras o amarillentas; tergos del metasoma comúnmente sin bandas apicales de pelos claros (**Anthidiini**) **3**
- **b)** Tegumento del tórax y metasoma sin manchas, cuerpo entero negro o metálico o sólo el metasoma rojo; tergos del metasoma frecuentemente con bandas apicales de pelos claros **21**
- **3a)** Tibia media con dos espinas apicales externas (Fig. 66); escopa de la hembra ausente; base del propodeo con una zona subhorizontal delimitada por una carena y dividida en una serie de hoyuelos (Fig. 67) *Stelis costaricensis*
- **b)** Tibia media con una espina apical o sin espina distinguible; escopa de la hembra usualmente presente, sobre los esternos del metasoma (Fig. 22); base del propodeo vertical o inclinada, sin series de hoyuelos **4**
- **4a)** Margen anterior del escudo abruptamente en declive, empinado o vertical, contrastando con las superficie dorsal; carena preoccipital fuerte; mandíbula de la hembra con una muesca preapical grande (Fig. 68); terguito siete del macho trilobulado, lóbulo medio pequeño, los laterales anchos (*Dianthidium*) **5**

- **b)** Extremo anterior del escudo sin carena transversa; carena preoccipital ausente; mandíbula de la hembra con cuatro dientes bien separados (Fig. 69); terguito siete del macho anchamete redondeado (Fig. 76) o bilobulado (Fig. 77) **7**
- **5a)** Cuerpo rojizo con marcas negras *Dianthidium macrurum*
- **b)** Cuerpo negro con manchas amarillas **6**
- **6a)** Tégulas, axila y escutelo con manchas amarillas *Dianthidium aff. platyurum*
- **b)** Tégulas, axilas y escutelo negros *Dianthidium sp.* **3**
- **7a)** Arolios ausentes (Fig. 70) (*Anthidium*) **8**
- **b)** Arolios presentes (Fig. 71) **10**
- **8a)** Metasoma sin bandas amarillas; abejas grandes (más de 2 cm) ... *Anthidium rodriguezi*
- **b)** Metasoma con bandas amarillas; abejas medianas (menos de 1.5 cm) **9**
- **9a)** Escudo con manchas amarillas longitudinales en el borde lateral; Tégula con una mancha amarilla; Axilas con manchas amarillas *Anthidium maculifrons*
- **b)** Escudo sin manchas amarillas; Tégulas negras; Axilas negras ... *Anthidium parkeri*
- **10a)** Escopa de la hembra ausente; S3 del macho con una franja de largos pelos curvos hacia el medio (Fig. 68) *Hoplostelis bivittata*
- **b)** Escopa de la hembra presente (Fig. 18); S3 del macho sin franja o con una franja de pelos cortos no curvados hacia el medio **11**
- **11a)** Suturas subantennales distintivamente arqueadas (Fig. 73); escudelo sobresaliendo por encima del metanoto y propodeo en forma de lámina ancha, delgada y trunca (*Anthidiellum*) **12**
- **b)** Suturas subantennales usualmente no fuertemente arqueadas (Fig. 23); escudelo redondeado o raramente bilobulado, a veces no sobresaliendo por encima del metanoto y propodeo **15**
- **12a)** Con marcas amarillas en el área supraclípeal **13**
- **b)** Sin marcas amarillas en el área supraclípeal **14**
- **13a)** Área supraclípeal completamente amarilla *Anthidiellum azteca*
- **b)** Área supraclípeal con el contorno en forma de “W” *Anthidiellum xilitense*
- **14a)** Machos con el terguito apical bilobulado *Anthidiellum toltecum*
- **b)** Machos sin el terguito apical sin lobulos *Anthidiellum apicale*

- **15a)** Tibia anterior y media sin diente o espina apical externa, margen apical externo proyectándose en una lámina transversa, suavemente curva, basalmente la superficie es brillante y cóncava (Fig. 74) (*Paranthidium*) **16**
- **b)** Tibia anterior y media con un diente o espina apical **17**
- **16a)** Escudo negro con los bordes con manchas amarillas; escutelo con manchas apicales amarillas *Paranthidium jugatorium*
- **b)** Escudo y escutelo completamente negros *Paranthidium vespoides*
- **17a)** Escutelo con un par de foveas basales anchas *Anthodioctes gualanense*
- **b)** Escutelo sin foveas evidentes **18**
- **18a)** Metasoma con los terguitos apicales con dientes laterales robustos; T7 del macho bilobulado (Fig. 75) *Aztecantidium xochipillum*
- **b)** Metasoma con los terguitos apicales sin dientes laterales; T7 del macho redondeado (*Trachusa*) (Fig. 76) **19**
- **19a)** Cuerpo con escasa pubescencia; metasoma labro con bandas amarillas en el tegumento *Trachusa pectinata*
- **b)** Cuerpo con abundante pubescencia; metasoma cubierto de sedas **20**
- **20a)** Metasoma cubierto en su totalidad con pubescencia; hembras color negro con los T4-6 rojizos; machos color pardo rojizo y clípeo color amarillo *Trachusa mitchelli*
- **b)** Metasoma con bandas apicales amarillas de pubescencia; macho con el clípeo color negro *Trachusa nigrifaseis*
- **21a)** Arolios presentes (Fig. 71) (**Osmiini**) **22**
- **b)** Arolios ausentes (Fig. 70) (**Megachilini**) **26**
- **22a)** Propodeo con una banda transversa de hoyuelos (Fig. 67) (*Heriades*) **23**
- **b)** Propodeo sin una banda trasversa de hoyuelos **24**
- **23a)** Terguitos metasomales con tonos rojizos; parte basal del flagelómero ambarina *Heriades sp. 2*
- **b)** Terguitos metasomales negros; flegelómero completamente negro *Heriades sp. 1*
- **24a)** Líneas parapsidiales puntiformes (Fig. 77); cuerpo verde metálico *Osmia alicae*

- **b)** Líneas parapsidiales con forma de línea (Fig. 78), alargadas; cuerpo no metálico (*Ashmeadiella*) 25
- **25a)** Bandas de pubescencia blanca del T1 al T4 *Ashmeadiella buconis*
- **b)** Bandas de pubescencias blancas del T1 al T3 *Asmeadiella opuntiae*
- **26a)** Metasoma cónico (Fig. 79); hembras sin escopa (*Coelioxys*) 27
- **b)** Metasoma oval o alargado con los lados paralelos (Fig. 80); hembras con escopa (*Megachile*) 28
- **27a)** Escutelo, axilas y mandíbulas pardo rojizas *Coelioxys azteca*
- **b)** Escutelo, axilas y mandíbulas negras *Coelioxys rufitarsis*
- **28a)** Hembras 29
- **b)** Machos 43
- **29a)** Hembras con el S6 con al menos la mitad posterior sin pubescencia, solo con una hilera subapical de sedas cortas, borde liso dirigido posteriormente 30
- **b)** Hembras con el S6 cubierto con sedas de la escopa, o si la pubescencia es escasa, entonces sin una franja apical sin pubescencia corta, o con el borde pulido dirigido hacia arriba o sin un borde distinguible 32
- **30a)** Mandíbula con el segundo interespacio distintivo, con borde de corte usualmente presente (*Moureapis*) *Megachile* sp. 1
- **b)** Mandíbula con el segundo interespacio reducido o ausente, sin borde de corte ...
..... 31
- **31a)** Mandíbula robusta, diente apical protuberante, más ancho que el resto de los dientes; gena usualmente más ancha que el ojo en vista lateral (*Acentron*) ...
..... *Megachile albitarsis*
- **b)** Mandíbula menos robusta, diente apical no más ancho que el segundo o el tercero; gena usualmente más estrecha que el ojo compuesto (*Leptorachis*) *Megachile gentilis*
- **32a)** Mandíbula sin borde de corte entre los dientes, o solo con un borde incompleto entre el segundo interespacio; mandíbula con menos de cinco dientes, o si son cinco, entonces los dos superiores usualmente más próximos que el diente tres y cuatro ...
..... 33
- **b)** Mandíbula con bordes de corte entre los dientes, si solo el segundo interespacio presenta borde de corte, entonces es completo o mandíbulas claramente de cinco

- dientes, con los dientes cuatro y cinco aproximadamente tan separados como el tres y cuatro 35
- **34a)** Mandíbula con el borde incompleto de corte en el segundo interespacio y sin borde de corte en el resto de los interespacios (*Sayapis*) 39
 - **b)** Mandíbula sin bordes de corte (*Chelostomoides*) 40
 - **35a)** S6 con el borde apical dirigido hacia arriba (*Argyropile*) 42
 - **b)** S6 sin borde apical, o si está presente, está dirigido posteriormente y usualmente es inconspicuo 36
 - **36a)** Esternitos metasomales con fascias apicales, completas de sedas blancas bajo la escopa (*Eutricharaea*) *Megachile concinna*
 - **b)** Esternitos metasomales sin fascias de sedas blancas o bien ampliamente interrumpidas en la parte media 37
 - **37a)** Mandíbulas con cuatro dientes, el superior agudo o con un ángulo recto 38
 - **b)** Mandíbula con cinco dientes, si son cuatro, entonces el diente superior redondeado, truncado o inciso aproximándose a la condición de cinco dientes (*Cressoniella*) ...
..... *Megachile zapoteca*
 - **38a)** Metasoma ampliamente cónico, T3 más estrecho que el T1 y T2 ...
(*Tylomegachile*) *Megachile sp. 1*
 - **b)** Metasoma ovoide, T3 tan ancho como el T1 (*Litomegachile*) *Megachile gentilis*
 - **39a)** Clípeo con pubescencia blanca entremezclada con sedas gruesas erectas color negro; tarsos de la propata negros *Megachile frugalis*
 - **b)** Clípeo con sedas blancas sencillas; tarsos de la propata pardo rojizos *Megachile mellitarsis*
 - **40a)** Clípeo protuberante con el borde apical levantado y liso *Megachile mannia aff.*
 - **b)** Clípeo ligeramente convexo borde apical denticulado o con tubérculos 41
 - **41a)** Borde apical del clípeo en la zona media con dos tubérculos separados por una profunda emarginación *Megachile subexilis*
 - **b)** Borde apical del clípeo con tubérculos pequeños y sin una emarginación
..... *Megachile exilis*
 - **42a)** Tórax con pubescencia blanca *Megachile paralella*
 - **b)** Tórax con pubescencia pardo rojiza *Megachile flavihirsuta*

- **43a)** S4 no expuesto o solo su margen posterior; tarsos de la pata posterior modificados, ensanchados y aplanados con abundante pubescencia blanca apresada (*Chelostomoides*) *Megachile reflexa*
- **b)** S4 expuesto; tarsos de la pata posterior sin modificar **44**
- **44a)** Mandíbula sin diente o proyección ventral (*Cressoniella*) *Megachile zapoteca*
- **b)** Mandíbula con un diente en el margen inferior (*Argyropile*) *Megachile flavihirsuta*

APIDAE

- **1a)** Placa pigidal ausente o algunas veces representada por una espina **2**
- **b)** Placa pigidal presente (Fig. 81) **29**
- **2a)** Tibia posterior sin espolones; alas anteriores con venación reducida (Fig. 82) (**Meliponini**) **3**
- **b)** Tibia posterior con dos espolones; alas anteriores con las venas fuertes y definidas (Fig. 86-90) **7**
- **3a)** Tibia posterior delgada, margen posterior con pelos plumosos (*Trigona*) **6**
- **b)** Tibia posterior más robusta, margen posterior sólo con pelos simples **4**
- **4a)** Tórax y cabeza lisos y brillantes, a veces puntuados pero los interespacios brillantes **5**
- **b)** Tórax y cabeza con superficie distintivamente opaca, con puntos densos, hoyuelos o teselada *Scaptotrigona hellwegeri*
- **5a)** Abdomen negro *Partamona bilineata*
- **b)** Abdomen rojizo *Plebeia cora aff.*
- **6a)** Abdomen negro *Trigona nigra*
- **b)** Abdomen rojizo *Trigona fulviventris*
- **7a)** Alas posteriores con lóbulo jugal (Fig. 83) (**Xylocopinae**) **8**
- **b)** Alas posteriores sin lóbulo jugal (Fig. 84) **20**
- **8a)** Estigma alar ausente (Fig. 86); abejas grandes y robustas; Basitarso posterior más largo que la tibia (*Xylocopa*) **9**
- **b)** Estigma alar presente (fig. 87); abejas pequeñas y delgadas; Basitarso posterior más pequeño que la tibia (*Ceratina*) **14**

- 9a) Abejas con tonos metálicos	10
- b) Abejas sin tonos metálicos	11
- 10a) Metasoma con tonos azul metálico	<i>Xylocopa loripes</i>
- b) Metasoma con tonos verde metálico	<i>Xylocopa muscaria</i>
- 11a) Metasoma con bandas de pubescencia	12
- b) Metasoma sin bandas de pubescencia	13
- 12a) Gena con pubescencia blanca	<i>Xylocopa tabaniformis</i>
- b) Gena con pubescencia negra	<i>Xylocopa azteca</i>
- 13a) Macho cubierto con pubescencia amarilla, tórax y abdomen con tegumento rojizo; hembras con alas con tonos metálicos	<i>Xylocopa mexicanorum</i>
- b) Machos con pubescencia negras, tórax y abdomen con tegumento negro; hembras con alas sin tonos metálicos	<i>Xylocopa guatemalaensis</i>
- 14a) Cabeza y tórax pulido sin puntuación evidente (<i>Ceratinula</i>)	15
- b) Cabeza y tórax con puntuación evidente	16
- 15a) Gena negra	<i>Ceratina arizoniensis</i>
- b) Gena con una mancha amarilla	<i>Ceratina</i> sp. 1
- 16a) Metasoma verde metálico intenso; abdomen rojo metálico	<i>Ceratina eximia</i>
- b) Metasoma negro o con tonos metálicos débiles; abdomen negro o con tonos cobrizos	17
- 17a) Cabeza negra sin tonos metálicos, con puntuación muy marcada ...	<i>Ceratina capitosa</i>
- b) Cabeza negra con tonos metálicos, con puntuación poco profunda	18
- 18a) Tórax azul metálico; fosas antenales sin puntuación	<i>Ceratina</i> sp. 2
- b) Tórax negro con brillos metálicos verdosos; fosas antenales con puntuación	19
- 19a) Área supraclípeal con marcas amarillas; T7 con una proyección larga y aplanada	<i>Ceratina</i> sp. 3
- b) Área supraclípeal sin marcas amarillas; T7 sin una proyección aplanada	<i>Ceratina</i> sp. 1
- 20a) Lóbulo jugal del ala posterior reemplazado por cerdas (Fig. 85); proboscis en reposo sobrepasando la base del metasoma; abejas con coloración verde metálica (<i>Euglossini</i>)	21

- b) Lóbulo jugal del ala posterior ausentesente (Fig. 83); proboscis en reposo usualmente no alcanzando la base del metasoma; abejas con coloración variable (**Bombini: *Bombus***) 25
- 21a) Área facial con manchas blanquecinas *Euglossa viridissima*
- b) Área facial sin manchas blanquecinas 22
- 22a) Área facial color negro con manchas amarillas (*Eulaema*) 23
- b) Área facial con tonos metálicos, sin manchas amarillas (*Eufriesea*) 24
- 23a) Abdomen con el T1 negro, resto de los terguitos amarillo dorado *Eulaema polychroma*
- b) Abdomen con el T1 amarillo, T2 negro, resto de los terguitos amarillo naranja ...
..... *Eulaema cingulata*
- 24a) Cuerpo completamente azul metálico *Eufriesea micheneri*
- b) Cuerpo con tonos metálicos, pero con la parte central posterior del escudo negra
..... *Eufriesea mussitans*
- 25a) Parte dorsal del escudo con pubescencia amarilla; metasoma con pubescencia negra y una banda amarilla en el T3 *Bombus steindachneri*
- b) Parte dorsal del escudo con pubescencia negra; metasoma de coloración variable
..... 27
- 26a) Metasoma y tórax con pubescencia negra en los costados; metasoma con pubescencia negra y una banda rojiza en los T4 y T5 *Bombus diligens*
- b) Metasoma y tórax con pubescencia clara en los costados: metasoma variable ... 27
- 27a) Metasoma con pubescencia amarilla y naranja rojiza en los costados; terguitos apicales con pubescencia negra *Bombus ephippiatus*
- b) Metasoma con pubescencia amarilla; terguitos apicales con pubescencia pardo rojiza *Bombus weisi*
- 28a) Abejas con apariencia similar a una avispa; cuerpo delgado y con pubescencia corta; hembras sin escopas, S6 con una hendidura ornamentada con sedas (**Nomadinae**) 29
- b) Abejas de cuerpo variable, usualmente robustas y con abundante pubescencia; hembras con escopas, S6 sin hendidura 34
- 29a) Escudo sin áreas de pubescencia escamosa en la parte central *Tripeolus sp. 5*
- b) Escudo sin áreas de pubescencia escamosa en la parte central 33

- **30a)** Patas rojizas; primer flagelómero rojizo, los demás negros; T2 con banda de pubescencia continua *Tripeolus* sp. 4
- **b)** Patas negras; flagelómero completamente negro; T2 con banda de pubescencia interrumpida 31
- **31a)** Abdomen con el T3 y T4 con banda de pubescencia ininterrumpida ...
..... *Tripeolus* sp. 1
- **b)** Abdomen con el T3 y T4 con banda de pubescencia interrumpida 32
- **32a)** Alas hialinas; abejas pequeñas (8 mm) *Tripeolus* sp. 3
- **b)** Alas infuscadas; abeja mediana (15 mm) *Tripeolus* sp. 2
- **33a)** Estigma pequeño, más pequeño que el prestigma; la vena r surge cerca del ápice del estigma; ápice del ala con numerosas papilas pubescentes parte basal con grandes áreas sin pubescencia 34
- **b)** Estigma alar grande, más largo que el prestigma; la vena r surge cerca de la mitad del estigma; alas usualmente pubescentes a todo su largo, ápice con escasas papilas 49
- **34a)** Primer celda submarginal más larga que la segunda (Fig. 88); escopa de la hembra compuesta principalmente de sedas simples (**Anthophorini**) 35
- **b)** Primer celda submarginal más pequeña que la segunda (Fig. 89); escopa de la hembra compuesta principalmente por sedas compuestas (**Centridini**) 41
- **35a)** Primera vena recurrente terminando cerca de la mitad de la segunda celda submarginal (Fig. 90) (*Anthophora*) 36
- **b)** Primera vena recurrente terminando cerca del ápice de la segunda celda submarginal (Fig. 91) (*Deltoptila*) 38
- **36a)** Metasoma sin bandas evidentes *Anthophora squamulosa*
- **b)** Metasoma con bandas de color blanco 37
- **37a)** Bandas apicales del metasoma formadas por pubescencia; basitarso posterior del macho sin modificar *Anthophora capistrata*
- **b)** Bandas apicales del metasoma formadas por manchas blancas en el tegumento; basitarso posterior del macho modificado con una proyección espiniforme ...
..... *Anthophora californica*
- **38a)** Tórax con abundante pubescencia blanca entremezclada con negro ... *Deltoptila montezuma*
- **b)** Tórax con abundante pubescencia rojiza 39

-	39a) Terguitos metasomales rojizos	<i>Deltoptila sp.</i>	2
-	b) Terguitos metasomales negros		40
-	40a) Metasoma cubierto completamente con pubescencia rojiza	<i>Deltoptila sp.</i>	4
-	b) Metasoma solo con pubescencia parda en la mitad apical de los tergitos	<i>Deltoptila sp.</i>	3
-	41a) Celda marginal más larga que la distancia de su ápice al ápice del ala (Fig. 92); con setas largas naciendo del borde occipital detrás del ojo	<i>Epicharis elegans</i>	
-	b) Celda marginal más corta que la distancia de su ápice al ápice del ala; setas largas del borde occipital ausentes (<i>Centris</i>)		42
-	42a) Pubescencia del tórax negras		43
-	b) Pubescencia del tórax blanca		45
-	43a) Tibia y basitarso posterior con pubescencia amarilla	<i>Centris agilis</i>	
-	b) Tibia y basitarso posterior con pubescencia negra		45
-	44a) Mandíbula con cuatro dientes; machos con el clípeo amarillo	<i>Centris nigrocaerulea</i>	
-	b) Mandíbula con tres dientes; machos con el clípeo negro	<i>Centris aterrima</i>	
-	45a) Terguitos metasomales negros con bandas amarillas	<i>Centris aethycera</i>	
-	b) Terguitos metasomales sin bandas de coloración		46
-	46a) Metasoma con tonos débiles azul metálico o color café rojizo	<i>Centris variabilis</i>	
-	b) Metasoma negro sin tonos metálicos		47
-	47a) Metasoma con los dos últimos tergitos apicales con pubescencia blanca		48
-	b) Metasoma con los dos últimos tergitos apicales con pubescencia negra ...	<i>Centris mexicana</i>	
-	48a) Abdomen con el T5 con pubescencia blanca	<i>Centris transversa</i>	
-	b) Abdomen con el T5 con pubescencia café a negra	<i>Centris nitida</i>	
-	49a) Celda marginal separada del margen costal en la mayor parte de su longitud (<i>Tetrapediini</i>)	<i>Tetrapedia maura</i>	
-	b) Celda marginal unida al margen costal en la mayor parte de su longitud		50
-	50a) Estigma tres o más veces tan largo como el prestigma (Fig. 87)		51
-	b) Estigma menos de tres veces tan largo como el prestigma (Fig. 91)		62
-	51a) Escopa compuesta principalmente de sedas plumosas; metasoma usualmente con bandas de sedas (<i>Exomalopsini</i>)		52

- **b)** Escopa compuesta principalmente de sedas simples; metasoma sin bandas de pubescencia (**Tapinotaspini**) **60**
- **52a)** Labro y clípeo de los machos amarillo o blanco; carina transversa del T1 de las hembras ausente, placa basitibial pequeña *Anthophorula serrata*
- **b)** Labro y clípeo de los machos de color negro; carina transversal del T1 de las hembras presente, placa basitibial grande (*Exomalopsis*) **53**
- **53a)** Tórax con pubescencia negra **54**
- **b)** Tórax con pubescencia parda, rojiza o blanca **55**
- **54a)** Metasoma con tonos débiles metálicos azules; apice del metasoma con pubescencia rojiza *Exomalopsis* sp. 4
- **b)** Metasoma negro sin tonos metálicos; apice del metasoma con pubescencia negra *Exomalopsis* sp. 1
- **55a)** Terguitos metasomales rojizos *Exomalopsis* sp. 3
- **b)** Terguitos metasomales negros **56**
- **56a)** Pubescencia del tórax blanca **58**
- **b)** Pubescencia del tórax rojiza o amarilla **59**
- **58a)** Escopas con pubescencia blanca *Exomalopsis* sp. 5
- **b)** Escopas con pubescencia negra *Exomalopsis similis moesta*
- **59a)** Tórax con pubescencia rojiza *Exomalopsis* sp. 2
- **b)** Tórax con pubescencia pardo amarilla *Exomalopsis similis arida*
- **60a)** Basitarso anterior con un peine en el margen interno *Moneca mexicana*
- **b)** Basitarso anterior con un peine en el margen externo (Fig. 91) (*Paratetrapedia*) ...
..... **61**
- **61a)** Metasoma negro *Paratetrapedia moesta*
- **b)** Metasoma rojizo *Paratetrapedia pigmea*
- **62a)** Machos con antenas largas, alcanzan al menos la base del metasoma; basitarso posterior de la hembra con un cepillo ancho, denso, extendiéndose más allá de la base del segundo segmento tarsal (Fig. 93) (**Eucerini**) **63**
- **b)** Machos con antenas cortas, alcanzan solo el escudo; basitarso posterior de la hembra sin cepillo apical (**Emphorini**) **77**
- **63a)** S2 de las hembras con un grádulo débilmente biconvexo; machos con placa pigidial reducida o ausente, T7 bidentado apicalmente, con el clípeo de color negro y labro amarillo o blanquecino *Thygater montezuma*

- **b)** S2 de las hembras con el grádulo fuertemente biconvexo; machos con placa pigidial prominente, terguito 7 sin dientes, clípeo con manchas o totalmente de color claro y labro amarillo o blanquecino **64**
- **64a)** Margen interno de la mandíbula con diente cerca de la base (Fig. 93) ...
..... *Xenoglossa gabbi*
- **b)** Margen interno de la mandíbula sin diente basal **65**
- **65a)** Clípeo fuertemente protuberante (Fig. 95); hembras con el basitarso posterior con pelos ralos en la superficie interna exepcto por una banda angosta de pelos densos cerca del margen posterior (*Peponapis*) **66**
- **b)** Clípeo poco o moderadamente protuberante (Fig. 96); hembras con el basitarso posterior con pelos en la superficie interna uniformemente densos **67**
- **66a)** Machos con los segmentos apicales del flagelo fuertemente crenulados, segmento apical del flagelo curvo; T1 de la hembra con con pubescencia pálida
Peponapis utahensis
- **b)** Machos con los segmentos apicales del flagelo subcilindricos, segmento apical del flagelo recto; T1 de la hembra con pubescencia oscura *Peponapis azteca*
- **67a)** Tégula con el margen anterior angosto (Fig. 97) (*Melissodes*) **68**
- **b)** Tégula con el margen anterior convexo (Fig. 98) (*Tetraloniella*) **72**
- **68a)** Tórax con pubescencia negra *Melissodes morilli*
- **b)** Tórax con pubescencia parda o rojiza **69**
- **69a)** Labro y clípeo negro; flagelo completamente negro *Melissodes sp. 1*
- **b)** Labro y clípeo con manchas amarillas; flagelo del macho con tonos rojizos en la parte basal **70**
- **70a)** Labro negro *Melissodes sp. 2*
- **b)** Labro amarillo **71**
- **71a)** Clípeo negro con el borde apical amarillo, mandíbulas rojizas sin marcas amarillas *Melissodes sp. 3*
- **b)** Clípeo amarillo con dos manchas pequeñas negras, mandíbulas con una mancha amarilla en la parte basal *Melissodes tepaneca*
- **72a)** Bandas del metasoma con pubescencia dorado o amarilla **73**
- **b)** Bandas del metasoma con pubescencia blanca **74**
- **73a)** Clípeo con sedas curvas; área supraclípeal con un cepillo de sedas gruesas ...
..... *Tetraloniella fasciata*

- **b)** Clípeo con sedas rectas; área supraclípeal sin sedas modificadas *Tetraloniella balluca*
- **74a)** Tórax con pubescencia rojiza *Tetraloniella pomonae*
- **b)** Tórax con pubescencia variable **75**
- **75a)** Hembras con sedas curvas en el clípeo; machos con el lóbulo posterior del pronoto y parte superior del mesopleuron con sedas negras *Tetraloniella salviae*
- **b)** Hembras con sedas recyas en el clípeo; machos con el lóbulo posterior del pronoto y parte superior del mesopleuron con sedas blancas **76**
- **76a)** Clípeo negro *Tetraloniella donata*
- **b)** Clípeo amarillo *Tetraloniella cressoniana*
- **77a)** Ala posterior con la vena cu-v más corta que la M+Cu (Fig. 100); tibias posteriores del mancho ensanchadas (Fig. 101) *Ancyloscelis apiformis*
- **b)** Ala posterior con la vena cu-v similar a la M+Cu (Fig. 101); tibias posteriores del mancho no ensanchadas **78**
- **78a)** Proboscis en reposo alcanza la base del metasoma *Melitoma marginella*
- **b)** Proboscis en reposo usualmente no sobrepasa la coxa anterior (*Diadasia*) **79**
- **79a)** Metasoma con bandas blancas de pubescencia evidente; tibia y tarsos rojizos ...
..... *Diadasia* sp. **2**
- **b)** Metasoma cubierto con pubescencia parda uniforme sin bandas evidentes; tibia y tarsos negros *Diadasia* sp. **1**

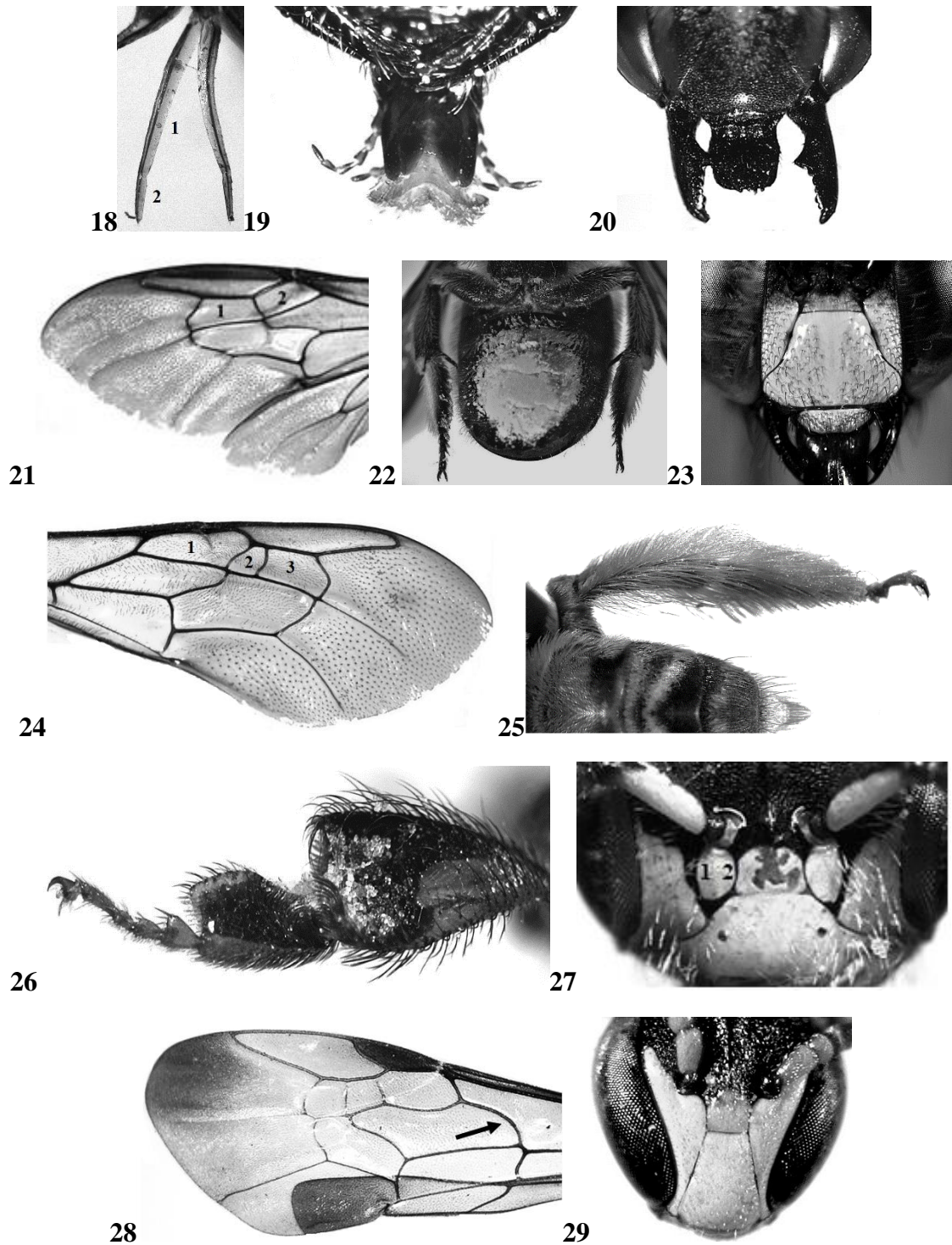


Fig. 18 Aparato bucal de Apidae (*Centris*) **19** Aparato bucal Colletidae (*Colletes*) **20** Cabeza de *Megachile* **21** Ala de *Anthidium rodriguezi* **22** Metasoma de *Megachile* **23** Cabeza de *Xylocopa guatemalaensis* **24** Ala de *Caupolicana clypeata* **25** Escopa de *Melissodes tepaneca* **26** Corbícula de *Scaptotrigona hellwegeri* **27** Cabeza de *Perdita* sp. 1 **28** Ala de *Lasioglossum* **29** Cabeza de *Hylaeus*

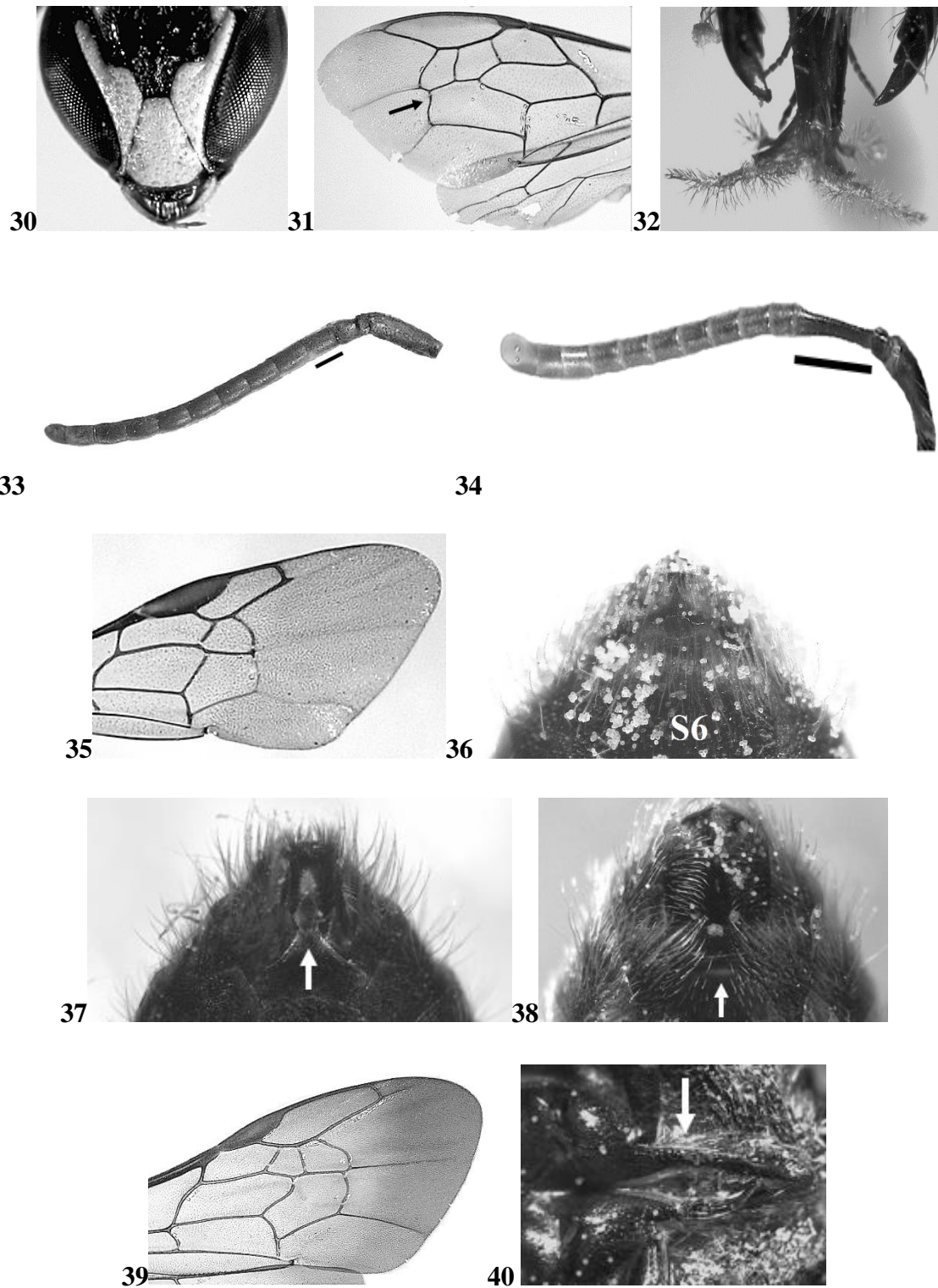


Fig. 30 Cabeza de *Hylaeus* **31** Ala de *Colletes* **32** Aparato bucal de *Caupolicana* **33** Antena de *Mydrosoma* **34** Antena de *Caupolicana* **35** Ala de *Perdita* **36** Metasoma de *Calliopsis* **37** S5 de *Calliopsis* **38** S5 de *Pseudopanurgus* **39** Ala de *Pseudopanurgus* **40** Coxa de *Pseudopanurgus*

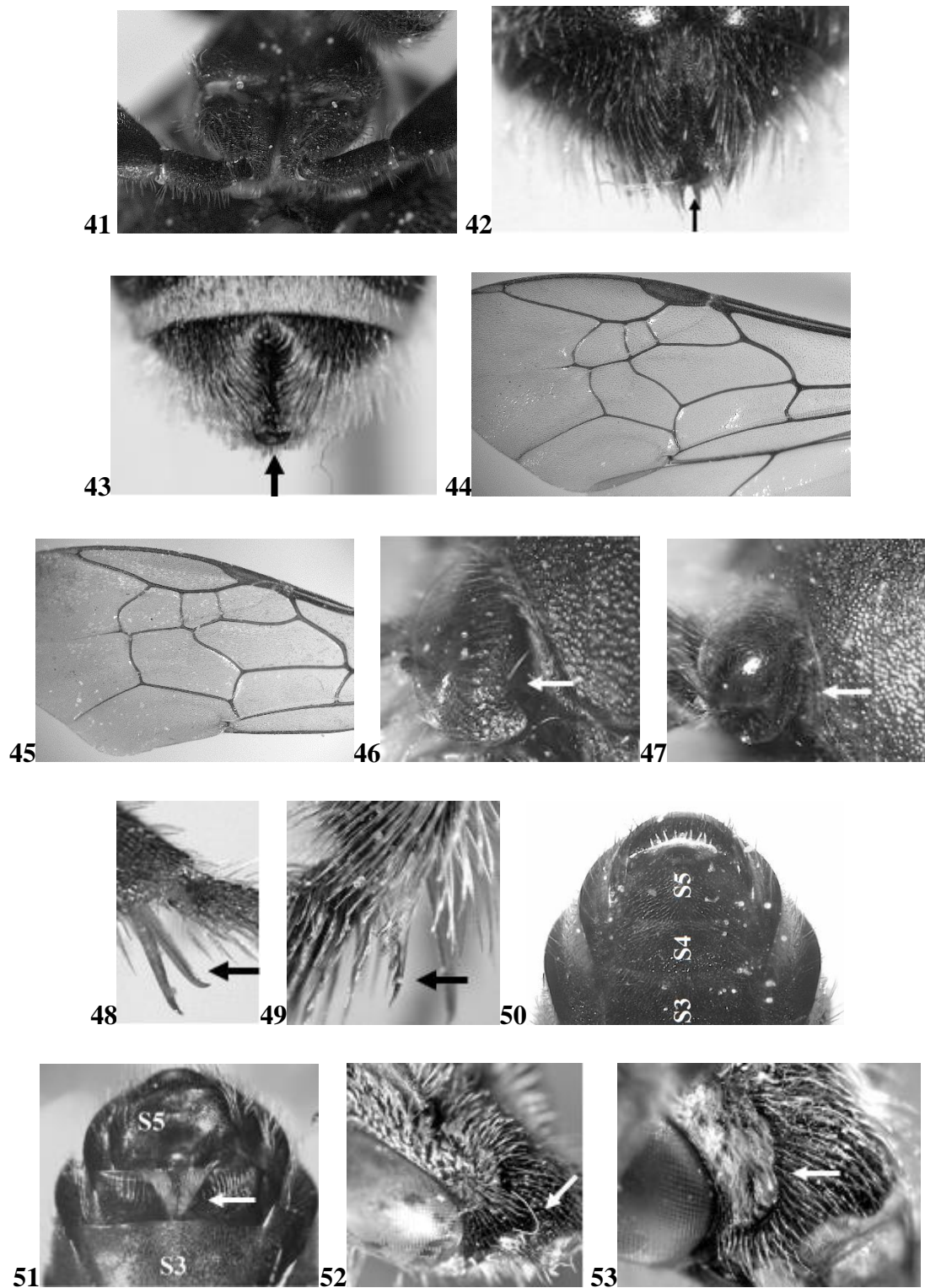


Fig. 41 Coxa de *Protandrena* **42** T5 hembra de *Augochlora* **43** T5 hembra de *Halictus*
44 Ala de *Augochloropsis* **45** Ala de *Paragapostemon* **46** Tégula de *Augochlororopsis*
47 Tégula de *Caenaugochlora* **48** Espolones de *Augochlorella* **49** Espolón de
Pseudaugochlora **50** Abdomen de *Augochlora* **51** Abdomen de *Pseudaugochlora*
52 Cabeza de *Augochlora* **53** Cabeza de *Pseudaugochlora*

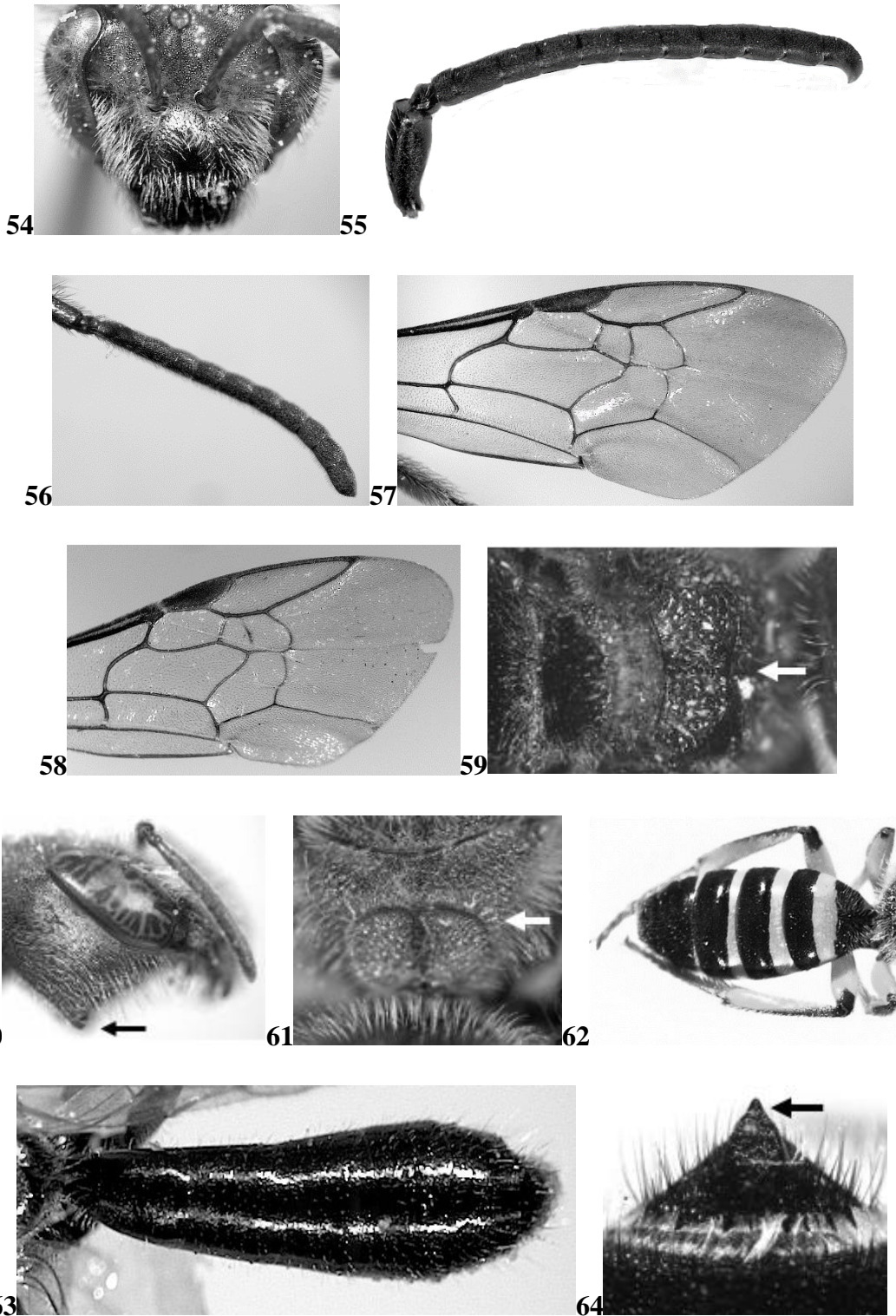


Fig. 54 Cabeza de *Paragapostemon* **55** Antena de *Pseudaugochlora* **56** Antena de *Caenaugochlora* **57** Ala de *Lasioglossum* (*Lasioglossum*) **58** Ala de *Lasioglossum* (*Evylaeus*) **59** Propodeo de *Sphecodes* **60** Cabeza de *Halictus* **61** Propodeo de *Agapostemon* **62** Abdomen de *Agapostemon* **63** Abdomen de *Habralictus* **64** Placa pigdial de *Lithurge*

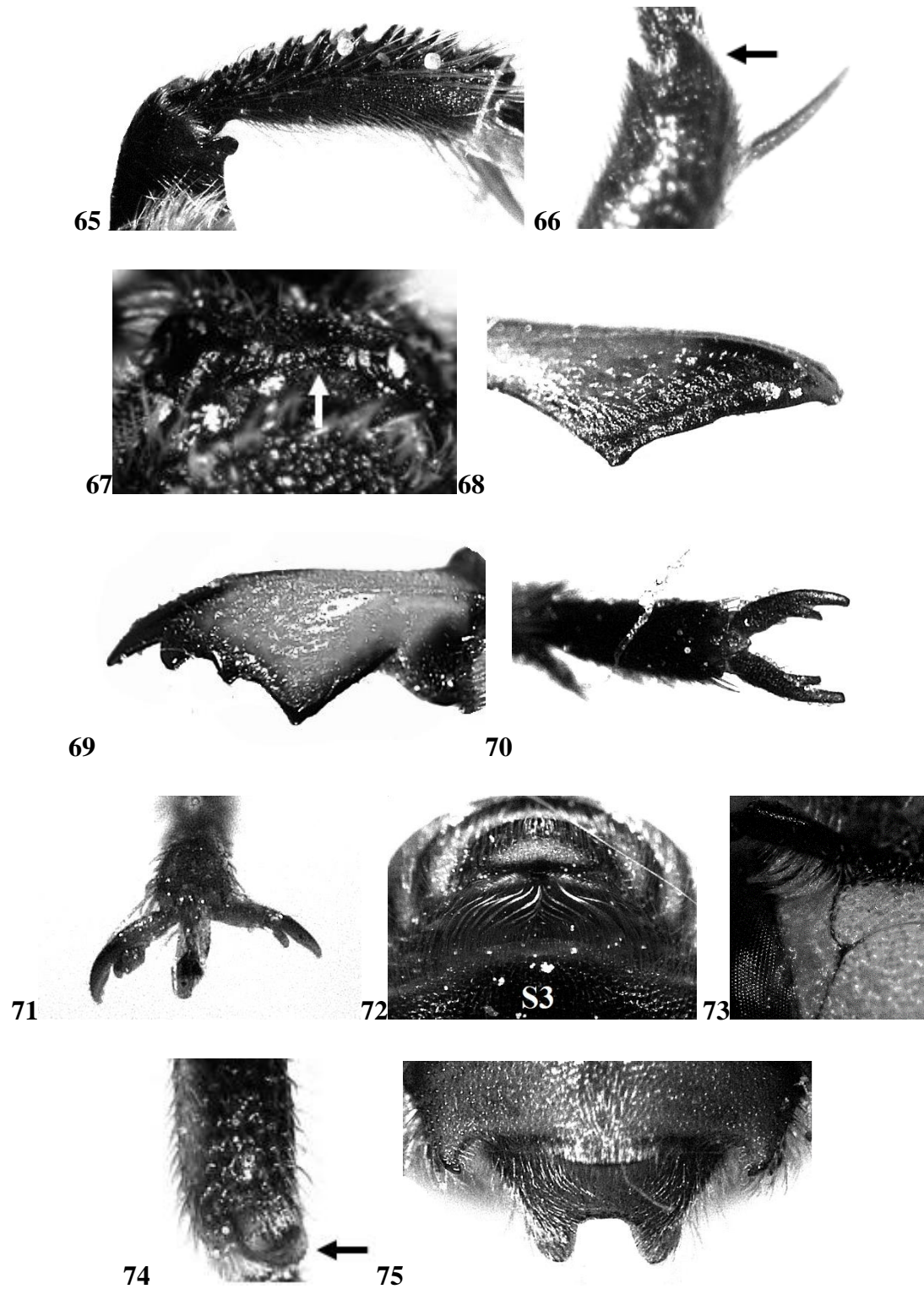


Fig. 65 Tibia de *Lithurge* **66** Tibia de *Stelis* **67** Propodeo de *Stelis* **68** Mandíbula de *Anthidium* **69** Mandíbula de *Aztecantidium* **70** Tarso de *Megachile* **71** Tarso de *Diadasa* **72** Abdomen de *Stelis* **73** Cabeza de *Anthidiellum* **74** Tibia de *Paranthidium* **75** T7 de *Aztecantidium*

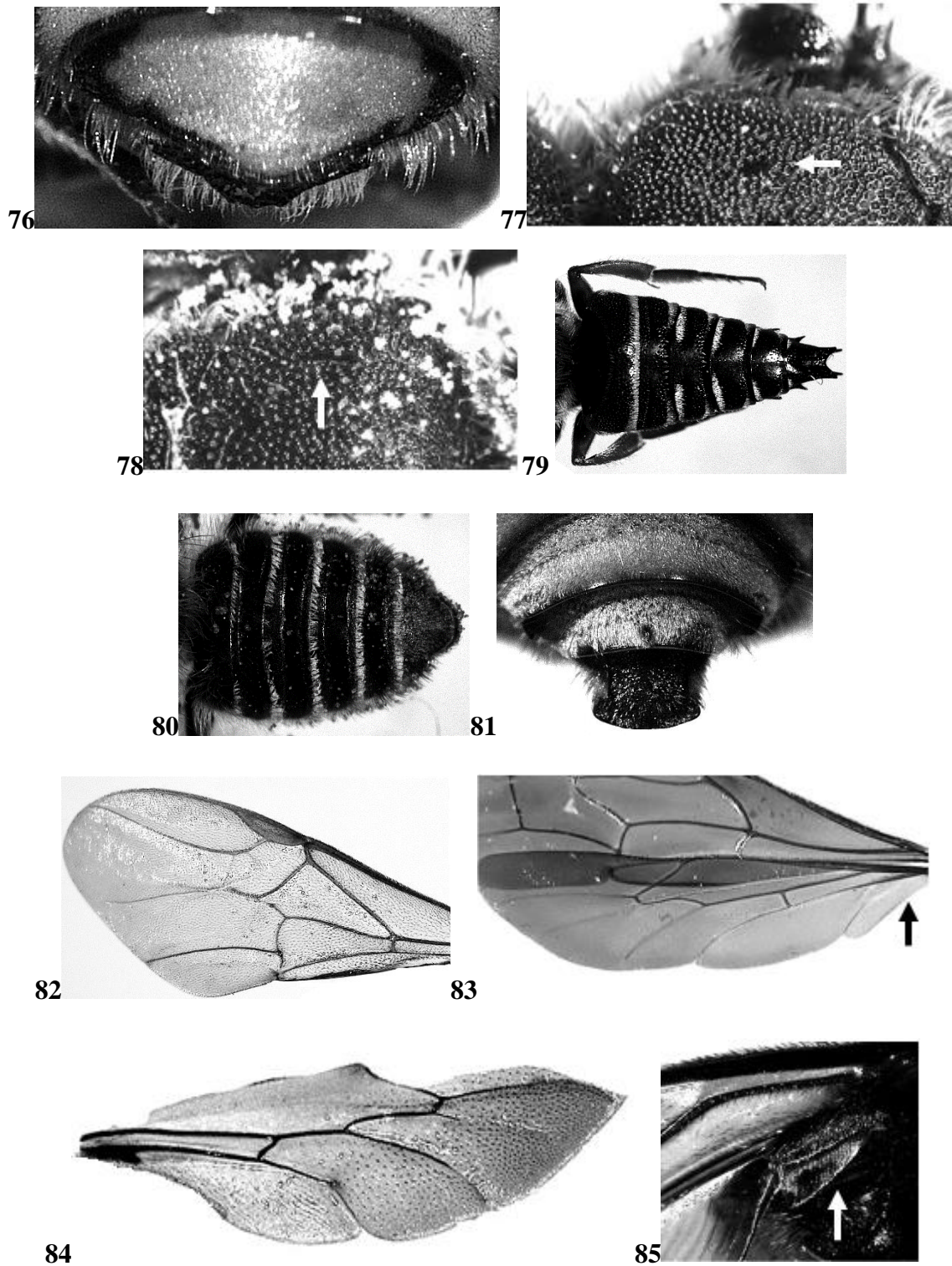


Fig. 76 T7 de *Trachusa* **77** Tórax de *Osmia* **78** Tórax de *Ashmeadiella* **79** Tórax de *Coelioxys* **80** Tórax de *Megachile* **81** Placa pigidial de *Xenoglossa* **82** Ala de *Trigona* **83** Alas de *Ceratina* **84** Ala posterior de *Melissodes* **85** Ala posterior de *Eulaema*

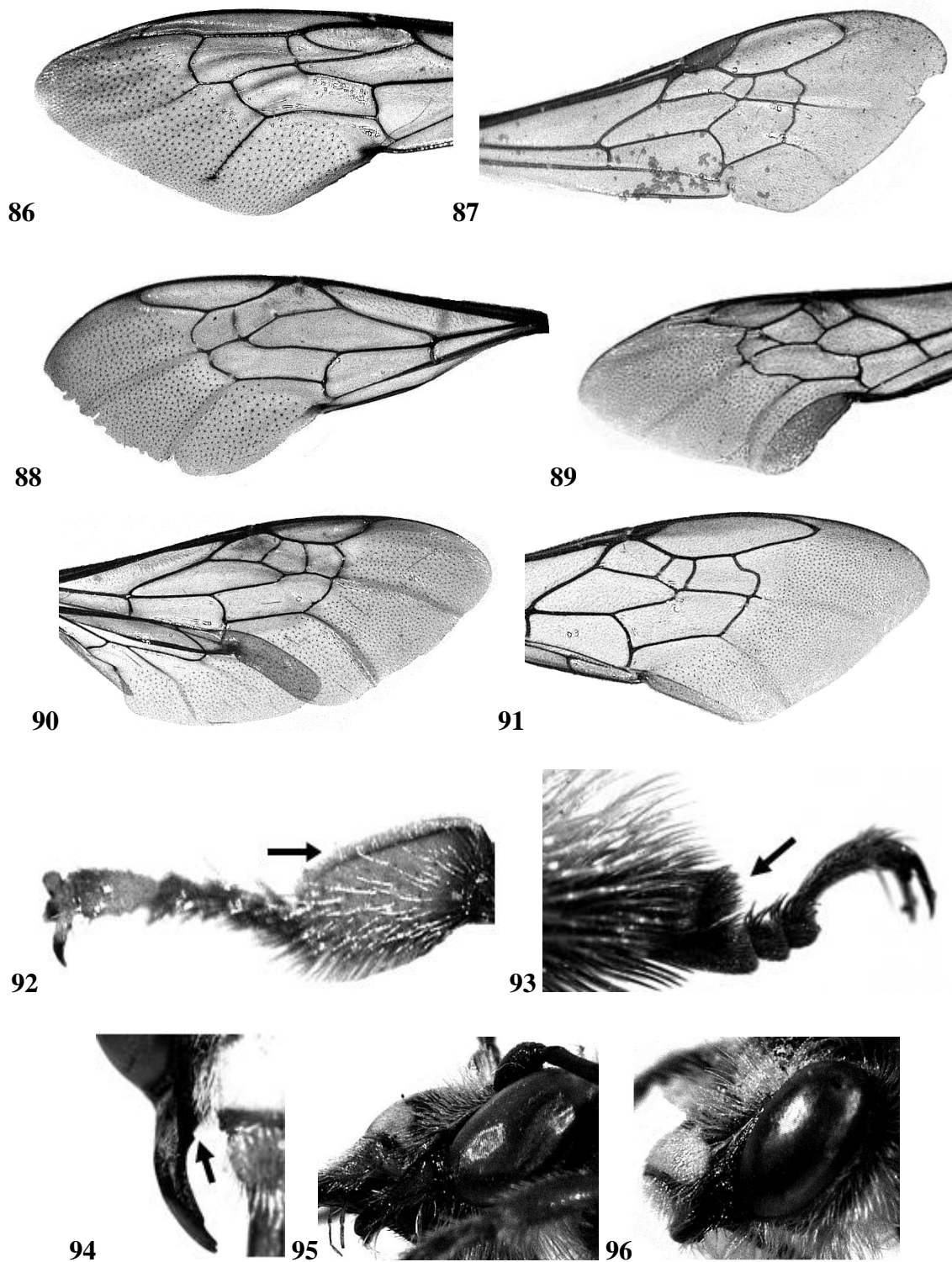


Fig. 86 Ala de *Xylocopa* **87** Ala de *Exomalopsis* **88** Ala de *Deltoptila* **89** Ala de *Centris*
90 Ala de *Anthophora* **91** Ala de *Diadasia* **92** Pata de *Paratetrapia*
93 Pata de *Melissodes* **94** Mandíbula de *Xenoglossa* **95** Cabeza de *Peponapis*
96 Cabeza de *Melissodes*.

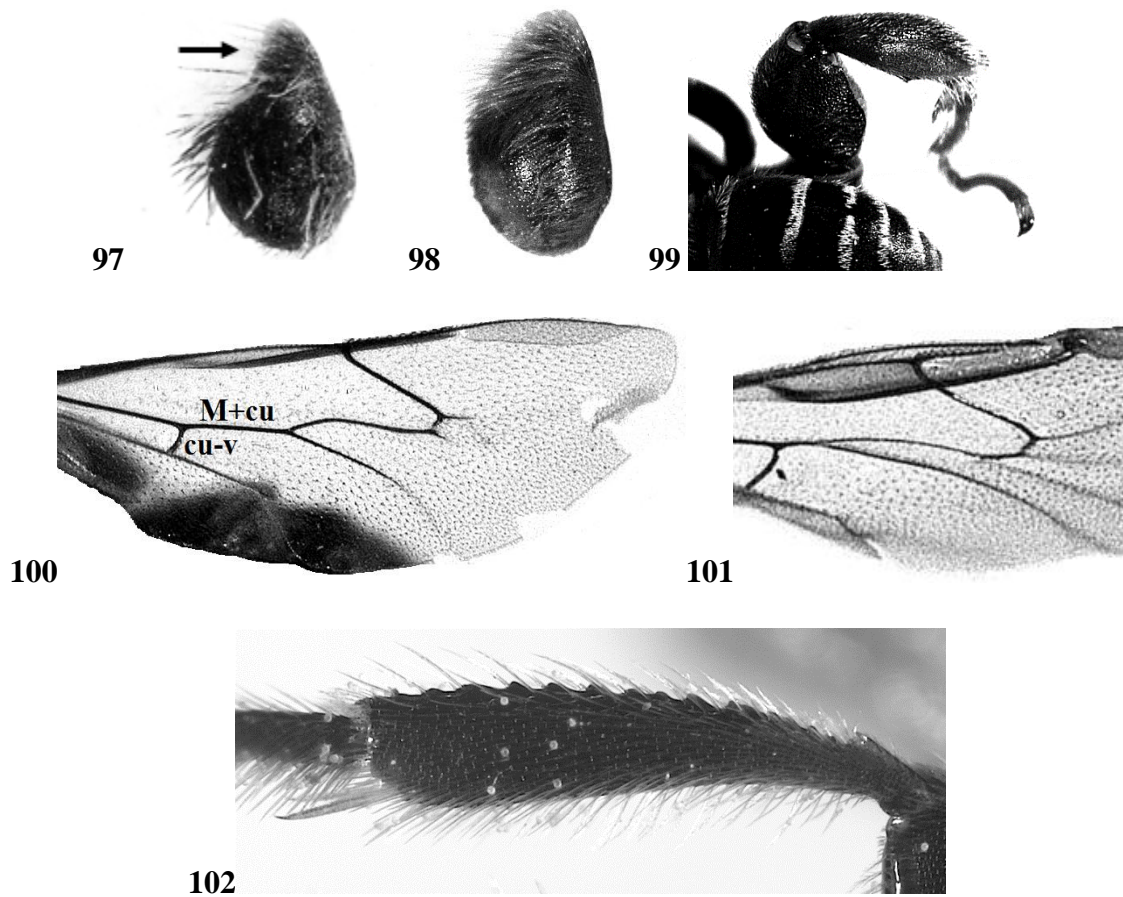


Fig. 97 Tégula de *Melissodes* **98** Tégula de *Tetraloniella* **99** Pata de *Ancyloscelis*
100 Ala posterior de *Ancyloscelis* **101** Ala posterior de *Diadasia*. **102** Tibia de
Protandrena.

8.1.3 LISTA COMENTADA DE LAS ABEJAS DE LA SIERRA DE QUILA

COLLETIDAE

COLLETINAE: COLLETINI

Colletes sp. 1. 1♂, 3♀, en BTC, a los 1480 y 1700 m. En junio, julio y octubre. Sobre: *Cyclanthera dissecta*, *Nissolia microptera* y una especie de la familia Apiaceae.

Colletes sp. 2. 2♀, en BPE, a los 2150 m. En octubre. Sobre: *Lobelia fenestralis*.

Colletes sp. 3. 1♂, en BTC, a los 1480 m. En octubre. Sobre: *Cyclanthera dissecta*.

Colletes sp. 6. 14♀, en BTC, a los 1480 y 1700 m. En junio, agosto y octubre. Sobre: Colectando lodo, *Triumfetta galeottiana*, *Salvia polystachya*, *Solanum elaeagnifolium*.

Colletes sp. 7. 1♀, en BTC, a los 1700 m. En agosto. Sobre: *Solanum umbellatum*.

Colletes macconnelli Metz, 1910. 1♂, 7♀, en BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En enero, abril, junio, octubre y noviembre. Sobre: *Calea urticifolia*, *Dalea* sp. 1, *Senecio salignus*, *Senecio toluccanus*, *Verbesina sphaerocephala* y una especie de la familia Apiaceae.

Colletes recurvatus Metz, 1910. 1♂, 5♀, en BPE, a los 2150 m. En marzo y mayo. Sobre: *Monnina ciliolata*.

HYLAEINAE

Chilicola sp. 1. 1♀, en BTC, a los 1700 m. En agosto. Sobre: *Triumfetta galeottiana*.

Hylaeus sp. 1. 5♂, 4♀, en BTC y BPE, a los 1480, 1700, 2150 m. En febrero, abril, marzo y junio. Sobre: *Euphorbia macvaughii*, *Hyptis albida*, *Conyza canadensis*, *Salix paradoxa* y una especie de la familia Apiaceae.

Hylaeus sp. 3. 1♂, en BTC, a los 1480 m. En marzo. Sobre: *Salix paradoxa*.

Hylaeus sp. 4. 1♀, en BTC, a los 1700 m. En agosto. Sobre: *Triumfetta galeottiana*

DIAPHAGLOSSINAE

CAUPOLICANI

Caupolicana (Zikanapis) clypeata (Smith, 1879). 2♂, 11♀, BTC y BPE, a los 1700 y 2150 m. En agosto y octubre. Sobre: *Salvia lavanduloides* y *Salvia polystachya*.

DISSOGLOTTINI

Mydrosoma bohartorum Michener, 1986. 2♂, 10♀, BTC, a los 1700 m. En agosto. Sobre: *Triumfetta galeottiana*.

ANDRENIDAE

ANDRENINAE

Andrena (Callandrena) sp. 1. 1♀, BPE, a los 1800 m. En octubre, sobre: *Verbesina sphaerocephala*.

Andrena (Callandrena) sp. 2. 1♀, BPE, a los 2150 m. En octubre, sobre: *Coreopsis* aff.

Andrena (Callandrena) sp. 3. 2♂, 11♀, BPE, a los 2150 m. En abril, sobre: *Senecio toluccanus*.

PANURGUINAE

Calliopsis (Calliopsis) hondurasica Cockerell, 1949. 1♂, 3♀, BTC, a los 1480 m. En junio. Sobre: *Oxalis latifolia*

Calliopsis (Calliopsis) aff. rhodophila Cockerell, 1897. 1♂, BTC, a los 1700 m. En Junio. Sobre: *Oxalis macrocarpa*.

Calliopsis (Calliopsis) sp. 1. 7♂, 6♀, BTC, a los 1480 m. En septiembre. Sobre: *Cosmos sulphureus*.

Perdita (Perdita) sp. 1. 7♂, 10♀, BTC y BPE, a los 1700 y 1800 m. En agosto, octubre y noviembre. Sobre: *Asterohyptis stellulata*, *Triumfetta galeottiana*, *Heliocarpus terebinthinaceus*, *Lysiloma acapulcense* y nido.

Perdita (perdita) sp. 2. 3♂, 7♀, BPE, a los 1800 m. En octubre. Sobre: *Lysiloma acapulcense* y nido.

Protandrena sp. 1. 2♂, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

Protandrena sp. 2. 7♂, 6♀, BTC, a los 1480 m. En Septiembre. Sobre: *Cosmos sulphureus*.

Protandrena sp. 3. 2♀, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Solanum grayi*.

Protandrena sp. 4. 3♂, 1♀, BTC, a los 1700 m. En septiembre. Sobre: *Triumfetta galeottiana*.

Pseudopanurgus sp. 1. 12♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En julio, agosto y octubre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

Pseudopanurgus sp. 2. 12♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En Julio y octubre. Sobre: *Bidens odorata* y *Dyssodia tagetiflora*.

HALICTIDAE

HALICTINAE: AUGOCHLORINI

Augochlora (Augochlora) sp. 1. 1♂, 2♀, BTC y BPE, a los 1700 y 2150 m. En abril, octubre y diciembre, sobre: *Melampodium perfoliatum*, *Salvia* sp. 1, *Vaccinium stenophyllum*.

Augochlora (Augochlora) sp. 2. 1♂, BPE, a los 2150 m. En octubre, sobre: *Valeriana urticifolia*.

Augochlora (Augochlora) sp. 3. 1♀, BTC, a los 1480 m. En febrero, sobre: *Salvia riparia*.

Augochlora (Augochlora) sidaefoliae Cockerell, 1913. 10♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En enero, abril, junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Sobre: *Croton ciliatograndulifera*., *Cosmos sulphureus*, *Loeselia glandulosa*, *Ludwigia octovalvis*, *Salvia polystachya*, *Verbesina fastigiata*, *Verbesina sphaerocephala*, *Vernonia capreifolia*, *Triumfetta galeottiana* y una especie de la familia Apiaceae.

Augochlora (Augochlora) smaragdina Friese, 1917. 6♂, 7♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 2150 m. En febrero, marzo, abril, mayo, junio y octubre. Sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Hyptis albida*, *Jacaranda mimosifolia*, *Pulchea simphytifolia*, *Salvia iodantha*, *Salvia purpurea*, *Senecio salignus*, *Senecio toluccanus*, *Solanum madrense*, *Solanum elaeagnifolium*, *Triumfetta galeottiana* y *Wigandia urens*.

Augochlora (Augochlora) quiriguensis Cockerell, 1913. 18♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 2150 m. En febrero, mayo, julio, septiembre y octubre. Sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Cosmos sulphureus*, *Dyssodia tagetiflora*, *Ipomoea noctulifolia*, *Ipomoea orizabensis*, *Salvia purpurea* y *Solanum madrense*.

Augochlora (Oxystoglossella) aurifera, Cockerell, 1897. 14♂, 2♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En marzo, abril, mayo, julio, agosto y octubre. Sobre: Al vuelo, *Acacia* aff. *picachensis*, *Hyptis albida*, *Jacaranda mimosifolia*, *Ludwigia octovalvis*, *Salix paradoxa*, *Salvia polystachya* y *Senecio salignus*.

***Augochlorella neglectula* (Cockerell, 1897).** 7♂, 9♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 2150 m. En febrero, abril, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre. Sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Dyssodia tagetiflora*, *Lysiloma acapulcense*, *Senecio salignus*, *Scoparia dulcis*, *Stevia ovata*, *Triumfetta galeottiana*, *Verbena littoralis*, *Vernonia capreifolia* y *Wigandia urens*.

***Augochlorella pomoniella* (Cockerell, 1915).** 2♂, 1♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En abril, mayo y junio. Sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Hydrolea spinosa*, *Hyptis mutabilis*, *Jacaranda mimosifolia*, *Verbena littoralis* y una especie de la Familia Apiaceae.

***Augochloropsis (Paraugochloropsis) metallica* (Fabricius, 1793).** 5♂, 15♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En febrero, abril, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Asterohyptis stellulata*, *Baccharis trinervis*, *Dalea* sp. 1, *Hyptis albida*, *Hydrolea spinosa*, *Solanum nigrescens*, *Solanum elaeagnifolium*, *Salvia polystachya* y *Salvia riparia*.

***Caenaugochlora* sp. 1.** 3♂, BPE, a los 2150 m. En diciembre. Sobre: *Salvia iodantha*.

***Caenaugochlora* sp. 2.** 1♂, 1♀, BTC, a los 1480 m. En Diciembre. Sobre: Trampa de color.

***Caenaugochlora* sp. 3.** 1♀, BTC, a los 1700 m. En octubre. Sobre: *Wigandia urens*.

***Pseudaugochlora graminea* (Fabricius, 1804).** 1♂, 3♀, BPE, a los 1480, 1800 y 2150 m. En febrero, mayo, julio y septiembre. Sobre: *Crotalaria mollicula*, *Salvia polystachya*, *Solanum grayi* y *Wigandia urens*.

HALICTINI

***Agapostemon lenculus* Vachal, 1903.** 4♂, 1♀, BTC y BP-E, a los 1480, 1700 y 2150 m. En febrero, septiembre, noviembre y diciembre. Sobre: *Calea urticifolia*, *Hyptis albida*, *Montanoa* sp. y *Salvia gesneriflora*.

***Agapostemon nasutus* Smith, 1853.** 1♀, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Ludwigia octovalvis*.

***Agapostemon texanus* Cresson, 1872.** 3♀, BPE, a los 1480 y 2150 m. En mayo, junio y octubre. Sobre: *Eupatorium adenophorum* y *Helenium scorzonifolium*.

***Habralictus tradux* (Vachal, 1904).** 7♂, 6♀, BTC y BPE, a los 1700 y 1800 m. En febrero, mayo, junio, julio y agosto. Sobre: *Comarostaphylis glaucescens*, *Triumfetta galeottiana*, y una especie de la familia Apiaceae.

***Halictus ligatus* Say, 1837.** 22♂, 9♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En enero, febrero, abril, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Aeschynomene villosa*, *Calea urticifolia*, *Dyssodia tagetiflora*, *Lysiloma acapulcense*, *Pulchea simphytifolia*, *Salvia* sp. 1, *Senecio toluccanus*, *Stevia ovata*, Trampa de color, *Verbesina fastigiata*, *Vernonia capreifolia*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 1.** 1♀, BPE, a los 1800 m. En octubre. Sobre: *Melampodium perfoliatum*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 2.** 8♂, 9♀, BTC y BPE, a los 1480, 1800 y 2150 m. En enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Asclepia curassavica*, *Asterohyptis stellulata*, *Bidens odorata*, *Budleja sessiliflora*, *Calea urticifolia*, *Hyptis albida*, *Hyptis* sp, *Marina scopa*, *Salvia* sp. 1, *Sonchus oleraceus*, Trampa de color, *Wigandia urens*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 3.** 2♂, 11♀, BTC, a los 1480, 1700 y 1800 m. En enero, febrero, marzo, abril, junio, agosto y diciembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*, *Hyptis albida*, *Ludwigia octovalvis*, *Salix paradoxa*, *Salvia riparia*, *Scoparia dulcis*, Trampa de color, *Wigandia urens*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 4.** 2♀, BPE, a los 2150 m. En enero y mayo. Sobre: *Wigandia urens*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 5.** 1♂, 1♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En noviembre. Sobre: *Calea urticifolia* y *Salvia purpurea*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 6.** 2♀, BPE, a los 2150 m. En diciembre. Sobre: *Salvia gesneriflora* y *Salvia iodantha*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp.7.** 3♀, BPE, a los 2150 m. En febrero y diciembre. Sobre: *Salvia gesneriflora*, *Salvia iodantha* y *Senecio toluccanus*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 8.** 2♂, 1♀, BTC y BPE, a los 1700 y 2150 m. En abril y junio. Sobre: *Hyptis albida*, *Wigandia urens* y una especie de la familia Apiaceae.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 9.** 1♀, BPE, a los 2150 m. En marzo. Sobre: *Crategus pubescens*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 10.** 1♂, BPE, a los 2150 m. En diciembre. Sobre: *Salvia purpurea*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 11.** 1♂, BTC, a los 1480 m. En noviembre. Sobre: *Vernonia serratuloides*.

***Lasioglossum (Dialictus)* sp. 12.** 2♀, BTC, a los 1700 m. En junio. Sobre: *Hyptis urticoides* y *Verbesina sphaerocephala*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 13. 1♀, BTC, a los 1700 m. En junio. Sobre: *Vernonanthura cordata*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 14. 1♀, BTC, a los 1700 m. En junio. Sobre: *Hyptis urticoides*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 15. 2♀, BTC y BPE, a los 1480 y 1800 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Marina scopa* y Trampa de color.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 16. 2♀, BTC, a los 1480 m. En marzo. Sobre: *Hyptis albida*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 17. 2♂, BPE, a los 2150 m. En abril. Sobre: *Vaccinium stenophyllum*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 18. 2♂, 2♀, BPE, a los 1800 y 2150 m. En enero y junio. Sobre: *Baccharis trinervis* y *Wigandia urens*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 19. 1♀, BPE, a los 2150 m. En julio. Sobre: *Verbena littoralis*.

Lasioglossum (Dialictus) sp. 20. 61♂, BTC, a los 1700 m. En julio y agosto. Sobre: *Triumfetta* sp. y *Vernonanthura cordata*.

Lasioglossum aff. (Sphecodogastra) sp. 1. 7♀, BTC, a los 1480 m. En julio y agosto. Sobre: *Ludwigia octovalvis*.

Lasioglossum (Evyllaesus) sp. 2. 3♂, 3♀, BPE, a los 1700, 1800 y 2150 m. En enero, mayo y junio. Sobre: *Baccharis trinervis*, *Comarostaphylis glaucescens*, *Hyptis albida*, *Marina scopa* y *Wigandia urens*.

Lasioglossum (Evyllaesus) sp. 3. 1♀, BTC, a los 1700 m. En junio. Sobre: una especie de la familia Apiaceae.

Lasioglossum (Evyllaesus) sp. 4. 1♀, BTC, a los 1480 m. En noviembre. Sobre: *Calea urticifolia*.

Lasioglossum (Lasioglossum) sp. 1. 1♀, BPE, a los 2150 m. En abril. Sobre: *Senecio toluccanus*.

Lasioglossum (Lasioglossum) acarophyllum McGinley, 1986. 3♀, BPE, a los 1800 y 2150 m. En abril, agosto y noviembre. Sobre: *Salvia* sp. 1, *Senecio toluccanus* y *Valeriana urticifolia*.

Lasioglossum (Lasioglossum) aequatum (Vachal, 1904). 3♀, BPE, a los 2150 m. En diciembre. Sobre: *Salvia gesneriflora*.

Lasioglossum (Lasioglossum) desertum Smith, 1879. 2♀, BPE, a los 2150 m. En agosto y noviembre. Sobre: *Salvia polystachya*.

Lasioglossum (Lasioglossum) jubatum (Vachal, 1904). 2♀, BPE, a los 1800 y 2150 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Agave schidigera* y *Salvia* sp. 1.

Paragapostemon coelestinus (Westwood, 1875). 1♀, BPE, a los 2150 m. En octubre. Sobre: *Salvia lavanduloides*.

Sphecodes sp. 1. 2♀, BPE, a los 1800 m. En octubre. Sobre: nido de *Perdita* sp. 2.

MEGACHILIDAE

MEGACHILINAE: ANTHIDINI

Anthidium (Anthidium) maculifrons Smith, 1879. 2♂, BTC, a los 1480 m. En octubre y diciembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora* y *Marina scopa*.

Anthidium (Anthidium) parkeri González y Griswold, 2013. 12♂, 16♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En enero, febrero, marzo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Marina scopa*, *Salvia* sp. 1, *Salvia polystachya* y *Wigandia urens*.

Anthidium (Anthidium) rodriguezii Cockerell, 1912. 10♂, 2♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En octubre y noviembre. Sobre: Al vuelo, *Hiptis mutabilis*, *Salvia* sp. 1 y *Salvia polystachya*.

Anthidiellum (Loyolanthidium) apicale (Cresson, 1878). 3♂, 4♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En junio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Sobre: Al vuelo, *Croton ciliatoglandulifera*, *Desmodium cinecerum*, *Marina scopa* y *Vernonia serratuloides*.

Anthidiellum (Loyolanthidium) azteca (Urban, 2001). 4♂, BTC y BPE, a los 1700 y 1800 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora* y *Marina scopa*.

Anthidiellum (Loyolanthidium) toltecum (Cresson, 1878). 8♂, BTC, a los 1700 m. En agosto, septiembre y octubre. Sobre: *Desmodium cinecerum*, *Phaseolus* sp., *Marina scopa* y *Salvia polystachya*.

Anthidiellum (Loyolanthidium) xilitlense (Urban, 2001). 3♂, BTC, a los 1480 y 1700 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Dyschoriste hirsutissima* y *Marina scopa*.

Anthodioctes gualanense (Cockerell, 1912). 1♂, 3♀, BPE, a los 1800 m. En enero, febrero y julio. Sobre: *Crotalaria mollicula* y *Marina scopa*.

Aztecantidium xochipillium Michener and Ordway, 1964. 2♂, 3♀, BTC y BPE, a los 1400, 1700 y 1800 m. En agosto y septiembre. Sobre: *Desmodium cinecerum*, *Lupinus elegans* y *Salvia polystachya*.

Dianthidium (Dianthidium) aff. platyurum Cockerell, 1923. 1♂, 1♀, BPE, a los 1800 m. En febrero y octubre. Sobre: *Marina scopa* y *Phaseolus* sp.

***Dianthidium* sp. 3.** 1♂, BTC, a los 1480 m. En noviembre, sobre: *Salvia riparia*.

***Dianthidium (Mecanthidium) macrurum* (Cockerell, 1913).** 4♂, 21♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Hyptis mutabilis*, *Dyschoriste hirsutissima*, *Cuphea leptopoda*, *Desmodium cinecerum*, *Phaseolus* sp., *Marina scopa*, *Phaseolus micranthus*, *Salvia* sp. 1 y *Salvia polystachya*.

***Hoplostelis bivittata* (Cresson, 1878).** 1♀, BTC, a los 1700 m. En abril. Sobre: *Senna atomaria*.

***Stelis (Dolichostelis) costaricensis* Friese, 1921.** 3♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En noviembre y abril. Sobre: *Hyptis albida* y *Vernonia serratuloides*.

***Paranthidium aff. Jugatorium* (Say, 1824).** 1♂, BTC, a los 1480 m. En julio, sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

***Paranthidium vespoides* (Friese, 1925).** 1♂, 5♀, BPE, a los 1480 m. En septiembre y octubre. Sobre: *Cosmos sulphureus* y *Montanoa* sp.

***Trachusa (Heteranthidium) pectinata* Brooks and Griswold, 1988.** 4♂, BTC, a los 1480 y 1700 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*, *Salvia polystachya* y *Vernonia serratuloides*.

***Trachusa (Ulanthidium) mitchelli* (Michener, 1948).** 3♂, 10♀, BPE, a los 2150 m. En septiembre y octubre. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Trachusa (Ulanthidium) nigrifaseis* Thorp y Brooks, 1994.** 1♂, BPE, a los 1800 m. En octubre. Sobre: *Dalea* sp. 2.

MEGACHILINI

***Coelioxys (Acrocoelioxys) azteca* Cresson, 1878.** 1♀, BTC, a los 1700 m. En abril. Sobre: *Hyptis albida*.

***Coelioxys (Boreocoelioxys) rufitarsis* Smith, 1854.** 1♀, BTC, a los 1700 m. En noviembre. Sobre: *Marina scopa*.

***Lithurgus apicalis* Cresson, 1875.** 14♂, 11♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En marzo, abril y mayo. Sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Opuntia atropes*, *Opuntia jaliscana*, *Jacaranda*, *mimosifolia* y *Verbena littoralis*.

***Megachile (Acentron) albitarsis* Cresson, 1872.** 25♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En mayo, junio, agosto y octubre. Sobre: Al vuelo, *Cosmos sulphureus*, *Bidens reptans*, *Croton ciliatoglandulifera*, *Dalea* sp. 1, *Dyssodia tagetiflora*,

Eupatorium adenophorum, *Hyptis mutabilis*, *Desmodium cinerum*, *Lupinus mexicanus*, *Marina scopa*, *Salvia polystachya*, *Stevia ovata*.

***Megachile (Argyropile) flavihirsuta* Mitchell, 1930.** 3♂, 3♀, BTC, a los 1480 m. En septiembre y octubre. Sobre: *Bidens reptans* *Cosmos sulphureus* y *Lasianthaea macrocephala*.

***Megachile (Argyropile) parallela* Smith, 1853.** 3♀, BTC, a los 1480 m. En agosto y septiembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

***Megachile (Chelostomoides) exilis* Cresson, 1878.** 8♀, BTC y BPE, a los 1700 y 1800 m. En marzo, septiembre y octubre. Sobre: *Dalea* sp. 2, *Lupinus elegans*, *Marina scopa* y *Wigandia urens*.

***Megachile (Chelostomoides) aff. manni* Mitchell, 1934.** 6♀, BTC y BPE, a los 1480 y 1800 m. En junio y octubre. Sobre: *Croton ciliatoglandulifera* y *Lupinus elegans*.

***Megachile (Chelostomoides) reflexa* (Snell, 1990).** 4♂, BTC, a los 1480 m. En marzo y octubre. Sobre: Al vuelo y *Wigandia urens*.

***Megachile (Chelostomoides) subexilis* Cockerell, 1908.** 1♀, BPE, a los 2150 m. En mayo. Sobre: *Wigandia urens*.

***Megachile (Cressoniella) zapoteca* Cresson, 1878.** 15♂, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En febrero, marzo, abril, mayo, julio y noviembre. Sobre: Al vuelo, *Calea urticifolia*, *Hyptis mutabilis*, *Marina scopa*, *Monnina ciliolata*, *Vaccinium stenophyllum*, *Verbena littoralis* y *Wigandia urens*.

***Megachile (Eutricharaea) concinna* Smith, 1879.** 1♀, BTC, a los 1480 m. En junio. Sobre: *Croton ciliatoglandulifera*.

***Megachile (Leptorachile) petulans* Cresson, 1878.** 13♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En septiembre y octubre. Sobre: *Adenophyllum cancellatum*, *Dyschoriste hirsutissima*, *Dyssodia tagetiflora*, *Echinopepon jaliscanus*, *Eupatorium adenophorum*, *Marina scopa*, *Salvia mirador* y *Salvia polystachya*.

***Megachile (Litomegachile) gentilis* Cresson, 1872.** 34♀, BPE y BTC, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En enero, febrero, marzo, abril, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: *Aeschynomene villosa*, Al vuelo, *Baccharis pteronioides*, *Calea urticifolia*, *Croton ciliatoglandulifera*, *Heretocentron mexicanum*, *Hydrolea spinosa*, *Jacaranda mimosifolia*, *Lupinus elegans*, *Lupinus mexicanus*, *Marina scopa*, *Monnina ciliolata*, *Phaseolus* sp., *Salvia gesneriflora*, *Salvia* sp. 1, *Salvia polystachya*, *Wigandia urens* y una especie de la familia Fabaceae.

Megachile (Lylomegachile) sp. 1. 4♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En febrero, octubre y noviembre. sobre: *Calea urticifolia*, *Dyschoriste hirsutissima*, *Marina scopa* y *Vernonia bealliae*.

Megachile (Moureapis) sp. 1. 1♀, BTC, a los 1480 m. En noviembre. Sobre: *Calea urticifolia*

***Megachile (Sayapis) frugalis* Cresson, 1872.** 3♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En junio, octubre y diciembre. Sobre: *Croton ciliatoglandulifera*, *Dyssodia tagetiflora* y *Verbesina sphaerocephala*.

***Megachile (Sayapis) mellitarsis* Cresson, 1878.** 1♀, BTC, a los 1480 m. En marzo. Sobre: *Dyschoriste hirsutissima*.

OSMINI

***Ashmeadiella (Ashmeadiella) buconis* (Cresson, 1878).** 1♂, 5♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En marzo, octubre y noviembre. Sobre: *Bidens odorata*, *Dyssodia tagetiflora*, *Calea urticifolia*, *Marina scopa*, *Opuntia jaliscana* y *Salvia purpurea*.

***Ashmeadiella (Ashmeadiella) opuntiae* (Cockerell, 1879).** 3♀, BTC y BPE, a los 1700 y 1800 m. En enero, febrero y noviembre, sobre: *Marina scopa*.

Heriades sp. 1. 1♂, 3♀, BTC, a los 1700 m. En abril, mayo y diciembre. Sobre: *Hyptis albida* y *Salvia sp. 1.*

Heriades sp. 2. 11♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En septiembre, octubre y noviembre. Sobre: *Calea urticifolia*, *Dyssodia tagetiflora*, *Marina scopa*, *Montanoa sp.* y *Eupatorium odoratum*.

Osmia aliciae. 2♀, BPE, a los 1800 m. En noviembre, sobre: *Salvia repens*.

APIDAE

APINAE: ANTHOPHORINI

***Anthophora (Anthophoroides) californica* Cresson, 1869.** 1♂, 1♀, BPE, a los 1800 m. En agosto y octubre. Sobre: *Lupinus elegans* y *Salvia polystachya*.

***Anthophora (Heliophila) squammulosa* Dours, 1864.** 1♀, BTC, a los 1480 m. En noviembre. Sobre: *Cosmos sulphureus*.

***Anthophora (Mystacanthophora) capistrata* Cresson, 1878.** 4♀, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Deltoptila montezuma* (Smith, 1874).** 8♂, 16♀, BPE, a los 2150 m. En octubre. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Deltoptila* sp. 2.** 1♂, BPE, a los 2150 m. En septiembre. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Deltoptila* sp. 3.** 1♂, BPE, a los 2150 m. En octubre. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Deltoptila* sp. 4.** 14♂, BPE, a los 2150 m. En agosto, septiembre y octubre. Sobre: *Salvia polystachya*.

CENTRIDINI

***Centris (Centris) aethyctera* Snelling, 1974.** 1♂, BTC, a los 1480 m. En abril. Sobre: *Senna atomaria*.

***Centris (Centris) variabilis* (Friese, 1899).** 5♀, BTC, a los 1480 m. En mayo, abril y septiembre. Sobre: *Salvia polystachya*, *Senna atomaria* y *Vitex mollis*.

***Centris (Hemisiella) nítida* Smith, 1874.** 1♀, BPE, a los 1800 m. En octubre. Sobre: *Lupinus elegans*.

***Centris (Hemisiella) transversa* Pérez, 1905.** 1♀, BTC, a los 1480 m. En abril. Sobre: *Senna atomaria*.

***Centris (Melanocentris) agilis* Smith, 1874.** 16♂, 2♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En julio agosto y Septiembre. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Centris (Paracentris) aterrима* Smith, 1854.** 4♂, 1♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En septiembre y octubre. Sobre: *Cosmos sulphureus*, *Phaseolus* sp., *Salvia* sp. 1 y *Salvia polystachya*.

***Centris (Paracentris) mexicana* Smith, 1854.** 1♂, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Martynia annua*.

***Centris (Paracentris) nigrocaerulea* Smith 1874.** 9♂, 9♀, BPE, a los 1700 y 2150 m. En enero, febrero, marzo, abril y mayo. Sobre: *Wigandia urens*.

EMPHORINI

***Diadasia* sp. 1.** 9♂, 1♀, BTC, a los 1480 m. En abril. Sobre: *Opuntia jaliscana* y Trampa de color.

***Diadasia* sp. 2.** 3♂, 3♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En abril. Sobre: *Opuntia jaliscana* y *Opuntia atropes*.

***Melitoma marginella* (Cresson, 1872).** 8♂, BTC, a los 1480 y 1700 m. En julio. Sobre: *Ipomoea noctulifolia*, *Ipomoea orizabensis*, *Ipomoea parasitica* y *Salvia polystachya*.

EUCERINI

Melissodes sp. 1. 2♂, 3♀, BTC y BPE, a los 1700, 1800 y 2150 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Lobelia fenestralis*, *Marina scopa*, *Salvia sp.2*, *Salvia polystachya* y *Verbesina sphaerocephala*.

Melissodes sp. 2. 8♂, 10♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 2150 m. En febrero, abril, mayo, julio, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Arbusto flor morada grande, *Calea urticifolia*, *Dalea sp. 2*, *Dyschoriste hirsutissima*, *Dyssodia tagetiflora*, *Hyptis albida*, *Hyptis mutabilis*, *Ipomoea sp. 1*, *Marina scopa*, *Lantanna sp.*, *Salvia polystachya*, *Salvia purpurea* y una especie de la familia Fabaceae sp. 2.

Melissodes.sp. 3. 3♂, 3♀, BTC, a los 1480 m. En octubre y noviembre. Sobre: *Calea urticifolia*, *Cosmos sulphureus* y *Dyssodia tagetiflora*.

Melissodes (Melissodes) morilli Cockerell, 1918. 4♀, BTC y BPE, a los 1480 y 2150 m. En julio, agosto, septiembre y octubre. Sobre: *Hyptis mutabilis*, *Ludwigia octovalvis* y *Salvia polystachya*.

Melissodes (Melissodes) tepaneca Cresson, 1878. 4♂, 3♀, BTC, a los 1480 m. En julio, agosto, septiembre y noviembre. Sobre: *Cosmos sulphureus*, *Hyptis mutabilis*, *Ludwigia octovalvis* y *Salvia polystachya*.

Peponapis azteca Hurd y Linsley, 1966. 6♂, 3♀, BTC, a los 1480 m. En julio y agosto. Sobre: *Cucurbita pepo* y *Martynia annua*.

Peponapis uthaensis (Cockerell, 1905). 1♂, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Cucurbita pepo*.

Tetraloniella (Pectinapis) salviae LaBerge, 1989. 24♂, 24♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 2150 m. En julio, agosto y septiembre. Sobre: *Salvia polystachya*.

Tetraloniella (Pectinapis) fasciata LaBerge, 1970. 12♂, 3♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En septiembre y octubre, sobre: *Phaseolus sp.* y *Salvia polystachya*.

Tetraloniella (Tetraloniella) balluca LaBerge, 2001. 6♀, BTC, a los 1480 m. En octubre, noviembre y diciembre. Sobre: *Dyschoriste hirsutissima* y *Dyssodia tagetiflora*.

Tetraloniella (Tetraloniella) cressoniana (Cockerell, 1905). 2♂, BPE, a los 1800 m. En septiembre. Sobre: *Salvia polystachya*.

Tetraloniella (Tetraloniella) donata (Cresson, 1878). 1♂, 14♀, BTC y BPE, a los 1480 y 2150 m. En agosto y octubre. Sobre: *Bidens odorata*, *Dalea sp. 1*, *Dalea sp. 2*, *Dyssodia tagetiflora*, *Eysenhartia punctata*, *Marina scopa* y *Salvia polystachya*.

Tetraloniella (Tetraloniella) flagellinicornis (Smith, 1879). 2♂, 14♂, BTC y BPE, a los 1700 y 1800 m. En septiembre, octubre y noviembre. Sobre: *Cosmos sulphureus*, *Marina scopa*, *Salvia polystachya* y *Verbesina sphaerocephala*.

Tetraloniella (Tetraloniella) pomonae (Cockerell, 1915). 5♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En Septiembre, noviembre y diciembre. Sobre: *Dalea* sp. 1, *Desmodium jaliscanum* y *Marina scopa*.

Thygater (Thygater) montezuma (Cresson, 1878). 2♀, BPE, a los 2150 m. En septiembre y octubre. Sobre: *Ipomoea tyrianthina* y *Solanum umbellatum*.

Xenoglossa (Xenoglossa) gabbi (Cresson, 1878). 4♂, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Cucurbita pepo*.

EXOMALOPSINI

Ancyloscelis apiformis (Fabricius, 1793). 5♂, 1♀, BTC, a los 1480 m. En julio. Sobre: *Ipomoea noctulifolia*.

Anthophorulla serrata (Friese, 1899). 1♂, 4♀, BTC, a los 1480 y 2150 m. En febrero, abril y diciembre. Sobre: *Dyschoriste hirsutissima*, *Dyssodia tagetiflora*, *Marina scopa*, *Salvia riparia* y *Senecio salignus*.

***Exomalopsis* sp. 1**. 2♂, 1♀, BTC, a los 1700 m. En febrero, abril y diciembre. Sobre: *Hyptis albida*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salvia* sp. 1.

***Exomalopsis* sp. 2**. 9♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En junio, septiembre y noviembre. Sobre: *Cosmos sulphureus*, *Croton ciliatoglandulifera*, *Lantana* sp. y *Salvia* sp. 1.

***Exomalopsis* sp. 3**. 4♂, BTC, a los 1480 y 2150 m. En marzo, abril y diciembre, sobre: *Hyptis albida*, *Lysiloma acapulcense*, *Marina scopa* y *Senecio salignus*.

***Exomalopsis* sp. 4**. 2♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En noviembre y diciembre. Sobre: *Calea urticifolia* y *Salvia* sp. 1.

***Exomalopsis* sp. 5**. 1♂, BTC, a los 2150 m. En abril, sobre: *Senecio salignus*.

Exomalopsis similis arida Cockerell, 1929. 2♂, BTC y BPE, a los 1480 y 2150 m. En marzo y diciembre. Sobre: *Hyptis albida* y *Senecio salignus*.

Exomalopsis similis moesta Timberlake, 1890. 1♀, BTC, a los 1480 m. En junio. Sobre: *Croton ciliatoglandulifera*.

Monoeca mexicana (Radoszkowsky, 1884). 1♀, BTC, a los 1480 m. En agosto. Sobre: *Salvia polystachya*.

Paratetrapedia (Lophopedia) pygmaea (Schorotky, 1902). 2♀, BTC, a los 1700 m. En mayo y octubre. Sobre: *Hyptis albida* y *Hyptis mutabilis*.

Paratetrapedia (Paratetrapedia) moesta (Cresson, 1878). 3♂, 2♀, BTC, a los 1480 m. En julio, agosto y septiembre. Sobre: *Cuphea leptopoda*, *Ludwigia octovalvis* y *Solanum nigrescens*.

TETRAPEDIINI

Tetrapedia (Tetrapedia) maura Cresson, 1878. 1♀, BTC, a los 1700 m. En mayo. Sobre: *Hyptis albida*.

EPEOLINI

Triepeolus sp. 1. 1♀, BTC, a los 1480 m. En octubre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

Triepeolus sp. 2. 1♀, BTC, a los 1480 m. En septiembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

Triepeolus sp. 3. 1♀, BTC, a los 1480 m. En noviembre. Sobre: *Dyssodia tagetiflora*.

Triepeolus sp. 4. 1♂, 1♀, BTC, a los 1480 m. En diciembre. Sobre: *Dyschoriste hirsutissima*.

Triepeolus sp. 6. 2♂, BTC y BPE, a los 1480 y 1800 m. En julio. Sobre: Al vuelo.

XYLOCOPINI

Ceratina sp. 1. 10♂, 23♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En enero, febrero, marzo, abril, mayo y octubre. Sobre: *Calea urticifolia*, *Hyptis albida*, *Marinascopa*, Trampa de color, *Senecio toluccanus*, *Vaccinium stenophyllum* y *Verbena littoralis*.

Ceratina sp. 2. 15♂, 12♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En febrero, marzo, abril, agosto, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Baccharis pteronioides*, *Bidens odorata*, *Cirsium velatum*, *Cosmos sulphureus*, *Dyssodia tagetiflora*, *Hyptis albida*, *Conyza canadensis*, *Senecio salignus*, *Senecio toluccanus*, *Vaccinium stenophyllum* y *Verbena littoralis*.

Ceratina sp. 3. 1♂, BTC, a los 1700 m. En abril. Sobre: *Hyptis albida*.

Ceratina (Calloceratina) eximia Smith, 1862. 1♀, BTC, a los 1700 m. En febrero. Sobre: *Opuntia atropes*.

Ceratina (Ceratinula) arizonensis Cockererill, 1898. 3♂, BTC, a los 1700 m. En abril, Sobre: *Hyptis albida*.

Ceratina (Ceratinula) sp1. 1♂, BTC, a los 1700 m. En abril. Sobre: *Hyptis albida*.

Ceratina (Zadontomerus) capitosa Smith, 1879. 4♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En enero, abril, mayo y noviembre. Sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Dyssodia tagetiflora*, *Hydrolea spinosa* y *Vernonia serratuloides*.

Xylocopa (Neoxylocopa) mexicanorum Cockerell, 1912. 1♂, 10♀, BTC, a los 1480 m. En enero, febrero, junio, julio, agosto y octubre. Sobre: Al vuelo, *Cyclanthera dissecta*, *Salvia polystachya*, *Senna hirsuta*, *Solanum grayi* y *Solanum elaeagnifolium*.

Xylocopa (Notoxylocopa) guatemalensis Cockerell, 1912. 11♂, 14♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En febrero, abril, junio, agosto, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Canavallia villosa*, *Croton ciliatoglandulifea*, *Ipomoea murucoides*, *Salvia polystachya*, *Salvia purpurea*, *Senna atomaria* y una especie de la familia Fabaceae sp. 1.

Xylocopa (Notoxylocopa) azteca Cresson, 1878. 1♂, 5♀, BPE, a los 2150 m. En marzo, octubre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Monnina ciliolata*, *Salvia iodantha*, *Salvia polystachya* y *Wigandia urens*.

Xylocopa (Notoxylocopa) tabaniformis Smith, 1851. 1♂, 3♀, BTC, a los 1480 m. En junio y julio. Sobre: *Croton ciliatoglandulifera* y *Salvia polystachya*.

Xylocopa (Schoenherria) loripes Smith, 1874. 4♂, 13♀, BPE, a los 1800 y 2150 m. En mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: *Lupinus elegans*, *Lupinus mexicanus*, *Phaseolus micranthus*, *Salvia* sp. 1, *Salvia polystachya*, *Solanum madrense*, y *Wigandia urens*.

Xylocopa (Schoenherria) muscaria (Fabricius, 1775). 5♂, 3♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En marzo, abril y mayo sobre: *Acacia* aff. *picachensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Senna atomaria*.

APINI

Apis mellifera Linnaeus, 1758. BTC, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. Todo el año, sobre: *Acacia farnesiana*, *Acacia penatula*, *Acacia* aff. *picachensis*, *Asterohyptis stellulata*, *Bidens odorata*, *Baccharis pteronioides*, *Calea urticifolia*, *Cosmos sulphureus*, *Cratogeomys pubescens*, *Croton ciliatoglandulifera*., *Dyschoriste hirsutissima*, *Dyssodia tagetiflora*., *Heliocarpus terebinthinaceus*, *Hyptis albida*, *Hyptis mutabilis*, *Hyptis* sp, *Ipomoea murucoides*, *Eupatorium odoratum*, *Jaegeria pedunculata*, *Jacaranda*

mimosifolia, *Lippia umbellata*, *Lobelia fenestralis*, *Loselia glandulosa*, *Lysiloma acapulcense*, *Mimosa albida*, *Salvia polystachya*, *Salix paradoxa*, *Scoparia dulcis*, *Senecio salignus*, *Senecio toluccanus*, *Spilanthes alba*, *Pulchea simphytifolia*, *Toxicodendron radicans*, *Trifolium amabile*, *Triumfetta galeottiana.*, *Verbesina gregmani*, *Verbesina sphaerocephala*, *Verbena littoralis* *Vernonia capreifolia*, *Wigandia urens* y una especie de la familia Apiaceae.

BOMBINI

***Bombus (Fervidobombus) diligens* Smith, 1861.** 20♀, 4 reinas, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Canavalia villosa*, *Ipomoea* sp. 1, *Lupinus elegans*, *Phaseolus leptostachys*, *Salvia polystachya*, *Senna hirsuta*, *Solanum elaeagnifolium* y *Verbesina sphaerocephala*.

***Bombus (Fervidobombus) steindachneri* Handlirsch, 1888.** 11♂, 18♀, 2 reinas, BTC y BPE, a los 1480, 1700, 1800 y 2150 m. En mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Sobre: Al vuelo, *Acacia farnesiana*, *Dalea* sp. 2, *Dyssodia tagetiflora*, *Galphimiaglauca* sp., *Hyptis albida*, *Lantana* sp., *Lupinus elegans*, *Phaseolus micranthus*, *Marina diffusa*, *Salvia polystachya*, *Solanum grayi*, *Solanum elaeagnifolium*, *Stevia ovata*, *Stevia micracenia*, *Verbesina sphaerocephala* y *Vernonia serratuloides*.

***Bombus (Fervidobombus) weisi* Friese, 1903.** 12♀, 1 reina, BPE, a los 1800 y 2150 m. En septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: *Comarostaphylis discolor*, *Lupinus elegans*, *Salvia gesneriflora*, *Salvia lavanduloides*, *Salvia polystachya*.

***Bombus (pyrobombus) ehippiatus* Say, 1837.** 3♂, 22♀, 1 reina, BPE, a los 2150 m. En enero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre. Sobre: *Argeratum platypodium*, *Cirsium velatum*, *Ipomoea murucoides*, *Ipomoea tyrianthina*, *Lupinus mexicanus*, *Lobelia fenestralis*, *Salvia iodantha*, *Salvia lavanduloides*, *Salvia polystachya*, *Trifolium amabile*, *Verbena littoralis* y *Verbesina sphaerocephala*.

EUGLOSSINI

***Eufriesea micheneri* Ayala y Engel, 2008.** 3♂, 6♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En agosto, septiembre y octubre. Sobre: Al vuelo, *Canavalia villosa* y *Senna hirsuta*.

***Eufriesea mussitans* (Fabricius, 1787).** 1♂, BTC y BPE, a los 1480 m. En agosto. Sobre: *Salvia polystachya*.

***Euglossa (Euglossa) viridissima* Friese, 1899.** 64♂, 7♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, octubre y diciembre. Sobre: *Echinopepon jaliscanus*, Esencias, *Jacaranda mimosifolia*, Trampa esencias y *Wigandia urens*.

***Eulaema (Apeulaema) cingulata* (Fabricius, 1804).** 1♂, BTC, a los 1480 m. En junio. Sobre: Trampa esencias.

***Eulaema (Apeulaema) polychroma* (Mocsary, 1899).** 4♂, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En mayo, septiembre, octubre y diciembre. Sobre: Al vuelo y *Canavallia villosa*.

MELIPONINI

***Partamona bilineata* (Say, 1837).** 23♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En enero, febrero, abril, mayo, julio, agosto y septiembre. Sobre: Al vuelo, *Acacia* aff. *picachensisidi*, *Hyptis albida*, *Psidium guayaba* y *Triumfetta galeottiana*.

***Plebeia* aff. *cora* Ayala, 1999.** 17♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En enero, febrero, mayo, junio, julio, agosto y octubre. Sobre: *Hyptis albida*, *Dahlia coccinea*, *Comarostaphylis glaucescens*, *Opuntia atropes*, *Triumfetta galeottiana*., *Salvia iodantha*, *Vernonanthura cordata* y una especie de la familia Apiaceae.

***Scaptotrigona hellwegeri* (Friese, 1900).** 21♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En enero, febrero, marzo, abril, junio, julio, agosto, octubre y diciembre. Sobre: *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Hyptis* sp., *Hyptis albida*, *Lysiloma acapulcense*, *Triumfetta* sp., *Vernonanthura cordata* y una especie de la familia Apiaceae.

***Trigona (Frieseomelitta) nigra* Cresson, 1878.** 8♀, BTC, a los 1480 y 1700 m. En marzo, abril, julio y noviembre. Sobre: *Croton ciliatoglandulifera*, *Lysiloma acapulcense*, *Marina scopa*, *Opuntia jaliscana*, *Salix paradoxa* y *Senna atomaria*.

***Trigona (Trigona) fulviventris* Guérin, 1835.** 31♀, BTC y BPE, a los 1480, 1700 y 1800 m. En enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre. Sobre: Al vuelo, *Asclepia curassavica*, *Bessera elegans*, *Teprhosis cuernavacana*, *Ipomoea murucoides*, *Heterocentron mexicanum*, *Comarostaphylis glaucescens*, *Hyptis mutabilis*, *Hyptis* sp, *Jacaranda mimosifolia*, *Lippia umbellata*, *Lysiloma acapulcense*, *Marina scopa*, *Salix paradoxa*, *Salvia* sp. 1, *Salvia purpurea*, *Senna atomaria*, *Solanum umbellatum*, *Solanum elaeagnifolium*.

8.2 Diversidad α

La curva de acumulación de especies de abejas no tiene un comportamiento asintótico, es decir, no se logró registrar la riqueza total de especies de abejas de la Sierra de Quila. Se consiguió una eficiencia de muestreo del 80 % según la riqueza estimada por Chao 1, que sugiere que el número de especies de abejas en la zona de estudio se encuentra en un rango de: 225 a 299, ya que no se tocan los intervalos de confianza en la curva de acumulación, la riqueza estimada por Chao 1 es mayor a la riqueza observada (Fig. 103), así mismo, la eficiencia de muestreo varía dependiendo del estadístico usado, los cuales oscilan en un rango del 65 al 85% (Cuadro 7).

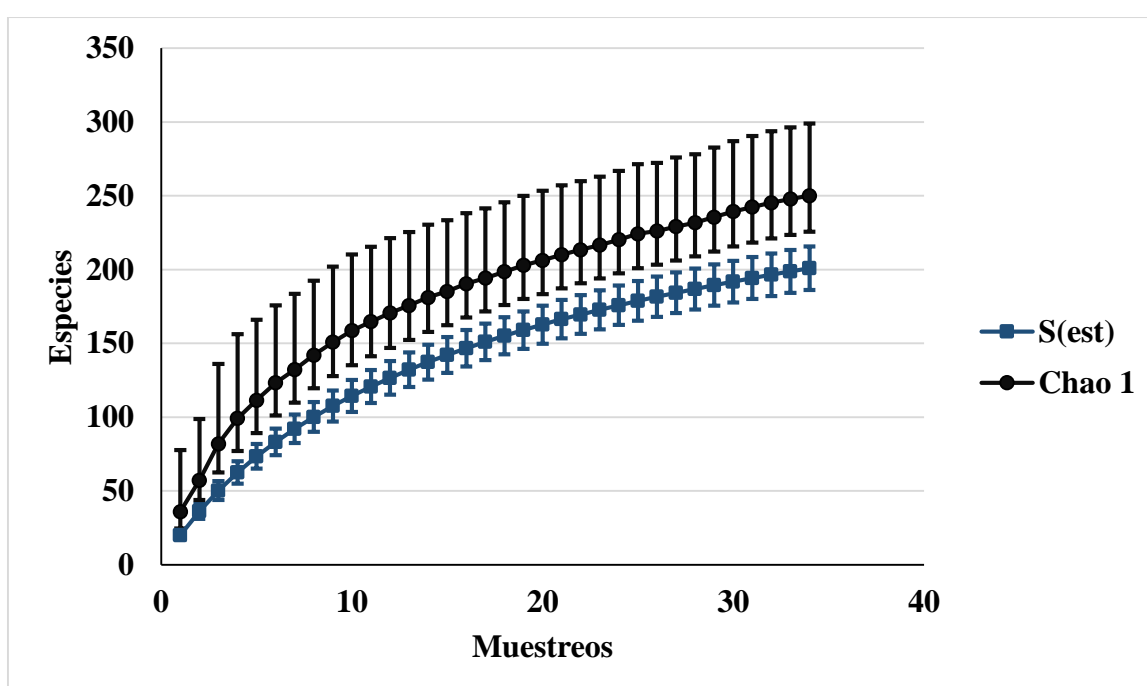


Fig. 103. Curva de acumulación de especies de abejas de la Sierra de Quila.

Cuadro 7. Valores de eficiencia de muestreo de abejas de la Sierra de Quila con diferentes indicadores.

	S (obs)	Chao 1	Chao 2	Jacknife 1	Jacknife 2	Bootstrap
Especies estimadas	200	250	276	272	311	233
% Colectado	-	80	73	74	65	86

Con respecto al BTC, la curva de acumulación de especies de abejas para el BTC, no se comporta de manera asintótica y se consiguió una eficiencia de muestreo del 72% según la riqueza estimada por Chao 1, que sugiere que el número de especies de abejas en la zona de estudio se encuentra en un rango de: 190 a 289, ya que no se tocan los intervalos de confianza en la curva de acumulación, la riqueza estimada por Chao 1 es mayor a la riqueza observada (Fig. 104) y la eficiencia de muestreo varía dependiendo del estadístico usado, en un rango del 60 al 85% (Cuadro 8); de igual forma, en el BP-E no se alcanzó la asintota y la eficiencia de muestreo fue de un 80% según la riqueza estimada por Chao 1 y la eficiencia de muestreo según los diferentes indicadores tuvo un rango del 60 al 85% (Cuadro 9), en este caso los intervalos de confianza se tocan (Fig. 105), por lo que la riqueza estimada por Chao 1 es similar a la riqueza observada, a pesar de que por condiciones climáticas se llevaron a cabo menos muestreos en el BP-E la eficiencia de muestreo fue mayor para este tipo de vegetación en relación al BTC.

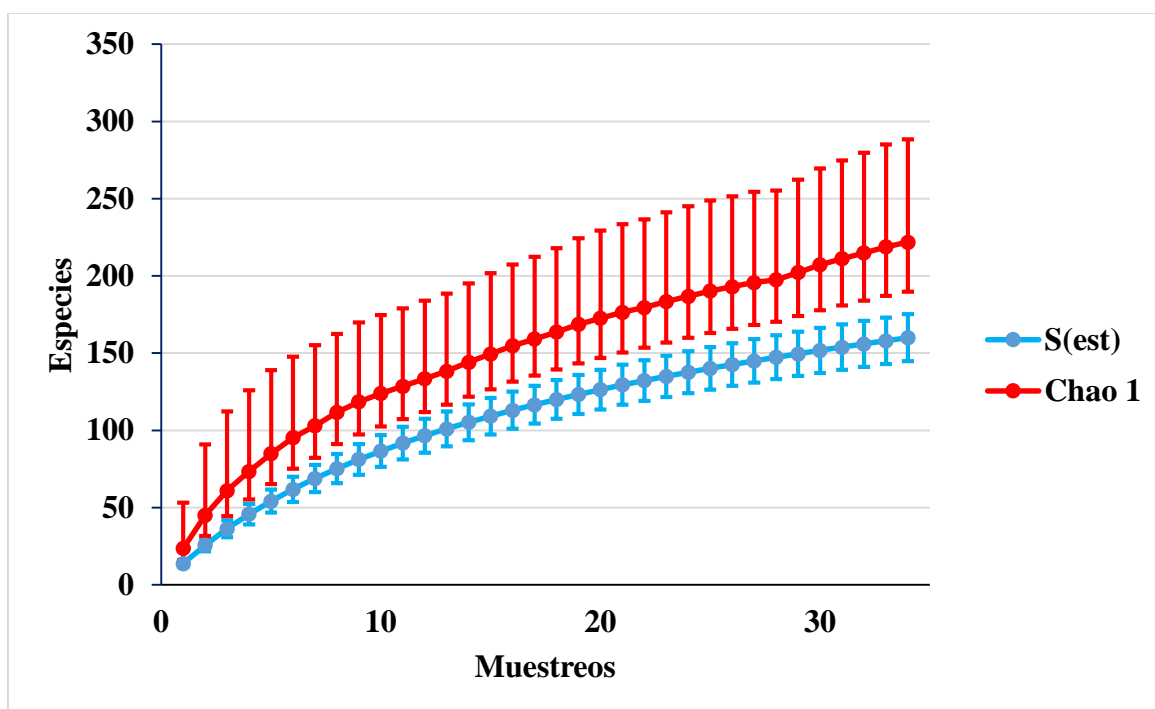


Fig. 104. Curva de acumulación de especies de abejas del BTC en la Sierra de Quila.

Cuadro 8. Valores de eficiencia de muestreo de abejas del BTC con diferentes indicadores.

	S (obs)	Chao 1	Chao 2	Jacknife 1	Jacknife 2	Bootstrap
Especies estimadas	160	221	252	226	269	188
% Colectado	-	72	63	71	60	85

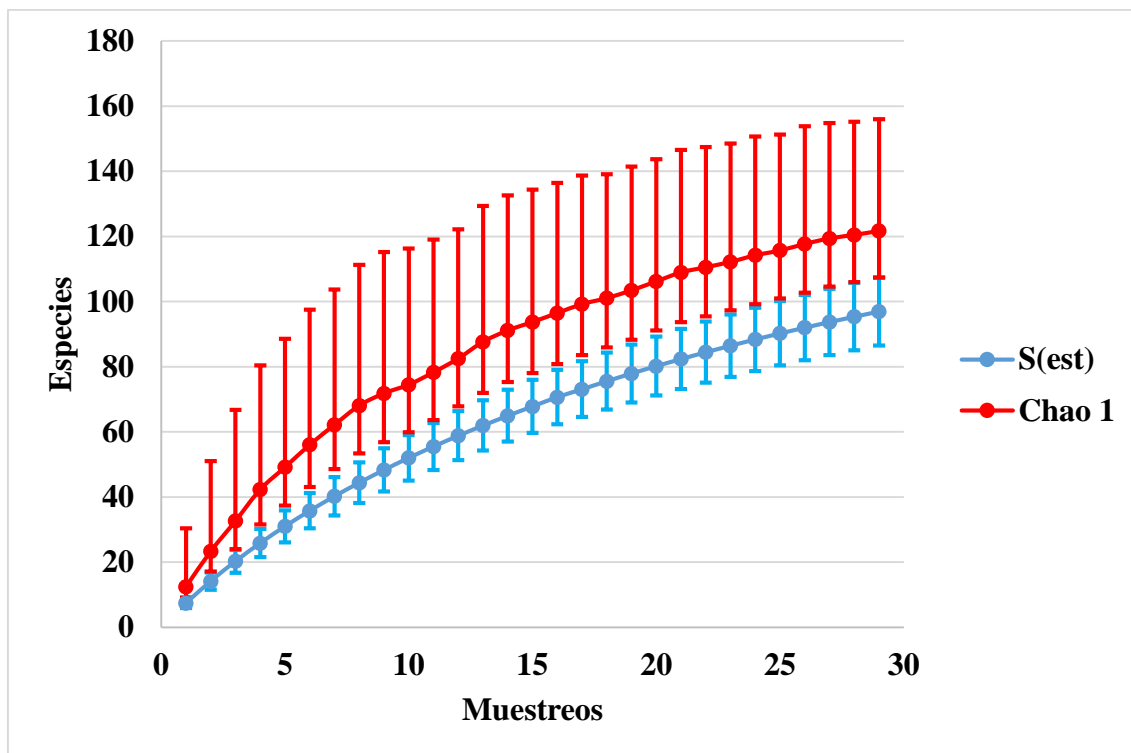


Fig. 105. Curva de acumulación de especies de abejas del BP-E en la Sierra de Quila.

Cuadro 9. Valores de eficiencia de muestreo de abejas del BP-E con diferentes indicadores.

	S (obs)	Chao 1	Chao 2	Jacknife 1	Jacknife 2	Bootstrap
Especies estimadas	97	121	135	141	161	117
% Colectado	-	80	72	69	60	83

La curva de rarefacción de especies de abejas entre los dos tipos de vegetación indica que la riqueza es mayor en BTC ($S=153$) que en BP-E ($S=93$), al comparar las 29 unidades de muestreos (Fig. 106), ya que el número difirió debido a condiciones climáticas que impidieron realizar el mismo número de muestreos en BP-E en relación al BTC, durante la temporada lluviosa. Los valores de diversidad con el índice de Shannon-Wiener muestran diferencias significativas con una $p > 0.05$, siendo mayor en BTC que en BP-E (Cuadro 10). Además se estimó también la diversidad por sitio, siendo el BTC a los 1400 m s. n. m. a los que se presentó la mayor diversidad, seguido por el BTC a 1700 m s. n. m. y los sitios de BP-E tienen una menor diversidad que los de BTC y presentan una diversidad similar entre sí (Fig. 107).

Cuadro 10. Riqueza, abundancia, diversidad y uniformidad de dos tipos de vegetación en la Sierra de Quila y valores de t, grados de libertad (gl) y probabilidad (p).

SITIO	RIQUEZA	ABUNDANCIA	H'	VAR H'	H'MAX	J'
BTC	153	1044	4.5122	0.000879	5.0304	0.8969
BP-E	93	450	4.0579	0.002077	4.5325	0.8952

T	gl	P
8.3545	846.53	<0.001

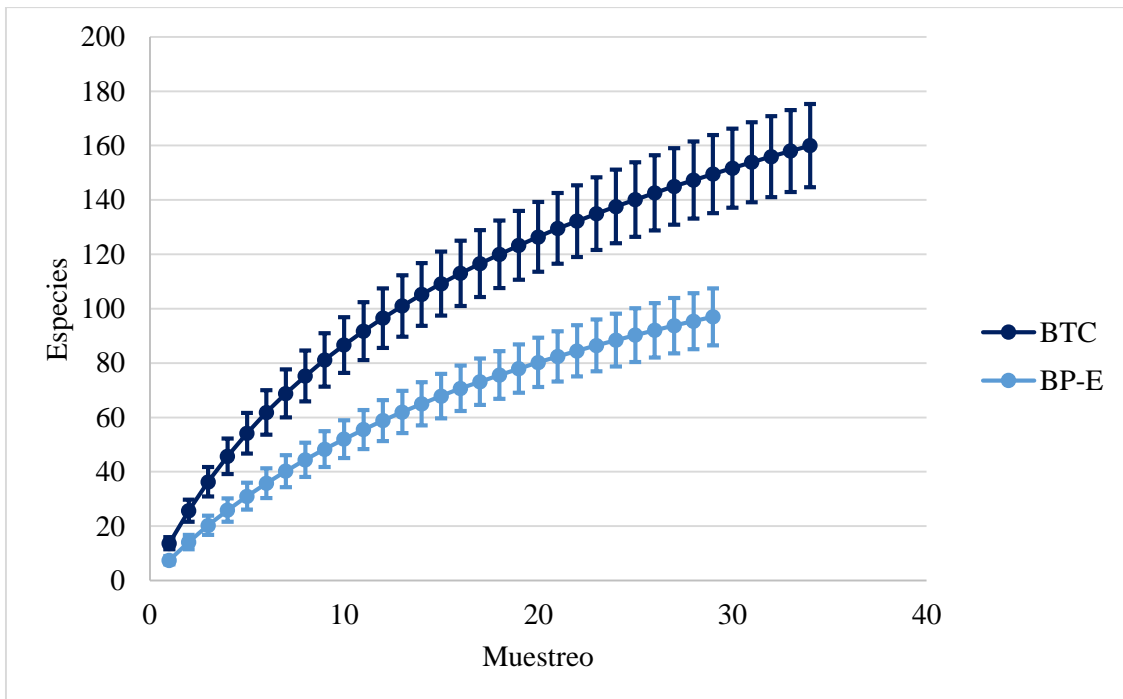


Fig. 106. Curva de Rarefacción de la riqueza de abejas entre dos tipos de vegetación.

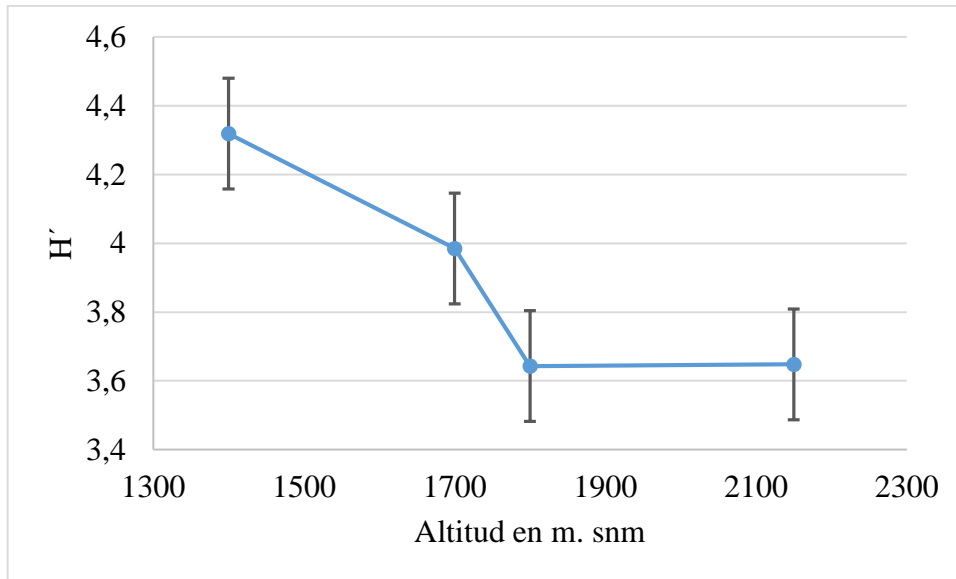


Fig. 107. Índice de diversidad de Shannon-Wiener por sitio de estudio y sus intervalos de confianza mediante bootstrap.

8.3 Diversidad β

La similitud faunística entre BTC y BP-E es bajo con un valor de 26.4% mediante el índice de similitud Jaccard (fig. 108) y de 26.32% con Bray-Curtis (fig. 109). Los análisis cluster señalan diferencias importantes entre las comunidades de abejas, ya que la similitud es menor al 50%, por lo que la composición de la comunidad de antófilos difiere substancialmente en función del tipo de vegetación.

Jaccard Cluster Analysis (Group Average Link)

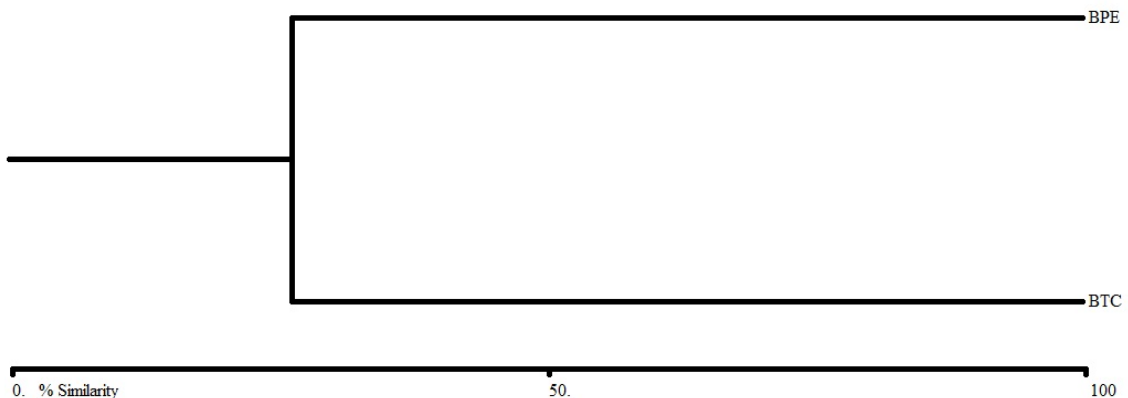


Fig. 108. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Jaccard, en de tipos de vegetación: BTC= bosque tropical caducifolio y BP-E= bosque de pino-encino.

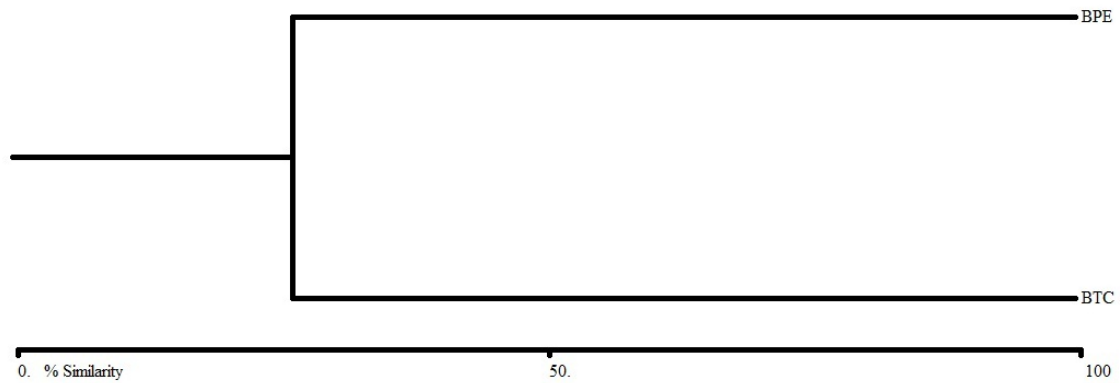


Fig. 109. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Bray-Curtis, en de tipos de vegetación: BTC= bosque tropical caducifolio y BP-E= bosque de pino-encino.

La similitud faunística por sitio muestra que los puntos más afines son el BTC a los 1400 m s. n. m. y el BTC a los 1700 m s. n. m., con un 38.96% con Jaccard (fig. 110) y un 34.12% con Bray-Crtis (Fig. 111). Sin embargo, es un valor bajo. El BE-P a los 1800 m s. n. m. muestra una mayor afinidad con el BTC a los 1700 m s. n. m. que al mismo tipo de vegetación, debido a la cercanía de los sitios, mientras que el BP-E a los 2150 m s. n. m. mostro un mayor parecido con el mismo tipo de vegetación pero a los 1800 m s. n. m. y presento valores de similitud muy bajos con relación al BTC a los 1400 m s. n. m. con 16.23% con Jaccard (fig. 110) y 18.83% mediante Bray-Curtis (Fig. 111).

Jaccard Cluster Analysis (Group Average Link)

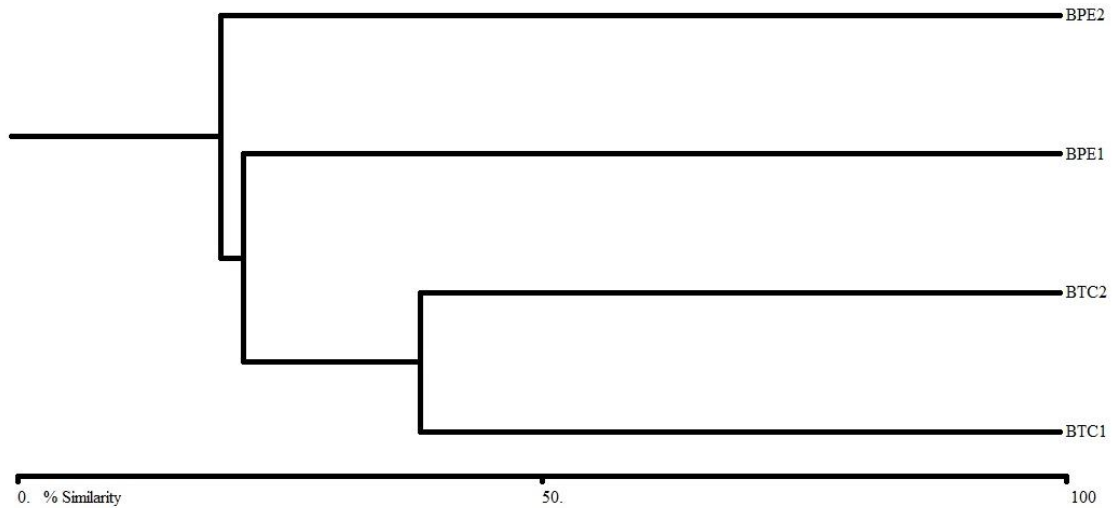


Fig. 110. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Jaccard, por sitios de estudio: BTC1= bosque tropical caducifolio a los 1400 m s. n. m. BTC2= bosque tropical caducifolio a los 1700 m s. n. m. y BP-E1= bosque de pino-encino a los 1800 m s. n. m. y BP-E= bosque de pino-encino a los 2150 m s. n. m.

Bray-Curtis Cluster Analysis (Group Average Link)

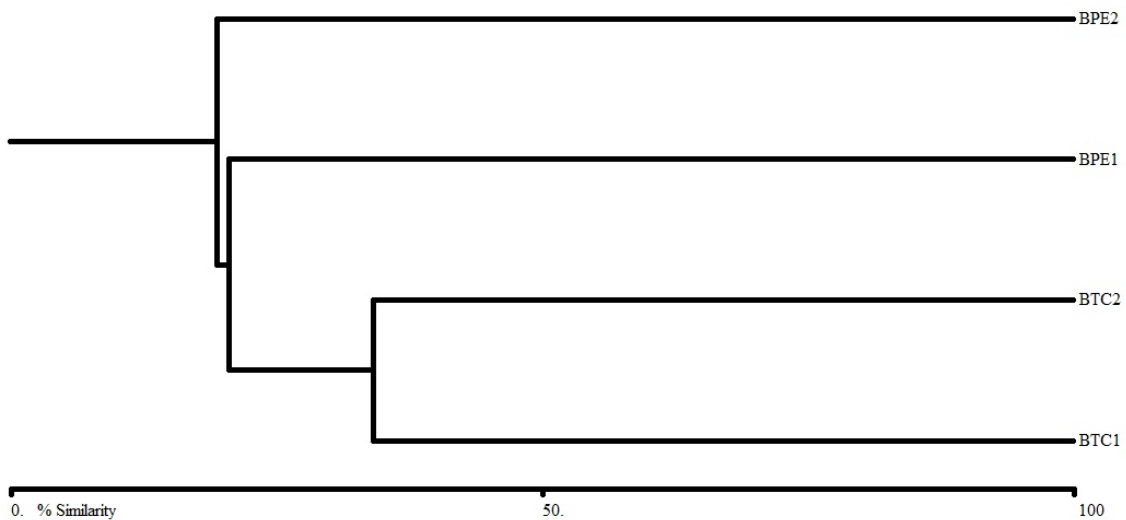


Fig. 111. Comparación de la comunidad de abejas silvestres con el índice de similitud de Bray-Curtis, por sitios de estudio: BTC1= bosque tropical caducifolio a los 1400 m s. n. m., BTC2= bosque tropical caducifolio a los 1700 m s. n. m. y BP-E1= bosque de pino-encino a los 1800 m s. n. m. y BP-E= bosque de pino-encino a los 2150 m s. n. m.

8.4 Red de interacción abeja-planta

8.4.1 Conectancia, densidad de enlaces y asimetría

La red de interacciones abeja-planta de la Sierra de Quila incluye 134 especies de plantas y 195 especies de abejas, con un total de 653 interacciones que representa 2.5% interacciones con respecto al total de interacciones posibles o conectancia, la densidad promedio de enlaces para las plantas fue de 4.87 y mientras que cada especie de abeja visitó 3.34 especies de plantas en promedio, esta red se dividió por tipo de vegetación, para analizar las interacciones abeja-planta donde no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de plantas que integran cada red ($X^2=2.5$, $P= 0.1138$) puesto que en BTC se registraron 90 especies de plantas, mientras que en BP-E se encontraron 70. Sin embargo, la proporción de especies de abejas que interactúan en la red si mostró diferencias estadísticamente significativas ($X^2=15.75$, $P< 0.001$) en BTC se registraron 153 especies mientras que en BP-E solo 91 especies (Cuadro 11).

El caso del BTC, el valor de conectancia fue de 3.3 % y para este tipo de vegetación cada especie de abeja visita 2.94 especies de plantas (densidad promedio de enlaces) y cada especie de planta fue visitada por 5 especies de abejas, mientras que en la red de interacciones de BP-E su conectancia es mayor que en los dos casos previos, pues sólo registraron 3.7% interacciones con respecto al total de interacciones posibles, la densidad promedio de enlaces fue de 3.37 para las plantas y 2.59 para las abejas (Cuadro 11).

Las tres redes fueron asimétricas en la interacción abeja-planta, en todos los casos existen más abejas interaccionando con plantas. Sin embargo, en el BTC existen 2.6 abejas por planta, en contraste con el BP-E donde esta relación es 1.3: 1, esto se ve reflejado en el coeficiente de asimetría (Cuadro 11).

Cuadro 11. Conectancia y densidad de enlaces (promedio \pm error estándar) y asimetría de la red de interacciones en Sierra de Quila.

	Plantas	Abejas	Conectancia (C)	Densidad de enlaces plantas	Densidad de enlaces abejas	Asimetría
Sierra de Quila	134	195	2.5%	4.87 \pm 0.57	3.34 \pm 0.31	0.18
BTC	90	153	3.3 %	5.00 \pm 0.65	2.94 \pm 0.28	0.26
BP-E	70	91	3.7 %	3.37 \pm 0.45	2.59 \pm 0.34	0.13

8.4.2 Anidamiento, especies idiosincráticas y similitud entre redes de interacción

El análisis de la red de Sierra de Quila muestra un patrón de anidamiento ($N=0.9811$), esta misma tendencia se observó al analizar las redes correspondientes a cada tipo de vegetación puesto que el anidamiento en BTC fue de 0.9718 y en BP-E de 0.9638 esto significa que las especies generalistas de abejas interactúan con especies generalistas de plantas, mientras que las especialistas, especies raras o con pocos registros, tienden a interactuar con su contraparte generalista (Apéndice B, Fig. 112). Las tres redes presentaron el patrón de anidamiento de manera significativa ($P= >0.001$) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Características de la red abeja-planta de Sierra de Quila N =anidamiento, TM = temperatura de la matriz, TN = temperatura de la matriz con el modelo nulo, P = probabilidad

	N	TM	TN	P
Sierra de Quila	0.9811	1.89	9.44	0.00
BTC	0.9718	2.82	12.07	0.00
BP-E	0.9638	3.62	12.82	0.00

Se registró que el 55 % de las plantas contribuyen al anidamiento perfecto en la red general, y el 45% de las plantas no siguen ese patrón, por otro lado, el 63 % de las especies de abejas contribuyen al anidamiento, mientras que el 34% fueron especies de abejas idiosincráticas, respecto al análisis de las redes por tipo de vegetación no se observaron diferencias estadísticamente significativas según chi cuadrado (Cuadro 13) entre los diferentes tipos de vegetación, por lo cual entre el 60 y 65 % de las abejas contribuyen al anidamiento y en el caso de las plantas el porcentaje fue 56. De igual forma las especies que no contribuyen al patrón de anidamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos de vegetación (Cuadro 13).

Cuadro 13. Porcentaje de especies de plantas y abejas que contribuyen al anidamiento y las especies idiosincráticas en BTC y BP-E.

	BTC	BP-E	χ^2	P
Porcentaje de abejas que contribuyen al anidamiento	64.71	59.34	0.2325	0.6297
Porcentaje de plantas que contribuyen al anidamiento	56.67	55.71	0.0082	0.9278
Porcentaje de abejas idiosincráticas	35.29	40.65	0.3783	0.5385
Porcentaje de plantas idiosincráticas	43.33	44.28	0.103	0.9192

La similitud en las interacciones abeja-planta entre el BTC y BP-E es bajo con un valor de 27.6% mediante el índice de similitud Jaccard, esto señala diferencias importantes en la composición de las especies y su relación mutualista entre los tipos de vegetación, lo que favorece la riqueza y diversidad tanto de abejas como plantas en el área de estudio.

8.4.3 Robustez y patrón de segundas extinciones

El patrón de anidamiento en las interacciones confiere cierto grado de resistencia a la red ante la extinción de especies, la robustez de estos sistemas de interacción puede ser medido mediante la simulación de extinciones de especies en un patrón aleatorio o en un patrón donde se eliminan las especies generalistas, en el caso de que se extingan especies de manera aleatoria los valores de robustez oscilan entre 0.62 para BTC hasta 0.66 en la red de la Sierra de Quila. Sin embargo, la robustez disminuye al realizar la simulación cuando se eliminan las especies con mayor número de interacciones debido al patrón de anidamiento (Cuadro 14).

Las simulaciones para evaluar el efecto de la extinción de las especies de abejas cuando se eliminan las plantas de forma aleatoria, muestran que existe poco efecto en la extinción de antófilos cuando se elimina un número reducido de especies vegetales, en contraste, cuando se eliminan las especies de plantas con el mayor número de interacciones, el patrón de extinción de especies de abejas tiene un comportamiento exponencial negativo.

Cuadro 14. Robustez de la red abeja planta en Sierra de Quila, en BTC y BP-E bajo los supuestos de eliminación aleatoria de especies de plantas y eliminación de especies de plantas con mayor número de interacciones.

	Rg	Ra
Sierra de Quila	0.31	0.66
BTC	0.32	0.62
BP-E	0.32	0.65

La red de interacciones general muestra entre 47 y 18 interacciones para las plantas con mayor densidad de conexiones, mientras que las abejas con mayor número de interacciones oscila entre 45 y 15 (Cuadro 15), el número de interacciones disminuye al llevar a cabo el análisis por tipo de vegetación. Sin embargo, las especies de abejas y plantas en BTC registran mayor número de conexiones (Cuadros 16 y 17), *Salvia polystachya*, *Marina scopa* y *Apis mellifera* *Megachile gentilis* son las especies más conectadas en ambos tipos de vegetación.

Cuadro 15. Especies de plantas y de abejas con mayor número de interacciones en Sierra de Quila.

Especie de plantas	Número de abejas	Especie de abeja	Número de plantas
<i>Salvia polystachya</i>	47	<i>Apis mellifera</i>	45
<i>Marina scopa</i>	32	<i>Trigona fulviventris</i>	18
<i>Dyssodia tagetiflora</i>	31	<i>Megachile gentilis</i>	16
<i>Hyptis albida</i>	27	<i>Bombus ephippiatus</i>	15
<i>Wigandia urens</i>	20	<i>Bombus steindachneri</i>	15
<i>Salvia</i> sp. 1	18	<i>Melissodes</i> sp. 2	15

Cuadro 16. Especies de plantas y de abejas con mayor número de interacciones en el BTC.

Especie de plantas	Número de abejas	Especie de abeja	Número de plantas
<i>Salvia polystachya</i>	35	<i>Apis mellifera</i>	33
<i>Dyssodia tagetiflora</i>	29	<i>Melissodes</i> sp. 2	14
<i>Hyptis albida</i>	26	<i>Trigona fulviventris</i>	13
<i>Marina scopa</i>	21	<i>Augochlora sidaefolia</i>	10
<i>Cosmos sulphureus</i>	15	<i>Megachile albitarsis</i>	10
<i>Triumfetta galeottiana</i>	15	<i>Megachile gentilis</i>	9

Cuadro 17 Especies de plantas y de abejas con más interacciones en el BP-E.

Especie de plantas	Número de abejas	Especie de abeja	Número de plantas
<i>Salvia polystachya</i>	24	<i>Apis mellifera</i>	24
<i>Wigandia urens</i>	26	<i>Bombus ephippiatus</i>	15
<i>Marina scopa</i>	13	<i>Bombus steindachneri</i>	10
<i>Lupinus elegans</i>	10	<i>Megachile gentilis</i>	9
<i>Senecio tolucanus</i>	10	<i>Lasioglossum D.</i> sp. 2	8

La simulación de segundas extinciones de la matriz general muestra que al eliminar las seis especies de plantas, con mayor número de interacciones (Apéndice C, Fig. 115) podrán extinguirse el 16% de las especies de abejas, el análisis por tipo de vegetación muestra que la proporción de especies de antófilos que podrían extinguirse son mayores, en BTC la eliminación de las seis especies vegetales más conectadas ocasionaría la extinción del 23 % de las especies de abejas (Apéndice C, Fig. 116), mientras que en BP-E si se eliminan las cinco especies más conectadas se eliminaría el 21% de las especies de abejas (Apéndice C, Fig. 117).

9 DISCUSIÓN

9.1 Inventario

La riqueza de abejas de México aparece como intermedia entre la de Estados Unidos y Centroamérica, donde las regiones xéricas de Norteamérica son las que presentan el mayor número de especies (Ayala *et al.*, 1996). La región de Madrean ubicada en la parte de Estados Unidos de los desiertos de Sonora y Chihuahua es considerada la más rica en cuanto a especies de abejas en el mundo con 900 (Michener, 2000). Aunque los desiertos en la parte de México están poco estudiados, presentan un alto número de especies (Godínez, 1991; Vergara y Ayala, 2002; Ramírez, 2012), seguidos en riqueza por los que incluyen al BTC (Ayala, 1988; Fierros-López, 1998; Vandame, 2012), para el caso de la Sierra de Quila en el BTC se recolectaron 160 especies de abejas, mientras que en el BP-E 97 especies, ya que parece que los bosques de pino, de encino y pino-encino tienen una menor riqueza que el BTC (Ayala *et al.*, 1996).

Al comparar la fauna de abejas silvestres de la Sierra de Quila con los tres preexistentes estudios realizados en Jalisco, se encontró que es el segundo sitio con mayor riqueza específica del estado hasta el momento, únicamente superado en especies por el trabajo de Ayala (1988; 2004) en bosque tropical caducifolio, en la región de Chamela con 228 especies, con una duración de seis años. Mientras que el de Fierros-López (1998) en elementos de bosque tropical caducifolio, bosque mixto, bosque de encino, bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña, en el volcán de Tequila se obtuvieron 172 especies, se realizó en un lapso de un año nueve meses y en el trabajo de Estrada (1992) en bosque de pino-encino, bosque de pino y bosque de encino, en la sierra del Tigre con 171 especies, en un año de muestreo. Una de las diferencias importantes al comparar la riqueza entre los sitios es el esfuerzo de muestreo, que fue mayor en el trabajo de Ayala (1988; 2004) que es el estudio de este tipo con mayor riqueza del estado. Sin embargo, el presente estudio alcanzó un número elevado de especies en un periodo de tiempo menor, por lo que probablemente al aumentar el tiempo de muestreo, cubrir otras áreas de la sierra y otros tipos de vegetación, se podría registrar una riqueza similar a la región de Chamela.

El tipo de vegetación donde se llevaron a cabo es otra fuerte diferencia, ya que de acuerdo con Ayala *et al.* (1996) el bosque tropical caducifolio es más diverso en especies de abejas

silvestres que los bosques de pino y pino-encino. Ya que la riqueza de especies de abejas va a la par con la diversidad de especies de plantas que requieren polinización melitoflica (Ayala, 2004), para el caso de los bosques templados más del 70% de las especies vegetales requieren polinización anemófila, mientras que en los bosques de clima tropical sólo del 2 al 3% de las plantas son polinizadas por el viento y el resto de las especies dispersan su polen por zoogamia (Chang-Martínez y Domínguez-Vazquez, 2013). Este aspecto que también mostró diferencia en relación con el volcán de Tequila, en donde se registraron 74 especies de plantas hospederas en comparación a la Sierra de Quila, con 134 especies.

Se coincide en que Apidae es la familia mejor representada en cuanto a número de especies, seguido por Halictidae a excepción de Chamela, que por un porcentaje muy estrecho, Megachilidae tiene más especies que Halictidae (Cuadro 18). Estos resultados son debido a que Apidae y Halictidae son familias con una alta diversidad en los trópicos, ya que son abejas numerosas, abundantes, de hábitos generalistas, contienen especies estacionales y que presentan diversos grados sociales (Smith-Pardo y González, 2007).

Cuadro 18. Porcentaje de riqueza específica de tres familias en los estudios de Jalisco.

Familias de abejas	Volcán de Tequila	Sierra del Tigre	Chamela	Sierra de Quila
Apidae	38%	39%	42.6%	40%
Halictidae	26%	21%	18.4%	25%
Megachilidae	21%	-	22.8%	20%

Al igual que el estudio de Fierros-López (1998), *Lasioglossum* (29 especies) y *Megachile* (16 especies) son los géneros con mayor riqueza específica, datos que difieren de Ayala (1988) que registra a *Megachile* (24 especies), *Lasioglossum* (17 especies) y *Centris* (14 especies) como los de con mayor riqueza. Aunque *Centris* representa un número importante de especies en la Sierra de Quila, es un género más diverso hacia la costa del estado que en la región centro, ya que las abejas de la tribu Centridini son de las más numerosas en los ecosistemas tropicales (Quiroz y Palacios, 1999).

En relación a las abejas oligolécticas se recolectó un número apenas superior al de Fierros-López (1998) a diferencia de Ayala (2004) quien registró 21 especies. En cuanto a las abejas cleptoparasitas la región de Chamela (31 especies) y el Volcán de Tequila (21 especies) presentan un número mayor de especies, que la zona de estudio, este grupo de abejas resultó particularmente bajo en el presente estudio, probablemente se deba a la metodología utilizada, ya que se enfocó preferentemente a recolectar a las abejas visitando las flores para registrar sus interacciones, y no tanto al vuelo o sobre los nidos, por lo que el número real de abejas cleptoparasitas debe de ser mayor al aquí presentado.

La riqueza específica de abejas de México es resultado de su situación geográfica, ubicado en la unión de las regiones neártica y neotropical, con una fuerte contribución de elementos templados y tropicales, más los componentes mesoamericanos (Ayala *et al.*, 1996). En lo referente a las afinidades biogeográficas de los 63 géneros registrados que en la Sierra de Quila (Cuadro 6), se encontró un mayor número de elementos neotropicales (29 géneros), aunque también se registró en menor número, pero de manera significativa elementos de afinidad neártica (14 géneros), que contribuyen considerablemente a la riqueza específica del área, debido a su ubicación en la que confluyen estas dos regiones, además se suman los elementos propios de la faja neovolcánica transversal, como son algunas especies del género *Deltoptila* y *Paragapostemon* que son endémicos de esta región fisiográfica y otros grupos bien representados en este ambiente montañoso como: *Colletes*, *Hylaeus*, Halictini, Osminii, *Anthidium*, *Anthophora* y *Bombus* (Ayala *et al.*, 1996), mientras que un pequeño número de especies pertenecen al resto de las afinidades, sobre todo a la sonorensis, ya que estos géneros están mejor representados en las regiones desérticas del Norte del país y muy pocas especies alcanzan a penetrar hacia la parte neotropical (Vergara y Ayala, 2002). Además cabe mencionar la presencia de dos de los cuatro géneros endémicos de México para la Sierra de Quila: *Aztecathidium* y *Paragapostemon* (Ayala *et al.*, 1996).

En las comparaciones se coincide en un mayor número de aspectos con Estrada (1992) y Fierros-López (1998), esto se debe a que existe una mayor cercanía geográfica, que en relación a Chamela y por la similitud en el tipo de vegetación, ya que en la Sierra del Tigre y en el volcán de Tequila se presenta el bosque de pino-encino y encino. Además el BTC de Chamela presenta elementos diferentes al BTC del interior del estado, lo que afecta la composición de especies de los diferentes sitios (Ayala, 2004).

La diversidad de abejas está fuertemente relacionada con la diversidad de especies vegetales, se ha encontrado una relación positiva entre la abundancia de abejas y la abundancia floral (Potts *et al.*, 2003) y si se considera que la floración de muchas especies de plantas es estacional, sobretodo en el trópico, la relación entre la presencia de abejas adultas y la mayor floración es alta (Reyes-Novelo *et al.*, 2009b) lo que coincide con lo encontrado en la Sierra de Quila, ya que la riqueza de estos himenópteros aumenta drásticamente en la temporada de lluvias (Fig. 16), de manera particular en: julio, octubre y noviembre, periodo en que la floración de muchas de las compuestas, leguminosas y labiadas analizadas están en su etapa máxima de floración, por ejemplo: *Salvia polystachya*, *Dyssodia tagetiflora* y *Marina scopa*, que son las plantas en las que se registró el mayor número de especies de antófilos.

En diciembre el número de especies de abejas disminuye a la par con la floración de las plantas, en enero con el comienzo de la época seca del año la riqueza de antófilos baja súbitamente, en comparación a los meses de la estación lluviosa, debido a los pocos recursos florales disponibles. Sin embargo, en el mes de abril se registró un pico en la riqueza y abundancia de abejas, que probablemente esté relacionado con la floración de algunos árboles del BTC (Rzedowski, 2006). Además la floración de *Hyptis albida* y *Wigandia urens*, que son recursos importantes para las abejas activas en la estación seca, principalmente para las de talla pequeña, ya que son de las pocas plantas que florecen en esta época del año y abundan en la zona, lo que explica que fueron dos de las plantas que en las que se registró una importante riqueza específica, finalmente mayo corresponde a uno de los meses con menor número de especies de abejas, éste mes coincide con el final de la floración de *Hyptis albida* y *Wigandia urens*, así como y con la parte final de la estación seca.

La abundancia mensual de abejas silvestres se comporta de manera muy similar a la riqueza específica. Según Hinojosa (2001) y Domínguez (2009), el temporal de lluvias, el máximo de especies de plantas en floración y la temperatura, son los principales factores que determinan la riqueza y abundancia de especies de antófilos a lo largo del año, debido a que la temperatura puede determinar la inducción o término de la diapausa de estos insectos (Domínguez, 2009), la humedad relativa reduce la posibilidad de deshidratación en los insectos y la relación que guarda el temporal de lluvias con la floración de muchas

de las especies de plantas (Hinojosa, 2001; Domínguez 2009), esta relación puede observarse en los dos gráficos donde la riqueza específica mensual, la abundancia mensual y el número de especies de plantas en floración por mes, tienden a comportarse de la misma manera (Fig. 16), mostrando la estrecha relación que guardan tanto abejas como plantas, la una con la otra, en sus ciclos de vida y reproducción. Por lo que se coincide con los trabajos de Fierros-López (1998); Hinojosa (2001), Vergara y Ayala (2002) y Domínguez (2009) en que el pico de riqueza, abundancia y diversidad de abejas se da durante la temporada lluviosa, al menos para las localidades ubicadas en el centro del país.

9.2 Diversidad α y β

Se encontró mayor riqueza de especies de abejas en BTC que en BP-E en la Sierra de Quila, concidiendo en este aspecto con Hinojosa (2001), que probablemente se debe a la diferencia en especies vegetales que requieren polinización melitofílica (Ayala, 2004). En el BTC, se registraron 90 especies de plantas visitadas por abejas, mientras que en BP-E únicamente 70 especies, por lo que hay una mayor variedad de recursos alimenticios y otro factor importante es la temperatura ya que el BP-E es más frío lo que limita a muchas abejas de tamaño pequeño debido a su pobre capacidad para termoregular y en combinación con su alta propensión a perder calor (Roubik, 1989). El efecto de la riqueza vegetal también se refleja en las abejas oligolécticas, debido a que de las 11 especies registradas en la Sierra de Quila, 10 están presentes en BTC y tan sólo una en BP-E, ya que a excepción de *Salvia polystachya*, las demás plantas hospederas están ausentes o pobremente representadas en BP-E. El número de especies de abejas especialistas tiende a aumentar en zonas con mayor riqueza vegetal (Dalmazzo, 2010) por lo que el BTC presenta una gran cantidad de estas abejas como se aprecia en el estudio de Ayala (2004) con 21 especies que propone como oligolécticas. Otro grupo importante son las especies cleptoparasitas, ya que estos insectos depende en gran medida de la riqueza y abundancia de sus hospederos, por lo que de las 10 especies registradas en el área, nueve se encuentran en BTC y tan sólo dos en BP-E. Posiblemente ligado a una mayor riqueza de hospederos en el BTC.

Por otra parte se observan diferencias en cuanto a la riqueza por altitud en relación a lo reportado por Hinojosa (2001), donde el encuentra una disminución de la riqueza en función del aumento de la altitud, en nuestro caso la menor riqueza se registro a los 1800

m s. n. m., que posiblemente este relacionado más con las condiciones de la localidad de muestreo que en relación a factores climáticos, ya que el sitio presentaba escasos claros en la vegetación lo que limitaba el crecimiento de herbáceas y por lo tanto de flores que pudieran servir de recurso alimenticio para las abejas.

La diversidad α estimada con el índice de Shannon fué mayor en BTC que en BP-E, probablemente se deba a la diferencia que existe en la riqueza de especies. Sin embargo, la diversidad es alta para los dos sitios, Magurran (2004) menciona que en raras ocasiones H' tiene un valor superior a cuatro y se lo atribuye a un alto número de especies encontradas durante los muestreos, como es el caso de la Sierra de Quila. Además Fierros-López (1998), encuentra valores de diversidad y uniformidad similares a los reportados, por lo que parece que las comunidades de abejas, al menos en ambientes relativamente bien conservados en Jalisco, tienen una alta diversidad producto de su alta riqueza específica y que la dominancia se distribuye en un grupo de varias especies, conformado por al menos 11 especies eusociales, que debido ha que forman colonias son abundantes, más la presencia de algunas abejas solitarias que también son comunes.

La diversidad por sitio muestra que la parte más baja de BTC tiene una mayor diversidad que la parte alta, esto probablemente se deba a que la parte superior del BTC, empieza a formar el ecotono con el BP-E, lo que se ajusta a los propuesto por Hinojosa (2001) que con el aumento de la altitud disminuye la diversidad de abejas, debido a que con la altura baja la temperatura lo que limita a especies pequeñas de estos himenópteros, mientras que las localidades de BP-E tienen una diversidad similar sin importar la altura, por lo que la diversidad posiblemente esta más ligada al tipo de vegetación para este caso que a otros factores como la altitud o la temperatura.

Por otra parte al comparar la similitud faunística mediante el índice de Jaccard y Bray-Curtis, encontramos un fuerte cambio en la composición de las especies de abejas según el tipo de vegetación, ya que pocas especies se colectaron en ambos tipos de bosque, valores similares son encontrados por Fierros-López al comparar el BTC con los bosques templados (20% de similitud con Jaccard), mientras que Hinojosa (2001) registró también valores bajos de similitud entre el BTC y los bosques de pino, encino y pino encino (menores al 35%), lo que parece sugerir que la vegetación, las condiciones climáticas y variaciones microambientales juegan un papel importante en la la riqueza y diversidad de

las comunidades de abejas (Hinojosa, 2001), que además posiblemente se asocie con los recursos para alimentación disponibles. Al comparar los sitios encontramos que las localidades de BTC tienen la mayor similitud, a pesar de que los sitios más próximos son la parte alta del BTC y la parte baja del BP-E separados por 100 m s. n. m., que probablemente se deba a una mayor similitud en los recursos alimenticios entre los sitios del BTC, mientras que al superar los 2,000 m s. n. m. la melitofauna tiene una composición particular, formada principalmente por abejas adaptadas a climas fríos y a zonas de alta montaña, con capacidad de termorregulación (Hinojosa, 2001) por lo que las especies de esta localidad están más relacionadas con las condiciones ambientales, que en relación al tipo de vegetación, por lo que la similitud con los sitios tropicales es muy baja. De manera general se puede decir que las diferencias altitudinales parecen estar definidas principalmente por el tipo de vegetación como propone Hinojosa (2001), por lo que se pueden observar dos agrupaciones mayores, las especies de abejas que componen el BTC y las del BP-E, que después a nivel local tienen a responder a variables como la temperatura que está ligada a la altitud.

9.3 Red de interacción abeja-planta

El anidamiento es una característica común de las redes de interacción animal-planta (Bascompte y Jordano, 2008; Kratochwil *et al.*, 2009; Quesada *et al.*, 2012; Tylianakis *et al.*, 2010), y para la Sierra de Quila no es la excepción, ya que en todas las redes encontramos este patrón, lo que refuerza la idea de que los sistemas de polinización tienden al anidamiento como consecuencia del proceso coevolutivo, además el alto grado de anidamiento de las abejas y las plantas de las que se alimentan, forma una red muy unida, donde no se presentan grupos de especies aisladas que den origen a compartimentos (Bascompte y Jordano, 2006; Lara-Rodríguez *et al.*, 2012), si no que existe un núcleo de abejas poliléticas que se alimenta de plantas generalistas y a este se conectan las especies especialistas.

Esta estructura brinda a los sistemas de polinización una mayor resistencia ante la pérdida de especies (Quesada *et al.*, 2012), debido a dos propiedades derivadas de la arquitectura de la red: (1) la existencia de un núcleo que sostiene la mayor parte de las interacciones que proporciona rutas alternas de alimentación o de vectores de polen, ya que si desaparecen algunas de estas especies, otras generalistas pueden sustituir la interacción, (2) y la asimetría de las interacciones, donde los especialistas se conectan con los

generalistas y favorece la persistencia de los mismos ya que los generalistas de los que dependen suelen ser muy abundantes y menos fluctuantes (Bascompte y Jordano, 2008).

La conservación suele enfocarse en un solo grupo de organismos (por ejemplo, plantas) o en especies raras, dejando de lado la influencia de las interacciones entre los mismos (Tylianakis *et al.*, 2010), para la Sierra de Quila las especies con mayor número de conexiones que son las ubicadas en la parte superior del gráfico (Apéndice B, Figs. 112, 113 y 114), serían las más importantes para el funcionamiento del sistema de polinización, ya que si estas especies desaparecieran del área, las comunidades tanto de plantas como de polinizadores podrían ser seriamente afectadas. De igual manera, la introducción de una especie o una enfermedad pueden alterar sustancialmente la estructura y dinámica de la red (Valido *et al.*, 2011). Por lo que el análisis de redes mutualistas nos ayuda a establecer estrategias de conservación a nivel comunidad, al ubicar las especies claves a partir de sus interacciones (Lara-Rodríguez *et al.*, 2012) y al intentar predecir como responde un grupo ante la pérdida de especies (Memmott *et al.*, 2004).

Al comparar las redes por tipo de vegetación se encontró un mayor grado de anidamiento en el BTC, esto posiblemente este relacionado con la riqueza de especies y de interacciones, ya que se ha observado que el anidamiento aumenta conforme lo hace el número de especies (Lara-Rodríguez *et al.*, 2012), por otra parte no se encontraron diferencias en las especies idiosincráticas por tipo de vegetación y la mayoría de las especies de abejas (60 al 65%) y plantas (56%) contribuyen a un anidamiento perfecto. En las redes mutualistas es común encontrar valores bajos de conectancia, debido a que se presentan restricciones morfológicas y fenológicas que resultan en interacciones que no pueden realizarse (Quesada *et al.*, 2012; Tylianakis *et al.*, 2010), los valores tan bajos de conectancia y la diferencia entre el BTC y el BP-E se pueden relacionar con que a medida que aumenta la riqueza de especies a la par aumenta el número de conexiones posibles, por lo que la conectancia disminuye potencialmente. Además al ser una medida de la riqueza de las interacciones los valores altos incrementan la robustez de la red, por lo que las redes con conectancias bajas son extremadamente sensibles a la pérdida de las especies más conectadas (Dunne *et al.*, 2002), resaltando aun más la importancia de estas especies para el área natural protegida.

Las redes de interacción animal planta tienden hacia la asimetría, ya que por lo general existen más especies de polinizadores que de especies vegetales, en promedio en estas redes hay 3.6 veces más especies de animales que plantas (Quesada, *et al.*, 2012), en función de esto la asimetría registrada para cada tipo de vegetación es bajo, esto posiblemente se debe a que las abejas tienen una mayor especificidad a las especies vegetales que visitan a diferencia de otros polinizadores como mariposas o avispas (Nantes-Parra, 2005), lo que disminuye la proporción de especies de abejas en relación a las plantas. El número de especies de abeja por planta es mayor en el BTC con 2.6 especies en relación al BP-E con 1.3 especies de abeja por especie vegetal, que posiblemente se deba a la mayor riqueza de abejas del BTC a comparación del BP-E y esto también se ve reflejado en la densidad de enlaces donde cada especie de planta en el BTC fue visitada en promedio por cinco especies de abejas, mientras que en el BP-E por 3.37 especies de abejas.

Las redes de los dos tipos de vegetación se comportan de manera muy similar ante los escenarios de extinción de especies, con valores más cercanos a 0 en el escenario de eliminación de las especies generalistas (Cuadro 11 y Apéndice C, Figs. 115, 116 y 117), lo que indica que al menos para la Sierra de Quila la vegetación no es un factor importante para la robustez de las interacciones. Sin embargo, la comparación de las interacciones con Jaccard muestra fuertes diferencias entre el BTC y el BP-E, pero tiene un valor muy similar al de las especies de abejas con el mismo método, aunque es de llamar la atención que la similitud entre las especies de abejas sea tan parecida a las interacciones, ya que al ser tan bajo este valor entre especies, se esperaría que los resultados para las interacciones fueran menores, pero al estar la red muy unida por los altos niveles de anidamiento, las especies generalistas aumentan la similitud y el BTC a los 1,700 m funciona como un ecotono que favorece el parecido entre el BTC y el BP-E, por lo que la vegetación no solo influye en la riqueza y diversidad de las abejas, si no también a nivel de interacciones.

10 CONCLUSIONES

La Sierra de Quila es un importante sitio para la conservación de abejas silvestres, ya que es el segundo sitio con mayor número de especies de estos himenópteros, si para Jalisco

se reportan 313 especies de antófilos (Ayala *et al.*, 1996), esta Área de Protección de la Flora y Fauna tiene el equivalente al 64% de las especies citadas para el estado y el presente trabajo contribuyó de manera significativa al conocimiento de la melitofauna de la zona, ya que sólo se tenían reportadas seis especies (Anónimo, sin año). Sin embargo, para complementar el inventario es necesario muestrear otras localidades con BTC y enfocarse en algunos grupos que debido a cuestiones metodológicas fueron pobremente representados, como son las abejas crepusculares y cleptoparasitas.

Las abejas meliponas encontradas en la zona tienen potencial económico para la zona, de los cuales se puede aprovechar la producción de miel y cera (Albores, 2015), sobretodo para los terrenos ubicados en el BTC, de las cinco especies registradas las que posiblemente presenten un mayor potencial son: *Scaptotrigona hellwegeri* ya que otra especie del mismo género *Scaptotrigona mexicana* ha sido utilizada tradicionalmente para la producción de miel (Guzmán y Vandame, 2015), *Partamona bilineata* debido a que es el meliponino más grande encontrado hasta el momento en la zona y su producción de miel podría ser mayor a la de las otras meliponas y *Trigona fulviventris* ya que la abeja sin aguijón más abundante en la zona. Otro grupo con posible importancia económica son los abejorros, ya que pueden ser usados para la polinización de cultivos dentro de invernaderos (Nantes-Parra, 2000), de las cuatro especies encontradas posiblemente las mejores opciones para la reproducción de colonias son: *Bombus ephippiatus* ya que varios estudios han revelado que tienen potencial como polinizador del jitomate (Torres-Ruiz *et al.*, 2013) y *Bombus steindachneri* por que es una especie abundante en la zona y fue colectada en las cuatro localidades, por lo que puede tolerar un amplio margen de temperaturas.

La diversidad de abejas para la Sierra de Quila es alta en los dos tipos de vegetación y es producto de la alta riqueza específica y que la dominancia se distribuye en un grupo de varias especies, principalmente eusociales y a la presencia de abejas solitarias comunes. El BTC presentó mayor riqueza y diversidad de abejas en relación al BP-E, sin embargo, tan sólo cubre una superficie aproximada del 15% del área (Villavicencio y Ávila, 2015) por lo que se debe poner particular atención en preservar este tipo de vegetación para la conservación de las abejas silvestres de la zona. Por otra parte se encontró que el tipo de vegetación es un factor importante para la composición de la comunidad de abejas, probablemente asociado a los recursos para su alimentación disponibles y las condiciones

climáticas que al superar la cuota altitudinal de los 2,000 m s.n.m. la melitofauna tiene una composición particular, probablemente más relacionado con las condiciones ambientales, sobre todo la temperatura y no al tipo de vegetación.

Las redes de interacción abeja-planta presentan un fuerte patrón de anidamiento lo que les proporciona robustez ante la pérdida de especies, pero la conectancia y la simulación de extinción de plantas y su efecto sobre la comunidad de abejas sugiere que estas redes son susceptibles a la pérdida de especies generalistas, por lo que se debe de poner particular atención en la conservación de las mismas y podrían ser usadas como elementos clave para la restauración de los sistemas de polinización en áreas perturbadas. Además las diferencias encontradas en la red en función del tipo de vegetación son mínimas, por lo que las redes se comportan de manera muy similar en sus propiedades analizadas, a excepción de la similitud entre las interacciones donde cada red tiene una particular composición de las mismas, lo que sin duda favorece la riqueza y diversidad del sistema de polinización de la zona.

11 LITERATURA CITADA

Aizen, M. A. y N. P. Chacoff. 2009. Las interacciones planta-animal como servicio ecosistémico: el caso de mutualismo de polinización. En Medel, R., A. M. Aizen y R. Zamora (Eds.).

Ecología y evolución de interacciones planta-animal: Conceptos y aplicaciones. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

- Albores, M. L., 2015. Manejo tradicional de la abeja *Pisilnekmej* (*Scaptotrigona mexicana*) en la Sierra Nororioriental de Puebla. En Guzmán M. y R. Vandame (Eds.). *Manejo de las Abejas sin Aguijón en Mesoamerica*. CONABIO, ECOSUR y SAGARPA, San Cristóbal de las Casas.
- Anónimo. Sin año. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila. sierradequila.org/sdq/index.php?option=com_docman&task. Fecha de consulta 25 de Noviembre del 2013.
- Atmar, W. y B. D. Petterson. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented hábitat. *Oecologia*, 96: 373-382.
- Ayala, R. 1988. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 73: 395-493.
- Ayala, R. 1999. Revisión de las Abejas sin Aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*. 106: 1-123.
- Ayala, R. 2004. Fauna de abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea). En: García, A. N. y R. Ayala (Eds.). *Artrópodos de Chamela*. UNAM, México
- Ayala, R., T. L. Griswold y D. Yanega. 1996. Apoidea (Hymenoptera). En Llorente, J., A. García y E. González (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía, y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM-CONABIO, México.
- Ayala, R., y T. L. Griswold. 2012. Dos especies nuevas de abejas del género *Peponapis*, con una clave para las especies de América del Norte y Central (Hymenoptera: Apidae: Eucerini). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 396-406.
- Bascompte, J. y P. Jordano. 2006. *The structure of Plant-Animal Mutualistic Networks*. En: Pascual, M. y J. Dunne (Eds.). *Ecological networks*, Oxford University Press, Oxford.
- Bascompte, J. y P. Jordano. 2008. Redes mutualistas de especies. *Investigación y Ciencia*, 384: 50-59.
- Biesmeijer, J. C., S. P. M. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemüller, M. Edwards, T. Peeters, A. P. Schaffers, S. G. Potts, R. Kleukers, C. D. Thomas, J. Settele y W. E. Kunin. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.
- Bonifácio, M. M., V. R. De Melo, M. Da Mota, M. F. Plácido, S. De Faveri y A. Colossio. 2009. Conservación de las interacciones insecto-planta y transferencia de conocimiento en la Amazonia. En: Mendel, R., M. A. Aizen y R. Zamora (Eds.) *Ecología y evolución de*

interacciones planta-animal: Conceptos y aplicaciones. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

- Chang-Martínez, L. y G. Domínguez-Vázquez. 2013. Distribución altitudinal del polen en un gradiente altitudinal en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 876-833.
- Coelho, B. W. T. 2004. A review of the bee genus *Augochlorella* (Hymenoptera: Halictidae: Augochlorini). *Systematic Entomology*, 29: 282-323.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS 9.1.0. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2013.
- Coro, A. M. 2009. La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, 85:2-5.
- Dormann, C. F., B. Gruber y J. Frund. 2008. Introducing the Bipartite Package: Analysing Ecological Networks, RNews. 8: 8-11. <http://www.R-project.org/>. Fecha de consulta: 10 de enero del 2015.
- Dune, J. A., R. J. Williams y N. D. Martínez. 2002. Network Topology and Species Loss in Food Webs: Robustness Increases with Connectance. *Ecology Letters*, 5: 558-567.
- Dupont, Y. L., D. M. Hansen y J. M. Olesen. 2003. Structure of a plant-flower-visitor network in the high-altitude sub-alpine desert of Tenerife, Canary Islands. *Ecography*, 26: 301-310.
- Espino, J., Y. E. Baños y E. C. García. 2012. Biología reproductiva y visitantes florales de dos especies de *Salvia* con síndrome de polinización por aves y abejas. *Ciencia Nicolaita*, 55: 52-60.
- Estrada, C. M. 1992. *Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de la Sierra del Tigre, Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. Guadalajara.
- Fierros-López. H. E. 1998. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del Volcán de Tequila, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 102: 21-70.
- Fierros-López. H. E. 2004. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea). En: López-Coronado, G. A. y J. J. Guerrero-Nuño (Eds.). *Ecología Urbana en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Ágata-Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Gibbs, J., P. Laurence, S. Dumesh y B. N. Danforth. 2013. Revision and reclassification of *Lasioglossum (Evylaeus)*, *L. (Hemihalictus)* and *L. (Sphecodogastra)* in eastern North America (Hymenoptera: Apoidea: Halictidae). *Zootaxa*, 3672 (1): 1-117.

- Godínez, G., 1991. *Algunos aspectos de la fenología de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de San Gregorio Guanajuato*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Gómez, J. M. 2002. Generalización en las interacciones between plants and pollinators. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75: 105-116.
- González, V. H. 2006. Superfamilia Apoidea. En Fernández, F. y M. J. Sharkey (Eds.). *Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Goulson, D., G. C. Lye y B. Darvill. 2008. Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, 53: 191-208.
- Grimaldi, D. y M. S. Engel. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Grixti, J. C., L. T. Wong, S. A. Cameron y C. Fauret. 2009. Decline of bumble bees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biological Conservation*, 142: 75-84.
- Guerrero-Núño, J. J. y G. A. López-Coronado, 1997. *La vegetación y la flora de la Sierra de Quila*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara.
- Guimaraes, P. R. y P. Guimaraes. 2006. Improving the analyses for large sets of matrices. *Environmental Modelling & Software*, 21: 1512-1513.
- Guimaraes, P. R., C. Sazima, S. Furtado y I. Sazima. 2007. The nested structure of marine cleaning simbiosis: is it like flowers and bee? *Biology letters*, 3: 51-54.
- Guzmán M. y R. Vandame. 2015. Meliponicultura en la región Soconusco, Chiapas. En Guzmán M. y R. Vandame (Eds.). *Manejo de las Abejas sin Aguijón en Mesoamerica*. CONABIO, ECOSUR y SAGARPA, San Cristóbal de las Casas.
- Heino, J., H. Mykra y T. Muotka. 2009. Temporal variability of nestedness and idiosyncratic species in stream insect assemblages. *Diversity and Distribution*, 15: 198-206.
- Hinojosa, I. A. D. 1996. *Estudio faunístico de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del Pedregal de San Angel. D.F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Hinojosa, I. A. D. 2001. *Distribución altitudinal de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en el declive sur de la sierra de Chichinautzin. Morelos*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Huerta, F. M. y S. Guerrero. 2004. *Ecología de Comunidades*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.
- Jordano, P., D. Vázquez y J. Bascompte. 2009. Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En: Medel, R., M. A. Aizen y R. Zamora (Eds.). *Ecología y evolución de interacciones planta-animal: Conceptos y aplicaciones*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Kratochwil, A., M. Beil y A. Schwabe. 2009. Complex structure of pollinator-plant interaction-webs: random, nested, with gradients or modules? *Apidologie*, 40: 634-650.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, California.
- LaBerge, W. E. 1989. A Review of the Bees of the Genus *Pectinapis* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Illinois Natural History Survey Bulletin*, 62 (4): 524-527.
- LaBerge, W. E. 2001. Revision of the Bees of the Genus *Tetraloniella* in the New World (Hymenoptera: Apidae). *Illinois Natural History Survey Bulletin*, 36 (3): 67-162.
- LaBougle, J. M. 1990. *Bombus* of Mexico and Central America (Hymeniptera: Apidae). *The University of Kansas Science Bulletin*, 54 (3): 35-73.
- Lara-Rodríguez, N. Z., R. Díaz-Valenzuela, V. Martínez-García, E. Mauricio-López, S. Anaid-Díaz, O. I. Valle, A. D. Fisher-de, C. Lara y R. Ortiz-Pulido. 2012. Redes de interacción colibrí-planta del centro-oeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 569-577.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- McAleece, N. 1997. Biodiversity Professional Beta. Version 2.0. The Natual History Museum and The Scottish Association for Marine Science. <http://www.sams.ac.uk/peterlamont/biodiversity-pro>. Fecha de consulta: 10 de enero del 2015.
- McGinley, R. J., 1986. *Studies of Halictinae (Apoidea: Halictidae), I: Revision of New World Lasioglossum Curtis*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Memmott, J. 1999. The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology Letters*, 2: 276-280.
- Memmott, J., N. M. Waser y M. V. Price. 2004. Tolerance of pollination networks to species extintctions. *The Royal Society*, 271: 2605-2611.
- Michener, C. D., R. J. McGinley y B. N. Fanforth. 1994. *The Bee Genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea)*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Michener, C. D. 2000. *The Bees of the World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Morales, C. L. 2007. Introducción de abejorros (*Bombus*) no nativos: causas, consecuencias ecológicas y perspectivas. *Ecología Austral*, 17: 51-65.

- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA, Zaragoza.
- Murcia, C. 2002. Ecología de la polinización. En: Guariguata, M. R., y G. H. Kattan (Eds.). *Ecología y conservación de los bosques neotropicales*, Libro Universitario Regional. Cartago.
- Nantes-Parra, G. 2005. Abejas silvestres y polinización. *Manejo integrado de plagas y agroecológica*, 75: 7-20.
- Nantes-Parra, G. y V. H. González. 2000. Las abejas silvestres de Colombia: Por qué y cómo conservarlas. *Acta Biológica Colombiana*, 5(2): 5-36.
- O'toole, C. y A. Raw, 1999. *Bees of the world*, Facts on file. New York
- Pineda, S. P. En revisión. *Abejas silvestres (Hymenoptera: Anthophila) del Bosque Escuela de la Sierra de la Primavera, Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara.
- Poisot, T., E. Canard, D. Mouillot, N. Mouquet y D. Gravel. 2012. The dissimilarity of species interaction networks. *Ecology Letters*, 15:1353-1361.
- Porter, B. L., H. C. Gallardo, M. F. Ruiz y R. R. Quiroz. 2015. La meliponicultura en el municipio de Atzalan, Ver.: un diagnóstico sobre el estado actual de la actividad y sus necesidades. En Guzmán M. y R. Vandame (Eds.). *Manejo de las Abejas sin Aguijón en Mesoamerica*. CONABIO, ECOSUR y SAGARPA, San Cristóbal de las Casas.
- Potts, S. G., B. Vulliamy, A. Dafni, G. Ne'eman y P. Willmer. 2003. Linking bees and flowers: How do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84 (10): 2628-2642.
- Potts, S. G., J. C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger y W. E. Kunin. 2010. Global pollinator declines: trends, impact and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6): 345-353.
- Quesada, M., F. Rosas, M. López, M. Araiza, R. Aguilar, L. Ashworth, G. V. Rosas, M. G. Sánchez y R. S. Martén. 2012. Ecología y Conservación Biológica de Sistemas de Polinización de Plantas Tropicales. En del Val, E. y K. Bouge (Eds.). *Ecología y Evolución de las Interacciones bióticas*. Fondo de Cultura Económica, CIECO y UNAM, México.
- Quiroz, D. L. y R. Palacios. 1999. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Centris inermis* Friese (Hymenoptera: Apidae) en Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica*, 10: 59-72.

- Ramirez, F. L. 2012. *Abejas Nativas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) Asociadas a la Vegetación de Nuevo León, México*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autonoma de Nuevo León. Nuevo León.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. Fecha de consulta 5 de Marzo del 2015.
- Reyes-Novelo, E., V. R. Mééndez, R. Ayala y H. G. Delfín. 2009a. Abejas Silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como Bioindicadores en el Neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (1): 1-13.
- Reyes-Novelo, E., V. R. Mééndez, R. Ayala y H. G. Delfín. 2009b. Bee Faunas (Hymenoptera: Apoidea) of six natural protected areas in Yucatan, Mexico. *Entomological news*, 120(5): 530-544.
- Roberts, R. B., 1972. Revision of the Bee Genus *Agapostemon* (Hymenoptera: Halictidae). *The University of Kansas Science Bulletin*, 49: 437-590.
- Roubik, D. W. 1989. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Roubik, D. W., R. Villanueva, E. F. Cabrera y W. Colli. 1991. Abejas silvestres de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. En: Navarro, L. B. y J. G. Robinson (Eds.). *Diversidad biológica en la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Q. Roo, México*. CIQRO. Chetumal.
- Roubik, D. W. y P. E. Hanson. 2004. *Abejas de Orquídeas de la América tropical, Biología y guía de campo*. INBio. Santo Domingo de Heredia.
- Rzedowki, J. 2006. *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Santamaría, S. y Mééndez M. P. 2013. Cómo Conservar las Interacciones Entre Polinizadores y Plantas en Ecosistemas de Alta Montaña con Ayuda de la Teoría de Redes Complejas. En: Ramírez, L. y B. Asensio. (Eds.), *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2009-2012*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Smith-Pardo, A. y González, V. H. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque húmedo tropical. *Acta Biológica Colombiana*, 12: 43-56.
- Smith-Pardo, A. H. y R. I. Vélez-Ruiz. 2008. *Abejas de Antioquia: Guía de Campo*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

- Snelling, R. 1974. Notes on the Distribution and Taxonomy of some North American *Centris* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Bulletin of Natural History Museum of Los Angeles*, 259: 1-40.
- Snelling, R. 1984. Studies on the Taxonomy and Distribution of American Centrine Bees (Hymenoptera: Anthophoridae). *Bulletin of Natural History Museum of Los Angeles*, 347: 1-69.
- Snelling, R. 1990. A Review of the Native North American Bees of Genus *Chalicodoma* (Hymenoptera: Megachilidae). *Bulletin of Natural History Museum of Los Angeles*, 421: 1-39.
- Spivak, M. 2011. *Attracting native pollinators: Protecting North America's bees and butterflies*. Storey Publishing, Minnesota.
- Torres-Ruiz, A., R. Wallace y R. Ayala. 2013. Present and Potential Use of Managed Pollinators in México. *Southwestern Entomologist*, 38(1): 132-147.
- Tylianakis, J. M., E. Laliberté, A. Nielsen y J. Bascompte. 2010. Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation*, 143: 2270-2279.
- Urban, D. 2001. *Loyalanthidium* gen. n. e Tres Espécies Novas Neotropicais (Hymenoptera: Megachilidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1): 63-70.
- Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M.C., Jordano, P. 2011. Interacciones entre plantas y polinizadores en el Parque Nacional del Teide: Consecuencias ecológicas de la introducción masiva de abeja doméstica (*Apis mellifera*, Apidae). En: Ramírez, L. y B. Asensio. (Eds.), *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2007-2010*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Vandame, R. 2012. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la reserva de la biosfera el Triunfo, Chiapas. El colegio de la Frontera del Sur. Unidad Tapachula. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. BK063. México D. F.
- Vélez, D. y Pulido-Barrios. 2005. Observaciones sobre la estratificación vertical de abejas euglosinas (Apidae: Euglossini) en un bosque ripario de la Orinoquía colombiana. *Caladasia*, 27(2): 267-270.
- Vergara, H. C. y R. Ayala. 2002. Diversity, Phenology and Biogeography of the Bees (Hymenoptera: Apoidea) of Zapotitlán de Salinas, Puebla, México. *Journal of Kansas Entomological Society*, 75(1): 16-30.
- Villanueva-Gutiérrez, R. D., W. Roubik y W. Colli-Ucan. 2005. Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán península. *Bee World*, 86: 35-41.

- Villavicencio, R. G., P. P. Bauche, A. G. Gallegos, A. L. P. Santiago. y F. M. M. Huerta. 2005. Caracterización estructural y diversidad de comunidades arbóreas de la Sierra de Quila. *Ibugana*, 13(1): 49-66.
- Villavicencio, R., A. L. Santiago, J. J. Godínez, J. M. Chávez y S. L. Toledo. 2012. Efecto de la fragmentación sobre la regeneración natural en la Sierra de Quila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(11): 9-23.
- Villavicencio, G. R. y C. R. Ávila. 2015. *Mapa de uso de suelo y vegetación (2014) para el área natural Sierra de Quila y zona de influencia*. Informe técnico final. Universidad de Guadalajara, México.
- Williams, P. H., M. B. Araújo y P. Rasmont. 2007. Can vulnerability among British bumblebee (*Bombus*) species be explained by niche position and breadth? *Biological Conservation*, 138: 493-505.
- Williams, P. H. y J. L. Osborne. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world- wide. *Apidologie*, 40: 367-387.
- Winfrey, R. 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195: 169-197.

12 Apéndice A

Listado por familias de las plantas visitadas por abejas de la Sierra de Quila

Acanthaceae

Dyschoriste hirsutissima (Nees) Kuntze

Agavaceae

Agave schidigera Lem.

Anacardiaceae

Toxicodendron radicans (L.) Kuntze

Apiaceae

Apiaceae sp.

Tauschia decumbens J. M. Coult. & Rose

Apocynaceae

Asclepia curassavica L.

Asparagaceae

Bessera elegans Schult. f.

Asteraceae

Adenophyllum cancellatum (Cass.) Villarreal

Baccharis pteronioides DC.

Baccharis trinervis (Lam.) Pers.

Bidens odorata Cav.

Bidens reptans (L.) Hitchc.

Calea urticifolia (Mill.) DC.

Cirsium velatum (S.Watson) Petr.

Conyza canadensis (L.) Cronquist

Coreopsis aff.

Cosmos sulphureus Cav.

Dahlia coccinea Cav.

Dyssodia tagetiflora Lag.

Eupatorium adenophorum Spreng.

Eupatorium odoratum L.

Galinsoga parviflora Cav.

Jaegeria pedunculata Hook. & Arn.

Lasianthaea macrocephala (Hook. & Arn.) K.M.Becker
Melampodium perfoliatum Kunth
Montanoa sp.
Packera rosei W.A.Weber & Á.Löve
Pluchea symphytifolia (Mill.) Gillis
Senecio salignus DC.
Senecio toluccanus DC.
Sonchus oleraceus L.
Spilanthes alba L'Hér.
Stevia micradenia B. L. Rob.
Stevia ovata Willd.
Valeriana urticifolia Kunth
Verbesina fastigiata B.L. Rob. & Greenm
Verbesina sphaerocephala A. Gray
Vernonia bealliae McVaugh.
Vernonia capreifolia Gleason
Vernonia serratuloides Kunth
Vernonanthura cordata H.Rob.

Bignoniaceae

Jacaranda mimosifolia D.Don

Boraginaceae

Phacelia platycarpa Spreng.

Wigandia urens Urb.

Buddlejaceae

Budleja sessiliflora Kunth

Burseraceae

Bursera kerberi Engl.

Cactaceae

Opuntia atropes Rose

Opuntia jaliscana Bravo

Campanulaceae

Lobelia fenestralis Cav.

Convolvulaceae

- Ipomoea murucoides* Roem. y Schult.
Ipomoea noctulifolia McPherson
Ipomoea orizabensis (Pelletan) Ledeb. ex Steud.
Ipomoea parasitica (Kunth) G. Don
Ipomoea tyrianthina Lindl.
Ipomoea sp. 1

Cucurbitaceae

- Cucurbita pepo* L.
Cyclanthera dissecta (Torr. & A. Gray) Arn.
Echinopepon jaliscanus Rose

Euphorbiaceae

- Croton ciliatoglandulifera* Ort.
Euphorbia macvaughii Carbajal & Lomelí

Ericaceae

- Comarostaphylis discolor* Diggs
Comarostaphylis glaucescens Zucc. ex Klotzsch
Vaccinium stenophyllum Steud.

Fabaceae

- Acacia farnesiana* (L.) Willd.
Acacia pennatula (Schlecht & Cham) Benth.
Acacia aff. *picachensis* Brandegee
Aeschynomene villosa Poir.
Canavalia villosa Benth.
Crotalaria mollicula Kunth
Dalea sp. 1
Dalea sp. 2
Desmodium cinereum DC.
Desmodium jaliscanum S. Watson
Desmodium plicatum Cham. & Schltdl.
Eysenhardtia punctata Pennell
Leguminosa sp.
Lupinus elegans Kunth

Lupinus mexicanus A. Gray
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth
Marina diffusa (Moric.) Barneby
Marina scopa Barneby
Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd.
Nissolia microptera Poir.
Phaseolus leptostachys Benth.
Phaseolus micranthus aff. Hook. & Arn.
Phaseolus sp.
Senna atomaria (L.) H.S.Irwin & Barneby
Senna hirsuta Irwin y Barneby
Trephrosia cuernavacana (Rose) J.F. Macbr.
Trifolium amabile Kunth

Hydroleaceae

Hydrolea spinosa L.

Iridaceae

Sisyrinchium cernuum (E.P.Bicknell) Kearney

Lamiaceae

Asterohyptis stellulata Epling

Hyptis albida Kunth

Hyptis mutabilis Briq.

Hyptis urticoides Kunth

Hyptis sp. 1

Hyptis sp. 2

Salvia gesneriflora Lindl.

Salvia iodantha Fernald

Salvia lavanduloides Kunth

Salvia polystachya Ortega

Salvia purpurea Cav.

Salvia repens Benth.

Salvia riparia Kunth

Salvia sp. 1

Vitex mollis Kunth

Lythraceae

Cuphea leptopoda Hemsl.

Malvaceae

Heliocarpus terebinthinaceus (DC.) Hochr.

Triumfetta galeottiana Turcz.

Melastomataceae

Heterocentron mexicanum Hook. & Arn.

Myrtaceae

Psidium guajava L.

Onagraceae

Ludwigia octovalvis (Jacq.) P. H. Raven

Oxalidaceae

Oxalis latifolia Trel.

Oxalis macrocarpa R. Knuth

Pedaliaceae

Martynia annua L.

Plantaginaceae

Plantago australis Lam.

Scoparia dulcis L.

Polemoniaceae

Loeselia glandulosa (Cav.) G. Don

Polygalaceae

Monnina ciliolata DC.

Polygonaceae

Polygonium punctatum Elliott

Rhamnaceae

Frangula mucronata (Schltdl.) Grubov

Rosaceae

Crataegus pubescens C. Presl

Rutaceae

Zanthoxylum fagara (L.) Sarg

Salicaceae

Salix paradoxa Kunth

Solanaceae

Solanum elaeagnifolium Cav.

Solanum grayi Rose

Solanum madrense Fernald

Solanum nigrescens M. Martens y Galeotti

Solanum umbellatum Dunal

Verbenaceae

Lantana achyranthifolia Desf.

Lantana aff. *camara* L.

Lippia umbellata Cav.

Verbena litoralis Kunth

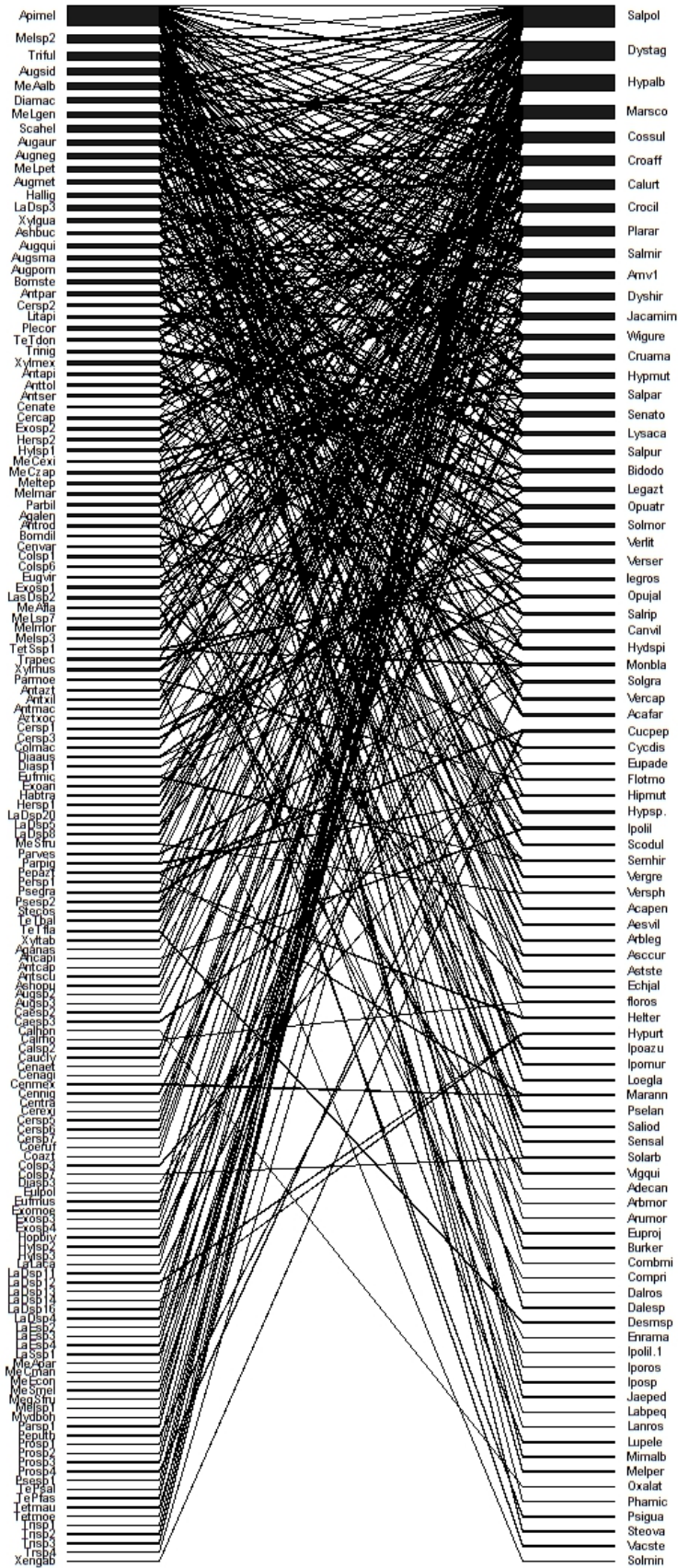


Fig. 113. Red de interacción abeja-planta del BTC para la Sierra de Quila, del lado izquierdo se presentan las especies de animales y del lado derecho las especies vegetales.

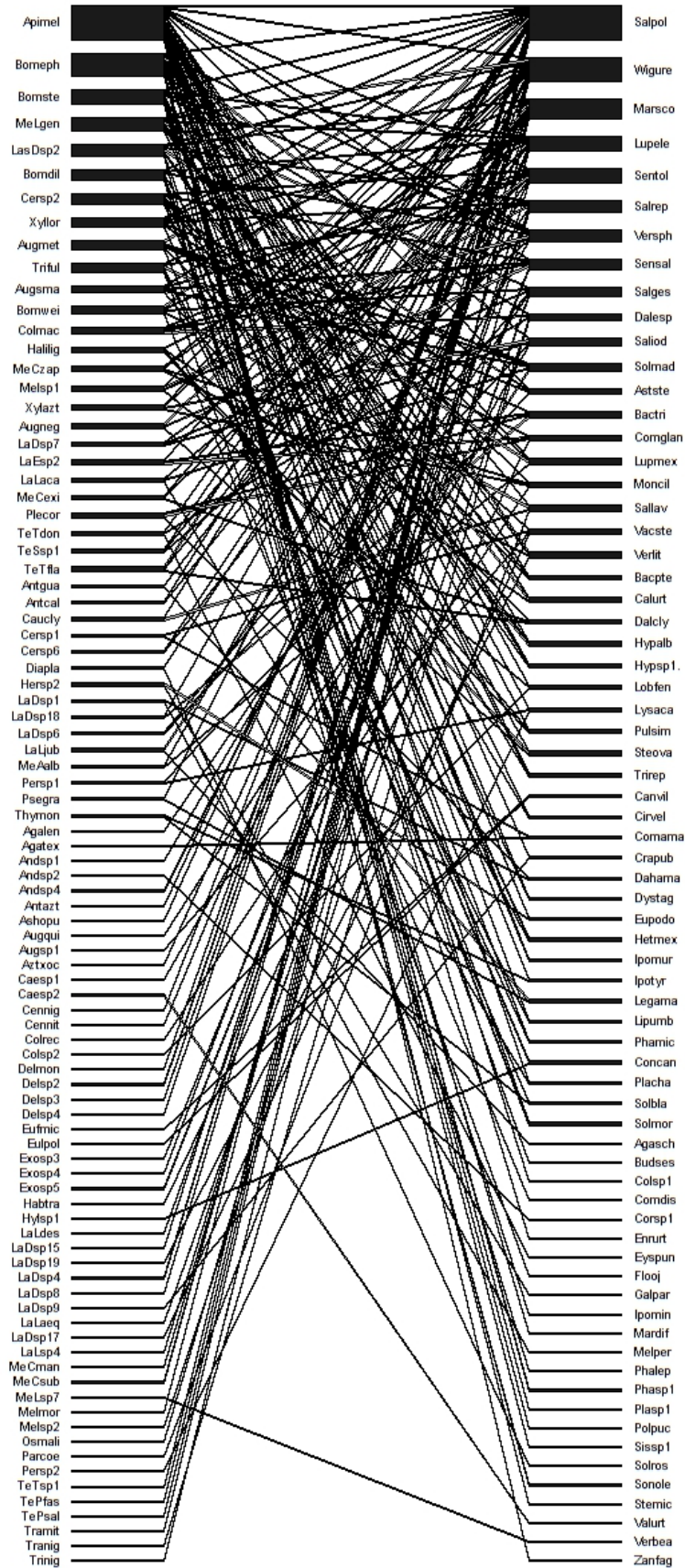


Fig. 114. Red de interacción abeja-planta del BP-E para la Sierra de Quila, del lado izquierdo se presentan las especies de animales y del lado derecho las especies vegetales.

14 Apéndice C

Simulación del patrón de segundas extinciones de abejas de la Sierra de Quila

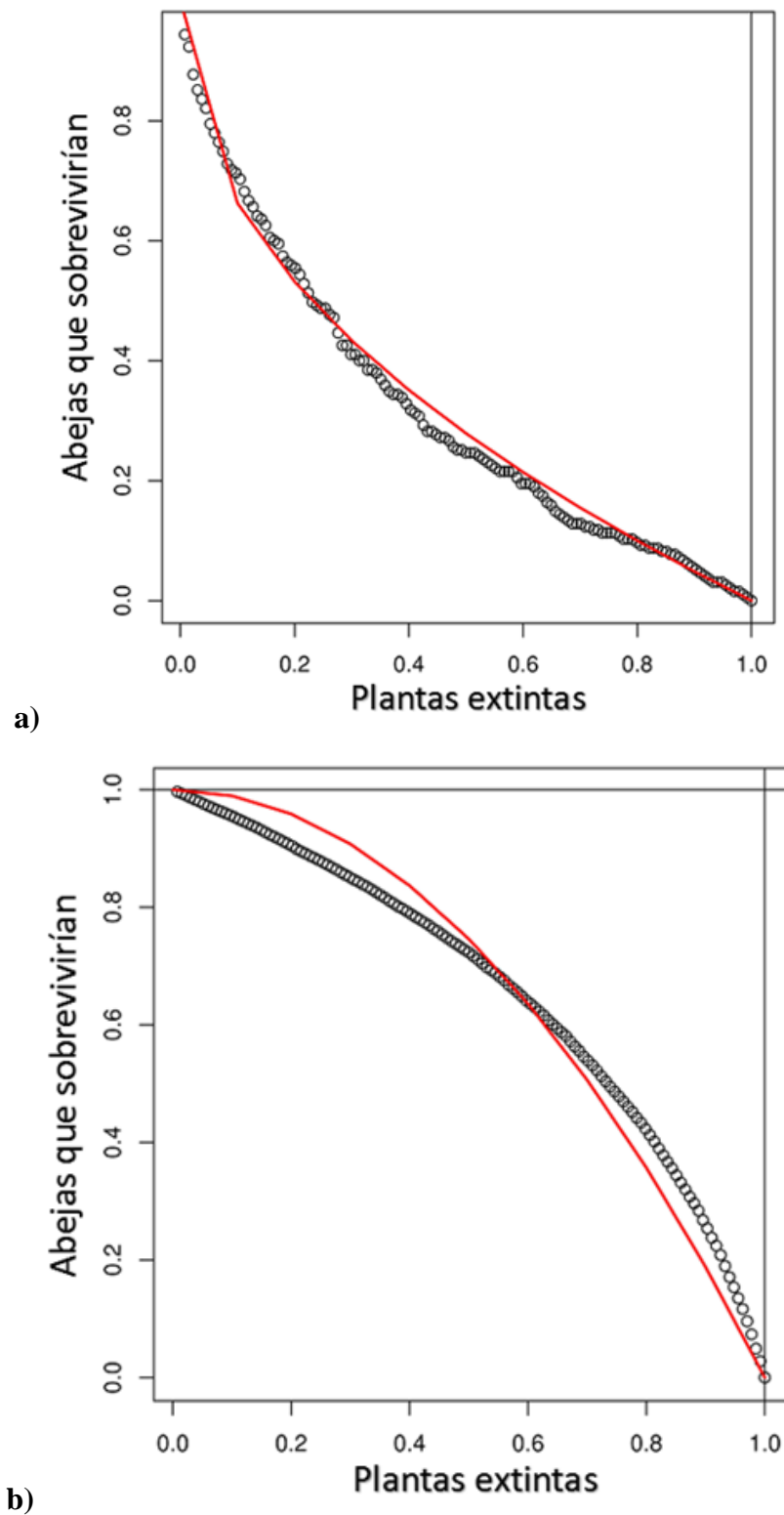
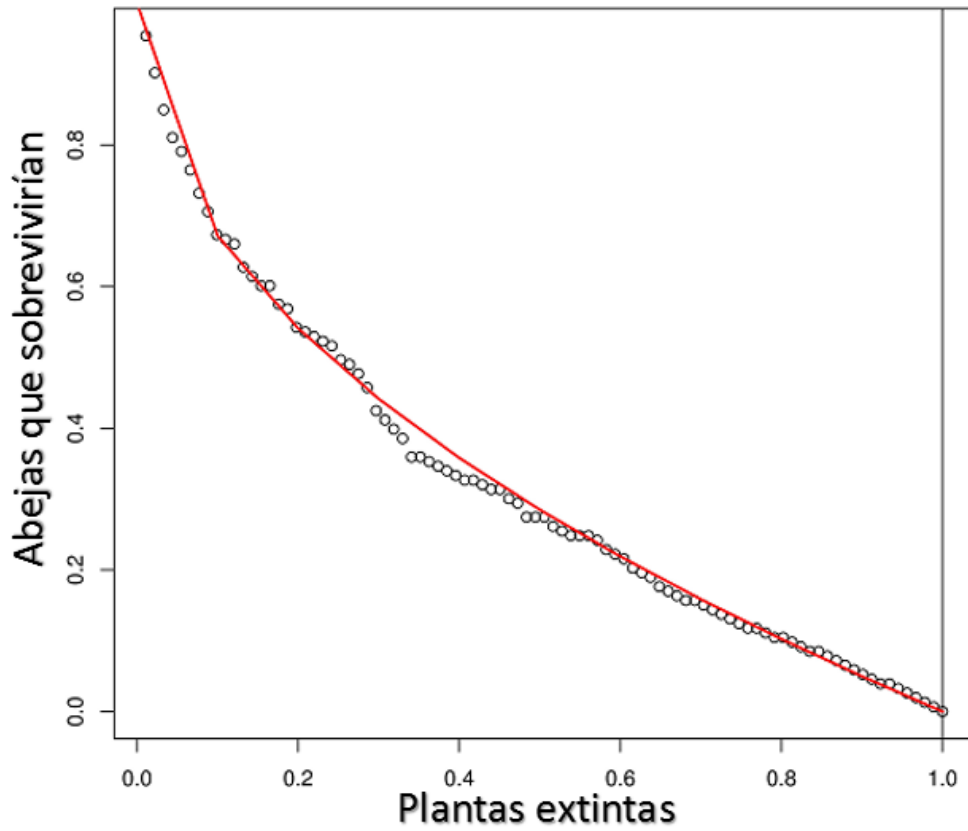
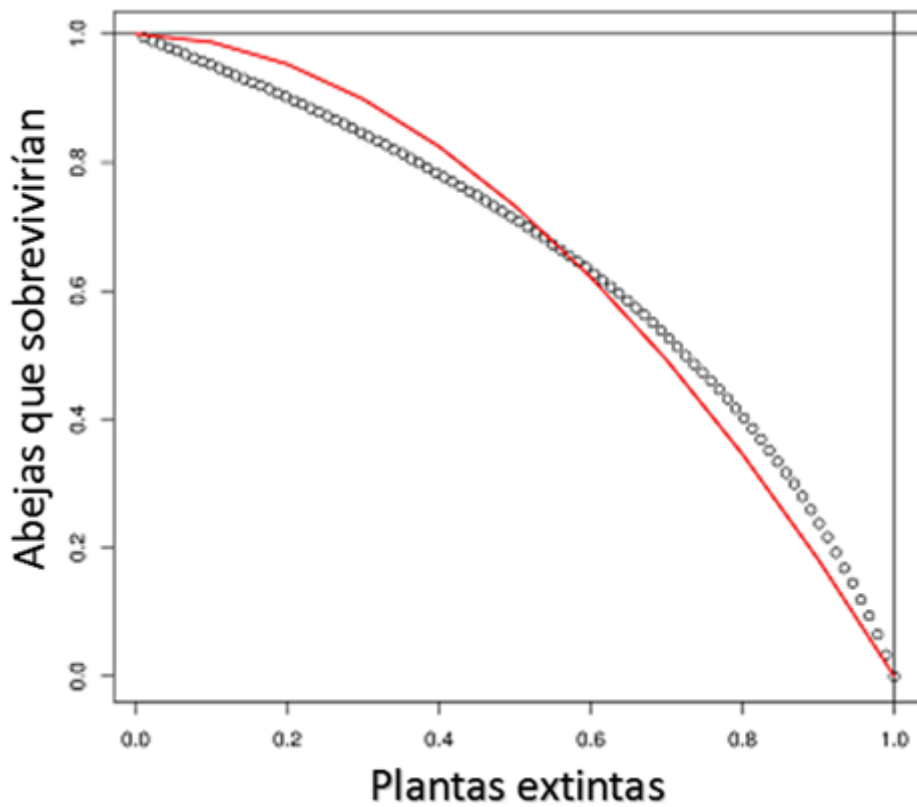


Fig. 115. Patrones de extinción de plantas y sus efectos sobre las comunidades de abejas de la Sierra de Quila: **a)** Retirando las especies vegetales con mayor número de conexiones y **b)** Eliminación de plantas al azar.

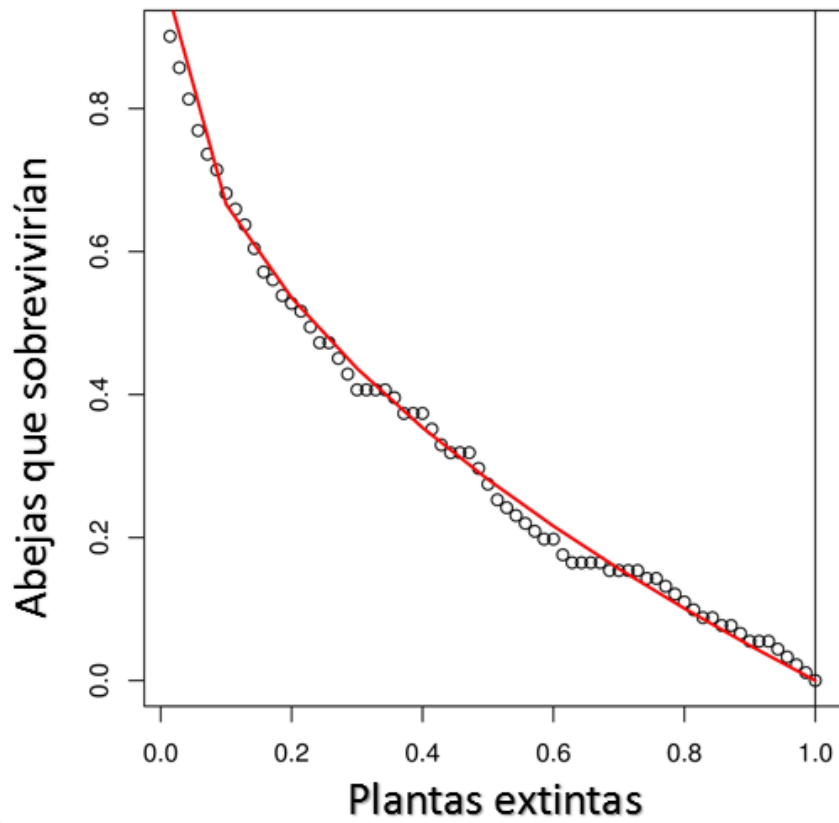


a)

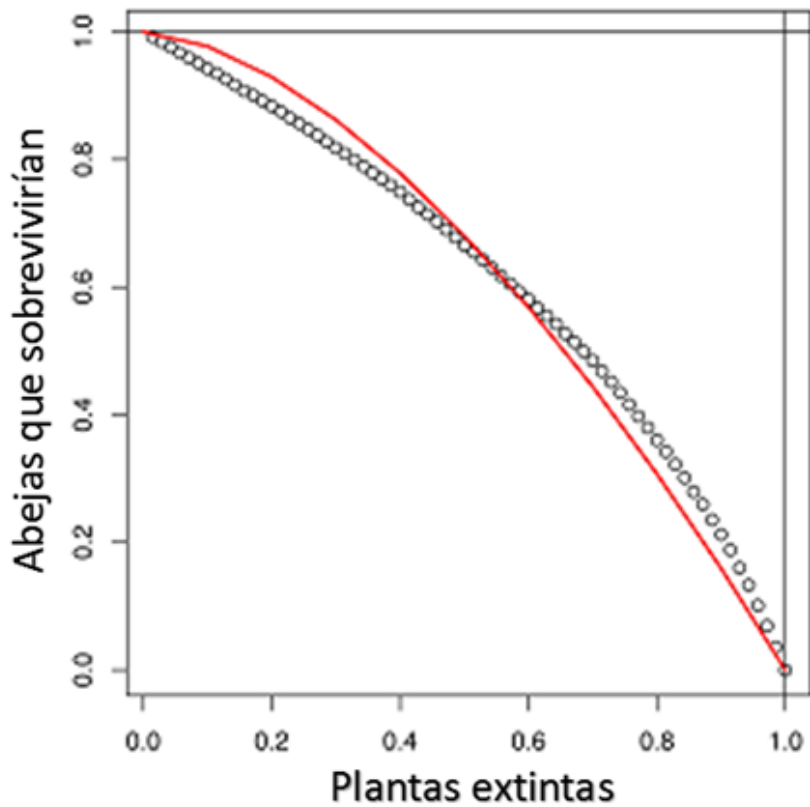


b)

Fig. 116. Patrones de extinción de plantas y sus efectos sobre las comunidades de abejas en BTC: **a)** Retirando las especies vegetales con mayor número de conexiones y **b)** Eliminación de plantas al azar.



a)



b)

Fig. 117. Patrones de extinción de plantas y sus efectos sobre las comunidades de abejas en BP-E: **a)** Retirando las especies vegetales con mayor número de conexiones y **b)** Eliminación de plantas al azar.