

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

DIVERSIDAD Y NIDIFICACIÓN DE ABEJAS SIN AGUIJÓN
(APIDAE: MELIPONINAE) EN DOS COMUNIDADES VEGETALES
EN EL PARQUE ECOTURÍSTICO TEHUACÁN, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO POR:
DIEGO ENRIQUE GALÁN HERNÁNDEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**DIVERSIDAD Y NIDIFICACIÓN DE ABEJAS SIN AGUIJÓN
(APIDAE: MELIPONINAE) EN DOS COMUNIDADES VEGETALES
EN EL PARQUE ECOTURÍSTICO TEHUACÁN, EL SALVADOR.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO POR:
DIEGO ENRIQUE GALÁN HERNÁNDEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

DOCENTE ASESOR:
LIC. CARLOS ALBERTO ELÍAS ORTÍZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

DIVERSIDAD Y NIDIFICACIÓN DE ABEJAS SIN AGUIJÓN
(APIDAE: MELIPONINAE) EN DOS COMUNIDADES VEGETALES
EN EL PARQUE ECOTURÍSTICO TEHUACÁN, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO POR:
DIEGO ENRIQUE GALÁN HERNÁNDEZ

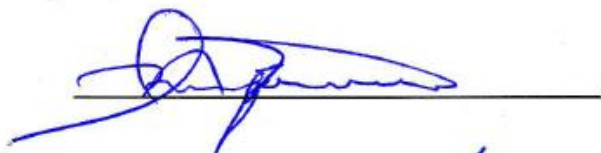
PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

TRIBUNAL CALIFICADOR:

LICDA. EUNICE ESTER ECHEVERRÍA:



M.SC. JOSÉ NILTON MENJIVAR:



LIC. CARLOS ALBERTO ELÍAS ORTÍZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR MAYO 2019.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ACADÉMICO

DR. MANUEL DE JESÚS JOYA ABREGO

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. NELSON BERNABÉ GRANADOS

SECRETARIO GENERAL

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FISCAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

DECANO

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA

VICEDECANO

LIC. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA APARICIO

DIRECTORA ESCUELA DE BIOLOGÍA

M. Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERON

AGRADECIMIENTOS

Primero, está de más decir que agradezco a Dios, ya que quien diga que soy ateo y que no creo en lo perfecto se equivoca, todo se lo debo a él; la vida, mis capacidades, mis defectos y mis virtudes, etc. El ser que inculco en este pequeño cerebro el hábito de lectura, curiosidad e investigar y con ello lograr algo distinto. Junto con él aprendí a disfrutar las cosas buenas de la vida. Dios me enseñó a ser curioso y a buscarle un ¿por qué? A todo, porque un día vale la pena si en él aprendemos algo nuevo. Dios me forjó como soy, sin golpes y sin regaños (puro castigo psicológico, como tiene que ser), siempre estaré agradecido con Él, porque ha de ser difícil tratar con alguien como yo, sobretodo en esos momentos que hasta yo quiero golpearme. Eternamente gracias *Manuel Galán*, el único Dios de mi vida y el único en el que creo. Está demás decirlo, pero, Te Quiero...

Agradezco al ser que ha estado conmigo desde 2012 y que ha sido un apoyo, en los momentos de frustración, la que abraza sin abrazar, besa lamiendo y sonrío con la cola: *@brandy_the_bear*, gracias, aunque no entiendas que está pasando.

Agradezco también a “la familia que uno elige”: mis hermanos hijos de otra madre. Uno a uno con su Complejidad me ha enseñado múltiples cosas. Ej.: *Pakillo*: me inculcó el don de la paciencia, ya que ha pasado de ser insoportable a ser con quien puedo hablar de lo que sea y no aburrirme; *Camilao*, quien me demuestra día a día a que la nobleza es algo bueno, no me surte, pero me lo demuestra, además, que tiene la mamá más hermosa del mundo. Tampoco me olvido de *Bofo*, *Venado*, *Zoni*, *Portal*, *Choco*, *Yosu*, *Xavi*, etc. Quienes crecen a mi lado y siempre son un apoyo para mí. Los espero en el lugar de siempre a la hora de siempre (*Nico´s: 8pm*). También Los Quiero...

A su vez, agradezco a quienes harán posible la evaluación de esta tesis. Primero, al *Lic. Carlos Elías*, por aceptar este reto de asesorar algo distinto a lo que acostumbra; de igual manera a los *Lics. Eunice Echeverría* y *Nilton Menjivar*, por aceptar ser parte de mi jurado evaluador y al *Ing. Carlos Ruano*, por su apoyo en muchas cuestiones referente a abejas...

Finalizo con un agradecimiento especial a aquellas personas quienes han sido un apoyo dentro y fuera de las aulas, aquellos quienes de la nada se hicieron importantes a lo largo de la carrera universitaria, ya sea por verlos a diario, egresar juntos, amigos en común o por favores, lograron ser personas bastante apreciadas. Hablo de *César (dona)*, *Pacheco*, *Chik*, *Kike*, *Lucía* (y su mamá), *Andrea*, “el Profe” *Sofís*. *Yon* y uno que otro más que he olvidado. Gracias infinitas. Y, a pesar que nunca nos volveremos a ver, la pase bien con ustedes.

*“No solo no hubiera sido nada sin ustedes,
sino con toda la gente que estuvo a mi alrededor desde el comienzo,*

algunos siguen hasta hoy,

Gracias Totales “.

INDICE

INDICE DE TABLAS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
ANEXOS	VI
1. RESUMEN	VII
2. INTRODUCCIÓN.....	1
3. OBJETIVOS.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
4. MARCO TEÓRICO	3
4.1 ANTECEDENTES	3
4.1.1 Generalidades de la familia Apidae	5
I. Ciclo de vida.....	6
II. Comportamiento social.....	7
4.1.2 Tribu Meliponini.....	8
I. Sustratos de nidificación	8
II. Descripción general de los nidos.....	9
III. Diferenciación de castas femeninas	10
IV. Principales géneros de la tribu.....	11
Lestrimelitta	11
Melipona.....	11
Nannotrigona.....	12
Oxytrigona.....	12
Paratrigona	12
Scaptotrigona.....	13
Tetragonisca	13
Trigona	13
4.1.3 Contribución de las abejas en la polinización.....	13
4.1.4 Introducción de <i>Apis mellifera</i>	14
4.1.5 Vegetación de importancia para las abejas sin aguijón en El Salvador.....	15
5. METODOLOGÍA.	17
5.1 Ubicación y descripción del área de estudio.....	17

5.1.1 Fauna y Flora	18
5.1.2 Comunidades vegetales en el Parque Ecoturístico Tehuacán.	18
Bosque de galería.	18
Selva Baja Caducifolia.	19
5.2 Fase de campo.....	20
5.2.1 Muestreo.	20
5.2.2 Búsqueda de Nidos y colecta de individuos	20
5.2.3 Determinación de la composición arbórea.	21
5.3 Fase de Laboratorio	23
5.3.1 Identificación de los Meliponinos recolectados	23
5.4 Identificación de las muestras vegetales.....	23
5.5 Procesamiento de datos.....	23
5.6 Análisis de los Datos	25
5.6.1 Diversidad de Melipónidos.....	25
Índice de Shannon.....	25
5.6.2 Composición y Diversidad Arbórea	26
Índice de Valor de Importancia (IVI)	26
Índice de similitud de Sorensen	26
Curva de acumulación de especies	27
5.6.3 Preferencia de especies vegetales para Nidificación	27
5.6.4 Riqueza de abejas vs Composición vegetal	27
Índice de Similitud de Morisita-Horn.....	27
6. RESULTADOS	28
7.1 Diversidad de abejas de la tribu Meliponini presentes en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.	28
Composición de abejas sin aguijón.....	28
7.1.2 Diversidad, riqueza y equitatividad de abejas sin aguijón.....	29
7.2 Preferencia de especies vegetales utilizadas para la nidificación por las abejas de la tribu Meliponini en el bosque en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	30
Composición arbórea que las especies de ASA prefieren para establecer sus nidos.....	30
Determinación de preferencia de nidificación por medio de las variables biológicas y físicas.	32
7.3 Comparación de la riqueza de abejas de la tribu Meliponini en las comunidades vegetales del bosque en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	38
7.4 Composición y diversidad de especies arbóreas en las comunidades de bosque de galería y selva baja caducifolia en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	39

7.4.1	Composición y diversidad de especies arbóreas en el bosque de galería en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	39
	Composición de la vegetación arbórea.	39
	Diversidad, riqueza y equitatividad de la vegetación arbórea.	41
	Índice de Valor de Importancia.	42
7.4.2	Composición y diversidad de especies arbóreas en la selva baja caducifolia en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	44
	Composición de la vegetación arbórea.	44
	Diversidad, riqueza y equitatividad de la vegetación arbórea.	46
	Índice de Valor de Importancia.	47
	Índice de Similitud de Sorensen	49
8	DISCUSIÓN.....	50
8.1	<i>Diversidad de abejas sin aguijón.</i>	50
8.2	<i>Preferencia de árboles utilizados para la nidificación de abejas sin aguijón.</i>	51
8.3	<i>Riqueza de Abejas vs Composición Vegetal</i>	53
8.4	<i>Diversidad de la vegetación arbórea.</i>	54
9	CONCLUSIONES.....	57
10	RECOMENDACIONES	58
11	LITERATURA CITADA.....	59
12	ANEXOS.....	66

INDICE DE TABLAS

1. Inventario de especies de abejas sin aguijón realizado por Ruano et al. (2015).	5
2. Hoja de recolecta de datos de nidos de abejas sin aguijón.	24
3. Hoja de recolecta de datos de vegetación del Parque Tehuacán	25
4. Composición de abejas sin aguijón del Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.	28
5. Riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad de las abejas sin aguijón.	29
6. Preferencia de árboles utilizados para la nidificación de abejas sin aguijón del Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	30
7. Variables biológicas medidas en la preferencia de nidificación de las ASA.	32
8. Variables físicas medidas en la preferencia de nidificación de las ASA.....	32
9. Variabilidad explicada por los componentes.....	33
10. Componentes principales con mayor valor de varianza.	33
11. Composición de la vegetación arbórea en el bosque de galería del Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, El Salvador.	40
12. Valores de riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad de la vegetación en el bosque de galería	41
13. Índice de Valor de Importancia de la vegetación en el Bosque de Galería.	43
14. Composición de la vegetación arbórea: en la selva baja caducifolia del Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, El Salvador.	44
15. Riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad de la vegetación de la selva baja caducifolia en la zona del Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.....	46
16. Índice de Valor de Importancia para la vegetación de la selva baja caducifolia dentro del Parque Ecológico Tehuacán, El Salvador.....	48

INDICE DE FIGURAS

1. Ciclo de vida de abejas sin aguijón según Michener (2007)	6
2. Estructura del nido según Michener (2007)	9
3. Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, El Salvador.	17
4. Metodología de toma de datos e individuos de <i>ASA</i>	21
5. Metodología de toma de datos y muestras botánicas.	22
6. Abundancia de nidos de especies de Abejas sin Aguijón en el Parque Ecoturístico Tehuacán.....	29
7. Curva de acumulación de especies de abejas sin aguijón en el Parque Ecoturístico Tehuacán.....	30
8. Análisis de Componentes Principales: Correlación entre el primer y segundo componente para cada variable.....	35
9. Análisis de Cluster: Comparación de la comunidad de <i>ASA</i> vs especies arbóreas utilizadas para la nidificación	38
10. Abundancia de especies arbóreas reportadas para el bosque de galería en el Parque Ecoturístico Tehuacán.	41
11. Curva de acumulación de especies vegetales para el bosque de galería en el área del Parque Ecoturístico Tehuacán.	42
12. Índice de Valor de Importancia en el bosque de galería en la zona del Parque Ecoturístico Tehuacán.	44
13. Abundancia absoluta: Especies arbóreas encontradas en el muestreo realizado en la selva baja caducifolia del Parque ecoturístico Tehuacán.	46
14. Curva de acumulación de especies en la selva baja caducifolia del Parque Ecoturístico Tehuacán.....	47
15. Índice de Valor de Importancia en la selva baja caducifolia del Parque Ecoturístico Tehuacán.....	49

ANEXOS

1. Tabla con los valores de variables físicas y biológicas utilizadas para la realización del análisis de componentes principales: 66

1. RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la diversidad de abejas sin aguijón en dos comunidades vegetales del Parque Ecoturístico Tehuacán; a su vez, determinar la preferencia arbórea para su nidificación dentro del bosque. El periodo de muestreo tuvo una duración de cinco meses; se realizó un censo de árboles con presencia de nidos de abejas sin aguijón, donde se registraron diferentes variables físicas y biológicas para determinar la influencia de éstas en el establecimiento del nido. Se encontró en total 7 especies de meliponinos distribuidos en 42 nidos; La especie de abeja predominante fue *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811, encontrada 28 ocasiones. El índice de diversidad de Shannon-Wiener revela una diversidad (H') de 1.20, a su vez demuestra la equitatividad (J') de un 0.61 en las especies reportadas. El análisis de Componentes Principales complementario agrupó a la variable biológica: diámetro de árbol hospedero y las variables físicas: temperatura y humedad relativa, como las variables de mayor influencia para el momento de una nidificación.

De igual manera se estudió la composición arbórea a partir de parcelas temporales con tamaño de 50x10 m y distribución aleatoria para cada comunidad vegetal. En el bosque de galería se registraron 55 individuos representados en 8 órdenes, 10 familias y 16 especies. Además, se evaluó la representatividad de composición y diversidad arbórea mediante el IVI, los resultados fueron: *C. elastica* con 42.62, *C. odorata* con 42.06 y *M. indica* con 35.17. El índice de diversidad de Shannon-Wiener revela un valor (H') de 2.47, a su vez muestra un valor de equitatividad (J') de 0.89. En la selva baja caducifolia se registraron 96 individuos representados en 5 órdenes, 13 familias y 19 especies. Las especies con mayor valor de IVI fueron: *E. cyclocarpum* con 66.91, *S. glauca* con 31.83 y *B. simaruba* con 26.89. El índice de Shannon-Wiener resulta en un valor (H') = 2.66 con un valor de equitatividad de (J') = 0.89.

2. INTRODUCCIÓN

El orden Himenóptera se ubica dentro de la Clase Insecta, éstos son llamados así por sus alas membranosas. Son especies que viven en sociedad, como las hormigas y las abejas. Estas últimas son reconocidas principalmente por la habilidad que poseen para fabricar miel y cera, sin embargo, la función ecológica más importante que éstas desempeñan es la polinización de diferentes especies vegetales, que dependen de ellas para poder completar su ciclo reproductivo.

Uno de los grupos de mayor importancia en la polinización de plantas en el trópico son las abejas sin aguijón (subfamilia Meliponinae). Sobre todo, de plantas de bosques y de cultivos. Los cambios en los factores medioambientales, así como la pérdida de hábitats e introducción de otras especies (especialmente de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758) han hecho que las poblaciones de Meliponinos disminuyan, lo que impacta de forma directa y negativa a las especies vegetales que dependen de ellas.

La disminución de las especies vegetales, producto de las actividades antropogénicas, generará un cambio en la estructura y diversidad de las especies de melipónidos. Por ello, los estudios de las abejas sin aguijón han tomado una importancia relevante en los últimos años en países vecinos, sin embargo, en El Salvador, aún no se han realizado muchos estudios enfocados en la diversidad de estas especies, la interacción entre abejas silvestres y plantas polinizadas en su ecosistema; ni las consecuencias que trae la desaparición de estos organismos en el ambiente.

El Parque Ecoturístico Tehuacán, es una importante área vegetal, declarada como “área con vocación forestal”, con características de bosque húmedo subtropical, el cual alberga un gran número de especies nativas de diferentes grupos taxonómicos, las cuales dependen de las especies arbóreas. Es por esto que resulta importante identificar qué especies de abejas sin aguijón se encuentran presentes en el área y a su vez, conocer cuáles que variables determinan las especies vegetales para su nidificación. Se espera que, la información obtenida sirva para establecer las bases para la protección tanto de las abejas sin aguijón como de las especies vegetales de las que dependen para su nidificación y alimentación.

3. OBJETIVOS

Objetivo general.

Estudiar la diversidad y nidificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en dos comunidades vegetales en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Objetivos específicos.

Identificar la diversidad de abejas de la tribu Meliponini presentes en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Determinar la preferencia de especies vegetales utilizadas para la nidificación por las abejas de la tribu Meliponini en el bosque en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Comparar la riqueza de abejas de la tribu Meliponini en las dos comunidades vegetales del bosque en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador

Determinar la composición y diversidad de especies arbóreas en las comunidades de bosque de galería y selva baja caducifolia en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES

Las abejas sin aguijón han poblado la tierra desde hace más de 65 millones de años, y desde los inicios de la sociedad humana, el hombre ha encontrado en ellas una fuente de alimentación, sin embargo, el papel más importante que desempeñan es su función como agentes polinizadores de una gran diversidad de especies vegetales, por lo cual su conservación y estudio es de vital importancia (Michener 2007).

A nivel mundial, los principales estudios sobre las abejas han sido realizados por Charles Michener (1935-2008), a quien se reconoce como el mayor exponente científico en el tema; sus trabajos han abordado aspectos taxonómicos, evolutivos, comportamiento y biología de todos los principales grupos de abejas a nivel mundial, incluyendo estudios detallados de las abejas sin aguijón. En 2000 publica la primera edición de su obra fruto de su larga vida de investigación *The bees of the world*, con más de 900 páginas es un tratado exhaustivo que comprende a todos los grupos de abejas del mundo (Ortiz-Sánchez 2007).

En el Neotrópico, los estudios más importantes sobre las abejas sin aguijón, han sido realizados en Colombia. Nates-Parra (1990) hace una descripción taxonómica importante de la tribu Meliponini presente en dicho país, además, abarca aspectos de ecología, como alimentación, reproducción, y distribución en distintos estudios (2000, 2004, 2005, 2008, etcétera). A su vez, Smith (2008), basándose principalmente en los estudios realizados por su colega, diseña una guía taxonómica de abejas sin aguijón de Antioquia, Colombia. Por su parte en México los múltiples estudios de Ayala en las áreas de taxonomía, interacción y conservación de abejas nativas toman relevancia para la zona de Mesoamérica y actualmente han sido tomados como referencia en estudios de países vecinos.

En Centroamérica los estudios de las abejas sin aguijón iniciaron con los aspectos evolutivos, taxonómicos y de distribución, de Wille (1961, 1965, 1976, 1977, 1979, 1983), los cuales se enfocan en las poblaciones de abejas de Costa Rica. Posteriormente Roubik (1983, 1997, 2006), en Panamá, continuó con estos trabajos enfocados en la nidificación y características de las colonias.

Argueta (2002), realizó un listado de la distribución y biología de las especies de abejas sin aguijón en Honduras, presentado como su trabajo de graduación. Sin embargo, el estudio solo reúne la información de colecciones entomológicas de distintas regiones y las capturas de individuos en el campo no se realizaron de manera activa.

En El Salvador, a diferencia de otros países de la región, el estudio de abejas sin aguijón ha sido escaso. Los pocos realizados, se han enfocado en los productores de miel de abeja (Ruano y Hernández-Martínez 2007) y repoblación de árboles, para favorecer la producción de miel y determinación de plantas consideradas como importantes para esta industria (Sandker 2004) y solo uno ha destacado la distribución espacial de las colonias silvestres y domesticadas (Ruano *et al.* 2015).

Sandker (2004), describe un proyecto de repoblación con árboles de importancia alimenticia para las abejas sin aguijón; el objetivo del proyecto es fomentar la meliponicultura en El Salvador, como parte del proyecto de PROMABOS. Además de la protección de la abeja como parte de la fauna endémica de la región. La plantación de los árboles en la zona de La Palma, Chalatenango, provocaría un incremento de la cosecha de miel de las colonias de *Melipona*. El proyecto PROMABOS, consideró a su vez un estudio de polen recolectado de las abejas, con el fin de determinar las especies de plantas más importantes en la dieta de *M. beecheii*. Las plantas que se identificaron como importantes fueron seleccionadas como parte del programa de repoblación y así crear un bosque que provee flora apícola.

Ruano *et al.* (2015), estudiaron en El Salvador la distribución espacial de las colonias silvestres y domesticadas de abejas sin aguijón y su relación con la cobertura vegetal, altitud y temperatura; de esta forma logró registrar hasta 20 especies (Tabla 1), un número menor al registrado en los países vecinos, esto lo atribuyó al tamaño del país, la elevada tasa anual de deforestación, el número de especies originales limitadas, y la producción agrícola. Además, se tomó en cuenta los catorce departamentos del país y se realizó una comparación de la riqueza encontrada en cada uno de ellos; dónde Santa Ana, Chalatenango y Morazán fueron los departamentos con mayor riqueza de especies. Asimismo, registraron un número bajo de especies y presencia de individuos en zonas como San Miguel, Usulután y La Unión. Este es

el primer y único inventario completo de abejas sin aguijón que se ha realizado del país hasta la fecha.

Tabla 1. Inventario de especies de abejas sin aguijón realizado por Ruano *et al.* (2015).

Nombre Científico	Nombre Científico
<i>Cephalotrigona zexmeniae</i> Schwarz, 1940	<i>Plebeia jatiformis</i> Schwarz 1938
<i>Frieseomelitta nigra</i> Ihering 1912	<i>Scaptotrigona mexicana</i> Moure 1942
<i>Geotrigona lutzi</i> Moure 1943	<i>Scaptotrigona pectoralis</i> Moure, 1942
<i>Lestrimelitta sp.</i> Friese, 1930	<i>Tetragona mayarum</i> Lepageletier and Serville, 1828
<i>Melopona beecheii</i> Illiger 1806	<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811
<i>Melipona yucatanica</i> Illiger 1806	<i>Trigona corvina</i> Jurine 1807
<i>Nannotrigona perilampoides</i> Cockerell 1922	<i>Trigona fulviventris</i> Guérin-Ménéville, 1845
<i>Oxytrigona mediorufa</i> Cockerell 1913	<i>Trigona fuscipennis</i> Jurine 1807
<i>Partamona bilineata</i> Schwarz, 1938	<i>Trigona nigerrima</i> Jurine 1807
<i>Plebeia moureana</i> Schwarz 1938	<i>Trigonisca sp.</i> Moure 1950

4.1.1 Generalidades de la familia Apidae

La familia Apidae comprende a las abejas de la tribu Apini, Bombini, Euglossini y Meliponini, reconocidas por ser abejas corbiculadas, estructura que tiene como función el transporte de polen, presente en las hembras de esta tribu (Michener 2007). Una característica que diferencia a las especies de la familia Apidae con respecto a la familia Vespidae es la dependencia (exclusivamente en su estado larval) de polen y néctar para su alimentación, lo que las ha obligado a desarrollar estructuras especiales en sus cuerpos para la colecta de fuente de proteínas y energía, respectivamente (Molina 1978).

Los nidos de las abejas corbiculadas son generalmente construidos en cavidades grandes e irregulares, algunas hacen excavaciones en el sustrato para realizar sus celdas. No obstante, Sakagimi (1966) sostiene que la capacidad de realizar excavaciones en un sustrato evidente en la familia Apidae era una práctica casi exclusiva de los individuos de la tribu Meliponini.

La fauna de la subfamilia Apoidea se origina en el Cretáceo (70 mda aprox.), tiempo en el cual se originan las primeras plantas angiospermas; la interacción entre plantas y apoideos ha evolucionado paralelamente (coevolución), hasta llegar a formar un vínculo, donde las plantas son fuente de alimento (polen y néctar) y las abejas realizan una polinización cruzada para permitir la producción de semillas (Molina 1978).

I. Ciclo de vida

Las abejas son insectos con metamorfosis completa con estadios de: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1). Las características de los huevos no difieren entre las especies de las abejas, presentando una forma alargada, ligeramente curva, de color blanquecino y de consistencia suave. Las larvas son de color blanco, carecen de extremidades y son muy blandas. Sus pupas poseen un desarrollo rápido para pasar finalmente al adulto que emerge del nido en búsqueda de pareja para aparearse y establecer una colonia con nuevos individuos en un nuevo nido (Michener 2007).

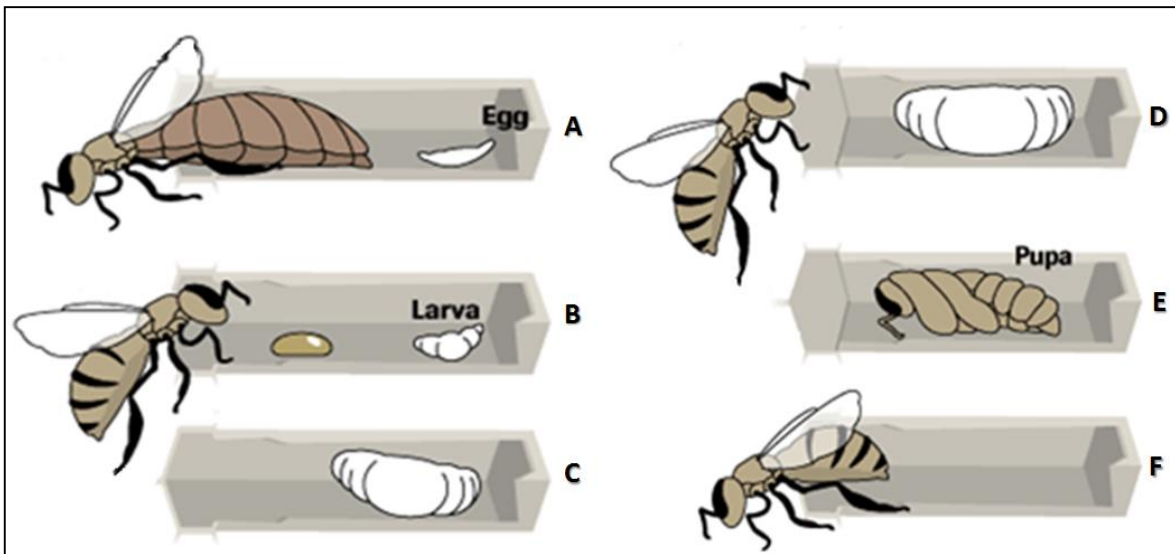


Figura 1. Ciclo de vida de abejas sin aguijón, según Michener (2007): (A) La reina pone los huevos en la celda de crianza, (B) las obreras alimentan las larvas, (C) la larva alcanza su crecimiento pleno, (D) la obrera tapa la celda, (E) la larva forma un capullo y se convierte en pupa, (F) el adulto deja la celda.

La duración del ciclo de desarrollo de las abejas sin aguijón tiene tres fases principales:

- Fase 1. Una vez que la reina pone los huevos, el desarrollo dentro del mismo tiene una duración aproximada de seis días;
- Fase 2. Luego de la eclosión, en la etapa de larva, las abejas aumentan de tamaño por diez días hasta forma un capullo o pupa con las características propias de una abeja adulta, pero sin el desarrollo adecuado,
- Fase 3. La pupa se desarrolla por veinte días hasta llegar a formar un adulto. En promedio, desde la postura del huevo hasta la emergencia de la abeja adulta se demora 36 días (Nates-Parra 2005).

II. Comportamiento social.

Las abejas presentan diversos comportamientos sociales (Roubik y Hanson 2004; Michener 2007):

- 1) Subsociales: la colonia posee únicamente una hembra adulta con crías inmaduras que alimenta progresivamente;
- 2) Parasociales, algunas hembras de la misma generación comparten el nido, hasta llegar a formar colonias comunales semisociales;
- 3) Comunal, algunas hembras de la misma generación comparten el nido, sin embargo, éstas ponen sus propios huevos, en su propio grupo de celdas, proveyéndoles el alimento necesario sin contribución de las demás;
- 4) Cuasisocial, hembras de la misma generación que cooperan en la construcción de celdas donde todas depositan sus huevos luego de aparearse;
- 5) Semisocial, es una colonia de hembras de la misma generación con diversos trabajos, algunas de ellas ponen la mayoría de huevos y funcionan como reinas, otras ponen pocos huevos y finalmente las obreras que no ponen huevos;
- 6) Eusociales, es una colonia de adultos de distintas generaciones, abarcan madres, hijas y machos. Las reinas tienen la función reproductiva, se diferencia de las otras hembras

por ser una abeja de mayor tamaño (casi el triple que una obrera); las obreras que no se reproducen y se encargan de mantener vivas las larvas, defender los nidos y se les puede ver comúnmente realizando pecoreo; finalmente están los zánganos que, junto a la reina, poseen una función reproductiva. Este grupo a la vez es separado en Eusociales primitivos, en la que la colonia es iniciada por una sola hembra y, altamente Eusociales, que son iniciadas por una reina y varias obreras.

4.1.2 Tribu Meliponini

La tribu Meliponini, es un grupo de abejas corbiculadas de la familia Apidae, conocidas como abejas sin aguijón (ASA), estas se encuentran distribuidas en la zona tropical y subtropical del mundo (Roubik 1989). Pese a que se han descrito cientos de especies en la región, resulta muy difícil establecer el número real de estas, debido a la abundancia de especies crípticas y razas geográficas, las cuales se distinguen entre ellas por características muy especiales (Michener 1990). Griswold et. al. (1995) y Nates-Parra (1990), reconocen 500 especies correspondientes a 21 géneros en la zona del neotrópico. No obstante, Razo-león (2015), demuestra que la riqueza de ASA puede ser elevada si estas disponen de recursos para su alimentación y el medio cumple los requerimientos adecuados para su establecimiento.

Michener (2007) sostiene que las ASA son las únicas, junto con el género *Apis*, que poseen un comportamiento altamente social (eusocial), lo que la diferencia de muchos grupos de insectos. Debido a estas interacciones su vida colonial resulta bastante funcional, en el cual, cada una cumple su rol específico.

I. Sustratos de nidificación

La tribu Meliponini se ha caracterizado por tener la facilidad de nidificar en casi cualquier sustrato disponible, desde agujeros en los árboles, paredones de construcción e incluso cavidades en el suelo realizadas previamente por otros insectos (Nates-Parra 1990). Los nidos de la mayoría de especies de abejas son realizados en cavidades encontradas, lo que significa que éstas no se especializan en cavarlos, sin embargo, pueden limitar las proporciones del nido amurallando las áreas a utilizar, haciendo y recubriendo las paredes con placas de cerumen que por lo general rodean el nido (Michener 2007).

A diferencia de otras tribus, los nidos nuevos se inician por las trabajadoras las cuales van y vienen de una colonia existente llevando con ellas materiales para la construcción y alimentos para la nueva colonia; por último, una nueva reina joven llega al sitio y las trabajadoras se quedan con ella, donde gradualmente se independizan de la antigua colonia en un periodo de semanas o meses (Michener 2007).

II. Descripción general de los nidos

La entrada de los nidos de ASA generalmente es de forma tubular (trompeta) o en algunos casos, un orificio donde solo cabe una abeja; sin embargo, la forma de la entrada varía mucho de una especie a otra (Michener 2007). Dentro del nido, las celdas de las crías son cilíndricas y generalmente están agrupadas formando panales horizontales dispuestos uno sobre otro, separadas por columnas de cera por donde circulan los individuos, la cual está recubierta por capas delgadas de cerumen llamada Involucro y el alimento se almacena en potes y se ubican alrededor de la región antes mencionada (Figura 2) (Noriega-Neto 1997).

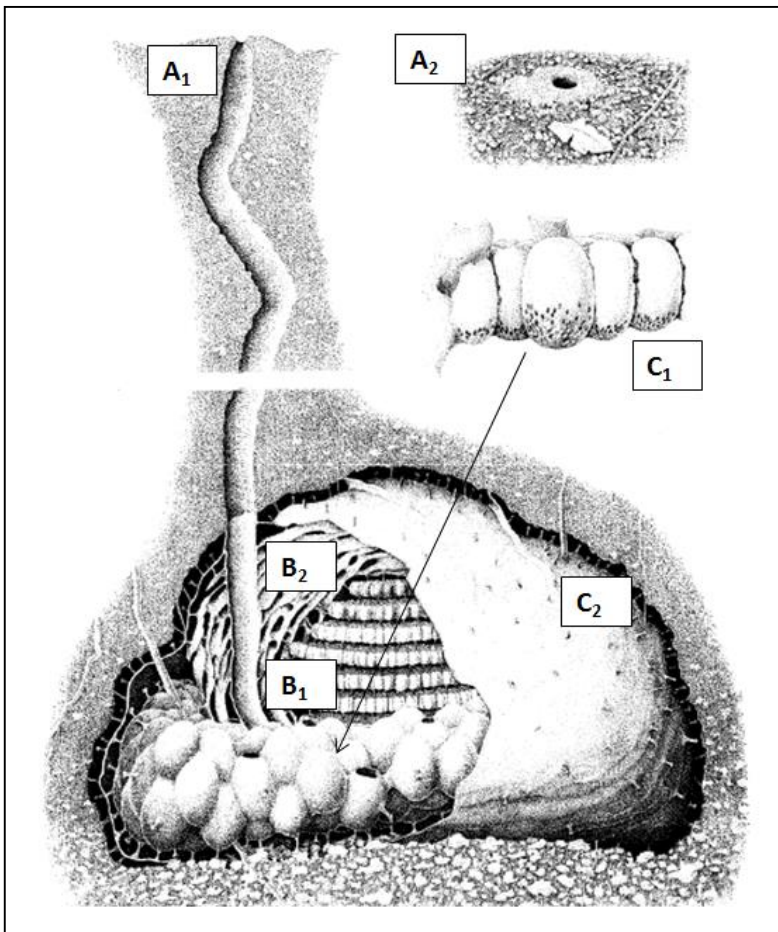


Figura 2. Estructura del nido según Michener (2007). A₁) entrada del nido llamada también “piguera”; en *Plebeia* son cavidades en el suelo: (A₂). B₁) celdas de crías. Pequeños panales horizontales rodeados por un involucro de múltiples capas se pueden ver en B₂). C₁) potes de comida rodeado por una sola capa delgada de batúmen (C₂).

Pese a que existen preferencias en el sustrato para la nidificación, existe cierta concordancia con algunas características que deben de cumplir los diferentes tipos de sustratos, así, las abejas que nidifican en árboles prefieren troncos o ramas semejantes a nudos, las que nidifican en paredones, buscan que estos sean huecos, mientras que las que nidifican en el suelo, utilizan preferentemente nidos abandonados de cerambícidos y termitas, acoplándose a sus necesidades, hasta cuatro metros bajo tierra (Moreno y Cardozo 2003, Palacios 2004).

III. Diferenciación de castas femeninas

Michener (2007) reconoce tres sistemas de jerarquía en los Meliponinos:

- Las reinas se producen en pequeñas cantidades en las celdas grandes de la colonia, a menudo protegidas por los pines y con gran cantidad de alimento disponible, lo que permite y favorece su desarrollo.
- En este sistema se encuentra *Trigona varia*, y talvez otras especies, las camadas posteriores a los grupos que ocupan las celdas de mayor tamaño, las larvas pueden penetrar en las celdas reales y comer la comida que se encuentra allí y convertirse en reina o, en ausencia de una reina, las trabajadoras encargadas de la construcción de las nuevas celdas reales en contacto con celdas que contienen larvas grandes las coloca a disposición del alimento disponible y para producir una reina.
- Finalmente, se encuentra el género *Melipona*, aquí no se observan celdas especiales para la reina. Las reinas se producen en un número relativamente grande, maduran todas a la vez en cierta época del año, sin embargo, la mayoría son expulsadas o asesinadas por las trabajadoras para mantener un número de hembras en un nivel estable.

IV. Principales géneros de la tribu

***Lestrimelitta* Friese 1903.**

Conocidos comúnmente como “pilladores o abejas ladronas” es quizá uno de los géneros de abejas neotropicales más interesantes debido a su comportamiento de forrajeo, ya que las obreras no visitan flores para la obtención de néctar y polen, éstas realizan visitas a otros nidos de Meliponinos especialmente a los géneros *Plebeia*, *Nanotrigona*, *Melipona*, *Scaptotrigona* y algunas colmenas débiles de *Apis mellifera*. (Spagarino et al. 2014) Los nidos de las especies del género son generalmente en cavidades ocultas de árboles o asociadas a construcciones humanas (Michener 2007).

Lestrimelitta se distribuye ampliamente por la región neotropical de América, es común encontrarla desde México hasta Argentina. Poseen un tamaño pequeño que va de unos 4 a 7 mm, son de color negro brillante, su corbícula es reducida y algunas veces está completamente desprovista de pelos o son muy cortos (González et al. 2010).

***Melipona* (Illiger 1806).**

Este es el género característico de las abejas sin aguijón, posee varias especies de gran tamaño (hasta unos 16 mm), con cuerpo robusto. Se distribuyen desde México hasta Argentina y contiene alrededor de 40 especies (Kerr et al. 1966)

Con excepción de *M. quadrifasciata* que nidifica en el suelo, las abejas pertenecientes a este género anidan en cavidades de árboles. Su biología de anidación son las únicas dentro de la tribu que posee celdas idénticas tanto para las crías de reinas como de obreras, produciendo una gran cantidad de hembras en cierta época del año (Michener 2007)

Resulta presumible la determinación de las castas en este género, ya que una combinación de factores tróficos y genéticos determina la casta, Kerr (1966, 1974) menciona que, aparentemente la nutrición sea otro factor que determina el desarrollo genético de las reinas dejando a las obreras y zánganos en menor tamaño. La idea inicial establece que solo algunas hembras poseen poco potencial para convertirse en reinas, mientras que otras pueden hacerlo solo bajo factores tróficos favorables (Michener

2007). Las reinas vírgenes rara vez dejan los nidos, sin embargo, estudio realizados por Sommeijer y Brujin (2003) demuestran que algunas se mantienen con vida por algún tiempo visitando flores hasta encontrar algún nido de su propia especie donde son aceptadas y se reproducen aun siendo desconocidas.

Nannotrigona (Cockerell 1922).

Son abejas de tamaño pequeño no mayor a 5 mm de largo, poseen una muy fuerte puntuación sobre la cabeza y tórax y están muy emparentadas con el género *Scaptotrigona*. Se han descrito alrededor de 9 especies distribuidas desde México hasta Paraguay y parte de Brasil.

La construcción de sus nidos se realiza en cavidades de árboles y menor medida en sitios artificiales. La entrada de los nidos resulta ser de gran tamaño si se compra con su cuerpo y es común observar las obreras alineándose hacia afuera ante una situación de peligro (Michener 2007).

Oxytrigona (Cockerell, 1917)

Este género está estrechamente relacionado con *Trigona* y podría considerarse como un género hermano. Sin embargo, hay pequeñas diferencias que los distinguen, como un rostro pequeño y ancho. Este género usualmente se encuentra anidando en árboles y cavidades de tronco (Michener 2007). *Oxytrigona* está distribuido por todo el trópico de América, donde se han reportado ocho especies. La característica que más distingue a este género es la secreción de ácido fórmico en sus glándulas mandibulares (Roubik 1989). En una situación de defensa, las obreras muerden la piel del intruso introduciendo el líquido el cual deja lesiones duraderas y dolorosas, por lo que ha ganado el nombre de “abeja de fuego” (Michener 2007).

Paratrigona Schwarz, 1938

Este género se caracteriza por poseer especies de tamaño bastante pequeño, además de poseer pequeñas manchas similares a puntos que varían de amarillo a blanco en el tórax y rostro. Además, las mandíbulas compuestas por cuatro dientes en las obreras, distinguen a este género de casi todos, con excepción de *Trigona* (Michener 2007).

Las abejas del género *Paratrigona* se distribuyen desde México hasta Bolivia y algunas zonas de Argentina, Schwars (1948) describe 28 especies. *Paratrigona* puede anidar en diferentes sitios, desde nidos en el suelo abandonados por mamíferos, hormigas o termitas, hasta huecos en los árboles (Michener 2007).

Scaptotrigona. Moure, 1942

Son las más grandes y robustas de todos los géneros (de 5 a 7 mm), la cabeza y el tórax poseen una puntuación bastante marcada y gruesa. Se pueden encontrar desde México hasta el sur de Argentina, se han identificado 24 especies y se caracteriza por la búsqueda de troncos de gran tamaño para su nidificación (Michener 2007).

Tetragonisca Moure, 1946.

Las especies son pequeñas y delgadas. *Tetragonisca* contiene cuatro especies, desde Veracruz, México, hasta Argentina. Los nidos de estas se encuentran en huecos de árboles o suelo, o en el caso de *Tetragonisca angustula* en casi cualquier pequeño orificio (Michener 2007).

Trigona Jurine, 1807.

Este es el género más grande y de mayor distribución de la familia Meliponini, encontrándose desde México hasta Argentina y en la región Indo-Australiana, aunque se distinguen algunos subgéneros por toda la zona tropical del planeta. Una característica importante es que los pelos a lo largo de la tibia pueden tener una apariencia plumosa (Michener 2007).

4.1.3 Contribución de las abejas en la polinización.

Los requerimientos bióticos y abióticos para la dispersión de sus gametos es una característica que distingue a las especies vegetales, la polinización abiótica es producida por acción del viento o del agua, sin embargo, la mayor parte de las plantas son polinizadas por animales, convirtiéndose este tipo de polinización en un servicio ecosistémico vital para ayudar a generar y mantener su biodiversidad, ya que tienen la limitante de no poseer un desplazamiento voluntario para su reproducción (Dorado 2011; Quezada *et al.* 2012).

Las abejas son el grupo de insectos mejor adaptados a la visita floral, por su número de especies se considera el grupo principal de insectos polinizadores tanto para plantas agrícolas como forestales, las abejas dependen casi exclusivamente de polen y néctar para su supervivencia, éstas necesitan visitar una gran cantidad de flores diariamente y así satisfacer sus requerimientos individuales y de la colonia (Nates-Parra 2005).

A través de millones de años, las plantas han desarrollado mecanismos como pétalos de colores, olor atractivo y la recompensa de néctar, polen y otras sustancias, con el fin de atraer a otros organismos y obtener la polinización. A pesar de que muchos insectos visitan las flores a cambio de los recursos antes mencionados, no todos resultan ser polinizadores eficaces. Freitas (1998) describe ciertos requisitos que catalogan como buen polinizador de especies vegetales a quienes cumplan con los requisitos siguientes:

- Atracción de forma natural por las flores de esa especie.
- Fidelidad a la especie vegetal.
- Poseer tamaño y comportamiento adecuado para remover el polen de los estambres y depositarlos en los estigmas.
- Transporte de grandes cantidades de polen viable y compatible.
- Visita a las flores en el momento indicado.

Debido al desarrollo de las complejas adaptaciones morfológicas y de comportamiento de las abejas, le permite mantenerse en contacto con el polen, para removerlo y transportarlo de una flor a otra (Razo-León 2015). La preferencia de muestras de polen colectadas de ciertas plantas puede ser clasificada de la siguiente manera: Poliléticas, abejas que colectan polen de muchas especies vegetales con dieta muy variada; Oligoléticas, las plantas seleccionadas para la recolección de polen están cercanamente relacionadas (misma familia o género) y Monoléticas, son abejas muy especializadas que recolectan polen solo de una especie vegetal (Spivak 2011).

4.1.4 Introducción de *Apis mellifera*.

La introducción de especies invasoras sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas mutualistas de plantas y animales genera un impacto significativo en la pérdida

o desplazamiento que las especies endémicas puedan tener debido a las nuevas condiciones que las invasoras puedan imponer.

El ejemplo más frecuente que expone esta situación corresponde a la introducción de la abeja de la miel (*Apis mellifera*) y los efectos directos e indirectos para las especies de abejas nativas. Las abejas del género *Apis* se caracterizan por presentar una polinización polilécticas y por su eficacia para la recolecta de polen y néctar de las flores a grandes distancias conforme a su colmena. Debido a su rápida y sencilla domesticación, resulta ser una de la principal especie productora de miel a nivel mundial (Válido et al. 2010).

La introducción de esta especie reduce considerablemente la tasa de visitas a flores de muchos de los polinizadores nativos, a través de su exclusión competitiva por los recursos florales se tiene una consecuencia negativa en medida en el éxito de reproducción de las plantas nativas especializadas en su reproducción (Válido et al. 2010).

4.1.5 Vegetación de importancia para las abejas sin aguijón en El Salvador.

Una característica importante en el clima de El Salvador es que, por ser un país tropical, su temperatura anual cambia en menor grado si se compara con las oscilaciones diarias. Este aspecto es más notable en la estación seca, la cual ocurre de octubre a abril, que es cuando tiene lugar un cambio radical en el paisaje del país, lo que condiciona los hábitos de alimentación de las abejas, ya que experimentan una disminución considerable (Platero *et al.* 2010).

Apicultores y agricultores consideran que algunas plantas que florecen en la estación seca cumplen una función “salvavidas” de colonias silvestres de abejas convirtiéndolas en suministros de polen y néctar para su supervivencia. Algunas de ellas son: *Baltimora sp.*, perteneciente a la familia Asteraceae, da a las abejas mucho polen pero poco néctar; *Ipomoea sp.*, esta planta que cubre vastos terrenos en el país, suministra grandes cantidades de néctar a las abejas, sin embargo, lastimosamente en esta época las hierbas se secan completamente limitando la búsqueda de néctar a algunos árboles que botan sus hojas y dan paso, a sus flores, por ejemplo: *Ceiba pentandra* (floración de diciembre a enero), *Inga sp.* (florece de noviembre a diciembre), *Gliciricidia sepium* (de enero a febrero) (Platero *et al.* 2010).

En 2009 la Universidad de Utrecht lanza el Proyecto de Manejo de Abejas y el Bosque” (PROMABOS) el cual tiene como objetivo trabajar en el manejo y conservación del bosque con meliponicultores locales a través del desarrollo de la cría de las abejas sin aguijón en el área forestal que rodea al Parque Nacional Montecristo en los departamentos de Chalatenango y Santa Ana. Por medio de la explotación de las abejas sin aguijón PROMABOS motiva a las personas a conservar el bosque, ya que en cada actividad se hace conciencia sobre la importancia que el bosque tiene para las abejas y viceversa, obteniendo una interacción bilateral entre ellos y a su vez las técnicas de cría de forma sostenible fortalecen el bosque y permite la polinización.

PORMABOS (2009) a su vez realizó un inventario con las plantas nativas que son fuente de alimentación para las abejas sin aguijón a fin de sembrar estas especies cerca de los meliponarios, logrando así la reforestación con un componente de polinización, entre ellas destacan familias como Acanthaceae, Annonaceae, Begonaceae, Asteraceae, Crombretaceae, etc. La información detallada de las plantas que PROMABOS registró puede ser vista en: http://www.bio.uu.nl/promabos/flora/alt_index.html .

5. METODOLOGÍA.

5.1 Ubicación y descripción del área de estudio

El Parque Ecoturístico Tehuacán (PET) (figura 3) se ubica en el Sector Volcán del municipio de Tecolúca, departamento de San Vicente a 13°33'35" N y 88°47'09" O. Es considerado como un Bosque húmedo Subtropical (bh-S); el parque posee una extensión de 70 manzanas, altura entre los 350-450 msnm, una temperatura promedio de 25.4°C, precipitación entre 1900-2000 y humedad relativa de 74% (Haizea Ikerketa 2006).

Históricamente el terreno fue parte de la Hacienda Tehuacán, la cual fue intervenida durante el proceso de Reforma agraria. A causa de la guerra civil, la propiedad fue abandonada, lo que dio paso a que la mayor parte de la hacienda se regenerará como un bosque secundario (Haizea Ikerketa 2006).

El sitio ha sido declarado como “área con vocación forestal”, integrado en el sistema de Áreas Naturales Protegidas, por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) siendo ellos mismo los propietarios del terreno.

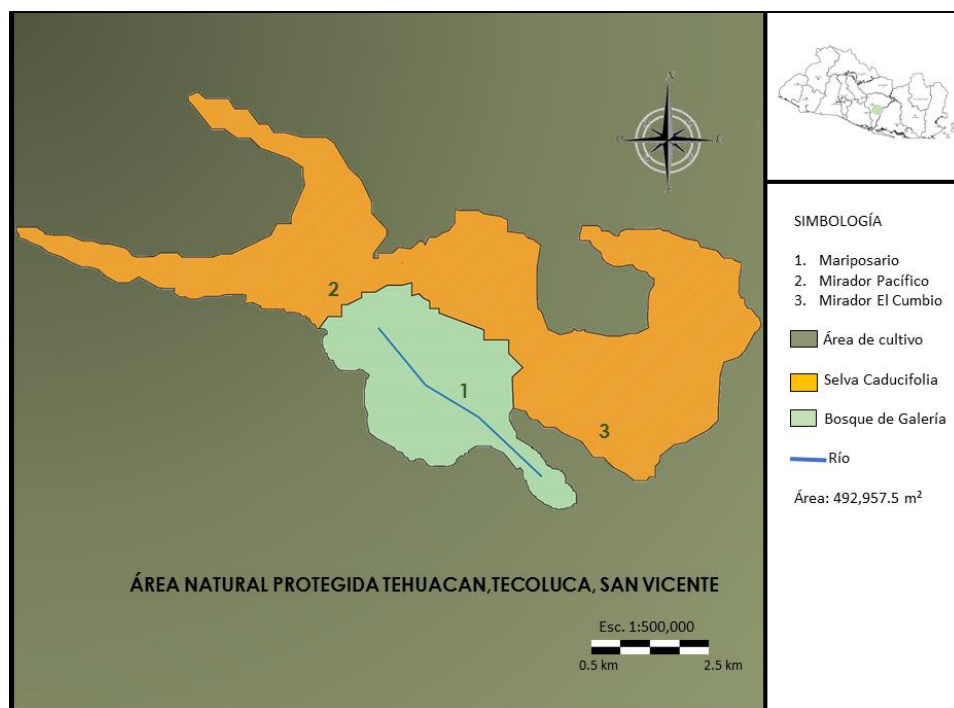


Figura 3. Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, El Salvador (Elaboración propia 2017).

5.1.1 Fauna y Flora

La zona del complejo del León de Piedra ubicada dentro del Parque, está inmersa en la zona de vida Bosque húmedo subtropical caliente, la vegetación presenta una sucesión secundaria típica de una selva baja caducifolia (Holdridge 1971). Según el tipo de vegetación se han identificado alrededor de 100 especies de árboles, arbustos y palmas, entre ellas: “conacaste” (*Enterolobium cyclocarpum*), “cedro” (*Cedrela sp.*), “laurel” (*Cordia alliodora*); los cuales se encuentran amenazadas. Y otras como un poco más comunes caulote (*Guazuma ulmifolia*), “guarumo” (*Cecropia peltata*), “jiote” (*Bursera simaruba*) (FUNPROCOOP 2006, Haizea Ikerketa 2006).

Dentro de la fauna sobresaliente en la zona del área natural protegida tenemos: en mamíferos: “cusuco” (*Dasybus novencintus*), “mapache” (*Procyon lotor*), “zorrillo” (*Mephitis macroura*); en reptiles: “culebra cascabel” (*Crotalus durissus*), “culebra mica” (*Spilotes pullato*), “culebra masacuata” (*Boa constrictor*), “coral” (*Micrurus nigrocintus*). Además, se han identificado alrededor de 140 especies de aves entre especies comunes y en peligro de extinción (FUNPROCOOP 2006, Haizea Ikerketa 2006).

5.1.2 Comunidades vegetales en el Parque Ecoturístico Tehuacán.

Bosque de galería.

Los bosques de galería se ubican en franjas angostas a lo largo de corrientes fluviales. A diferencia de los bosques templados, los de galería poseen mayor densidad, son estructuralmente más complejos y poseen un mayor número de especies siempre verdes extendiéndose por ambos márgenes de todo un río, encontrándose combinaciones de asociaciones vegetales que encajan en distintos tipos de vegetación; incluyendo epifitas y trepadoras o carecer totalmente de ellas, existiendo generalmente una gran alternancia de especies (Sánchez 1986; Lamprecht 1990).

Ya que la vegetación que se encuentra en este tipo de bosque se desarrolla a lo largo de ríos o en la ribera de lagos de agua dulce se considera vegetación de tipo ripario o ribereña, por lo tanto, poseen características particulares como tener la capacidad de soportar inundaciones temporales e invadir rápidamente áreas expuestas (Treviño *et al.* 2001).

Uno de los mayores servicios ecológicos que presta este bosque es que una comunidad conservada contribuye a la filtración entre el río y los ambientes adyacentes; impide que productos contaminantes utilizados en la agricultura penetren al torrente del río formando una barrera entre las zonas de cultivo aledañas a estas comunidades, estos servicios ayudan a mantener la calidad de agua y proveen protección contra inundaciones y erosión (Timoney *et al.* 1997).

Selva Baja Caducifolia.

La comunidad vegetal caducifolia se caracteriza por reflejar en su comportamiento los cambios estacionales del clima a lo largo del año, mediante dos condiciones contrastantes relacionadas con la diferencia de disponibilidad de humedad en el ambiente en las épocas bien marcadas: la lluviosa, donde la vegetación luce totalmente verde y la seca, donde las plantas pierden su follaje completamente (Trejo 1999).

La vegetación de la selva baja caducifolia está conformada por elementos tropicales, los árboles de copas extendidas son dominantes, su altura promedio es de los 7 y 8 m, sin embargo, pueden extenderse hasta los 15 o 20 m. el estrato arbustivo es muy denso y el número de lianas se incrementa en las zonas de mayor humedad (Trejo 1998),

La selva baja caducifolia posee una gran importancia ecológica principalmente por su conservación de especies animales particulares que se aprovechan de estas para obtener el alimento y/o refugio necesario para su supervivencia principalmente en la época seca, esto debido a la aridez del clima en determinada época del año y el alto porcentaje de endemismo que las plantas contienen (Leirana *et al.* 2009). Sin embargo, la presión antropogénica que sufre esta zona (agricultura, ganadería y extracción de madera) hace que la cobertura vegetal poco a poco vaya perdiendo su densidad generando un cambio ecológico negativo para las especies dependientes de esta zona (Lamb *et al.* 2005).

5.2 Fase de campo.

5.2.1 Muestreo.

Se propusieron dos tipos de muestreos para cada componente a estudiar; primero, se realizó un muestreo dirigido en la búsqueda de nidos de abejas sin aguijón y segundo, el muestreo fue aleatorio para la caracterización de la vegetación, con la ayuda del modelo estadístico estratificado (Mostacedo & Fredericksen 2000) con el fin de obtener la mayor representatividad en los datos.

El periodo de muestreo tuvo una duración de cinco meses, iniciando el mes de mayo y finalizando el mes de octubre de 2017, este periodo corresponde a la época lluviosa. La fase de laboratorio se realizó simultáneamente al periodo de muestreo en campo. Se efectuaron 2 viajes mensuales, con una duración de tres días cada uno.

5.2.2 Búsqueda de Nidos y colecta de individuos

Se realizó dentro de todo el sitio un censo de los árboles que presentaban nidos de abejas sin aguijón (Noon 1981). Una vez ubicados se tomaron los datos de: nombre de la especie arbórea, altura sobre el nivel del suelo a la que se encuentra el nido, características del tronco (rugoso, seco, corteza, entre otras), circunferencia a la altura del nido, estado del árbol (vivo, muerto, agrietado, enfermo, entre otros), apertura del dosel, y características de la entrada del nido. También se registrarán factores ambientales como: Temperatura, intensidad lumínica, humedad relativa y coordenadas geográficas (Razo-León 2015).

Se recolectaron seis individuos de cada especie de abeja, tomados directamente de los nidos empleando una trampa de succión (figura 4). Al momento de su captura, cada individuo se preservó en alcohol etílico al 70%, y fue etiquetado con los datos de lugar de recolecta (nido), número de colecta, coordenadas geográficas, fecha y colector, finalmente se transportaron al Laboratorio de Entomología de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador para su identificación.



Figura 4. A) Ubicación de los árboles hospederos; B) Registro de datos del árbol y de las ASA; C y D) Colecta de individuos directamente del nido.

5.2.3 Determinación de la composición arbórea.

La composición arbórea se estudió a partir de parcelas temporales de 10x50 m, con una distribución aleatoria para cada comunidad vegetal, siendo el tamaño mínimo recomendado en estudios de diversidad de especies de árboles con DAP mayor a 21 cm (Mostacedo & Fredericksen 2000).

Las comunidades vegetales dentro del área natural son de distinto tamaño, el número de parcelas para cada una de ellas corresponden al 1% de cada tipo de vegetación, siendo para el bosque de galería tres parcelas y en la selva baja caducifolia siete parcelas (Noon 1981).

Se registraron solo los árboles con CAP (circunferencia a la altura del pecho) mayor a 63 cm (figura 5-A), medidos a 1.3m sobre el nivel del suelo (Mostacedo & Fredericksen 2000). De cada especie encontrada en la parcela se realizó la respectiva colecta botánica, que consiste en recolectar tres muestras por especie (Bowles 2004). Las muestras botánicas se colectaron con el fin de identificar las especies arbóreas dentro de las comunidades.

Una vez obtenidas las muestras vegetales se anotaron en una hoja de colecta (figura 5-b) con la información de: Comunidad vegetal, coordenadas del lugar, altitud sobre el nivel de mar, fecha, número de colección, nombre común y nombre científico si se conociera. Las muestras vegetales serán transportadas en prensas botánicas y posteriormente depositadas en el Herbario ITIC de la Universidad de El Salvador.



Figura 5. A) Registro de plantas con CAP mayor a 63 cm; B) Toma de datos por parcela; C) Muestras botánicas obtenidas.

5.3 Fase de Laboratorio

5.3.1 Identificación de los Meliponinos recolectados

Luego de ser recolectados los ejemplares, estos se identificaron en el Laboratorio de Entomología de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador, hasta el nivel taxonómico más específico posible con la ayuda de la guía taxonómica de David Roubik: *Stingless bees: a guide to Panamanian and Mesoamerican species and their nests (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae)* y del Ingeniero Carlos Ruano docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de El Salvador; con el fin de determinar la riqueza de especies encontradas en los nidos y flores del bosque.

5.4 Identificación de las muestras vegetales

Las muestras vegetales se identificaron por medio de claves taxonómicas y comparaciones con plantas del Herbario y ayuda de expertos en el área. Posteriormente éstas se incorporaron al Herbario de la Universidad de El Salvador.

5.5 Procesamiento de datos.

Se utilizó hojas de recolecta de campo para llevar el registro de los nidos de abejas sin aguijón y de las especies vegetales que fueron registradas, según la comunidad vegetal a caracterizar. Para los nidos encontrados en las especies arbóreas se utilizó la siguiente hoja de recolecta de datos (Tabla 2).

Tabla 2. Hoja de recolecta de datos de nidos de abejas sin aguijón y especies arbóreas donde se encuentra.

Vegetación											Abejas sin aguijón							
					Estado del árbol					Fenología			Nidos					
N°	TB	NC	Cap.	h (m)	V.	M.	A.	E.	Otro	H	F	Fu	NC	h NS	T°	Hum	Geo.	
1																		
2																		
3																		
4																		

E.: Enfermo

TB: Tipo de Bosque

H: Hoja

NC: Nombre Común

F: Flor

Cap: Circunferencia a la altura del pecho

Fu: Fruto

h (m): Altura en metros

h NS: Altura del nido al nivel del suelo

V.: Vivo

T°: Temperatura

M.: Muerto

Hum: Humedad

A.: Agrietado

Geo: Georreferenciación.

Para la vegetación se utilizó la siguiente hoja de recolecta de datos (Tabla 3):

Tabla 3. Hoja de recolecta de datos de vegetación del Parque Tehuacán

Tipo de bosque:				Coordenadas:
Fecha:				
Transecto:				
No.	Nombre común	Altura (m)	CAP	Observaciones

5.6 Análisis de los Datos

5.6.1 Diversidad de Melipónidos

Índice de Shannon

Este índice ecológico se utilizó para estimar la diversidad específica de las especies de Melipónidos; a la vez, se utilizó para determinar la diversidad de especies vegetales presentes en el Parque Ecoturístico Tehuacán. De esta manera se puede conocer que tan uniforme están representadas las especies teniendo en cuenta el total de ellas (Carmona & Carmona 2013). Se expresa con la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S pi \log_2 pi$$

Dónde:

S = número de especies (riqueza de especies)

pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (ni/N)

ni = número de individuos de la especie i

N = número de todos los individuos de todas las especies

5.6.2 Composición y Diversidad Arbórea

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Para establecer la composición y diversidad arbórea se utilizó este índice, que permite conocer la importancia ecológica relativa de las especies en una comunidad vegetal. El IVI, agrupa la dominancia (cobertura o área basal), densidad y frecuencia (Mostacedo & Fredericksen 2000). Debido a que el IVI agrupa la suma relativa de estos tres valores la suma de ellos debe ser igual a 300.

$$AB = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right), Fr = \left(\frac{xi}{X} \right), Dn = \frac{N}{A}$$

$$IVI = AB\% + Fr\% + Dn\%$$

Dónde:

AB = Área basal

Fr = Frecuencia relativa

Dn = Densidad

D= Diámetro a la altura del pecho

xi= Número de individuos de una especie

X= Total de individuos de todas las especies

N= Número de individuos

A= Área

Índice de similitud de Sorensen

Este índice es utilizado para comparar dos comunidades por medio de datos cualitativos por medio de la presencia/ausencia de especies de cada una de ellas (Mostacedo & Fredericksen 2000). Se expresa con la siguiente formula:

$$IS = \frac{2C}{A + B} * 100$$

Dónde:

IS= Índice de Sorensen

A= número de especies encontradas en la comunidad A

B= número de especies encontradas en la comunidad B

C= número de especies comunes en ambas localidades

Curva de acumulación de especies

Para evaluar la eficiencia del muestreo se utilizó una curva de acumulación de especies la cual determina el número máximo de especies que podrían encontrarse en relación al número de muestras tomadas. Se utilizó el estimador Chao 1, el cual se basa en la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra (Escalante 2003).

5.6.3 Preferencia de especies vegetales para Nidificación

Para analizar la preferencia de especies arbóreas utilizadas para la nidificación de abejas sin aguijón, se realizó un Análisis de Componentes Principales, realizado con el programa PAST3 con el objetivo de analizar las variables estudiadas mediante combinaciones lineales de las originales, al mismo tiempo que se determinan la correlación o independencia entre ellas (Peña 2002).

5.6.4 Riqueza de abejas vs Composición vegetal

Índice de Similitud de Morisita-Horn

Este índice agrupa las abundancias específicas con las abundancias relativas y el total. Para ello se utilizará la información obtenida por sitios, comunidades vegetales y especies de meliponinos. El cual se expresará por medio de un análisis de Clúster, el cual agrupa los elementos en grupos homogéneos, jerarquizando la relación entre cada grupo (Peña 2002). El índice de Morisita-Horn, se expresa de la siguiente manera:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_i b_j)}{(da + db) aN bN}$$

Dónde:

a_i = número de individuos de la i ésima especie en el sitio A

b_j = número de individuos de la j ésima especie en el sitio B

$da = \sum a_i^2 / aN^2$

$db = \sum b_j^2 / bN^2$

aN = número total de individuos del sitio A

bN = número total de individuos del sitio B

6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el Parque Ecoturístico Tehuacán. En ellos se investigó la diversidad de abejas sin aguijón, así como su preferencia de árboles elegidos como hospederos de sus nidos. Además, se presenta la diversidad de especies arbóreas para cada comunidad vegetal y se compara la similitud entre ellas.

7.1 Diversidad de abejas de la tribu Meliponini presentes en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Composición de abejas sin aguijón.

Se estudió la composición de Abejas sin Aguijón (ASA) pertenecientes a la tribu Meliponini dentro del Parque Ecoturístico Tehuacán (PET), donde se reportan 7 especies (tabla 4). Asimismo, se reportan 42 nidos, de los cuales, los más abundantes fueron utilizados por las especies *Tetragonisca angustula* 28, *Scaptotrigona pectoralis* con 4 y *Oxytrigona mellicolor* con 3, que en porcentaje representa al 28.68%, 10% y 7% respectivamente.

Tabla 4. Composición de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Especies
<i>Cephalotrigona zexmeniae</i> Schwarz, 1940
<i>Oxytrigona mellicolor</i> Cockerell, 1917
<i>Partamona bilineata</i> Schwarz, 1938
<i>Scaptotrigona pectoralis</i> Moure, 1942
<i>Tetragona mayarum</i> Lepelletier and Serville, 1828
<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811
<i>Trigona fulviventris</i> Guérin-Méneville, 1845

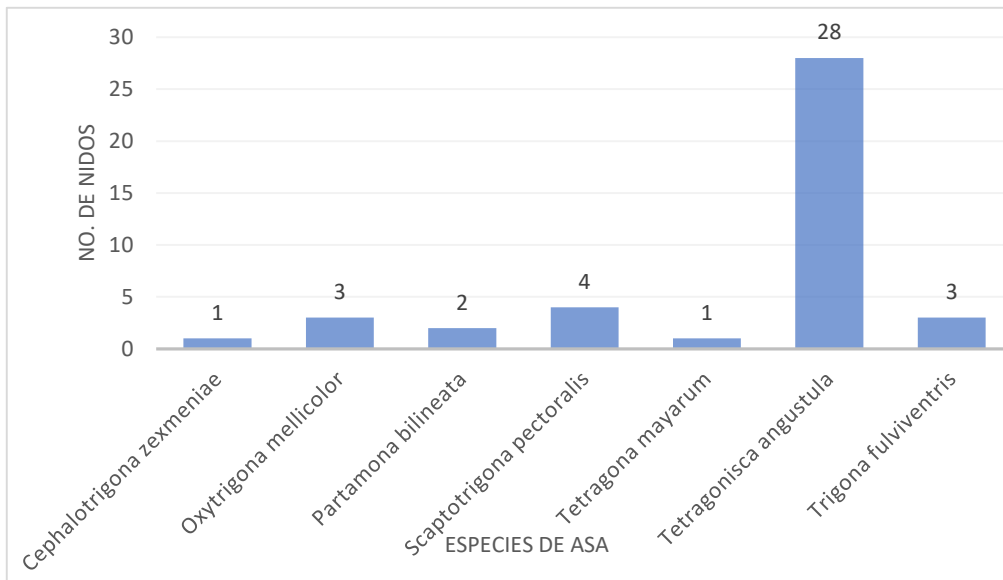


Figura 6. Abundancia de nidos de especies de abejas sin aguijón en el Parque Ecoturístico Tehuacán.

7.1.2 Diversidad, riqueza y equitatividad de abejas sin aguijón.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener revela una diversidad (H') de 1.20, a su vez demuestra la equitatividad (J') de 0.613, que en porcentaje corresponde al 61% de las especies encontradas (tabla 5).

Se reportan 7 especies dentro de la zona del PET. Al evaluar la riqueza estimada mediante una curva de acumulación de especies (Figura 7), la cual reporta un valor de Chao $1 = 0.78$. El valor de riqueza estimado lanzó una proyección de 11.6 especies (aproximada a 12) para 4 muestreos. Por lo tanto, la curva de acumulación no tiene un comportamiento asintótico.

Tabla 5. Riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad de las abejas sin aguijón.

Riqueza	Abundancia	H'	H'_{max}	J'
7	42	1.194	1.945	0.613

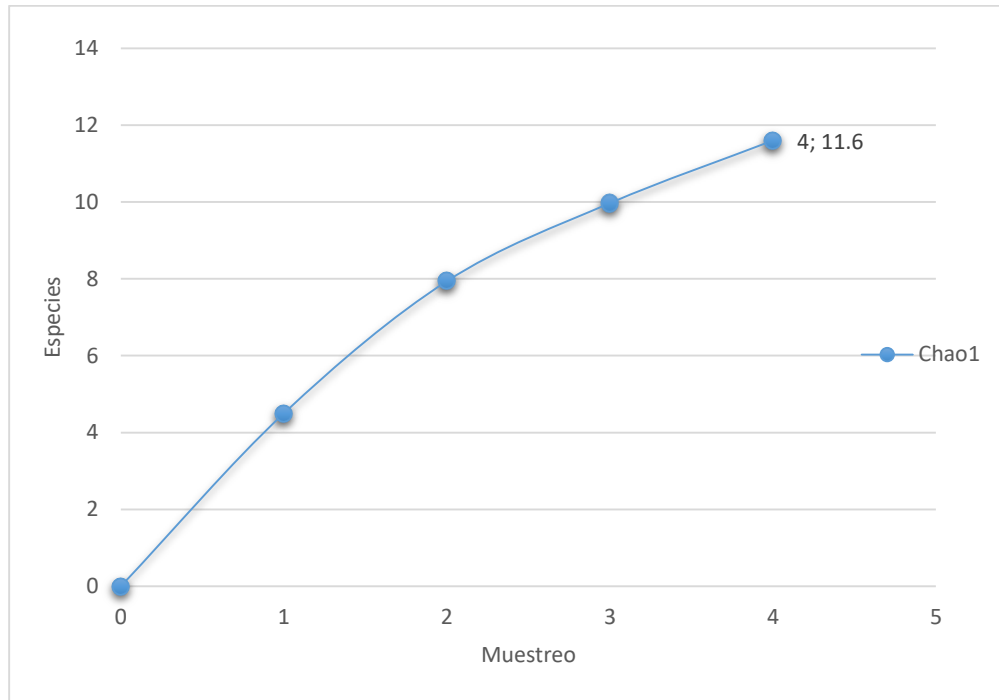


Figura 7. Curva de acumulación de especies de abejas sin aguijón en el Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, utilizando EstimateS. Los muestreos están representados con cada círculo y la línea continua representa el estimador de Chao 1.

7.2 Preferencia de especies vegetales utilizadas para la nidificación por las abejas de la tribu Meliponini en el bosque en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Composición arbórea que las especies de ASA prefieren para establecer sus nidos.

Se reportan 15 especies arbóreas utilizadas para la nidificación de ASA, de las cuales, *Brosimum alicastrum* la especie donde mayor número de nidos fueron encontrados con un total de 11 (26%) seguida por *Bursera simaruba* con 6 (14%) y árboles muertos con 5 (12%) (tabla 6).

Tabla 6. Preferencia de árboles utilizados para la nidificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

No.	Nombre Científico	Frec. de nidos	Proporción
1	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	11	26%
2	<i>Bursera simaruba</i> L.	6	14%
3	árboles muertos	6	12%
4	<i>Cassia grandis</i> L. f.	4	10%
5	<i>Castilloa elastica</i> Cerv.	3	7%
6	<i>Mangifera indica</i> L.	2	5%
7	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Jacq.	2	5%
8	<i>Simarouba glauca</i> DC.	2	5%
9	<i>Pourteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	1	3%
10	<i>Manilkara zapota</i> L. P. Royen	1	3%
11	<i>Andira inermis</i> (Sw.) Kunth	1	2%
12	<i>Tabebuia sp.</i> Jacq	1	2%
13	<i>Cinchona succirubra</i>	1	2%
14	<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq,	1	2%
15	<i>Lysiloma divaricatum</i> Benth	1	2%
Total		42	100%

Determinación de preferencia de nidificación por medio de las variables biológicas y físicas.

Dado que la preferencia de nidificación de las ASA no puede ser evaluada solamente por los árboles hospederos, se evaluaron distintas variables físicas y biológicas descritas en las tablas 7 y 8, utilizadas para determinar cuál de éstas posibilita su estancia en dicho árbol. Los valores completos se encuentran descritos en la base de datos del anexo 1.

Tabla 7. Variables biológicas medidas para determinar la preferencia de nidificación de las ASA.

Variables biológicas.	
Árbol con nidos	CAP, Altura, Estado del árbol.
Tipo de bosque	Bosque de galería y Selva baja caducifolia.
Nidos de abejas	Altura y circunferencia donde se encuentra la entrada.

Tabla 8. Variables físicas medidas para determinar la preferencia de nidificación de las ASA.

Variables físicas
Temperatura (°C)
Humedad relativa
Luz

Por lo tanto, se realizó un análisis de componentes principales para simplificar la dimensión de las variables y así agruparlas de acuerdo a cuáles son más determinantes e influyentes para las ASA, al momento de hospedarse en los árboles. Para decidir el número de componentes a tomar se utilizó la tabla 9, donde se observa que a partir del tercer componente hay una caída en la capacidad predictiva. Por si solos los primeros tres explican conjuntamente el 70% de la variabilidad.

Tabla 9. Variabilidad explicada por los componentes.

PC	Varianza (%)
1	31.703
2	20.798
3	16.817
4	12.478
5	11.183
6	5.1973
7	1.8234

El primer componente corresponde a la circunferencia del árbol mediante dos variables: *el CAP a 1.30 m sobre el suelo y a la altura donde se encontró el nido*. El segundo componente corresponde a los parámetros físicos de *Temperatura* (con peso positivo) y *Humedad relativa* (con peso negativo), relacionadas inversamente entre ellas. El tercer componente principal responde también a una variable biológica que es la altura donde se encontró la entrada del nido en el árbol hospedero relacionada a su vez con la luz (tabla 10).

Tabla 10. Componentes principales con mayor valor de varianza.

	CP 1	CP 2	CP 3
Tipo de Bosque	-0.28822	0.034817	0.4519
CAP del árbol	0.52757	0.34938	0.19377
Altura donde se encuentra el nido	-0.056389	0.25228	0.63256
Circunferencia del árbol a nivel del nido	0.56092	0.32259	0.16915
Temperatura °C	-0.40513	0.52976	-0.12558

Humedad relativa	0.24584	-0.64609	0.279
Luz	-0.3102	-0.10459	0.48568

La figura 8 presenta de forma gráfica las correlaciones entre el primer y segundo componente y cada variable.

Las muestras de ASA en el plano para los dos componentes principales, éstas se separaron en cuatro grupos de las cuales el **A** representa a aquellas ASA que anidaron en árboles con un tronco delgado a una temperatura media; la agrupación **B** representa a aquellas ASA que presentaron mayor tolerancia a la temperatura, sin embargo, de igual manera que la agrupación anterior los nidos se encontraron en árboles de mediano tamaño; basándose en la variable temperatura se puede observar que las agrupaciones **C** y **D** muestran una correlación antagónica entre sí, ya que el grupo **C** tolera lugares con temperaturas altas para establecer sus nidos y por el contrario el grupo **D**, prefiere anidar en lugares con temperaturas menores; no obstante, ambas agrupaciones demuestran la preferencia de árboles de gran circunferencia para establecerse.

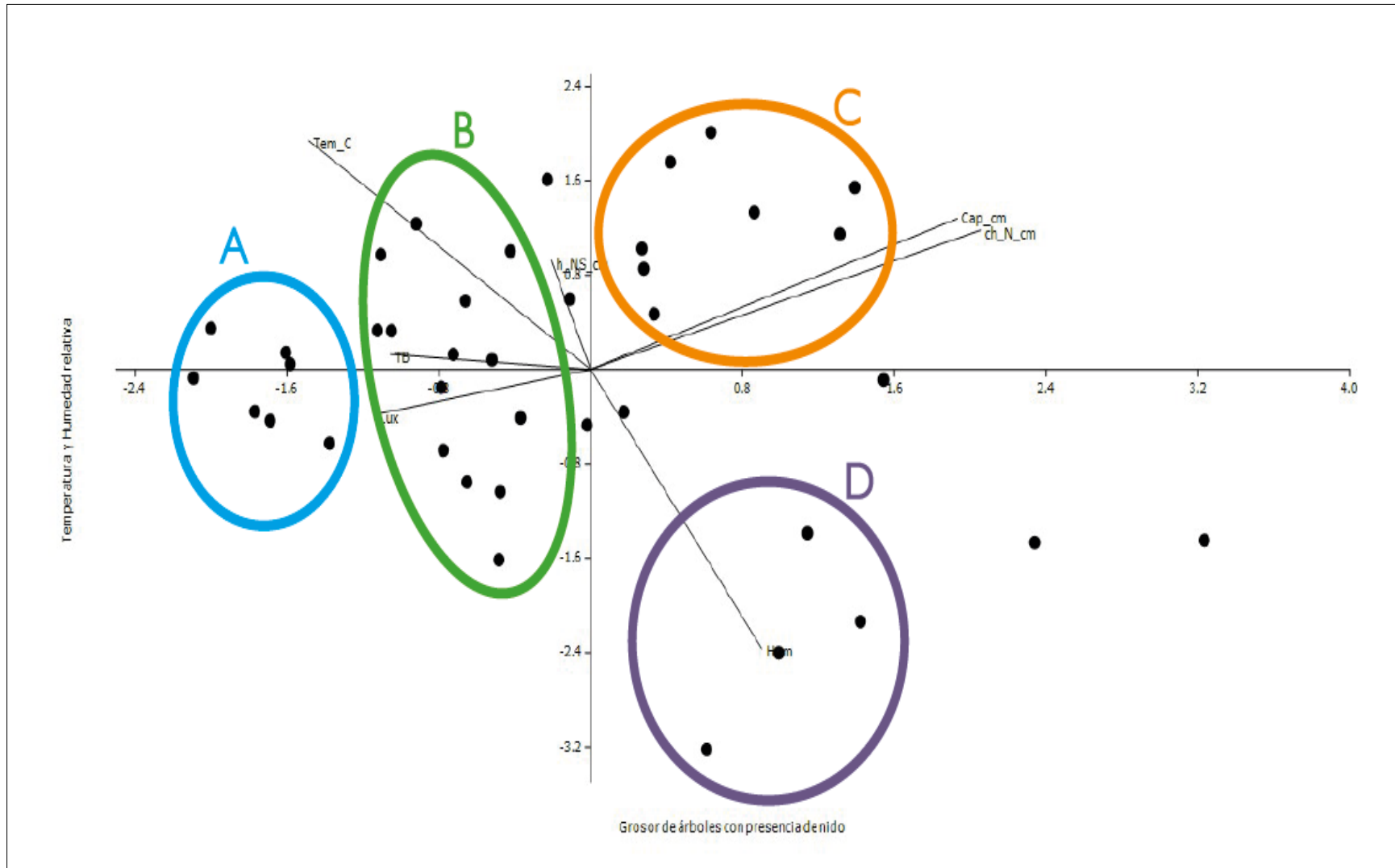


Figura 8. Correlación entre el primer y segundo componente para cada variable.

Ya que algunas especies pueden ser fácilmente identificadas por medio de la piqueta en la figura 9 y 10 se muestran las entradas de los nidos de abejas sin aguijón de las especies reportadas para el Parque Ecoturístico Tehuacán.

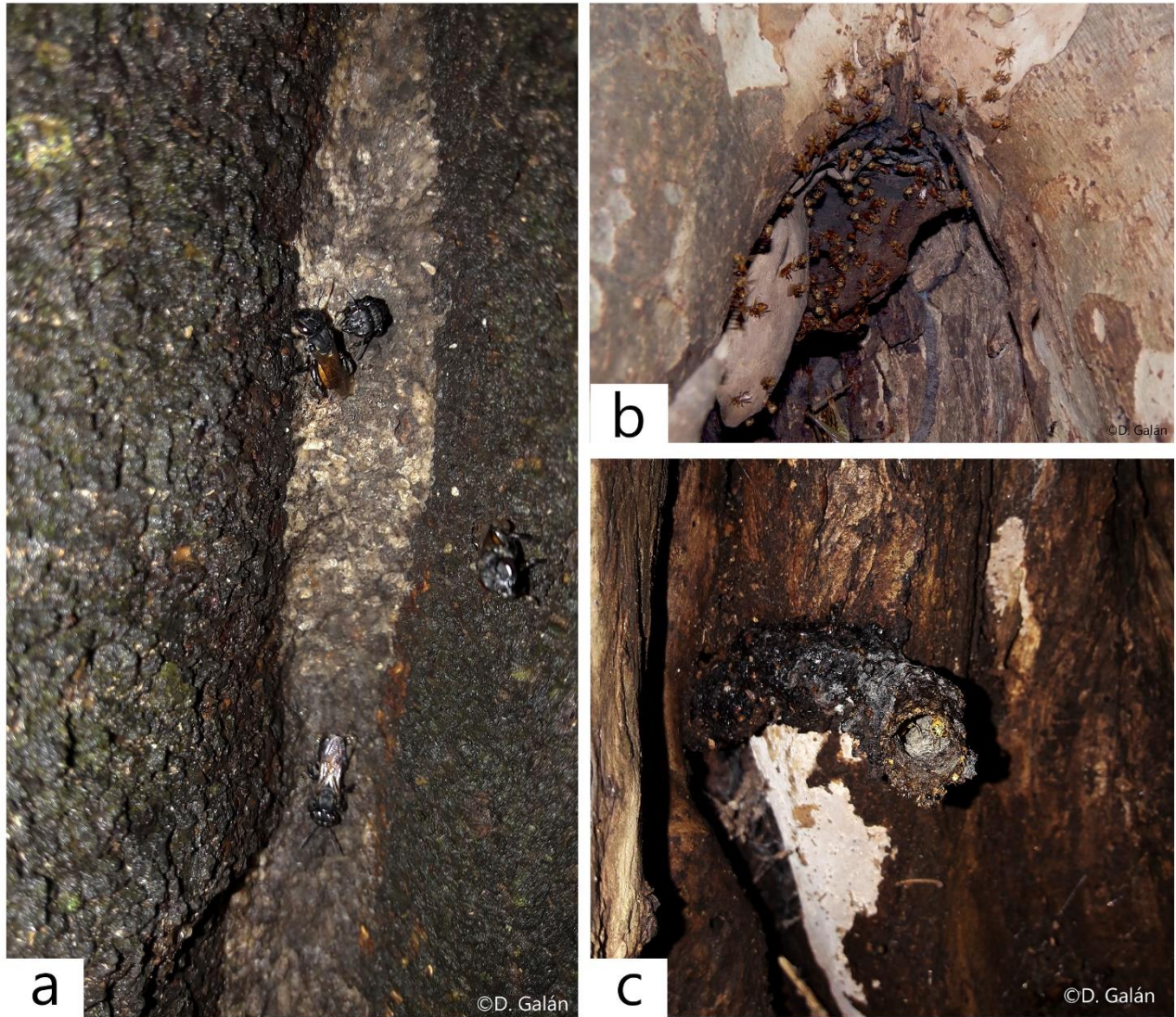


Figura 9. Entrada de nidos de abejas sin aguijón encontradas en el Parque Ecoturístico Tehuacán.
(a) *Cephalotrigona zexmeniae* (b) *Oxytrigona mellicolor* (c) *Tetragona mayarum*.

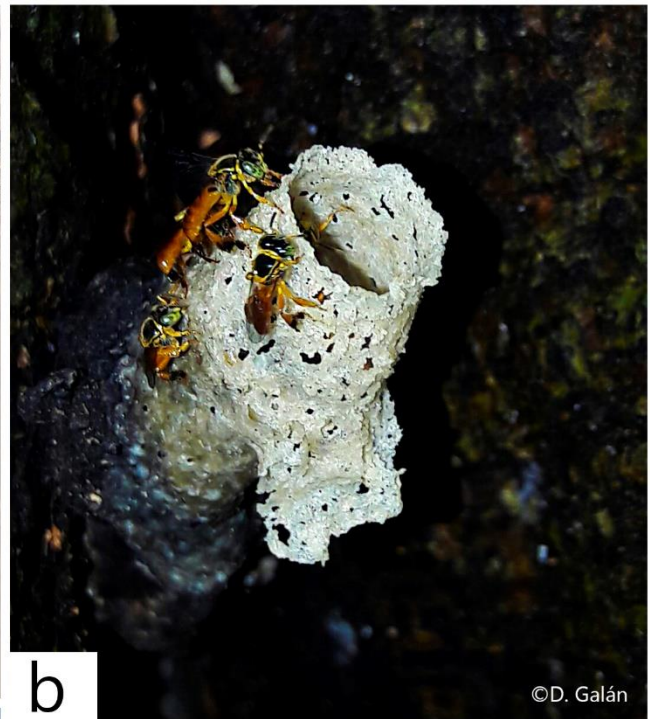
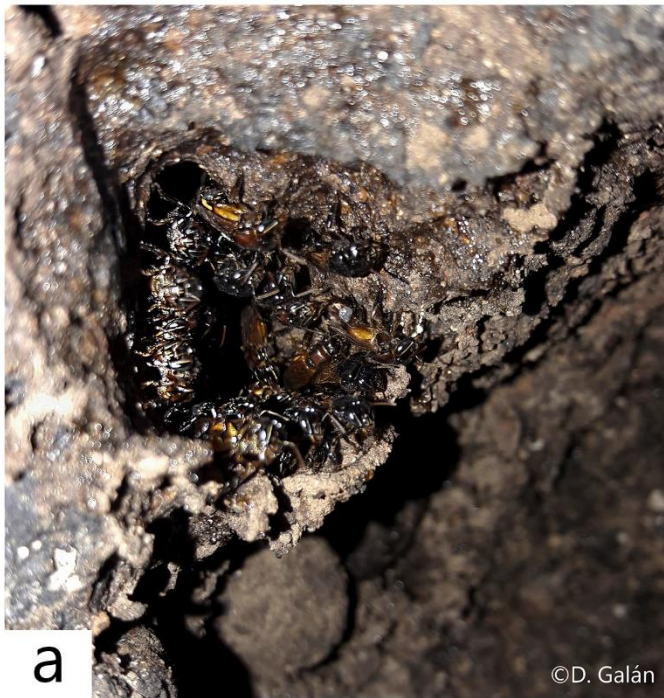


Figura 10. Entrada de nidos de abejas sin aguijón encontradas en el Parque Ecológico Tehuacán.
(a) *Partamona bilineata* (b) *Tetragonisca angustula* (c y d) *Scaptotrigona pectoralis*.

7.3 Comparación de la riqueza de abejas de la tribu Meliponini en las comunidades vegetales del bosque en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Se comparó la riqueza de las especies de ASA encontradas en la zona del PET dentro de las comunidades vegetales por medio de un análisis de conglomerados utilizando el índice de similitud de Morisita-Horn (figura 11).

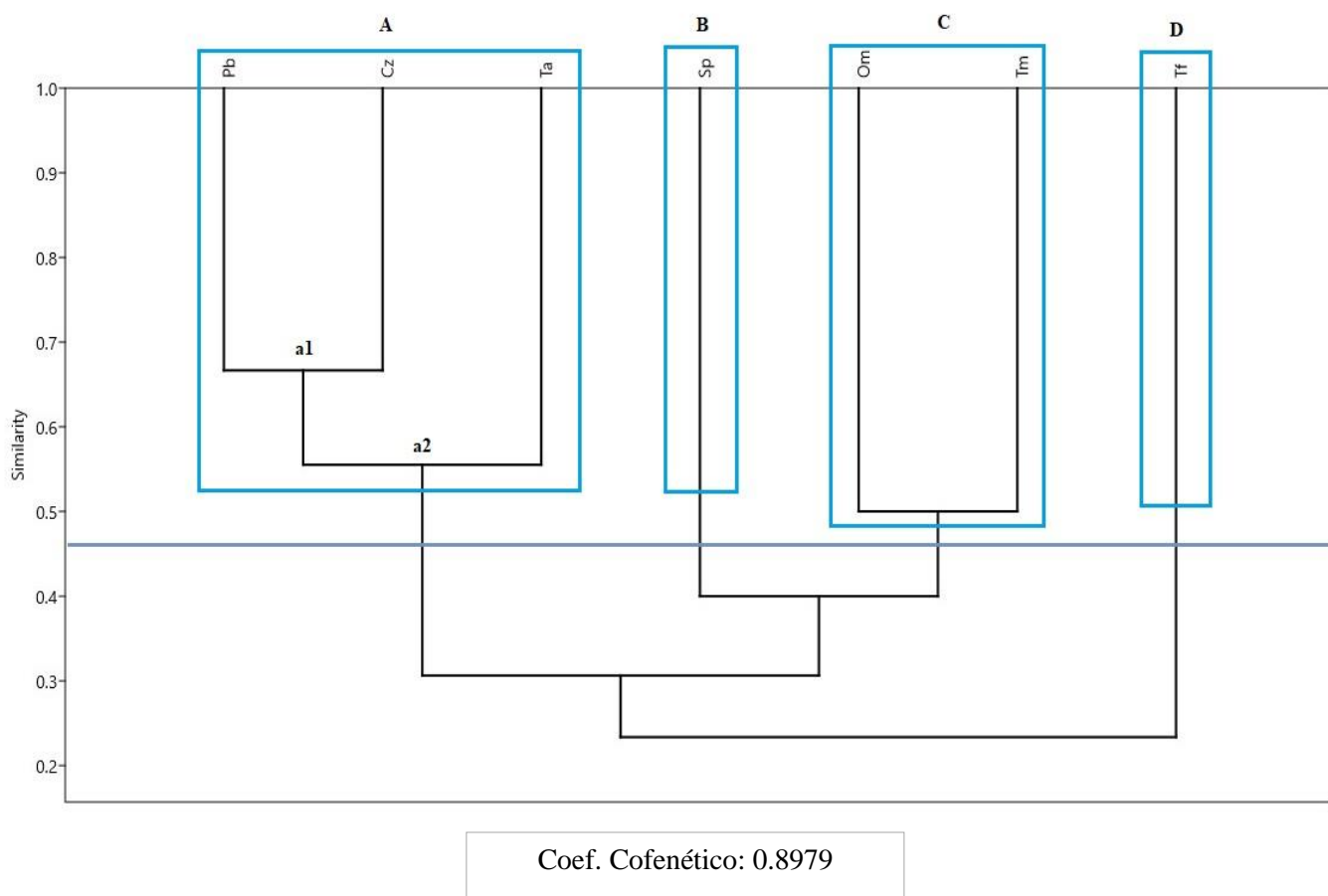


Figura 11 Comparación de la comunidad de ASA versus las especies arbóreas utilizadas para la nidificación en la zona del PET.

La diversidad faunística muestra que las especies de ASA más afines son las que se muestran en la agrupación **A**, donde: *Partamona bilineata* y *Cephalotrigona zexmeniae* comparten un 67% de similitud de especies arbóreas comunes utilizados para establecer sus nidos (*Brosimum alicastrum*) A su vez, *Tetragonisca angustula* (**a2**) coincide en un 53% de especies arbóreas similares con las anteriores especies de ASA.

El grupo **C** presenta una similitud del 50% de especies arbóreas comunes utilizadas por las especies *Oxitrigona mellicolor* y *Tetragona mayarum*. *Scaptotrigona pectoralis*, presente en el grupo **B**, manifiesta poca similitud al comparar la utilización de especies arbóreas comunes versus la agrupación **C** (48%), lo cual se pueden considerarse grupos con muy poca similitud entre ellos. Finalmente, la agrupación **D**, donde se encuentra *Trigona fulviventris*, posee un 31% de especies arbóreas comunes comparada con los demás grupos.

7.4 Composición y diversidad de especies arbóreas en las comunidades de bosque de galería y selva baja caducifolia en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

7.4.1 Composición y diversidad de especies arbóreas en el bosque de galería en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Composición de la vegetación arbórea.

Para las tres parcelas realizadas dentro del bosque de galería se registraron 55 individuos de 16 especies, 10 familias y 8 ordenes (tabla 11, figura 12). Las especies con mayor abundancia fueron: *Castilloa elastica* con 9, *Mangifera indica* con 9 y *Cedrela odorata* con 8, que en porcentaje corresponde al 16.3%, 16.3% y 14.6% respectivamente.

Tabla 11. Composición de la vegetación arbórea en el bosque de galería del Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, El Salvador.

Nombre Común	Orden	Familia	Nombre Científico	Abundancia
“caimito”	Ericales	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	1
“níspero”			<i>Manilkara zapota</i> L.	3
“zapote”			<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	2
“conacaste blanco”	Fabales	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Jacq.	1
“copinol”			<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1
“cortés blanco”	Lamiales	Bignoneaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i> Jacq.	4
“aguacate”	Lurales	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	3
“mamey”	Malpighiales	Calophyllaceae	<i>Mammea americana</i> L.	2
“ceiba”	Malvales	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> L.	1
“amate”	Rosales	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	1
“hule”			<i>Castilloa elastica</i> Cerv.	9
“ojushte”			<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	6
“cedro”	Sapindales	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	8
“jiote”		Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L.	2
“jocote jobo”			<i>Spondias mombin</i> L.	2
“mango”		Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	9
Total	8	10	16	55

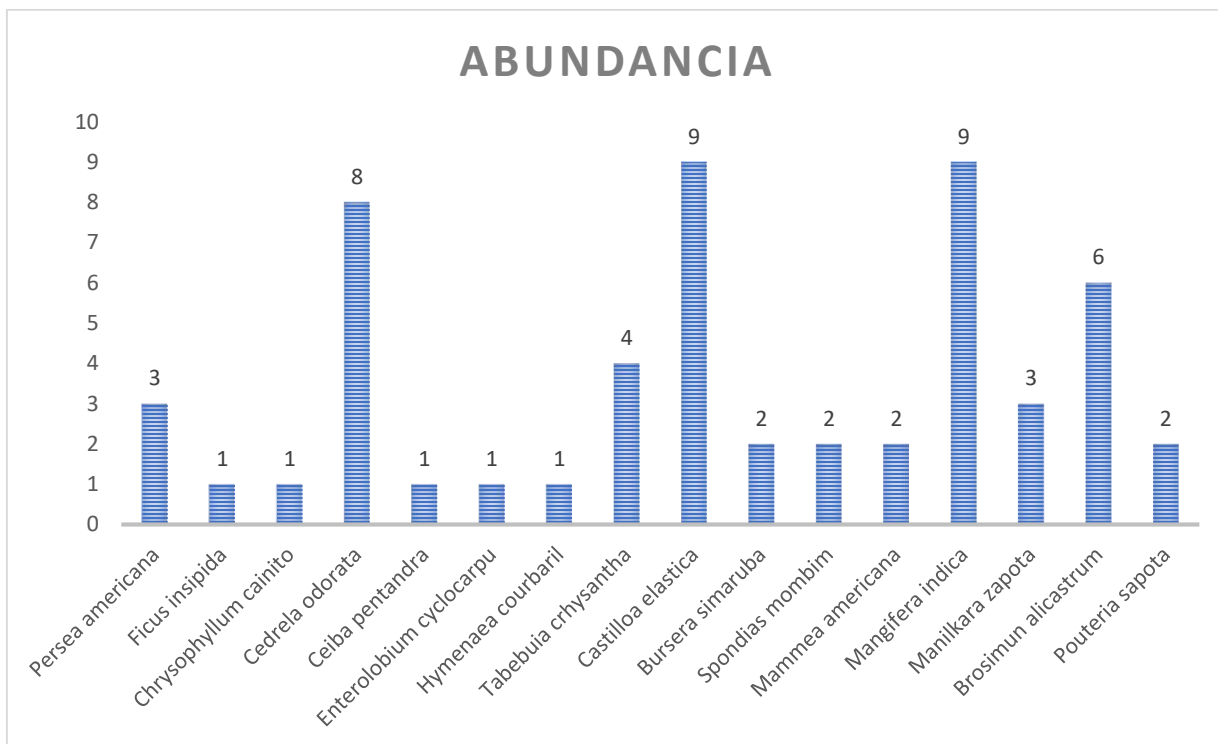


Figura 12. Abundancia de especies arbóreas reportadas para el bosque de galería en el PET.

Diversidad, riqueza y equitatividad de la vegetación arbórea.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener revela un valor (H') de 2.47, a su vez muestra un valor de equitatividad (J') de 0.89 en las especies reportadas para la zona del bosque de galería (tabla 12).

Tabla 12. Valores de riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad de la vegetación en el bosque de galería

Riqueza	Abundancia	H'	H'_{max}	J'
16	55	2.469	2.773	0.890

Se evaluó la riqueza estimada mediante una curva de acumulación de especies (figura 13) la cual está de acuerdo al estimador Chao 1 muestra un valor = 0.89 y un valor de riqueza estimado de 17.96 (aproximado a 18) en 3 parcelas muestreadas. De igual forma se aprecia

en el gráfico que la curva de acumulación tiene un comportamiento casi asintótico, es decir, se logró registrar la riqueza total de especies para el bosque de galería.



Figura 13. Curva de acumulación de especies vegetales para el bosque de galería en el área del Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente., Utilizando EstimateS.

Índice de Valor de Importancia.

Se evaluó la representatividad de composición y diversidad arbórea mediante el Índice de Valor de Importancia (IVI). La tabla 13 muestra los valores de IVI para las especies arbóreas reportadas en el bosque de galería en la zona del Parque Ecoturístico Tehuacán. En esta zona la especie *C. elastica* y *C. odorata* como las más representativas, encontradas con valores de 42.62 y 42.06 respectivamente, seguidas por *M. indica* con valor de 35.17 y *B. alicastrum* con 28.17. *C. elastica* obtuvo el mayor valor de IVI debido a que mostró mayor área basal, así mismo, *C. odorata* obtiene valores elevados en su frecuencia y área basal. En la figura 14 se realiza una comparación entre cada una de las especies anteriormente mencionadas.

Tabla 13. Índice de Valor de Importancia de la vegetación en el Bosque de Galería.

Nombre Científico	D. absoluta	Fr. Absoluta	AB. absoluta	D. relativa	Fr. relativa	AB. relativa	IVI
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	6	1	3.75	10.91	3.85	13.42	28.17
<i>Bursera simaruba</i> L.	2	2	0.60	3.64	7.69	2.16	13.49
<i>Castilloa elastica</i> Cerv.	9	1	6.27	16.36	3.85	22.41	42.62
<i>Cedrela odorata</i> L.	8	3	4.47	14.55	11.54	15.98	42.06
<i>Ceiba pentandra</i> L.	1	1	0.05	1.82	3.85	0.18	5.84
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	1	3	0.50	1.82	11.54	1.78	15.14
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Jacq.	1	1	3.72	1.82	3.85	13.32	18.98
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1	1	0.30	1.82	3.85	1.08	6.75
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	1	0.50	1.82	3.85	1.78	7.44
<i>Mammea americana</i> L.	2	1	0.64	3.64	3.85	2.28	9.77
<i>Mangifera indica</i> L.	9	2	3.11	16.36	7.69	11.12	35.17
<i>Manilkara zapota</i> L.	3	1	0.29	5.45	3.85	1.03	10.33
<i>Persea americana</i> Mill.	3	2	0.48	5.45	7.69	1.70	14.85
<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	2	2	0.29	3.64	7.69	1.03	12.36
<i>Spondias mombin</i> L.	2	3	0.40	3.64	11.54	1.43	16.60
<i>Tabebuia chrysantha</i> Jacq.	4	1	2.60	7.27	3.85	9.31	20.43
Total	55	26	27.96	100	100	100	300

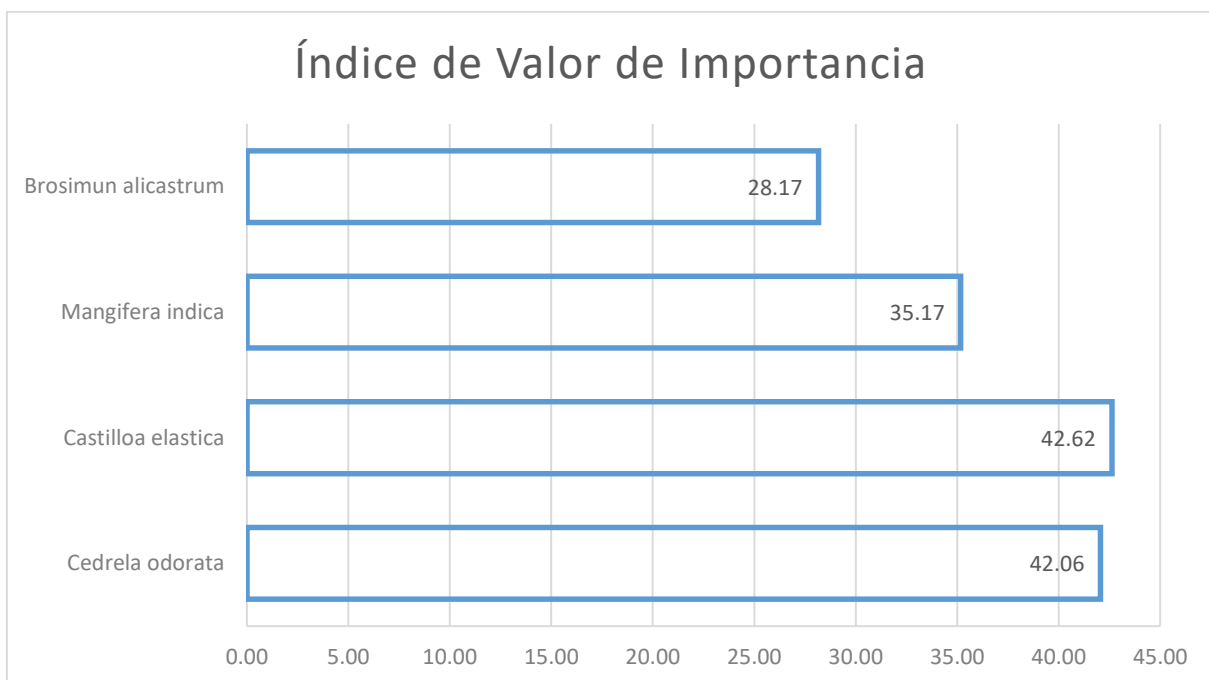


Figura 14. Índice de Valor de Importancia de las principales especies arbóreas en el bosque de galería en la zona del Parque Ecoturístico Tehuacán.

7.4.2 Composición y diversidad de especies arbóreas en la selva baja caducifolia en el Parque Ecoturístico Tehuacán, El Salvador.

Composición de la vegetación arbórea.

En total se registraron 96 individuos representados en 5 órdenes, 13 familias y 19 especies (Tabla 14, figura 15). Las especies con mayor abundancia fueron: *Enterolobium cyclocarpum* con 15, *Bursera simaruba* con 11 y *Mangifera indica* con 10, lo que en porcentaje representa al 15.6%, 11.4% y 10.4% respectivamente.

Tabla 14. Composición de la vegetación arbórea en la selva baja caducifolia del Parque Ecoturístico Tehuacán, San Vicente, El Salvador.

Nombre Común	Orden	Familia	Nombre Científico	Abundancia
“tigüilote”	Boraginales	Boraginaceae	<i>Cordia dentata</i> Poir.	6
“carao”			<i>Cassia grandis</i> L. f.	4

“conacaste blanco”	Fabales	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Jacq.	15
“izcanal”			<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	1
“quebracho”			<i>Lysiloma divaricatum</i> Hook. & Jackson	1
“cortés blanco”	Lamiales	Bignoneaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i> Jacq.	7
“morro”			<i>Crescentia alata</i> Kunth	1
“labo de hacha”	Malvales	Malvaceae	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	8
“tecomasuche”		Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	4
“volador”	Myrtales	Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	1
“guarumo”	Rosales	Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	1
“ojushte”		Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	2
“aceituno”	Sapindales	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i> DC.	9
“cedro”		Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	3
“ceiba”		Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> L.	8
“jiote”		Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L.	11
“jocote jobo”		Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	1
“jocote”			<i>Spondias laxiflora</i> (Kurz) Shaw & Forman	3
“mango”			<i>Mangifera indica</i> L.	10
Total	5	13	19	96

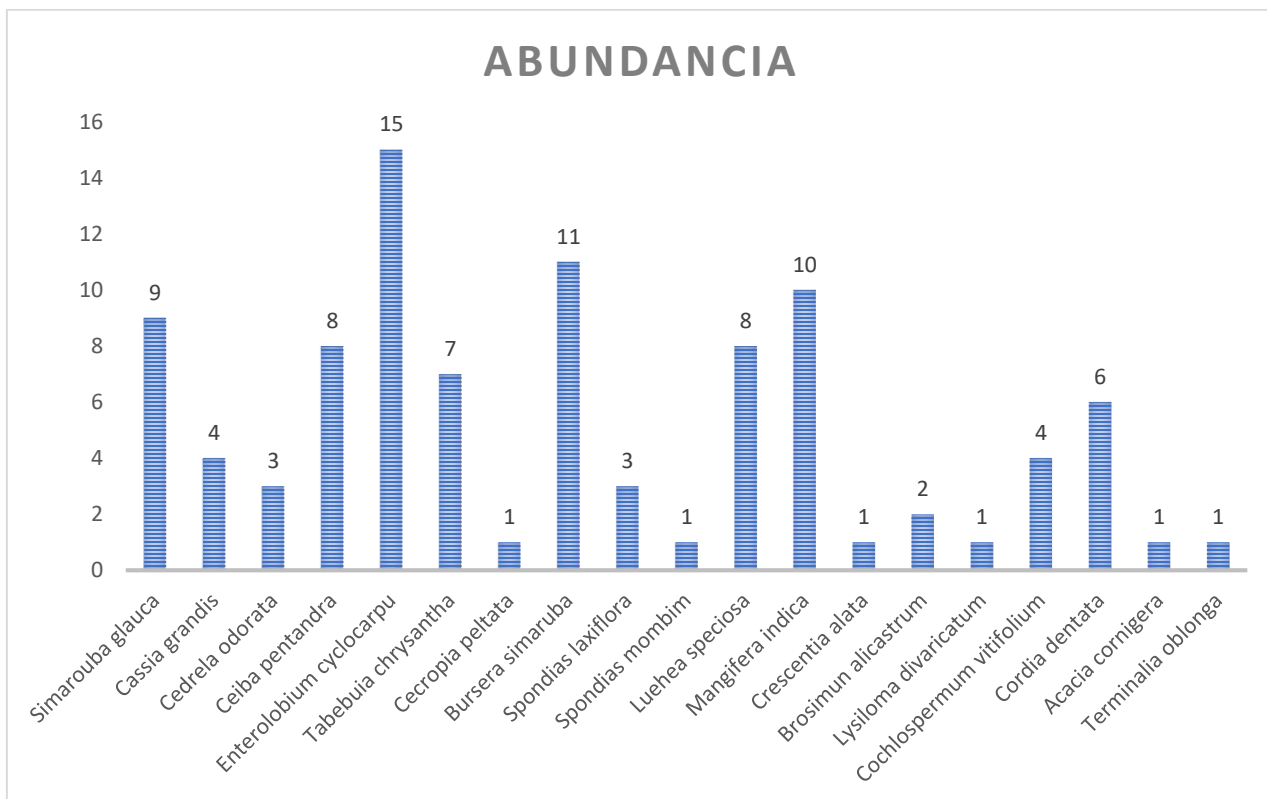


Figura 15. Abundancia absoluta de las especies arbóreas encontradas en el muestreo realizado en la selva baja caducifolia del Parque ecoturístico Tehuacán.

Diversidad, riqueza y equitatividad de la vegetación arbórea.

El índice de Shannon-Wiener resulta en un valor (H') = 2.62 con un valor de equitatividad de (J') = 0.89 en las especies encontradas en la selva baja caducifolia dentro del PET (tabla 15).

Tabla 15. Riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad de la vegetación de la selva baja caducifolia en la zona del PET.

Riqueza	Abundancia	H'	H' max	J'
19	96	2.622	2.944	0.890

Se determinó la eficiencia del muestreo realizado mediante una curva de acumulación de especies adecuada al estimador Chao 1, la cual muestra un valor de 0.79 y un valor de riqueza estimado de 23.95 (aproximado a 24) en 7 muestreos (delimitados por parcelas). Se muestra en la figura 16 que la curva presenta un comportamiento asintótico a partir del muestreo 5, en los muestreos posteriores el comportamiento cambia debido al menor número de especies encontradas.

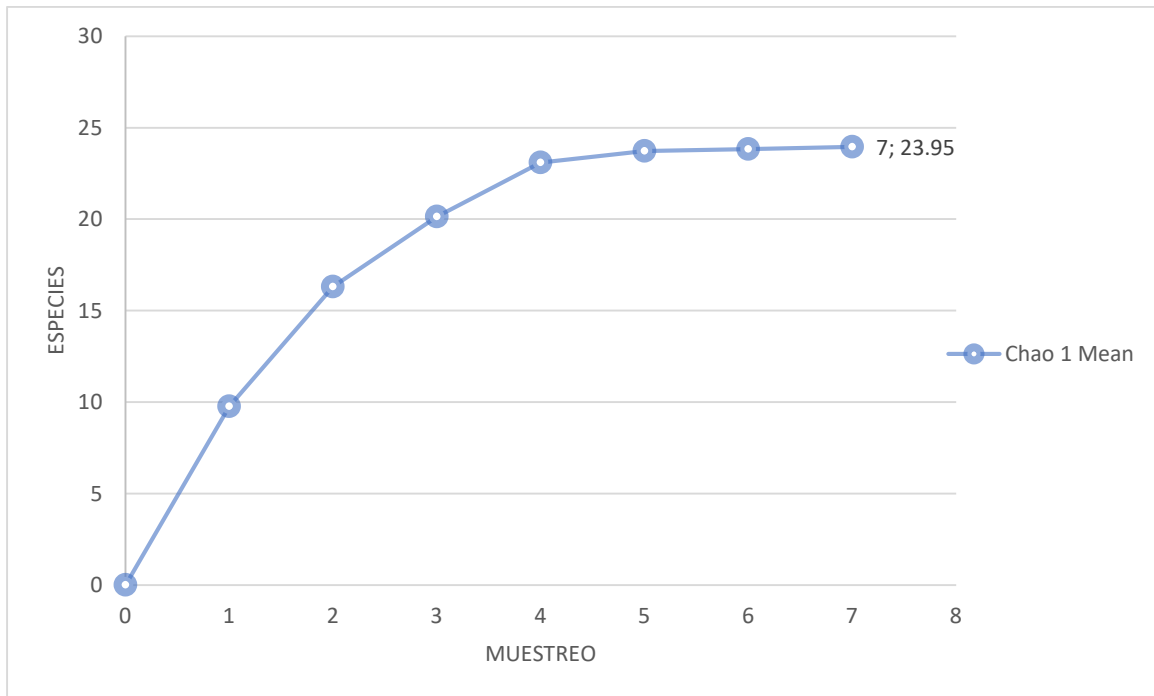


Figura 16. Curva de acumulación de especies de vegetales realizados en la selva baja caducifolia del Parque Ecoturístico Tehuacán.

Índice de Valor de Importancia.

Con base al Índice de Valor de Importancia en la selva baja caducifolia se observa que *Enterolobium cyclocarpum* es la que posee el mayor valor, con 66.91 de importancia relativa dentro de la zona debido a que tiene una mayor densidad, área basal y frecuencia (tabla 16), le sigue *Simarouba glauca* con 31.83 y, finalmente las especies *Bursera simaruba* y *Mangifera indica* con 26.89 y 24.12 respectivamente. En la figura 17 se realiza una comparación entre las especies con valores más altos dentro de la tabla anterior.

Tabla 16. Índice de Valor de Importancia para la vegetación de la selva baja caducifolia dentro del Parque Ecológico Tehuacán.

Nombre Científico	D. absoluta	Fr. Absoluta	AB. absoluta	D. relativa	Fr. relativa	AB. relativa	IVI
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	1	1	0.10	1.04	2.13	0.27	3.44
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	2	2	2.37	2.08	4.26	6.71	13.05
<i>Bursera simaruba</i> L.	11	4	2.38	11.46	8.51	6.74	26.71
<i>Cassia grandis</i> L. f.	4	3	1.12	4.17	6.38	3.17	13.72
<i>Cecropia peltata</i> L.	1	1	0.11	1.04	2.13	0.30	3.47
<i>Cedrela odorata</i> L.	3	1	0.82	3.13	2.13	2.31	7.57
<i>Ceiba pentandra</i> L.	8	4	2.01	8.33	8.51	5.70	22.54
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd) Spreng	4	2	0.61	4.17	4.26	1.72	10.14
<i>Cordia dentata</i> Poir	6	2	1.45	6.25	4.26	4.11	14.62
<i>Crescentia alata</i> Kunth	1	1	0.07	1.04	2.13	0.19	3.36
<i>Enterolobium cyclocarpus</i> Jacq.	15	6	13.52	15.63	12.77	38.25	66.64
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	8	3	1.62	8.33	6.38	4.58	19.30
<i>Lysiloma divaricatum</i> Hook. & Jackson	1	1	0.58	1.04	2.13	1.65	4.82
<i>Mangifera indica</i> L.	10	3	2.54	10.42	6.38	7.19	23.99
<i>Simarouba glauca</i> DC.	9	5	4.09	9.38	10.64	11.58	31.59
<i>Spondias laxiflora</i> (Kurz) Shaw & Forman	3	3	0.25	3.13	6.38	0.69	10.20
<i>Spondias mombim</i> L.	1	1	0.10	1.04	2.13	0.27	3.44
<i>Tabebuia chrysantha</i> Jacq.	7	3	1.41	7.29	6.38	3.98	17.66
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud	1	1	0.21	1.04	2.13	0.58	3.75
Total	96	47	35.35	100	100	100	300

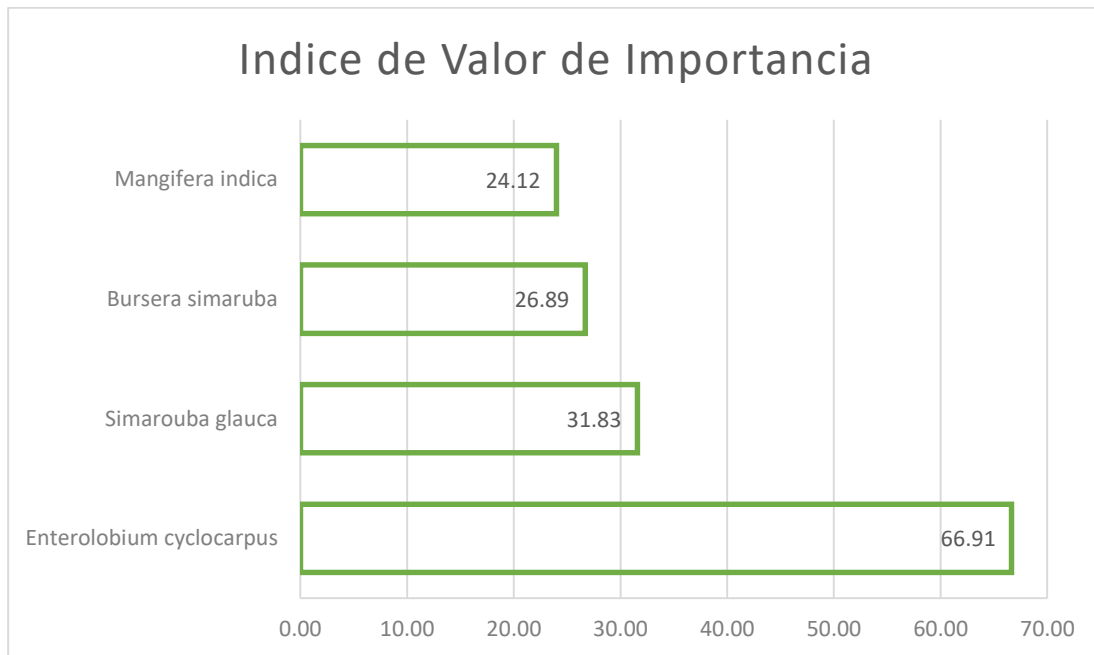


Figura 17. Índice de Valor de Importancia de las principales especies arbóreas en la selva baja caducifolia del Parque Ecoturístico Tehuacán.

Índice de Similitud de Sorensen

Se comparó la similitud de las comunidades vegetales por medio de datos cualitativos mediante el índice de Sorensen. Del cual se obtuvo un valor de 45.7% de similitud entre las comunidades vegetales.

Índice de Sorensen
45.7%

8 DISCUSIÓN

8.1 Diversidad de abejas sin aguijón.

Este es el primer estudio acerca de la diversidad de ASA en el Parque Ecoturístico Tehuacán (PET), donde se reportaron 7 especies; 2 especies menos que las reportadas por Ruano *et al.* en 2015 para el departamento de San Vicente, el cual obtuvo 9 especies de ASA distribuidas en 25 colonias salvajes y además reportó un valor de $H' = 1.99$. a su vez, reportó 20 especies para todo el país para el mismo estudio (tabla 1). El bajo número de especies se debe probablemente a la reducida cobertura vegetal provocada por la deforestación y la agricultura intensiva.

Una diferencia importante al comparar la riqueza de especies obtenidas en estudios previos a nivel nacional, se debe al esfuerzo de muestreo, que si bien tiene una metodología distinta, tuvo resultados de riqueza similares a los de Ruano *et al.* (2015), siendo este estudio, el de mayor riqueza del país. Por lo tanto, se considera necesario mayor esfuerzo de muestreo para lograr que la curva de acumulación logre la asíntota.

A su vez, el uso de métodos de búsqueda y obtención de individuos más efectivos como los utilizados por Ramírez *et al.* (2014) en el estado de Nuevo León, México, quienes demostraron la eficiencia en el uso de platos trampa y redes entomológicas para la captura de abejas, registrando alrededor de 20 géneros y 80 especies de la familia Apidae.

Al comparar la riqueza de especies en zonas boscosas con características similares se tiene que el valor de diversidad ($H' = 1.19$) es el más bajo reportado para el país para este grupo. Sin embargo, se considera una diversidad media si se toma en cuenta el valor de diversidad máxima ($H' = 1.94$) visto en las especies esperadas para el sitio dado por la curva de acumulación de especies (fig. 7); dicha curva emplea el uso del modelo de estimación Chao 1, el cual se basa en abundancias, permite estimar la riqueza real de especies esperada y presenta la fracción de las abundancias totales de la comunidad que está representada en la muestra (Chao y Shen 2003; Escalante 2003; Moreno *et al.* 2011).

Rodríguez *et al.* (2008) reportan un valor de diversidad de Shannon-Wiener $H' = 1.92$ en un bosque seco tropical del estado de Guárico, Venezuela, reportando 9 géneros a partir de 44 individuos colectados. A su vez, demuestra un índice de equidad en la proporción de especies con un valor $J' = 0.82$, muy por encima del valor de $J' = 0.61$ obtenido para la zona del PET, lo cual se debe a la dominancia de *T. angustula*, sobre las demás.

Tetragonisca angustula se adapta muy bien a zonas con perturbaciones y es reportada frecuentemente en áreas con amplia deforestación e incluso en ambientes urbanos (Nates-Parra 2008). Dicha especie fue la que obtuvo el mayor número de colonias silvestres (156) reportadas por Ruano *et al.* (2015) para El Salvador. Siguiendo la misma tendencia, Rodríguez *et al.* (2008) reportó 7 individuos de *T. angustula* que junto con *Trigona* sp1, son las que mayor abundancia reportaron. Se destaca la ausencia del género *Melipona*, lo cual podría indicar una clara alteración en la cobertura vegetal, ya que las abejas de este género requieren una fuente de alimentos y nidificación más adecuada (Pedro & Camargo 2000), Ruano *et al.* (2015) solo reportan 12 nidos silvestres para el género *Melipona*; lo que concuerda con lo anteriormente mencionado.

8.2 Preferencia de árboles utilizados para la nidificación de abejas sin aguijón.

Las características encontradas dentro del PET podrían indicar que la mayor parte de las ASA prefieren realizar sus nidos en árboles de las especies *Brosimum alicastrum* y *Bursera simaruba* como principales opciones, sin embargo, Nates-Parra (2005) y Roubik (a. 1983; b. 2006), mencionan que las ASA tienden a tener patrones de nidificación muy variados, por lo tanto, no es posible determinar una preferencia directa a las especies arbóreas antes mencionadas, y que esto, probablemente se deba a las características específicas que las plantas poseen. Spagarino *et al.* (2014) propone que el desarrollo de huecos con características adecuadas para la nidificación está condicionado en parte al tipo de madera, de igual manera es sabido que las ASA muy a menudo establecen sus nidos en huecos hechos previamente en el árbol (Nates-Parra 2005; Michener 2007). Otra característica específica que el árbol debe tener, es probablemente un espacio mínimo necesario para alojar una colonia viable, lo que quizá explique qué, a pesar de su estado, algunas ASA del PET tenían nidos en troncos de árboles muertos.

Copa-Alvaro (2004) y Spagarino *et al.* (2014) enfatizan la importancia de las características del árbol donde se encuentran los nidos. Si se tienen en cuenta los valores de la figura 9, se puede destacar que, a pesar de que la circunferencia del árbol hospedero es el principal determinante para el establecimiento del nido, ésta variable (o grupo de variables) no se relaciona con una especie específica de ASA aun cuando éstas presenten diferencia significativa en su tamaño.

Por tal razón, se destaca la importancia de tomar en cuenta otros factores que pueden influir para el establecimiento de los nidos. Ruano *et al.* (2015) toma la altura sobre el nivel del mar y la temperatura que relaciona con los nidos encontrados mediante un análisis de regresión lineal simple, sin embargo, pese a que la temperatura promedio para el departamento de San Vicente es similar en ambos estudios (26 °C); ambos factores por si solos únicamente demuestran la amplitud de supervivencia que las ASA poseen, ya que no se toman en cuenta factores biológicos como tipo de vegetación del lugar, características de la vegetación hospedera, humedad relativa, etcétera. Las cuales podrían afectar directamente su distribución y/o el establecimiento de los nidos en los sitios encontrados.

Es así que resulta necesario tomar en cuenta que, si el investigador desea predecir el comportamiento de nidificación de las especies de ASA antes mencionadas, debe potenciar el estudio de las variables ambientales a fin de identificar las áreas potenciales para una adecuada distribución.

Válido *et al.* (2010) y Razo-León (2015) establecen que los sistemas de polinización tienden al anidamiento como consecuencia directa del proceso coevolutivo, es decir, plantas que son fuente de refugio y al mismo tiempo fuente de alimento para las ASA son bastante frecuentes en este tipo de “sitios pulmón”. Por lo tanto, si se protegen las especies arbóreas hospederas del sitio, se produciría un efecto en cadena en el cual se daría protección indirecta a las especies de ASA, haciendo que se beneficien ya sea en la utilización para realizar nidos, así como en su alimentación. En este sentido, la zona del PET al estar aislada por cultivos, se considera una zona boscosa, la cual sirve como pulmón natural y constituye el hábitat para distintos grupos de animales.

Sin embargo, dicha zona de cultivo provoca una perturbación mayor a la comunidad vegetal más inmediata a ella, lo cual hace que exista una zona de amortiguamiento muy perturbada y en ocasiones, dañada (principalmente por los métodos de quema y uso de insecticidas). Este panorama, podría provocar que algunos de los nidos expuestos a estas condiciones puedan desaparecer ya sea hacia dentro del bosque o simplemente no puedan adaptarse ante tal situación. No cabe duda que algunas especies mejor adaptadas a las zonas perturbadas han tenido mejores oportunidades de desarrollo; el cual, podría ser el caso de los múltiples registros de *T. angustula* y la ausencia del género *Melipona* (Kerr et al. 1966) lo que podría provocar un caso de desplazamiento de las especies poco frecuentes.

Si se toman en cuenta la expansión de la población y el avance de la frontera agrícola como las principales amenazas para las abejas; son necesarias estrategias para evaluar el estado y el posible aislamiento del PET con respecto a otras zonas boscosas, ya que podría presentarse un caso de especies aisladas que muy probablemente den origen, en algunos años a compartimentos (Jordano & Bascompte 2009; Tirano y Johnston 2013). Por lo tanto, propuestas de reforestación como las realizadas por Platero *et al.* (2010) quienes proponen la siembra de especies que podría ser utilizada por ASA para la conservación de sus hábitats, obtienen cada vez mayor relevancia.

8.3 Riqueza de Abejas vs Composición Vegetal

La riqueza de ASA es dependiente de la vegetación de la que éstas se aprovechan, ya sea como fuente de alimentación o como de establecimiento de nidificación (Michener 2007). Por tal motivo, a fin de conocer la posible interacción entre nidos cercanos independientemente de la especie de ASA, se comparan los nidos encontrados en cada una de las especies de árbol hospedero en la zona del PET.

Al encontrar una similitud correspondiente al 47% entre las especies de ASA, probablemente exista una tendencia a la competencia por las zonas favorables de nidificación o alimentación para las abejas. Nates-Parra (2005) menciona que se tiende a la competencia entre abejas al haber escasez de recursos, lo que probablemente aleje a las abejas de nidos cercanos para evitar el saqueo por miel, polen o incluso obreras. Se podría considerar a la

zona de PET como un sitio de pocos recursos alimenticios (sobre todo en determinada temporada del año), lo que provoca un posible panorama de competencia elevada, lo que ocasiona que los nidos, a su vez, estén alejados entre ellos.

Por otra parte, Griswold *et al.* (1995) y Razo-León (2015) establecen que en sitios con abundancia de recursos se han llegado a encontrar hasta 600 colonias por km². Por tanto, no es posible determinar una interacción entre diferentes especies de abejas, ya que a pesar de que éstas prefieren condiciones similares, no parecen estar dispuestas a competir por su hábitat inmediato.

A pesar de que la zona del PET presenta condiciones poco favorables para el desarrollo de muchas especies animales y vegetales reportadas, dicha zona aún posee un patrimonio natural, demostrando que, a pesar de su espacio y estado de perturbación, conserva varias de las especies vegetales al igual que en algunos de los bosques con similares características mejor estudiados del país.

8.4 Diversidad de la vegetación arbórea.

A pesar de que se han realizados algunos estudios para la zona del PET como el de Ikerketa en 2006, estos no han sido parte de investigaciones en beneficio de la conservación de áreas naturales del país. En ellas, por ejemplo, no se tiene conocimiento de la metodología empleada para obtener los datos de las especies vegetales que son descritas para la zona del PET.

Por lo anterior, éste puede considerarse uno de los primeros estudios que trata de determinar la diversidad de las especies arbóreas dentro del parque, de manera sistemática y con interés científico.

En este estudio se determinó la diversidad de la vegetación de acuerdo a las dos comunidades vegetales que el sitio posee. Para la comunidad de bosque de galería se reportaron 16 especies distribuidas en 10 familias y un valor de diversidad de 2.46, lo que significa una alta diversidad si consideramos que se obtuvo un valor de 0.89 de Chao 1, dando como resultado un comportamiento asintótico en la curva de acumulación de especies.

Asimismo, se obtuvo un valor de $J' = 0.89$ de acuerdo al índice de equitatividad, la comunidad vegetal muestra un comportamiento equitativo entre individuos de cada especie detectada en el muestreo (Carmona & Carmona 2013).

La comunidad de la selva baja caducifolia presentó 19 especies arbóreas pertenecientes a 13 familias. Siendo de mayor diversidad que la comunidad anterior $H' = 2.62$, lo que resulta en una diversidad alta si se considera el valor de 0.79 del estimador Chao 1, lo que resultó en una asíntota en la curva de acumulación de especies, obteniendo 19 de las 24 especies esperadas para la comunidad. A su vez, el índice de equitatividad de Pielou tiene un valor $J' = 0.89$, lo que resultó en un comportamiento equitativo en la representación de individuos de cada especie detectada en el muestreo (Carmona & Carmona 2013).

Se determinó la eficiencia del muestreo por medio de una curva de acumulación de especies por comunidad vegetal, donde se observó que tres y cinco parcelas de 50x10 m en el bosque de galería y en la selva baja caducifolia respectivamente, fueron suficientes para obtener un comportamiento asíntotico, lo que concuerda con Aguilar, Ascencio y Martínez (1992), el tamaño de la parcela resultó ser el adecuado para el muestreo, lo cual ayudó a obtener el mayor número de especies arbóreas por sitio.

Por medio del Índice de valor de Importancia (IVI), se determinó que, de las 16 especies reportadas en el bosque de galería, solo tres obtienen valores por encima de 30. Destaca el valor de IVI de *Cedrela odorata*, la cual, a pesar de estar en categoría de amenazada (MARN 2015), fue bastante frecuente, lo cual concuerda con Medina y Orellana (2013) reportan a la especie con mucha frecuencia para el ANP Bosque de Cinquera; mostrando que, a pesar de que algunos autores mencionan que dicha especie tiene una abundancia natural reducida debido a distintos factores, existen sitios en el país donde la especie presenta una regeneración natural.

Al calcular el IVI en la selva baja caducifolia, *Enterolobium cyclocarpum* presentó los valores más altos (66.91) si se compara con las otras 18 especies del sitio. *E. cyclocarpum* presentó mayor frecuencia y los valores más altos de área basal. Se observaba una clara diferencia con la comunidad de bosque de galería donde solo se encontró un árbol de esta

especie; éste resultado contrasta con el listado de Witsberger *et al.* (1982), quienes solo describen esta especie en el bosque ripario del Parque Walter Thilo Deininger.

Asimismo, árboles longevos y de gran tamaño de las especies *Castilloa elastica* y *Mangifera indica* fueron reportados dentro de las tres parcelas. La elevada abundancia de estas dos especies se debe a que anteriormente éstos eran sembrados por las personas del sitio para obtener productos elásticos (hule) y alimenticios (mango) respectivamente. A su vez, para la selva baja caducifolia *E. cyclocarpum* fue la especie que se ha encontrada con mayor frecuencia, debido a que anteriormente, era sembrada por los habitantes del área por su importancia maderable (Comunicación personal 2017)¹.

De 27 especies reportadas para el PET, al comparar las comunidades vegetales por medio del Índice de Sorensen, se obtuvo un valor de 45.7% de similitud entre las comunidades. Lo cual refleja que, a pesar de que las 16 y 19 especies reportadas en el bosque de galería y selva baja caducifolia respectivamente, las comunidades comparten solamente 8 especies entre sí. Por lo tanto, existe una marcada diferencia entre las condiciones que cada comunidad dispone para el desarrollo de distintas especies dentro de la zona del PET.

Es importante destacar que, a pesar que la zona del PET ha sufrido una reducción de tamaño a lo largo de los últimos años, debido al incremento de la zona de cultivo, ésta aún conserva la mayor parte de su vegetación nativa. Esto se puede observar al compararse con otros estudios realizados en bosques con características similares, pero que poseen mayor extensión geográfica, como el de Witsberger *et al.* y Aguilar *et al.* (1982, 1992) en el Parque Walter Thilo Deininger, quienes reportan alrededor de 100 especies arbóreas; Herrera *et al.* (2001) en el bosque seco de San Diego La Barra reportaron 180 especies arbóreas; en ambos reportaron especies similares con mayor frecuencia tales como: *B. simaruba*, *E. cyclocarpum* y *C. pentandra*. Por lo que la zona del PET toma relevancia como sitio de conservación y reserva genética.

¹ Pedro: Vigilante del Parque Ecoturístico Tehuacán, 2017.

9 CONCLUSIONES

La zona del PET es un sitio importante para la conservación de ASA debido a que dispone de las condiciones para que éstas logren establecerse. Sin embargo, a pesar de esta situación, se encontraron solo siete especies de las veinte que se han identificado para el país, lo cual se considera una diversidad media para el sitio al compararlo con el número total de especies para El Salvador.

La reducción de la cobertura vegetal en los últimos años, producto de la deforestación y la agricultura intensiva a la que están expuestas las especies de abejas, podría causar una reducción en el número de individuos para los nidos de ASA reportados, lo cual provocaría una disminución en las interacciones de estos insectos con las plantas que ellos polinizan.

Tetragonisca angustula fue la especie más frecuente en la zona del PET, debido a que dicha especie se adapta muy bien en áreas con perturbaciones y con amplia deforestación, incluidos ambientes urbanos, condiciones que limitan la presencia del género *Melipona*, que es sensible a la alteración en la cobertura vegetal y no fue registrado para la zona.

A pesar de que el PET está rodeada por zonas de cultivo, conserva mucha de la vegetación nativa y presenta alta diversidad para cada una de sus comunidades vegetales.

Brosimum alicastrum y *Bursera simaruba* son las principales opciones de preferencia de nidificación para las ASA, sin embargo, no es un comportamiento de preferencia directa entre especies, ya que las ASA tienen patrones de nidificación muy variados incluyendo troncos de árboles muertos.

El análisis de componentes principales demuestra una tendencia en el comportamiento de nidificación de ASA, el cual depende de las características del árbol hospedero, especialmente de su diámetro, además de los factores como la temperatura y humedad relativa que actúan directamente en el sitio del nido.

10 RECOMENDACIONES

Si se desea realizar un muestreo dirigido para encontrar la máxima riqueza de especies de ASA, se recomienda realizar muestreos mediante la utilización de distintas trampas tales como: trampas de succión, redes entomológicas o platos trampa.

Es importante proteger y delimitar zonas de protección alrededor de este tipo de sitios considerados como “sitios pulmón” a fin de evitar perturbaciones mayores provocadas por la intensificación, avance de la agricultura, crecimiento demográfico y actividades antropogénicas.

Se deben evaluar el estado y posible aislamiento del PET con respecto a otras zonas boscosas del país, ya que podría presentarse un caso de especies aisladas y a su vez, desarrollar programas de reforestación para la conservación de los hábitats para las ASA.

Las especies de ASA reportadas poseen potencial económico, sobre todo *Tetragonisca angustula* que es la más abundante, por lo que se debe fomentar la meliponicultura para la producción de miel y cera, y paralelamente, la conservación de ASA dentro de la zona ya que algunas de ellas funcionan como bioindicadores de calidad de ecosistemas.

11 LITERATURA CITADA

- Aguilar. R., Ascencio. S., Mátinez. C. 1992. Zonificación del Parque Walter Thilo Deininger de acuerdo a las perturbaciones de la vegetación y alternativas de recuperación. *Trabajo para obtener el título de Ingeniero Agrónomo*. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Argueta. G. 2002. Apidae en Honduras: Listado, distribución y biología de las especies. *Trabajo para obtener el título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad de Zamorano. Honduras.
- Bowles, J. M. 2004. Guide to plant collection and identification. Herbarium workshop in plant collection and identification. University of Western Ontario. Disponible en: <http://www.uwo.ca/biology/facilities/herbarium/collectingguide.pdf>
- Carmona. V. y Carmona. T. 2013. La diversidad de los análisis de diversidad. En: Bioma. No 14. Pp. 20-28.
- Chao. A. & Shen. T. 2003. Nonparametric estimation of shannon's index of diversity when there are unseen species in simple. In: Environmental and Ecological Statistics. No. 10. Pp. 429-443.
- Copa-Alvaro, M. 2004. Patrones de Nidificación de *Trigona (Tetragonisca) angustula* y *Melipona rufiventris* (Hymenoptera: Meliponini) en el Norte de La Paz, Bolivia. En: *Ecología Aplicada*. No 3 (1.2).
- Dorado, J. 2011. Interacciones planta-polinizador desde la perspectiva de los polinizadores: diversidad floral, reproducción de abejas solitarias y su especialización. *Tesis para optar al título de Doctor de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Escalante T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores paramétricos de Chao. En: *Elementos* (52, 2003). Pp. 53-56.
- Freitas B. 1998. A importância relativa de *Apis mellifera* e outras espécies de abelhas na polinização de culturas agrícolas. In: *Encontro sobre abelhas* (3, 1998). Anais. Ribeirão Preto, BR. p. 10-20.

- Fundación Promotora de Cooperativas (FUNPROCOOP). 2006. Identificación de fósiles en el Complejo La Joya Sisimico. FIAES. Sistema de Áreas Naturales Protegidas.
- González. V. Rasmussen. C y Velásquez. A. 2010. Una especie nueva de *Lestrimelitta* y un cambio de nombre en *Lasioglossum* (Hymenoptera: Apidae: Halictidae). *En: Revista Colombiana de Entomología*. No. 36 (2).;319-324.
- Griswold. T., Parker, F & Hanson, P. 1995. The Bees (Apidae). In: *Hanson, P. and Gauld I. The Hymenoptera of Costa Rica*, Oxford University Press.
- Haizea Ikerketa. 2006. Parte I: Diagnostico: La actividad ecoturística medio ambiental y de recursos naturales como vía para el desarrollo sostenible de Tecolúca.
- Herrera, R. Ibarra & R. Rivera. 2001. Estudio de flora y fauna vertebrada del bosque seco San Diego y La Barra, Metapán, Santa Ana. *Fondo Iniciativa para las Américas FIAES*. El Salvador.
- Kerr. W.E, Stort. A.C & Montenegro. M.J. 1966. Importancia de alguns fatores ambientais na determinacao das castas do genero *Melipona*. *Anais Acad Bras Cienc*, 38: 149-168.
- Kerr. W.E. 1974. Sex determination in *Melipona* and genetic control. *Insect Soc*, 21: 357-368.
- Lamb. D., Erksine.P., y Parotta. J. 2005. Restoration of Tropical forest landcapes. In: *Science*. 320: pp 1628.1632.
- Lamprecht, H. 1990 *Silvicultura en los Trópicos*. Deutsche *Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH*. Eschborn, Alemania. 335p.
- Leirana. J., Hernández. S., Salinas. L., y Guerrero. L. 2009. Cambios en la estructura y composición de la vegetación relacionada con los años de abandono de tierras agropecuarias en la selva baja caducifolia Espinosa de la reserva de Dzilam, Yucatán. *Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. Universidad Autónoma de Yucatán. México. No. 27. Pp 53-70.
- Medina. M. y Orellana. S. 2013. Diversidad poblacional y reproducción de *Cedrela salvadorensis* Stand “cedro real” en el Área Natural Protegida Bosque de Cinquera.

Tesis para optar al grado de Maestro en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales Continentales. Universidad de El Salvador.

- Michener, C. D. 1990. Classification of Apidae (Hymenoptera) *The University of Kansas Science Bulletin*. 54. No 4.
- Michener, C.D. 2007. The Bees of the world. 2nd Edition, The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London.
- Molina. A. 1978. Las abejas. Algunas notas sobre su importancia y clasificación. En: *Actualidades Biológicas*. No. 25 (7). 79-84..
- Moreno. C. Barragán. F. Pineda. E. y Numa. P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. En: *Revista Mexicana de Biodiversidad*. No. 82. Pp. 1249-1261
- Moreno. F. y Cardozo. F. 2003. Técnicas de campo para localizar y reconocer abejas sin aguijón (Meliponinae). Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal. Táchira, Venezuela.
- Mostacedo. B., Fredericksen. T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto BOLFLOR. Santa Cruz. Bolivia.
- Nates-Parra G., E. Palacios, A. Parra-H. 2008. Efecto del cambio de paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae). En: *Meta, Colombia. Revista de Biología Tropical*. Vol. 56 (3): 1295-1308.
- Nates-Parra, G. 2001. Las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Colombia. *Biota Colomb*. 2:233–248.
- Nates-Parra, G. 2005. Abejas silvestres y polinización. En *Manejo integrado de plagas y Agroecología*. No. 75; 7-20.
- Nates-Parra, G. y González, H. 2000. Las abejas silvestres de Colombia: Por qué y cómo conservarlas. En *Acta Biológica Colombiana*. No. 5 (2); 5-36.
- Nates-Parra, G. 1990. Abejas de Colombia. III. Clave para géneros y subgéneros de Meliponinae (Hymenoptera: Apidae). En *Acta Biológica Colomb*. Vol. 2 Núm. 6 1990 115-128 *Acta Biológica Colomb*. Vol. 2 Núm. 6 1990.

- Noon B. 1981. Techniques for sampling avian habitats. The use of multivariate statistic in studies of wildlife habitat. USDA Forest Research General Tech. Report. RM-87
- Ortiz-Sanchez. J. 2007. Charles Duncan Michener (1918-), una larga vida dedicada a la Entomología (I). Biografía y publicaciones. *En: Boletín, Asociación española de Entomología*. No. 31; 17-63.
- Palacio. E. 2004. Estructura de la comunidad de abejas sin aguijón en tres comunidades d paisaje del Piemonte Llanero Colombiano (Meta, Colombia). *Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología*. Departamento de Biología. Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Peña. D. 2002. Análisis de Datos Multivariantes.
- Platero. E., Linares. C. & Polanco. R. 2010. Propuesta para el fortalecimiento de la cadena de valor del sector apícola de la zona de Chalatenango y Metapán. *Tesis para optar al grado de Maestro en Consultoría Empresarial*. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Económicas.
- PROMABOS. [Internet] c2009. [cited 2019 mach 6] Available from: <http://www.bio.uu.nl/promabos/>
- Ramírez Freire, L., Alanís Flores, G., Ayala Barajas, R., Velazco Macías, C. & Favela Lara, S. 2014. Using pan traps and netting to collect native bees in Nuevo León state, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 30(3): 508-538.
- Ravelo-Pimentel K., F. Hernández-Martínez, I. Panenque-Torres, L. Toledo-Peña, H. Gutiérrez-Hernández. 2014. Relación de la población natural de abejas de la tierra (*Melipona beecheii*) con la flora en el valle San Andrés. *En Revista Cubana de Ciencias Forestales*. Vol. 2 (1)
- Razo-León., A. 2015. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) y sus interacciones con la flora en la sierra de Quila, Tecolotlán, Jalisco. *Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas*. Universidad de Guadalajara. México.
- Rodríguez, S., Manrique, A., y Velásquez, M. 2008. Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en bosque seco tropical en

- Venezuela. En: *Zootecnia Trop.* 26 No 4. Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de los Morros, Juanico. Venezuela.
- Roubik D. 1983. Nest and colony characteristics of stingless bees from Panamá (Hymenoptera: Apidae). In: *Journal of Kansas Entomological Society.* 56(3). 327-355.
- Roubik D. 2006. Stingless bee nesting biology. INRA/DIB-AGIB/ EDP Sciences. *Apidologie* 37 (2006) 124–143.
- Roubik, D., Lobo, J. & Camargo, J.M. 1997. New stingless bee's genus endemic to Central America could forests: phylogenetic and biogeographic implications (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) systematic Entomology.
- Roubik. D. y Hanson. P. 2004. Abejas de la Orquídea de América tropical, Biología y guía de campo. En: *INBio.* Santo Domingo de Heredia.
- Ruano C., M. Hernández-Martínez, L. Alas-Romero, M Claros-Álvarez, D. Rosales-Arévalo, V. Rodríguez-González. 2015. Stingless bee distribution and richness in El Salvador (Apidae, Meliponinae). In: *Journal of Apicultural Research*, 54:1, 1-10
- Sakagami. S. F. 1966. Comparative ethology of Apidae. Japanese Society for Systematic Zoology, circ. 35: 1-6. [In Japanese]
- Sánchez S. 1986. Vegetación de galería y sus relaciones hidrogeomorfológicas. Ingeniería Hidráulica en México.
- Sandker. M. s.f. Repoblación con árboles que constituyen una importante fuente de néctar para las abejas en El Salvador. En: *Comisión permanente de polinización y Flora apícola.*
- Sivak. M. 2011. Attracting native pollinators: Protecting North America's bees and butterflies. Storey Publishing. Minnesota
- Smith. A. y Vélez. R. 2008. Los géneros de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) de Antioquia (Colombia). *Guía de campo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.* Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Sommeijer, M. J., y L. L. M. de Bruijn. 2003. Why do workers of *Melipona favosa* chase their sister-gynes out of the nest? Proceedings, Experimental and Applied Entomology, Nederlandse Entomologische Vereniging 14: 45-48.

- Spagarino., C., Chianetta., P., y Basillo., A. 2014. Especies arbóreas utilizadas por las abejas Meliponas (Apidae: Meliponini) en el Bosque Chaqueño Semiárido en Formosa (Argentina). En *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*.
- Spivak, M. 2011. Attracting native pollinators: Protecting North America's bees and butterflies. Storey Publishing. Minnesota.
- Timoney. K. P., Peterson. G., y Wein. R. 1997. Vegetation development of boreal riparian plant communities after flooding fire and logging. Peace River, Canada. *Forest Ecology and Management Elsevier. Science Amsterdam*. Vol. 93: 101-1120.
- Tirano. G. y Johnston. P. 2013. El declive de las abejas. *Nota técnica de la Unidad Científica*. Greenpeace.
- Trejo. I. 1998. Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín. Instituto de Geografía UNAM, México*. No. 4. PP. 95-110.
- Trejo. I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín 39. Instituto de Geografía UNAM, México*.
- Treviño. E., Cavazos. C., y Aguirre. O. 2001. Distribución y Estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, México. *Madera y Bosques* vol. 7. No. 001. 13-25.
- Válido. A. Rodríguez. C. y Jordano. P. 2010. Interacciones entre planta y polinizadores en el Parque Nacional del Teide; consecuencias ecológicas de la introducción masiva de la abeja doméstica *Apis mellifera*, Apidae. En: *Proyectos de investigación de Parque Nacionales*.
- Wille A. 1961. Evolutionary trends in the ventral nerve cord of the stingless bee Meliponini. *Revista de Biología Tropical* 9(1): 117-129
- Wille A. 1965. Las abejas atarrá de la región mesoamericana del género y subgénero *Trigona* (Apidae-Meliponini). *Revista de Biología Tropical* 13(2): 271-291
- Wille A. 1976. Las abejas jicotes del género *Melipona* (Apidae: Meliponini) de Costa Rica. En: *Revista de Biología Tropical.*, 24(1): 123-147
- Wille A. 1977. A general review of the fossil stingless bees. En: *Revista de Biología Tropical*, 25 (1): 43-46

- Wille A. 1979. A comparative study of the pollen press and nearby structures in the bees of the family Apidae. *Revista de Biología Tropical* 27(2): 217-221
- Wille A. 1983. Biology of the stingless bee. *Annu. Rev. Entomol.* 1983.28:41-64
- Witsberger, D. D. Current & E. Archer, 1982. Árboles del Parque Deininger. Ministerio de Agricultura y Ganadería. En: *Dirección de Publicaciones del Ministerio de Educación*, San Salvador, El Salvador.

12 ANEXOS

Anexo 1 Valores de variables físicas y biológicas utilizadas para la realización del análisis de componentes principales ordenados según su tipo de bosque, donde BG es bosque de galera y SBC la selva baja caducifolia:

No	Tipo de bosque	Nombre científico plantas	CAP (cm)	Altura del árbol (m)	Nombre científico ASA	Altura del árbol al nivel del nido (cm)	Circunferencia donde se encuentra el nido (cm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Luz
1	BG	<i>Brosimun alicastrum</i>	930	6	<i>Tetragonisca angustula</i>	59	1192	26.2	79.8	36
2	BG	<i>Brosimun alicastrum</i>	510	10	<i>Tetragonisca angustula</i>	17	556	26.2	86.9	183
3	BG	<i>Brosimun alicastrum</i>	271	14	<i>Tetragonisca angustula</i>	10	460	27	79	0
4	BG	<i>Bursera simaruba</i>	171	8	<i>Tetragonisca angustula</i>	23	118	26.3	85.6	244
5	BG	<i>Bursera simaruba</i>	83	12	<i>Tetragonisca angustula</i>	129	265	28.4	74.5	200
6	BG	<i>Castilloa elastica</i>	130.8	8	<i>Tetragonisca angustula</i>	36	224	28.1	81.4	315
7	BG	<i>Enterolobium cyclocarpus</i>	440	20	<i>Tetragonisca angustula</i>	88	432	28.2	79.3	83
8	BG	<i>Mailkara zapota</i>	203	12	<i>Tetragonisca angustula</i>	117	203	28.2	78.6	215
9	BG	<i>Mangifera indica</i>	310	12	<i>Tetragonisca angustula</i>	11	490	26.3	84.7	134
10	BG	Mangifera indica	258	14	<i>Trigona fulviventris</i>	114	258	28.1	79.9	200
11	BG	Muerto	0	0	<i>Tetragonisca angustula</i>	22	0	28.5	75.8	445

12	BG	<i>Muerto</i>	0	0	<i>Trigona fulviventris</i>	0	0	28.5	75.8	444
13	BG	<i>Pouteria sapota</i>	242	12	<i>Tetragonisca angustula</i>	30	316	27.9	71.1	470
14	BG	<i>Simarouba glauca</i>	166	14	<i>Tetragonisca angustula</i>	73	152	25.1	82.1	72
15	SBC	<i>Andira inermis</i>	162	12	<i>Tetragonisca angustula</i>	23	266	26.6	82.2	1350
16	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	458	18	<i>Cephalotrigona zexmeniae</i>	0	453	27.8	75.8	40
17	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	640	26	<i>Partamona bilineata</i>	60	780	28	77	300
18	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	260	17	<i>Tetragonisca angustula</i>	130	260	25.8	83.8	35
19	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	470	30	<i>Tetragonisca angustula</i>	0	600	27.1	73.7	76
20	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	458	18	<i>Tetragonisca angustula</i>	180	466	27.6	75.6	248
21	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	463	18	<i>Tetragonisca angustula</i>	20	0	28	75.2	81
22	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	453	22	<i>Tetragonisca angustula</i>	110	433	27.9	75.8	339
23	SBC	<i>Brosimun alicastrum</i>	356	22	<i>Tetragonisca angustula</i>	20	0	27.9	78.6	181
24	SBC	<i>Bursera simaruba</i>	128	15	<i>Oxitrigona mellicolor</i>	116	176	27.4	81.1	92
25	SBC	<i>Bursera simaruba</i>	230	10	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	102	260	28.6	81	960
26	SBC	<i>Bursera simaruba</i>	216	8	<i>Tetragona mayarum</i>	18	223	27.8	78.9	818
27	SBC	<i>Bursera simaruba</i>	87	10	<i>Tetragonisca angustula</i>	10	109	24.7	84	402

28	SBC	<i>Cassia grandis</i>	170	14	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	46	170	27.1	80.8	840
29	SBC	<i>Cassia grandis</i>	160	18	<i>Tetragonisca angustula</i>	76	210	27.5	75.6	187
30	SBC	<i>Cassia grandis</i>	122	10	<i>Tetragonisca angustula</i>	88	128	28.1	76.5	1262
31	SBC	<i>Cassia grandis</i>	170	14	<i>Tetragonisca angustula</i>	37	0	27.1	80.8	69
32	SBC	<i>Castilloa elastica</i>	160	12	<i>Tetragonisca angustula</i>	87	160	28.1	75.2	212
33	SBC	<i>Castilloa elastica</i>	0	0	<i>Tetragonisca angustula</i>	0	0	28	77.5	240
34	SBC	<i>Cinchona succirubra</i>	170	15	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	140	170	28	79.5	1973
35	SBC	<i>Enterolobium cyclocarpus</i>	350	16	<i>Partamona bilineata</i>	40	380	28.2	77.9	88
36	SBC	<i>Gyrocarpus americanus</i>	325	16	<i>Oxytrigona mellicolor</i>	140	320	27.3	77.6	150
37	SBC	<i>Lysiloma divaricatum</i>	223	20	<i>Oxitrigona mellicolor</i>	90	270	27.1	80.8	220
38	SBC	Muerto	0	0	<i>Tetragonisca angustula</i>	0	0	27.5	77.2	90
39	SBC	Muerto	140	8	<i>Tetragonisca angustula</i>	58	170	27.6	77.4	198
40	SBC	Muerto	344	16	<i>Trigona fulviventris</i>	156	144	28	78.1	64
41	SBC	<i>Simarouba glauca</i>	115	12	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	246	108	28	81.1	300
42	SBC	<i>Tabebuia sp</i>	297	17	<i>Tetragonisca angustula</i>	31	0	28.3	83.2	480