

UNIVERSIDAD NACIONAL

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar (FCTM)
Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT)
Maestría en Apicultura Tropical (MAT)

**ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS POR LAS ABEJAS NATIVAS SIN
AGUIJÓN (*Apidae: Meliponini*), PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUS NIDOS, EN
EL DISTRITO LAS MERCEDES, ATENAS, COSTA RICA.**

JOSÉ DARWIN JAIR AMAYA MEDINA

Trabajo Final Práctica Profesional II, Presentado para optar el grado de **Máster en
Apicultura Tropical**. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de
Posgrado de la Universidad Nacional (SEPUMA)

Campus Presbítero Benjamín Núñez

Heredia, Costa Rica

Agosto, 2021

Tutores:

M.Sc. Natalia Fallas Matamoros

M.Sc. Eduardo Umaña Rojas

Asesor:

M.Sc. Mario Gallardo Flores

Este trabajo se realizó bajo el auspicio del Centro de Investigaciones
Apícolas Tropicales (CINAT), de la Universidad Nacional

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi familia y a las personas que de una u otra forma hicieron posible que este sueño de estudiar la Maestría en Apicultura Tropical se cumpliera.

A mi Asesor M.Sc. Mario Gallardo, por su ayuda en la identificación de las especies colectadas en la investigación y colaboración durante la realización de la Práctica Profesional II.

Al fondo de FOCAES que me brindó ayuda económica para la realización de la investigación.

A los profesores, a Karla y Beatriz y a todos los funcionarios de la Maestría en Apicultura Tropical del (CINAT) de la Universidad Nacional de Costa Rica.

A las personas de Costa Rica y Nicaragua que me hicieron pasar una mejor estadía en CR a pesar de las dificultades por el COVID-19.

Al Ingeniero Forestal Isaac, por su apoyo en la identificación de las especies arbóreas en las cuales se encontraron los nidos sin agujón.

A Johnny y a su familia, en el Museo Vivo de Abejas por su apoyo incondicional durante mi estadía y realización de la investigación en la Finca que él administra en Barrio Jesús, Atenas, Alajuela.

Al Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), al Ingeniero Henry Sánchez Toruño y al Ingeniero Isaac Mesén Montano por su colaboración, apoyo en el manejo del inclinómetro y en la identificación taxonómica de las diferentes especies de árboles en donde se encontraron nidos de abejas sin agujón.

RESUMEN

La presente investigación se realizó entre los meses comprendidos entre marzo a junio en la Finca Rodolfo Arce, ubicada en el distrito de las Mercedes, Cantón de Atenas, Provincia de Alajuela, Costa Rica, a una altura de 950 msnm. Esta se realizó con el objetivo de identificar las especies vegetales utilizadas por las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para la construcción de sus nidos en un bosque de las Mercedes, Atenas, Alajuela. El estudio se realizó en un área de 10 hectáreas de las cuales 6 ha eran de bosque y 4 ha dedicadas al café junto a algunas especies arbóreas y colinda con el bosque Municipal de Atenas (Figura 4). En el área de estudio se seleccionaron 4 parcelas de 40 x 40 m (1.600 m²), para un área total de 6.400 m² (0.64 ha) y fuera de las parcelas donde se encontraba el cultivo de café (4 ha) y por un camino que se encontraba rumbo a la Parcela número 3. Se observaron las especies vegetales que presentaban nidos de ASA, para las cuales se determinó la especie, se midió el DAP y la altura en la cual se encontraba anidando la especie (Anexo 2). Se encontraron 18 nidos de abejas distribuidos en dos tribus: Meliponini (17) y Apini (1), pertenecientes a 7 especies de abejas; *Scaptotrigona pectoralis* (5), *Plebeia jatiformis* (3), *Trigona nigerrima* (3), *Tetragonisca angustula* (3), *Plebeia frontalis* (2), *Tetragona zieglerei* (1) y *Apis mellifera* (1). Estos nidos se encontraron en 10 especies de árboles; *Ficus jimenezii* (4), *Ceiba pentandra* (3), *Erythrina poeppigiana* (2), *Myrsine corralis* (1), *Persea sp.* (1), *Enterolobium cyclocarpum* (2), *Bravaisia integerrima* (1), *Ceiba peltata* (2), *Inga sp.* (1), *Terminalia oblonga* (1). De los cuales 7 estaban dentro de las Parcelas y 11 Fuera de las Parcelas. Se hicieron estudios de correlación realizando la Prueba de Fisher entre especie de ASA y la altura en la que se encontraron sus nidos, especie de árbol y especie de abeja, especie de abeja y DAP del árbol. Encontrando correlación entre *T. nigerrima* con la altura del nido, existiendo una preferencia por esta para construir sus nidos a alturas entre (11m - 22 m); esto debido a que sus nidos son expuestos y se ve en la necesidad de protegerlos de depredadores. También se encontraron correlaciones entre las especies de árboles *C. pentandra* y la especie *T. nigerrima*; *F. jimenezii* y *T. angustula*; *Erythrina poeppigiana* y *Plebeia jatiformis*. Únicamente para el caso del DAP no se encontró ninguna correlación de este con el nido de la especie de ASA encontrada. Por lo que se puede decir que los sitios de anidación escogidos por las abejas no

tienen una fuente independiente de la especie vegetal utilizada, sino que se guían más por la oportunidad de encontrar alguna cavidad disponible que se adapte al tamaño de la ASA y de la colonia. Por esta razón se hace necesario la preservación de los bosques y la siembra de árboles nativos adaptados a la misma zona donde hay diversidad de ASA, que les sirvan tanto como sitios de anidación como alimentación.

Índice

| | |
|---|------|
| LISTA DE TABLAS | VIII |
| LISTA DE FIGURAS | IX |
| LISTA DE ANEXOS | XI |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| Problema | 5 |
| OBJETIVOS..... | 6 |
| Objetivo general..... | 6 |
| Objetivos específicos | 6 |
| HIPÓTESIS | 6 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 1.1 BIOLOGÍA DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN..... | 7 |
| Taxonomía, distribución y diversidad | 7 |
| 1.2 LA COLMENA Y SITIOS DE ANIDACIÓN | 8 |
| 1.3 ARQUITECTURA DEL NIDO..... | 12 |
| Tubo de acceso | 13 |
| La entrada | 13 |
| Batumen..... | 15 |
| Involucro..... | 15 |
| Celdas de almacenamiento | 15 |
| Cámara de cría..... | 15 |
| Basurero..... | 16 |
| Columnas y pilares | 16 |
| 1.4 ORGANIZACIÓN SOCIAL | 16 |
| Determinación del sexo y casta | 16 |
| Recursos alimenticios de las abejas..... | 16 |

| | |
|--|----|
| Bosques y las abejas sin aguijón | 17 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 20 |
| 2.1 Área de estudio | 20 |
| Selección del área de estudio | 20 |
| 2.2 Identificación de nidos en especies vegetales..... | 21 |
| 2.3 Recolección y Procesamiento de datos..... | 22 |
| 2.4 Montaje e identificación de especies vegetales | 22 |
| 2.5 Colecta de muestras de especies de abejas | 23 |
| 2.6 Montaje e identificación de especímenes | 24 |
| 2.7 Análisis de los datos | 25 |
| 3. RESULTADOS | 27 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 35 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 41 |
| 6. RECOMENDACIONES | 42 |
| BIBLIOGRAFÍA | 43 |
| ANEXOS | 50 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Parcelas muestreadas y número de nidos de ASA encontrados y un nido de <i>A. mellifera</i> | 28 |
| Tabla 2. Familias y especies de árboles en relación con los nidos encontrados en el área de estudio..... | 32 |
| Tabla 3. Estimadores de diversidad utilizados para el análisis de la comunidad de abejas nativas sin aguijón en Atenas, Costa Rica..... | 32 |
| Tabla 4. Estimadores de diversidad utilizados para el análisis de la comunidad de árboles en Atenas, Costa Rica..... | 33 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Nido dentro la cavidad de un árbol (*Nannotrigona mellaria*) y nido expuesto entre las ramas de un árbol (*Trigona corvina*) 9
- Figura 2.** Piqueras de nidos de diferentes especies: (a. en forma de trompetas, *Scaptotrigona pectoralis*), (b. y b1. en forma de tubos, *N. mellaria*, *T. angustula*) (c. y c1. con agregación de cera, resinas y otros materiales, *M. beecheii*, *Plebeia jatiformis* y (d. piquera sin ornamento, *Oxytrigona mellicolor*) 14
- Figura 3.** Arquitectura del nido de las abejas sin aguijón con la entrada, panales de cría, involucro, batumen, potes (cántaros) de miel, potes de polen y batumen..... 14
- Figura 4.** Mapa de Costa Rica. {('Museo Vivo de Abejas. Finca Calle Carrizal, Distrito Mercedes, Atenas, Alajuela' 2021), Google. (s.f. -a), Google. (s.f. -b)} 20
- Figura 5.** Ubicación de las parcelas. Finca Calle Carrizal, Distrito Mercedes, Atenas, Alajuela' 2021), Google. (s.f. -a), Google. (s.f. -b)} 21
- Figura 6.** Toma de datos y registro fotográfico para la identificación de las especies arbóreas para su identificación. a) Medición del DAP, b y c) Etiquetado del árbol, d) Coordenadas geográficas (GPS), e, f, g y h) observación de las partes de las especies arbóreas. 22
- Figura 7.** Toma de muestras de las especies arbóreas para su identificación. (a. Guarumo, *Cecropia peltata*), (b. Mangle de montaña, *Bravaisia integerrima*)..... 23
- Figura 8.** Colecta de muestras de ASA. a) Colecta de ASA de la entrada del nido a una altura de 1.3 m del nivel del suelo, b y c) Colecta de ASA a 15 m de altura. 24
- Figura 9.** a) Observación de especímenes de ASA en el estereoscopio, b) Análisis de la clave de meliponinos de CR, c y d) montaje de ASA en los alfileres entomológicos, e y f) Marcado y etiquetado de ASA..... 25

| | |
|--|----|
| Figura 11. Número de nidos encontrados por especies de abejas ASA dentro de las parcelas y afuera de las parcelas en toda el área de estudio, adicional a una colmena de <i>A. mellifera</i> | 28 |
| Figura 12. Especies de árboles utilizados como sitios de anidación por ASA y <i>A. mellifera</i> | 29 |
| Figura 13. Árboles y nidos de especies de ASA encontradas en las parcelas: a) Mangle de montaña (<i>B. integerrima</i>) y Soncuano (<i>S. pectoralis</i>), b) Higuerón (<i>Ficus jimenezii</i>) y Mariola (<i>T. angustula</i>), c) Guaba (<i>Inga sp.</i>) y Chupa ojos (<i>P. frontalis</i>), d) Surá (<i>Terminalia oblonga</i>) y Soncuano (<i>S. pectoralis</i>), e) Guarumo (<i>Cecropia peltata</i>) y Chupa ojos o mariola sin piquera (<i>P. jatiformis</i>), f) Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>) y Atarrá (<i>Trigona nigerrima</i>)..... | 30 |
| Figura 14. Altura de los nidos en relación al diámetro de los árboles donde se encontraron los nidos de ASA..... | 31 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Mapa catastral de la Finca Rodolfo Arce | 50 |
| Anexo 2. Recolección de datos de nidos de ASA y especie arbórea | 51 |
| Anexo 2 continuación. Recolección de datos de nidos de ASA y especie arbórea | 52 |
| Anexo 3. Datos de referencia de la unidad de muestreo | 52 |
| Anexo 4. Datos generales en campo | 53 |
| Anexo 5. Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de ASA vs Altura donde se encontró el nido)..... | 53 |
| Anexo 6. Tabla con resultados de la Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de ASA vs Altura donde se encontró el nido)..... | 54 |
| Anexo 7. Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de Árbol vs Especie de ASA)... | 54 |
| Anexo 8. Tabla con la Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de Árbol vs Especie de ASA)..... | 56 |
| Anexo 9. Tabla con la Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de ASA vs DAP de Árbol)..... | 56 |

INTRODUCCIÓN

Las abejas pertenecen al orden Hymenoptera, Sección Aculeata, Superfamilia Apoidea: del cual hacen parte además las avispas y hormigas y que se caracterizan por la modificación del aparato reproductor de las hembras en un aguijón (Michener, 2007; Smith y Vélez, 2008). Este constituye un grupo de insectos diverso y ampliamente distribuido, que comprende alrededor de 18000 especies descritas. Estas son un grupo de insectos importante, tanto ecológica como económicamente, debido a su participación en los procesos de polinización de una gran variedad de plantas silvestres y cultivadas. Siendo las abejas eusociales de especial interés para los humanos debido a su capacidad de almacenar miel y polen en sus colmenas (Yurrita, 2009).

Las abejas conocidas a nivel mundial se encuentran distribuidas en 7 familias de las cuales cinco se encuentran en Costa Rica: (Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae y Apidae). De las cuales solo Halictidae y Apidae agrupan las abejas altamente sociales (eusociales); representando menos del 10% de todas las abejas, mientras que más del 90% restante son abejas solitarias. Del mismo modo solo en la familia Apidae encontramos las abejas corbiculadas (Apini, Meliponini, Bombini y Euglossini), dicha estructura se encuentra presente solo en las hembras, la cual le sirve para la recolección y transporte de polen (Arce et al., 2001).

Dentro de la familia Apidae encontramos cuatro subfamilias, dentro de las cuales Apinae comprende más de 30 Tribus (Michener, 2007). Dentro de las cuales encontramos a Meliponini, llamadas abejas sin aguijón, las cuales se caracterizan por ser un grupo de abejas “eusociales” que viven en colonias permanentes y constituyen una sociedad altamente organizada compuesta por un número de individuos que varía entre las distintas especies: desde centenares (243 en *Melipona marginata*; Ihering 1930) a miles de individuos (aproximadamente 200.000 individuos en *Trigona amazonensis*; Roubik 1989). Son abejas de tamaño pequeño a mediano (2–15 mm) y se caracterizan por presentar la venación alar reducida, la presencia de penicilio y la reducción del aguijón en las hembras (Rasmussen y Cameron, 2007), por este motivo comúnmente son conocidas como “abejas sin aguijón”.

La tribu Meliponini se divide en 23 géneros. Un género muy importante con alrededor de unas 40 especies y exclusivo de los trópicos americanos es *Melipona*. Esta tribu comprende alrededor de más de 500 especies que están presentes en regiones tropicales y subtropicales de Australia, Asia, África y América, siendo en este último continente donde se presenta su mayor diversidad, con más de 400 especies distribuidas desde Argentina hasta el norte de México (Michener, 2013). En Costa Rica, se conocen alrededor de 50 especies de abejas nativas sin aguijón, responsables de la polinización de una gran parte de plantas nativas y cultivos de la región, beneficiando la producción de frutos y semillas de una gran variedad de plantas tropicales. Sus mieles están mostrando características y propiedades terapéuticas con aplicación medicinal, lo cual es objeto de estudio en la actualidad (Herrera y Aguilar, 2019). En la región mesoamericana las abejas sin aguijón, son importantes ya que constituyen una fuente alternativa muy importante de ingresos para muchas comunidades rurales, así como fuentes de alimento y medicina. Dicho conocimiento ha pasado de generación en generación (Yurrita, 2009).

La mayoría de las especies de abejas sin aguijón las podemos encontrar desde el nivel del mar hasta los 3400 msnm, concentradas especialmente entre los 500 y los 1500 msnm, lo que nos ha facilitado las prácticas de meliponicultura (Nates-Parra, 2005). Las especies más utilizadas en la práctica de la meliponicultura (crianza de abejas sin aguijón) en Costa Rica son *Tetragonisca angustula* y *Melipona beecheii* para un total de 16 especies domesticadas lo cual denota la importancia cultural y económica de estas abejas (Vaissière et al., 2006).

Una característica de las abejas sin aguijón (Meliponini), comparado con las abejas melíferas (*Apis mellifera*, Apini) es precisamente la gran diversidad de especies que difieren no sólo en su morfología, sino también en sus hábitos de anidación y de alimentación, de tal forma que dentro de una comunidad existen especies que ocupan nichos ecológicos distintos para evitar competencia entre ellas (Quezada, 2005).

Según Copa (2004), las abejas sin aguijón en general, nidifican casi en cualquier cavidad que encuentren disponible, agujeros de árboles, pisos, paredes, nidos abandonados de cerambícidos o nidos vivos de termitas y hormigas. En Costa Rica, se observó en un área de ecotono bosque – sabana que los nidos del género *Trigona* se ubicaban entre 60 y 180 m al borde (Hubbell y Jhonson, 1977). Cuando los nidos no son subterráneos las alturas a las

cuales nidifican oscilan entre el nivel del suelo hasta los 12 m (Nates-Parra, 1996). La altura a la piquera o tubo de ingreso encontrada para *Melipona favosa* fue $22 \pm 0,5$ m (Moreno y Cardozo, 2002). Aspectos como lo son: el conocimiento de los hábitos de nidificación de los meliponinos, su hábitat natural, el rango de vuelo, el comportamiento de forrajeo, entre otros son los que permitirán definir más claramente su potencial como polinizadores y de esta manera poder hacer un uso racional de estos insectos no solo para la polinización de cultivos, sino también para el mantenimiento y conservación de los diferentes ecosistemas (Nates-Parra, 2005).

En la actualidad la apifauna, en especial las abejas nativas sin aguijón se encuentran en riesgo debido a diferentes problemáticas tales como: las malas prácticas agrícolas, uso inadecuado de agroquímicos, deforestación, ganadería, degradación del ambiente, malas prácticas de manejo, cambio climático, movimiento de especies fuera de sus hábitats naturales, introducción de especies exóticas, por mencionar algunos, son unos de las principales problemáticas que se están enfrentando. Además, los grandes vacíos que existen en el desconocimiento de las riquezas de especies nativas (Mérida y Arnold, 2016).

La destrucción de los hábitats naturales, la fragmentación del bosque y el desarrollo urbano inadecuado, ha provocado que el número de las poblaciones de polinizadores haya disminuido en la actualidad, al verse afectados sus recursos alimenticios, sitios de nidificación y el acceso a recursos para la construcción de sus nidos. A la vez la disminución de estos polinizadores naturales, arrastra grandes consecuencias para el ambiente, salud, reproducción y disminución de las especies nativas de los bosques tropicales, en los cuales estos son fundamentales para su polinización (Nates-Parra, 2005).

Según Vinson et al. (1993), en Costa Rica las poblaciones del género *Centris* o abejas recolectoras de aceites, fueron disminuyendo en los bosques secos del país, porque desaparecieron sus sitios de nidificación debido a quemas de partes de bosques para adaptar tierras a pastoreo. Es por esta razón que es fundamental establecer estrategias e investigaciones para la protección y conservación de los bosques nativos ya que muchas de estas especies vegetales dependen exclusivamente de la polinización de estos insectos, para su supervivencia y a la vez estas abejas dependen de los recursos que les brindan estas plantas a ellas.

El objetivo de esta investigación es identificar las especies vegetales utilizadas por las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para la construcción de sus nidos en un bosque de las Mercedes, Atenas, Alajuela.

JUSTIFICACIÓN

Las abejas sin aguijón (Meliponini, Apidae) se caracterizan por presentar un comportamiento altamente social (eusocial), ya que hay una división marcada de labores, un traslape de generaciones, forman colonias desde tamaños pequeños hasta numerosos, construyendo colonias perennes, habiendo colonias que construyen sus nidos dentro de cavidades de árboles, esto se ha obtenido a su coevolución de millones de años; estas relaciones mutualistas son fundamentales para la dinámica de los bosques tropicales, debido a su papel tan importante como polinizadores, que ayudan a la reproducción y la propagación de muchas especies vegetales en bosques y especies cultivadas que son fuentes alimenticias para nosotros los seres humanos.

Según Gennari (2019), en las ASA varía mucho la altura a la que realizan sus nidos en los árboles, existiendo especies que nidifican cerca de la base, a una altura media o a varios metros de altura. En un estudio realizado en el Norte de Guanacaste se encontró una densidad de 4.43 nidos/h⁻¹, de las especies: *T. angustula*, *Tetragona zieglerei*, *Plebeia frontalis* y *Trigona fulviventris*. Los nidos se encuentran en los troncos de árboles, con preferencia por *Quercus oleoides* en donde se identificaron nidos de seis especies de ASA, lo cual da indicios de una preferencia por la especie. Estos troncos usualmente presentan cavidades, las cuales podrían originarse debido a los daños causados por los recurrentes incendios forestales de la época seca. Otras especies arbóreas también utilizadas fueron *Astronium graveolens* (ron-ron), *Bursera simaruba* (indio pelado) y *Ficus* sp. (higuerón) (Baquero et al., 2018).

Los cambios en el paisaje, cambio climático e introducción de especies exóticas están provocando que las poblaciones de abejas entre ellas los meliponinos disminuyan, lo cual a la vez genera un impacto de manera directa y negativa sobre el resto de especies vegetales que dependen de ellas para su polinización. Es por esta razón que estudios de su biología,

diversidad, distribución y diferentes interacciones de las ASA, son fundamentales y deberían dársele una importancia relevante en los últimos años en los diferentes países en donde se encuentran (Galán, 2019).

Esta coevolución o relación mutualista entre los árboles y las abejas son fundamentales no solo para la supervivencia de ambos sino para la supervivencia de los diferentes ecosistemas y las diferentes especies que habitan en estos. Ya que en esta interrelación los árboles evolucionaron con el polinizador; desarrollando diferentes mecanismos para su atracción (néctar, polen, resinas, aceites, sitios de anidación, etc.), por otra parte, las abejas desarrollaron diferentes estrategias (morfología, comportamiento, genética), para poder polinizar a dichas plantas. Siendo estas relaciones tan estrechas y vitales para la supervivencia de la planta-abeja.

Las abejas constituyen el grupo de polinizadores más importantes de los bosques tropicales; por lo que es de suma importancia conocer más sobre estas interacciones entre las plantas-abejas. Investigaciones como estas que nos permiten identificar las especies de árboles de preferencia para los sitios de anidación de las ASA, nos permite establecer estrategias para la reproducción y conservación de especies vegetales nativas y abejas.

Según Holzschuh et al. (2010) y Nates-Parra (2016), en un estudio en campos de trigo en Alemania, se encontró que la diversidad de abejas, avispas y otros parasitoides, estuvo afectada por la composición del paisaje y el tipo de hábitats en relación a la producción de la finca. La abundancia de las abejas incrementó en donde había un mayor parche de hábitats naturales, mientras que la abundancia de las avispas aumentó en los bordes de los paisajes concentrados; estos resultados sugieren que, en ecosistemas conservados o altamente transformados, la abundancia de las abejas depende de los hábitats naturales ya que allí encuentran sitios para la nidificación y refugio contra depredadores.

Palabras clave: Tribu Meliponini, nido, especie, árbol, caza de miel, abejas sin aguijón (ASA).

Problema

Hay muy pocos estudios en Costa Rica y a nivel mundial sobre las especies vegetales en las cuales las abejas sin aguijón (ASA) construyen sus nidos actualmente, ya que a nivel mundial se están perdiendo zonas de bosque a un ritmo acelerado por la deforestación, la agricultura, la ganadería y la minería, entre otros.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Identificar las especies vegetales utilizadas por las abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para la construcción de sus nidos, en el Distrito las Mercedes, Atenas, Costa Rica.

Objetivos específicos

- Identificar las especies de ASA y sus preferencias en cuanto a recursos vegetales para la nidificación.
- Medir la altura a la cual las abejas prefieren hacer sus nidos en las especies vegetales identificadas.
- Calcular el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) del tronco de las especies vegetales utilizadas por las ASA, para conocer las posibles preferencias de estas abejas por algún diámetro del tronco del árbol.
- Elaborar un listado de especies vegetales nativas utilizadas por las ASA para futuros programas de reforestación.

HIPÓTESIS

Para construir sus nidos las abejas sin aguijón tienen preferencia por especies vegetales determinadas o específicas, así como a un diámetro y una altura específicos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 BIOLOGÍA DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN

Taxonomía, distribución y diversidad

Las abejas pertenecen al orden Hymenoptera, superfamilia Apoidea, y constituyen uno de los grupos de insectos de mayor abundancia en el mundo, conociéndose alrededor de 20.000 especies distribuidas en 7 familias (Mellitidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae, Apidae y Stenotritidae). La familia Apidae incluye a las subfamilias Apinae y Anthophorinae (Enríquez et al., 2014).

La Tribu Meliponini

Los meliponinos se distribuyen en zonas tropicales descritas; pertenecen a 50 géneros y sus especies pueden encontrarse desde los 0 msnm hasta alturas de 2500 msnm. Las abejas sin aguijón presentan como característica anatómica principal la ausencia de un aguijón funcional, ya que éste se encuentra atrofiado. Comparada con otros grupos de abejas, la venación en sus alas es diluida. Respecto a su comportamiento, estas abejas se caracterizan por ser eusociales, es decir verdaderamente sociales. Es un grupo muy diverso y los taxónomos se han basado en características morfológicas y morfométricas de la cabeza, patas traseras y tamaño corporal, para diferenciar entre especies. Las obreras se encargan de la limpieza del nido, cuidado de la cría, colecta y manipulación de los alimentos (néctar y polen), producción de cera, colecta de materiales necesarios para la construcción de celdas y potes de almacenamiento, cuidado de la entrada y colaboran en el proceso de oviposición. Las tareas se asignan dependiendo de la edad de las abejas. Generalmente, las obreras más jóvenes permanecen dentro del nido y las más viejas salen a buscar alimento. Las obreras pueden vivir de 1 a 2 meses.

Para fines prácticos, los meliponinos suelen ser divididos en dos grupos: las meliponas y las trigonas. El primer grupo incluye a las especies del género *Melipona*, que se distinguen en la región neotropical de América. Estas son abejas robustas con abundante pilosidad en el

cuerpo. El segundo grupo, las trigonas, incluyen cerca de 20 géneros, entre los cuales encontramos *Trigona*, *Scaptotrigona* y *Partamona*. Este grupo presenta más de 200 especies y está distribuido en las áreas tropicales y subtropicales de todo el mundo, principalmente en el neotrópico. Son abejas de cuerpo alargado, brillante y con escasos pelos en el cuerpo (Enríquez et al., 2014).

Los meliponinos son abundantes y diversos en América neotropical, en donde todos los grupos taxonómicos están representados, constituyendo alrededor del 70 % de todas las especies de abejas descritas de esta tribu. En Brasil se han encontrado más de 300 especies de abejas sin aguijón, en Costa Rica se han identificado hasta 50 especies y en México 46 especies. En Guatemala se ha reportado la presencia de 11 géneros y 33 especies, sin embargo, se estima que la diversidad de este grupo debe ser muy similar a la de México o Costa Rica (Enríquez et al., 2014).

1.2 LA COLMENA Y SITIOS DE ANIDACIÓN

La colmena o nido alberga a crías y adultos, su función es proteger a sus integrantes de enemigos naturales y del clima, además de servir para el almacenamiento de alimento. El tamaño de la colmena varía de una especie a otra, llegando a contener desde cientos hasta 50.000 o más individuos. Se ha observado que *Trigona spinipes* llega a formar colonias de hasta 100.000 individuos. Las ASA se encuentran en los bosques tropicales y subtropicales del mundo, sus nidos pueden ser expuestos, establecidos en huecos naturales de árboles o dentro de la tierra (Enríquez et al., 2014). Las ASA se encuentran en los bosques tropicales y subtropicales del mundo, sus nidos pueden ser expuestos, establecidos en huecos naturales de árboles o estar ubicados en el interior de árboles u otras estructuras o sustratos como la tierra, nidos abandonados de algunas especies de termitas y pájaros (Herrera y Aguilar, 2019).

Sin embargo, los nidos los pueden establecer en lugares como las raíces de los árboles, bloques de cemento, en paredes, en cajas u otros utensilios vacíos los cuales les brindan las condiciones necesarias para su desarrollo (Herrera y Aguilar, 2019).

Los nidos expuestos usualmente se encuentran en las ramas de los árboles, horquetas y algunas veces en las raíces de epífitas, sus nidos son elaborados de diversos materiales como

resinas, barro, excremento de animales y semillas. En el interior del nido encontramos reservas de alimentos, los panales con cría, obreras adultas protegiéndolos de enemigos naturales o brindando la temperatura adecuada para la cría (Herrera y Aguilar, 2019).



Figura 1. Nido dentro la cavidad de un árbol (*Nannotrigona mellaria*) y nido expuesto entre las ramas de un árbol (*Trigona corvina*) (Fotografías: J. Amaya).

Las abejas en su función de polinizadores mantienen una dinámica en los ecosistemas que giran en torno a la producción de frutos y semillas, que proveen de recursos alimenticios a otras especies de animales incluyendo al hombre, y a la perpetuidad de las especies de plantas. Eso forma parte de los servicios ambientales que las abejas aportan al ambiente, polinización y preservación natural de los hábitats (Freitas et al., 2009; Freitas, 2017).

Según Roubik (1983), las ASA prefieren especies de árboles de madera dura que a las de madera suave, para la construcción de sus nidos, pero se desconoce si hay correlación entre la selección de la especie de árbol que estas utilizan como cavidad. En las selvas del sureste de México, los sitios de nidificación que estas abejas seleccionan están representados por una gran variedad de árboles, que desarrollan cavidades naturales tales como: Tzalam (*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth.), Chacah (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), Jabín (*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.), Kitinché (*Caesalpinia gaumeri* Greenm.) (González-Acereto et al., 2004; Chuc, 2005; González-Acereto, 2006), Ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.), Wayun (*Talisia oliviformis* (Kunth) Radlk.), Pich (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), con DAP entre 1.04 - 2.22 metros (Santos-Leal, 2006).

Válido et al. (2010) y Razo-León (2015), mencionan que tanto las fuentes de alimento como los sitios de anidación, que las abejas utilizan son especies vegetales similares y esto se debe gracias a un proceso coevolutivo, Esto puede deberse al tamaño de la abeja, rangos de vuelo, acceso a fuentes de alimento y fuentes de agua, entonces ellas utilizaran las especies de árboles que cumplan ambas funciones tanto como alimento, como sitio de nidación.

Las diferentes condiciones ambientales (altitud, temperatura, humedad) y los recursos alimenticios existentes o disponibles están en relación directa con los nichos particulares que esas abejas seleccionan como hábitat, además de esto las ASA suelen utilizar diferentes sustratos o áreas como sitios de anidación (Roubik, 1989; Nates-Parra, 1996).

El conocer los hábitos de nidificación de los meliponinos, sus hábitats naturales, ámbito de vuelo y comportamiento de forrajeo, son aspectos que permitirán definir más claramente su potencial como polinizadores y de esta forma aprovechar estos insectos no solo en polinización de cultivos sino en el mantenimiento de los bosques que aún nos quedan (Nates-Parra, 2005).

Según Moure et al. (1958) y Wille y Michener (1973), la mayoría de los nidos de los meliponinos se encuentran en lugares apropiados para las abejas, a menudo reducen su tamaño para sus comunidades y de otra manera modificar, pero no excavar, si el sustrato es suelo sólido o madera. Ellas probablemente, a veces, agrandan o hacen sus cavidades en nidos de termitas. En algunas especies sus nidos se encuentran en situaciones de exposición parcial o total. Sin embargo, cabe señalar que la mayoría de las especies pueden sobrellevar situaciones atípicas cuando surge la oportunidad, por lo tanto, nos da una idea completa de todos los sitios extraños que pueden ocasionalmente ser ocupados. Por ejemplo, un nido de *Melipona quadrifasciflta* ha sido encontrado en el nido de barro de un ave de horno, *Furnarius*.

El tamaño de las ASA oscila entre 2 y 13,5 mm de longitud. Por lo tanto, no es de extrañar que algunas colonias de cuerpo pequeño, por ejemplo, utilizan un espacio hueco tubular de 36 cm de largo por 1,6 cm de diámetro en una liana o raíz aérea (*Trigonisca*), mientras que otras ocupan espacios grandes, por ejemplo, 130 x 20 cm. En un hueco, tronco o en forma ovoide 50 x 85 cm en el caso de nidos expuestos. Algunas especies de abejas sin aguijón constantemente viven en lugares bien aislados y preferiblemente sujetos a pocos cambios de

temperatura. Aquellos que anidan en lo profundo del suelo o en troncos de árboles grandes sobresalen respecto a otros que pueden tolerar variación considerable de temperaturas. Estas son particularmente las especies que acuden a todo tipo de cavidades en asociación con viviendas humanas. *T. fuscobalteata*, *iridipennis*, *jaty*, and *emerina*. Una colonia de las últimas en Curitiba, Brasil, resistió las temperaturas exteriores que van desde -6 °C a 45 °C, medidos en la superficie de un nido en una caja ordinaria (Moure et al., 1958; Wille y Michener 1973).

Roubik (2006) menciona que especies como: *Trigona agresiva*, *Tetragonula*, *Tetragonisca*, *Partamona*, *Paratrigona* y *Plebeia*, prefieren construir total o parcialmente nidos sobre los tallos o sustratos duros, utilizando diferentes materiales para la construcción de estos nidos expuestos.

Las cavidades en los árboles son muy variadas, por lo general los nidos son bastante grandes y se concentran en los troncos o ramas principales. Estos son construidos a diferentes alturas que pueden ser ya cerca del suelo, pero algunas veces al menos 15 m por encima del suelo. Estas cavidades suelen provocadas por podredumbre y normalmente las abejas las utilizan solo cuando están casi cerradas, de modo que sólo pequeñas aberturas permiten la entrada de estas. Estos son los sitios de nidificación más comunes de la mayoría de las especies de abejas sin aguijón (Moure et al., 1958; Wille y Michener 1973).

Nidos hechos por abejas sin aguijón y hábito (ubicación específica) dentro de los bosques (Kerr et al., 1967; Posey y Camargo, 1985; Camargo y Pedro, 2003) son los más destacados entre rasgos que, junto a los trabajadores, machos y reinas, potencialmente ayudan a organizar información biológica con aplicación a investigación, economía y conservación de polinizadores y fuentes de miel. Es importante intensificar el análisis y la recopilación de datos ahora, porque en muchos lugares los bosques originales ocuparon por cientos de especies de abejas sin aguijón degradado, amenazado o desaparecido.

En Europa y Estados Unidos, se ha visto que la excesiva aplicación de pesticidas y la deforestación asociada a los grandes monocultivos ha causado la desaparición de sus especies nativas de abejas, ocasionando una crisis por falta de polinizadores, a tal grado que en casos extremos se ven en la necesidad de polinizar los cultivos a mano, incrementando así los costos y reduciendo la eficiencia en la producción de frutos (Ayala, 2010).

La polinización cruzada promueve la diversidad genética y, en algunas especies de plantas, es necesaria para la producción de frutos y semillas. Dado que las plantas carecen de medios para moverse, como lo hacen los animales, las abejas sirven a las flores como el vehículo para el transporte del polen. De esta forma, las abejas se han convertido en los principales polinizadores de muchas plantas, asociación que se conoce como melitofilia y, en casos como el de las orquídeas, es tan especializada que la planta es polinizada por sólo una o pocas especies de abejas. De esta forma, la interrelación planta-abeja promueve la diversidad en los ecosistemas y es fácil apreciar que, si las poblaciones de abejas se reducen, las plantas que dependen de ellas tendrán dificultad para reproducirse y, en algunos casos tal vez, no puedan hacerlo (Ayala, 2010).

Según Galán (2019), 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. Por eso es fundamental la protección de los hábitats ya que estos lugares les proporcionan tanto sitios de alimentación como sitios de anidación. En este sentido, las zonas protegidas al estar aisladas por cultivos, se consideran zonas boscosas, las cuales sirven como pulmón natural y constituyen el hábitat para distintos grupos de animales.

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 especies poco frecuentes.

1.3 ARQUITECTURA DEL NIDO

El tipo de entrada depende de la especie de abeja y puede ser proyectada o no. Una entrada proyectada se observa como una estructura tubular (tubo de acceso) que sobresale de la colmena.

Tubo de acceso

Este es una estructura de forma de trompeta elaborada con cerumen y se considera que permite controlar la humedad y temperatura del nido, además facilita la defensa de éste. Este tipo de entrada es característico de los géneros *Trigona*, *Scaptotrigona* (Figura 2a), *Nannotrigona* (Figura 2b) y *Lestrimelitta* (Enríquez et al., 2014).

La entrada

La entrada no proyectada es construida con cera, cerumen y a veces mezclas de barro y arena. En algunos casos la entrada puede presentar ciertos adornos, como es el caso de *M. beecheii* (Figura 2c), quien construye con barro una estructura radiada alrededor del orificio de entrada. La entrada de la colmena es custodiada en la mayoría de las especies por abejas guardianas para evitar el ingreso de depredadores, las cuales atacan a los enemigos que intentan entrar al nido, especialmente abejas de otras colmenas y hormigas. La entrada del nido de muchas especies es revestida con resina pegajosa que dificulta el acceso de hormigas, y algunas especies cierran la entrada del nido cuando son atacadas por insectos o para prevenir los ataques (Enríquez et al., 2014; Gennari, 2019).

De los enemigos vertebrados las abejas “defensivas” se protegen mediante la fijación con sus mandíbulas en zonas sensibles de la piel como axilas, rabillo del ojo, nariz u oídos, mordiendo o pellizcando y llegando a veces a cortarse la cabeza de dichos insectos intentando desprenderlos, con lo que causan una gran molestia. Afortunadamente este mecanismo no es tan intenso en la mayoría de las especies. Pueden segregarse sustancias que provocan quemaduras en la piel (Figura d), entrar al oído, nariz y ojos, pegar resinas o emitir sonidos que intimidan y ahuyentan al enemigo (Gennari, 2019).

Muchas especies realizan vuelos de intimidación para alejar a otros insectos, animales o personas por los que se sienten amenazadas. También es común verlas cortando o eliminando con sus mandíbulas las alas o extremidades de algunos insectos que intentan invadir sus colmenas (Gennari, 2019).

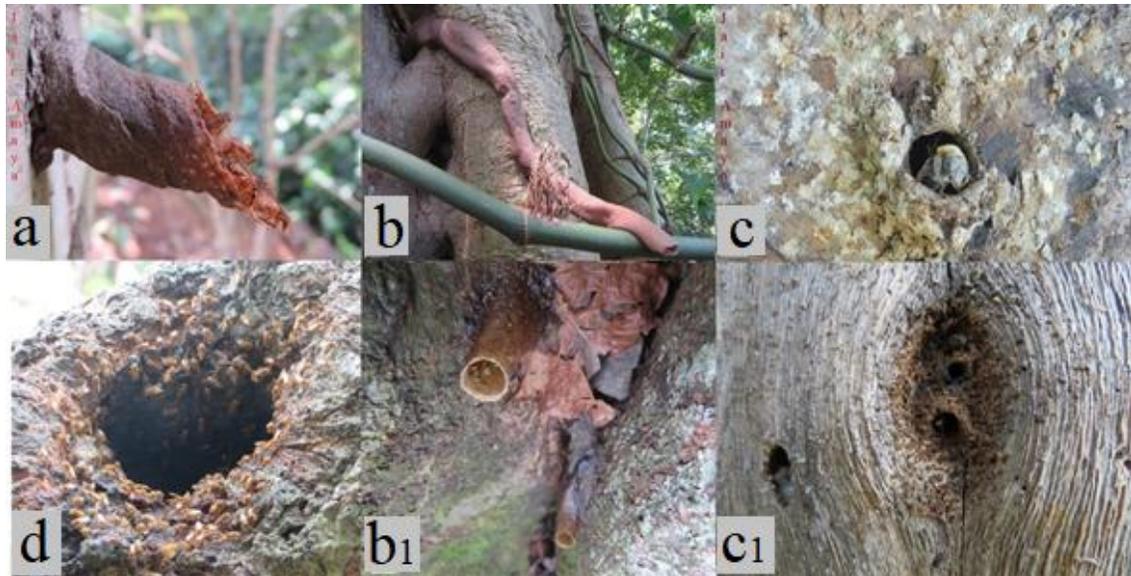


Figura 2. Piqueras de nidos de diferentes especies: (a. en forma de trompetas, *Scaptotrigona pectoralis*), (b. y b1. en forma de tubos, *N. mellaria*, *T. angustula*) (c. y c1. con agregación de cera, resinas y otros materiales, *M. beecheii*, *Plebeia jatiformis* y (d. piquera sin ornamento, *Oxytrigona mellicolor*) (Fotografías: J. Amaya).

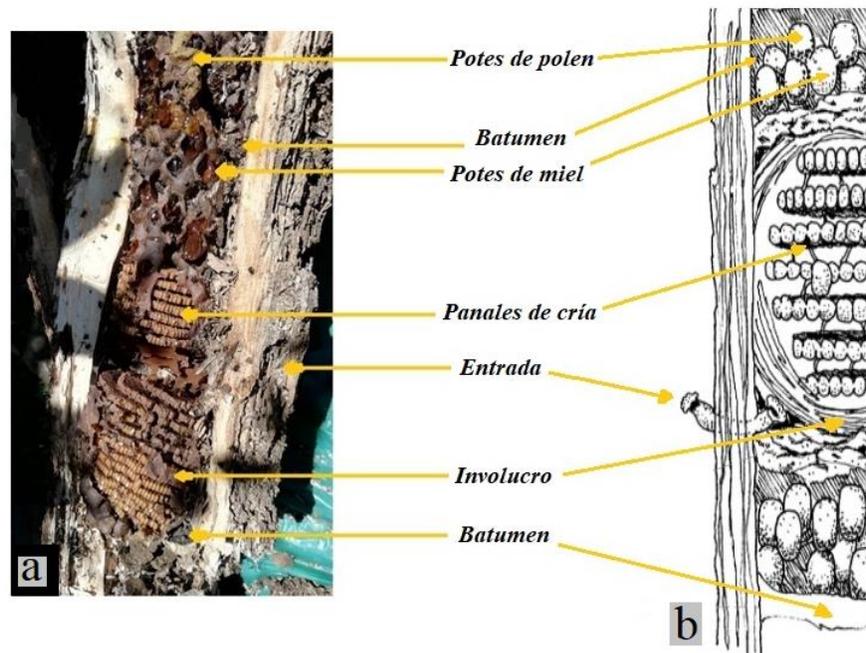


Figura 3. Arquitectura del nido de las abejas sin aguijón con la entrada, panales de cría, involucro, batumen, potes (cántaros) de miel, potes de polen y batumen. Fotografías: a. (M. Gallardo); b. (Baquero y Stamatti, 2007).

Batumen

El batumen es una capa de material endurecida, negra o parda que recubre la cavidad interna del nido de las abejas melíponas, el cual está hecho de una mezcla de cera con barro, arena y fibras de plantas; esta capa sirve para sellar fisuras, fijar el nido en la cavidad del árbol y en algunas especies lo utilizan para que haya circulación de aire (Euán, 2005).

Involucro

Está constituido por una serie de láminas que envuelven a la cámara de cría. Su función principal es proteger a la cría y a la reina de enemigos, de cambios de temperatura y humedad. Su composición es de cerumen puro y es una estructura más blanda que el batumen (Arnold et al., 2018).

Celdas de almacenamiento

Las celdas de almacenamiento, también llamadas potes o vejigas de alimento, son estructuras esféricas u ovaladas construidas con cerumen suave. Se encuentran alrededor de la cámara de cría y son utilizados para almacenar polen y miel. Generalmente, los potes de polen se encuentran más cerca de las celdas de cría que los potes de miel (Enríquez et al., 2014).

Cámara de cría

Está conformada por celdas unidas lateralmente, formando discos horizontales que constituyen los panales y que son construidas con cerumen. Los panales están dispuestos uno sobre otro y separados por pequeños pilares para que las abejas se desplacen entre ellos. Los panales más antiguos están más abajo y sobre ellos se construyen los nuevos. Las celdas de cría son utilizadas una sola vez. Cuando la nueva abeja emerge, la celda es destruida y el material es reciclado dentro de la colmena. Las abejas del género *Melipona* construyen un solo tipo de celdas para el desarrollo de reinas, machos y obreras, mientras que las del género *Trigona* producen dos tipos de celdas, uno para zánganos y obreras y otro tipo más grande para las reinas, estas últimas están dispuestas en la periferia de los panales (Enríquez et al., 2014).

Basurero

Es un lugar donde las abejas depositan los cuerpos de abejas muertas y los materiales no reciclables. Un grupo de abejas se encarga de recoger la basura y la lleva fuera de la colmena (Enríquez et al., 2014).

Columnas y pilares

Todas las estructuras en el interior del nido están conectadas y sostenidas por pilares y columnas de cerumen o propóleos (Enríquez et al., 2014).

1.4 ORGANIZACIÓN SOCIAL

Arnold et al. (2018). afirman: “Las abejas sin aguijón presentan especies con una alta organización social o eusociales, formando colonias permanentes en donde almacenan sus diferentes reservas alimenticias de miel y polen”. En las colonias vamos a encontrar tres grupos de individuos que cumplen una función especializada como la reina y varias princesas, muchas obreras, y machos o zánganos. Donde cada uno de estos individuos cumple una función fundamental dentro de la colonia (Michener, 2007).

Determinación del sexo y casta

En los himenópteros, la determinación del sexo está determinada por el fenómeno llamado haplodiploidía, en donde las hembras son diploides y los machos son haploides. Mientras que la determinación de la casta es causada casi en todas las especies en excepción (*Melipona*), la cual está influenciada por la cantidad del alimento y no con la calidad del alimento. Mientras que en *Melipona* hay otros factores, además de la cantidad del alimento intervienen factores genéticos. Las castas están conformadas por una abeja reina y muchas abejas obreras. En donde hay diferencias morfológicas marcadas entre cada individuo. La reina es la encargada de poner los huevos fecundados que dan origen a las obreras y huevos no fecundados que originan machos (Enríquez et al., 2014).

Recursos alimenticios de las abejas

Las colonias de abejas requieren diferentes recursos alimenticios los cuales contienen: polen, néctar, entre otros. El polen presenta una gran cantidad de proteínas, vitaminas (A, B, C, D,

E y K), minerales, carbohidratos y aminoácidos esenciales, además de elementos como el fósforo, manganeso, azufre, cobre, calcio, potasio, etc. El néctar suele aportar principalmente azúcares y es a base de éste que las abejas producen la miel, al disminuir la cantidad de agua y aportar enzimas (Enríquez et al., 2014).

Bosques y las abejas sin aguijón

Hace unos 100 millones de años, en el periodo Cretácico, en donde aparecieron las plantas angiospermas que producían flores llegaron a ser las más dominantes. Los diversos sistemas de polinización que exhiben actualmente, son el resultado de una importante coevolución entre estas plantas y sus polinizadores. Durante este período, aparecieron los insectos que se alimentaban de las flores, incluyendo los escarabajos, hormigas, las avispas y especialmente las abejas (Arce et al., 2001).

Estas interrelaciones entre plantas y abejas provocaron un mutualismo entre las plantas y las abejas en donde las plantas con flores proveen a las abejas de néctar (una fuente de energía) y polen (fuente de proteínas). Mientras las abejas proporcionan el servicio de fecundación y polinización de las flores perpetuando y multiplicando las diferentes especies de plantas. Si bien el polen y néctar son las recompensas más importantes para las abejas y otros polinizadores, en muchos casos hay otras recompensas, como aceites, fragancias, resinas y aún ceras. Se calcula que las abejas se originaron simultáneamente con la diversificación de las plantas con flores o angiospermas (Rosas, 2020).

Tanto las plantas como las abejas desarrollaron diferentes mecanismos para llevar a cabo esta simbiosis o mutualismo morfológico y la eficiencia polinizadora de cualquier visitante floral está íntimamente relacionada con la biología floral de la planta y el comportamiento de forrajeo del animal. 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 eficientes. Freitas, (1998a) describe ciertos requisitos que catalogan como buen polinizador de especies vegetales a quienes cumplan con los requisitos siguientes: —Ser atraída en forma natural por las flores de esa especie. —Fidelidad a la especie. —Poseer el

tamaño y comportamiento adecuados para remover el polen de los estambres y depositarlos en los estigmas. —Transportar en su cuerpo grandes cantidades de polen viable y compatible. —Visitar las flores cuando el polen sea viable, y los estigmas tengan buena receptividad y antes del inicio de la degeneración de los óvulos. 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; Oligolécticas, las plantas seleccionadas para la recolección de polen están cercanamente relacionadas (misma familia o género) y Monolécticas, son abejas muy especializadas que recolectan polen solo de una especie vegetal (Spivak, 2011).

Durante largos períodos, los bosques han tenido cambios sustanciales debido a la explotación y uso de los recursos naturales. Hoy en día, es notable el acelerado crecimiento demográfico en las diferentes zonas de Mesoamérica, lo cual ha traído como consecuencia procesos acelerados de destrucción. Entre las causas se puede mencionar la tala ilegal, el tráfico de flora y fauna silvestre y los incendios, provocando el avance de la frontera agrícola.

Ante la acelerada deforestación muchas especies de flora y fauna se encuentran catalogadas como extintas o en riesgo de extinción, entre estos organismos se encuentran los insectos. Los insectos son un grupo importante en la dinámica de los ecosistemas tropicales, ya que cumplen varias funciones y proporcionan información sobre la calidad de un hábitat, muchos de ellos tienen una relación estrecha con las plantas. La mayoría de las plantas con flores en la naturaleza necesitan ser polinizadas por insectos para producir frutos y semillas (Roubik, 1989; Michener, 2000).

La importancia de las abejas nativas sin aguijón es indiscutible, sin embargo, hay muchos vacíos de información acerca de su biología, comportamiento, genética, distribución, etc. Además, estas abejas están siendo afectadas por muchas amenazas directa o indirectamente relacionadas de manera antropogénica, como son: fragmentación y pérdida de hábitats, sobre explotación de las especies silvestres, uso intensivo e inadecuado de agroquímicos, introducción y desplazamiento de especies, deforestación, ganadería extensiva, usos

inadecuados del suelo y malas prácticas agrícolas (Freitas et al., 2009; Freitas, 2017). Según Kerr, (1997); Nates-Parra, (2005), cerca de 320 especies de ASA están siendo amenazadas en Brasil por factores como los antes mencionados.

La disminución de las poblaciones de estos polinizadores tendría consecuencias muy graves en los sistemas de producción, reproducción y perpetuación de los bosques en el trópico. Esto ha sido ilustrado por (Kerr, 1997; Nates-Parra, 2005). En relación con *G. sepium*: con polinización se producen alrededor de 600 semillas por árbol, sin polinización tan solo 10 semillas; su valor adaptativo cae de 1,0 a 0,017. Además, la polinización garantiza la formación de frutos y semillas fértiles que van a mantener la diversidad genética y garantizan la segunda, tercera y siguientes generaciones. La pérdida de estas abejas provocaría que los bosques modificarían sus estructuras, ya que estos disminuirían o se verían afectados en la disminución de su capacidad para producir semillas y por ende en la propagación de dichas especies de plantas.

Otra consecuencia ecológica importante de la disminución de los polinizadores es el efecto causado en las cadenas tróficas, en donde al ser afectados, la reproducción de las poblaciones de los autótrofos generaría una reacción en cadena sobre los heterótrofos. Un ejemplo de cómo se ven afectadas estas cadenas tróficas es el mencionado por (Kerr, 1998; Nates-Parra, 2005); en Brasil donde se registró que, a pesar de la prohibición de cacería, las poblaciones de mono blanco de la Amazonía (*Cacajao calvus*), disminuyeron drásticamente. Debido a la desaparición de tres especies de ASA (*M. seminigra*, *M. rufiventris* y *M. crinita*), ya que estas son responsables de la polinización de muchas fuentes alimenticias aprovechadas por estos monos. Por todas las razones antes mencionadas, se concluye que las abejas son indispensables en la conservación de los ecosistemas y en la reproducción de especies vegetales tanto silvestres como cultivadas que permitirán resguardar la seguridad alimentaria. Por lo que es imperante desarrollar leyes y campañas orientadas a la sensibilización de las comunidades, protección de los polinizadores y los hábitats de estos (Nates-Parra, 2016).

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo, durante los meses comprendidos entre marzo a junio del presente año, en la Finca Rodolfo Arce; la cual está ubicada en el distrito de las Mercedes, Cantón de Atenas, Provincia de Alajuela, Costa Rica, (N 09 58 50.1 y W 84 25 57.6), a una altura de 950 msnm. Esta se encuentra en un bosque húmedo premontano, con una precipitación promedio anual entre 2000/4000 mm, y una biotemperatura entre los 18/24 °C (Holdridge, 1982). Según el mapa catastral (Anexo 1), la finca cuenta con más de 10 hectáreas, de las cuales 6 hectáreas son de bosque y 4 hectáreas dedicadas al café junto a algunas especies arbóreas y colinda con el bosque Municipal de Atenas (Figura 4).

Selección del área de estudio

Para la presente investigación se seleccionaron 4 parcelas de 40 x 40 m (1.600 m²), para un área total de 6.400 m² (Figura 5), las cuales se distribuyeron en la zona boscosa y 2 de estas colindan con el cultivo de café. Las parcelas se encuentran ubicadas de sur a norte, fueron distribuidas al azar en el área boscosa de la finca. Las 4 parcelas fueron muestreadas por un periodo de 4 días, durante 4 visitas. En cada parcela se hizo observación diaria con la ayuda de binóculos en búsqueda de nidos de abejas sin aguijón, cambiando los horarios cada día (mañana, media mañana, medio día y tarde). En la primera visita se conoció el lugar y se realizó la medición de las parcelas, y en las otras 3 visitas se hicieron 3 muestreos durante los meses de marzo, abril y mayo.



Figura 4. Mapa de Costa Rica. {(“Museo Vivo de Abejas. Finca Calle Carrizal, Distrito Mercedes, Atenas, Alajuela” 2021), Google. (s.f. -a), Google. (s.f. -b)}

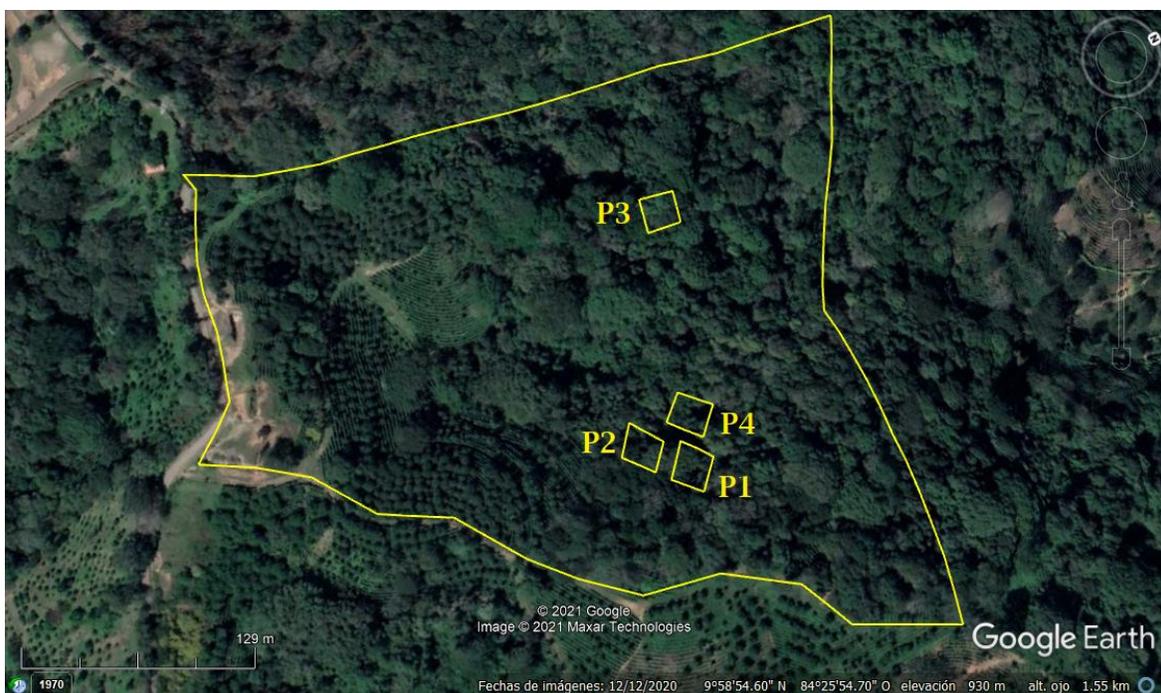


Figura 5. Ubicación de las parcelas. Finca Calle Carrizal, Distrito Mercedes, Atenas, Alajuela' 2021), Google. (s.f. -a), Google. (s.f. -b)}

2.2 Identificación de nidos en especies vegetales

Una vez identificados los árboles en los cuales se encontraron nidos con abejas sin aguijón, estos fueron etiquetados con una cinta y marcados con un marcador de tinta indeleble, se tomaron muestras botánicas: registro fotográfico para corroborar o para su posterior identificación taxonómica (Figura 6 e, f, g, h). Se tomaron los datos de: número de parcela, número de árbol, nombre de la especie arbórea (Figura 6 b y c), altura del árbol, altura sobre el nivel del suelo a la que se encuentra el nido (medición realizada con un inclinómetro o con un metro), el diámetro del árbol a la altura del pecho 1.30 m de altura (DAP, tomado con una cinta diamétrica forestal) (Figura 6 a y b) y toma de coordenadas geográficas con un GPS (Figura 6 d) (Razo-León, 2015) (Anexo 2 a y b).



Figura 6. Toma de datos y registro fotográfico para la identificación de las especies arbóreas para su identificación. a) Medición del DAP, b y c) Etiquetado del árbol, d) Coordenadas geográficas (GPS), e, f, g y h) observación de las partes de las especies arbóreas (Fotografía: J. Amaya).

2.3 Recolección y Procesamiento de datos

En este caso se utilizó un formato de campo para la colecta de datos, en donde se registró: el número total de nidos (N Total), número de parcela (P) donde se encontró el nido o fuera de la parcela (FP), número de nido (N), nombre común del árbol, nombre científico del árbol, nombre de la abeja (ASA), nombre científico de la abeja (ASA), diámetro del árbol a la altura del pecho a 1.30 m del suelo (DAP), altura del árbol, altura del nido, altura sobre el nivel del mar “msnm”, fecha de colecta del material vegetal, colecta de abejas sin aguijón, longitud, latitud (Anexo 2).

2.4 Montaje e identificación de especies vegetales

Para la identificación de las especies vegetales se tomaron ramas, hojas, flores o frutos de cada espécimen, las cuales se colocaron en una mufla (prensa) con papel periódico, cartón y se dejaron secar para su respectivo montaje. Los árboles (Anexo 2 a y b), fueron identificados

por el Ingeniero Forestal Isaac Mesén Montano, experto en taxonomía de especies forestales de Costa Rica (Figura 7).



Figura 7. Toma de muestras de las especies arbóreas para su identificación. (a. Guarumo, *Cecropia peltata*), (b. Mangle de montaña, *Bravaisia integerrima*) (Fotografía: J. Amaya).

2.5 Colecta de muestras de especies de abejas

A los nidos de abejas sin aguijón observados en los árboles se les tomaron fotografías como evidencia, se colectaron de una a tres abejas por nido, capturándolas en la entrada del nido y colocándolas en frascos (viales), estas capturas se realizaron directamente de los nidos

(Figura 8). Posteriormente los especímenes fueron colocados en la cámara de muerte: en un frasco pequeño impregnado con acetato de etilo, el cual mata rápidamente a las abejas evitando daños en sus alas para su futura identificación taxonómica.



Figura 8. Colecta de muestras de ASA. a) Colecta de ASA de la entrada del nido a una altura de 1.3 m del nivel del suelo, b y c) Colecta de ASA a 15 m de altura (Fotografía: J. Amaya).

2.6 Montaje e identificación de especímenes

El montaje de estas abejas se realizó con alfileres entomológicos (Figura c y d), a cada espécimen se le colocó 2 etiquetas de identificación con los siguientes datos: etiqueta 1 (Lugar, fecha, coordenadas geográficas (GPS), colector). Etiqueta 2 (orden, nombre científico, persona que determinó la especie a la cual corresponde la ASA, número de parcela o si estaba fuera de la parcela) (Figura d, e y f). La identificación se realizó en el Laboratorio de Meliponicultura del CINAT, mediante la observación de los especímenes en un estereoscopio (Figura 9 a), identificando la especie a la cual pertenecen, utilizando la clave para meliponinos de Costa Rica elaborada por el Doctor. Ricardo Ayala y con la ayuda de Mario Ángel Gallardo Flores (Figura 9 a y b).



Figura 9. a) Observación de especímenes de ASA en el estereoscopio, b) Análisis de la clave de meliponinos de CR, c y d) montaje de ASA en los alfileres entomológicos, e y f) Marcado y etiquetado de ASA (Fotografía: J. Amaya).

2. 7 Análisis de los datos

Una vez recolectada la información; con la identificación de las ASA, especies de árboles en donde se encontraron los nidos de ASA, DAP y altura en la que se encontraban los nidos. Se elaboró una base de datos en Excel donde se hicieron las diferentes gráficas y tablas para la posterior interpretación de los datos obtenidos. Para saber si las variables mostraron correlación con una probabilidad ($P \leq 0,05$), fueron sometidas a la prueba estadística de Tabulación cruzada y Chi-cuadrada; prueba para tablas de 2 x 2 para obtener la Prueba exacta de Fisher. Los análisis para ver si existían correlaciones entre: Especie de ASA vs Altura de

los nidos (Anexo 5 y 6), Especie de árbol vs Especie de ASA (Anexo 7 y 8), Especie de ASA vs DAP del árbol (Anexo 9), se realizaron con el programa estadístico Minitab 18.

Para determinar la riqueza específica se analizaron las Especies de ASA y las Especies de árboles encontrados dentro y fuera de las parcelas y se realizaron los cálculos en Excel mediante las fórmulas de los Índice de Simpson (Dominancia), Índice de Riqueza Específica y el Índice de Shannon y Wiaver (Diversidad).

Diversidad de Especies

Luego de identificar las especies de ASA y especies arbóreas, fueron calculados los índices de diversidad más comúnmente utilizados en ecología: Shannon-Weaver (H') y Simpson (D_{Si}), así como Hill (1973) señala lo correspondiente al índice de equitatividad (J'). La diversidad como valor único combina los parámetros de riqueza específica (R_1) y equitatividad (J'), factores fundamentales que definen la diversidad de una comunidad (Soler et al., 2012).

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \times \log_2 p_i) \quad (\text{Shannon y Weaver, 1948}).$$

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad (\text{Simpson, 1949}).$$

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (\text{Pielou, 1969}).$$

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)} \quad (\text{Margalef, 1958}).$$

3. RESULTADOS

La presente investigación se realizó entre los meses marzo a junio del 2021, en donde se encontraron dieciocho nidos abejas y 10 especies de árboles utilizados por estas como sitios de anidación, los cuales se encontraron distribuidos dentro como fuera de las parcelas.

Con respecto a los 18 nidos encontrados; estas especies se encuentran distribuidas en dos tribus: Meliponini (17) y Apini (1); seis géneros, en donde el predominante fue *Scaptotrigona* (5) y *Plebeia* (5); siete especies en donde *S. pectoralis* fue la predominante presentando 5 nidos (Figura 10) (Anexo 2).

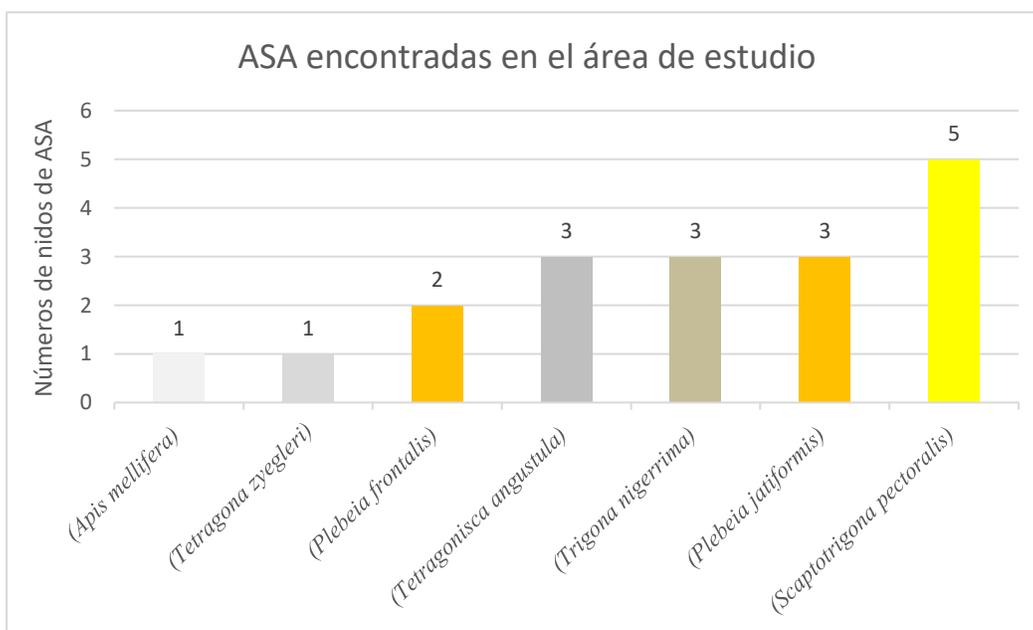


Figura 10. Nidos encontrados de ASA en toda el área de estudio.

Dentro de las cuatro parcelas muestreadas se encontraron seis nidos de ASA, y uno de *A. mellifera*. Siendo *S. pectoralis* con 2 nidos la especie predominante con respecto a las otras (Tabla 1). Mientras que fuera de las parcelas se encontraron once nidos de ASA, en donde también *S. pectoralis* (3) fue la especie predominante seguida de *T. angustula* (2), *T. nigerrima* (2), *P. jatiformis* (2), *P. frontalis* (1) y *T. ziegleri* (1) (Figura 11 y 13).

Tabla 1. Parcelas muestreadas y número de nidos de ASA encontrados y un nido de *A. mellifera*.

| # Parcela | # Nido | # Par. y # Nido | Nombre común de árbol | Nombre científico | Nombre común abeja | Nombre científico |
|-----------|--------|-----------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1 | 1 | P1N2 | Guanacaste | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Apis | <i>Apis mellifera</i> |
| 2 | 1 | P2N1 | Mangle de Montaña | <i>Bravaisia integerrima</i> | Soncuano | <i>Scaptotrigona pectoralis</i> |
| 3 | 1 | P3N1 | Higuerón | <i>Ficus jimenezii</i> | Mariola | <i>Tetragonisca angustula</i> |
| 4 | 1 | P4N1 | Guaba | <i>Inga sp.</i> | Chupa ojos | <i>Plebeia frontalis</i> |
| 4 | 2 | P4N2 | Surá | <i>Terminalia oblonga</i> | Soncuano | <i>Scaptotrigona pectoralis</i> |
| 1 | 1 | P1N1 | Guarumo | <i>Cecropia peltata</i> | Chupa ojos | <i>Plebeia jatiformis</i> |
| 3 | 2 | P3N2 | Ceiba | <i>Ceiba pentandra</i> | Atarrá | <i>Trigona nigerrima</i> |

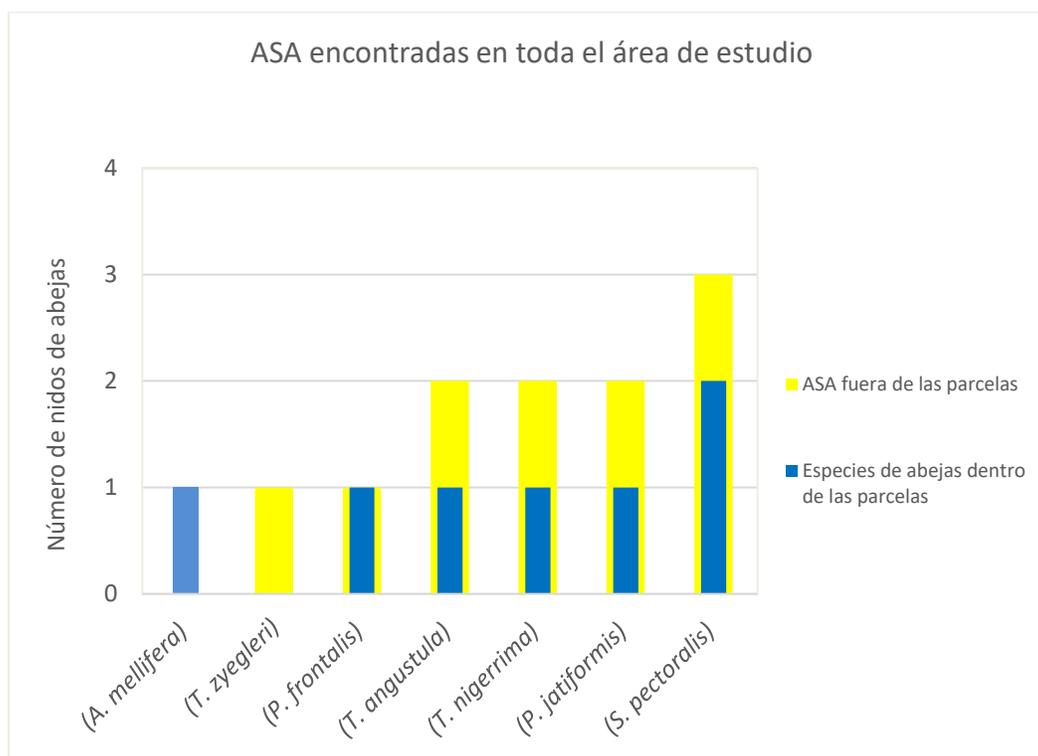


Figura 11. Número de nidos encontrados por especies de abejas ASA dentro de las parcelas y afuera de las parcelas en toda el área de estudio, adicional a una colmena de *A. mellifera*.

En el área de estudio se encontraron 18 árboles utilizados por las abejas como sitios de anidación, pertenecientes a 8 familias, en donde Fabaceae fue la predominante con cinco individuos; distribuidos en tres especies: *Enterolobium cyclocarpum* (2), *Inga sp.* (1) y *Erythrina poeppigiana* (2). La familia Moraceae fue la segunda familia predominante con cuatro individuos, agrupados en una sola especie (*Ficus jimenezii*) (Figura 12) (Tabla 2).

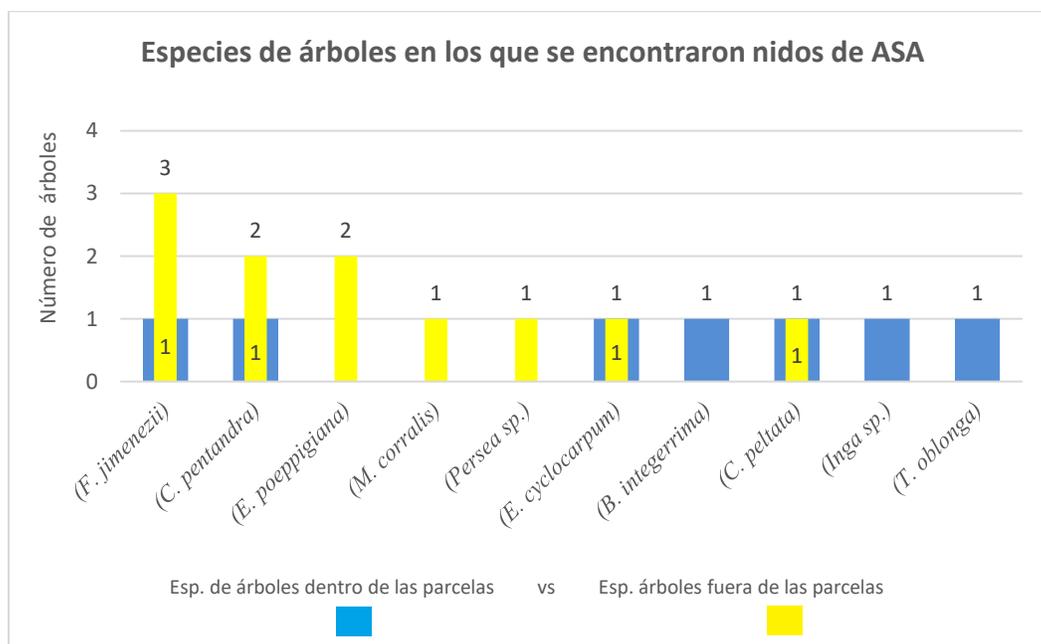


Figura 12. Especies de árboles utilizados como sitios de anidación por ASA y *A. mellifera*.

De los 18 árboles encontrados, 11 estaban fuera de las parcelas y 7 dentro de las parcelas. De dichos árboles, fue *Ceiba pentandra* quien presentó el mayor DAP (6.20 m) y mayor altura (34 m). En el cual se encontró un nido de *Trigona nigerrima*, a una altura de 22 m; este árbol se encontraba fuera de las parcelas, a una distancia aproximada de 100 m, colindando con la parcela 3. Del mismo modo los otros dos individuos de *C. pentandra* también presentaron nidos de *T. nigerrima*; uno fuera de la parcela a una altura de 15.3 m con un DAP de 2.94 m y el otro nido dentro de la parcela 3 a una altura de 17.32 m con un DAP de 3.85 m (Figura 14) (Anexo 2).

Plebeia frontalis se encontró un nido a una altura de 1.34 m, anidando en un árbol de *Inga sp.* el cual presentó un DAP 1.48 m. *Plebeia jatiformis* presentó 3 nidos, en árboles de tres

diferentes especies de árboles (uno en *C. peltata* y dos en *Erythrina poeppigiana*), los cuales presentaron DAP que oscilan entre 0.91-1.20 m y alturas que van desde los 2-15 m (Figura 14) (Anexo 2).

De *Scaptotrigona pectoralis*, se encontraron cinco nidos en cinco especies de árboles diferentes: 2 dentro de las parcelas (*B. integerrima*, *T. oblonga*,) y 3 fuera de las parcelas (*Persea sp.*, *C. peltata*, *E. cyclocarpum*), los cuales presentaron un DAP similares que oscilan entre 1-2 m, a una altura que oscila entre los 10-12 m.

Se encontraron tres nidos de *Tetragonisca angustula*, los cuales se encontraron en árboles de *Ficus jimenezii*, presentando DAP que oscilan entre (1.94 - 3.21 m) y en alturas que oscilan entre (1.73 - 2.51 m); estos se encontraron: uno dentro de la Parcela 3 y dos fuera de las parcelas. Ya en el caso de la especie *Trigona nigerrima* con 3 nidos encontrados en árboles de *Ceiba pentandra*, con DAP (2.94-6.20 m) y a alturas entre (15-22 m) (Figura 14) (Anexo 2).



Figura 13. Árboles y nidos de especies de ASA encontradas en las parcelas: **a)** Mangle de montaña (*B. integerrima*) y Soncuano (*S. pectoralis*), **b)** Higuerón (*Ficus jimenezii*) y Mariola (*T. angustula*), **c)** Guaba (*Inga sp.*) y Chupa ojos (*P. frontalis*), **d)** Surá (*Terminalia oblonga*) y Soncuano (*S. pectoralis*), **e)** Guarumo (*Cecropia peltata*) y Chupa ojos o mariola sin piquera (*P. jatiformis*), **f)** Ceiba (*Ceiba pentandra*) y Atarrá (*Trigona nigerrima*) (Fotografía: J. Amaya).

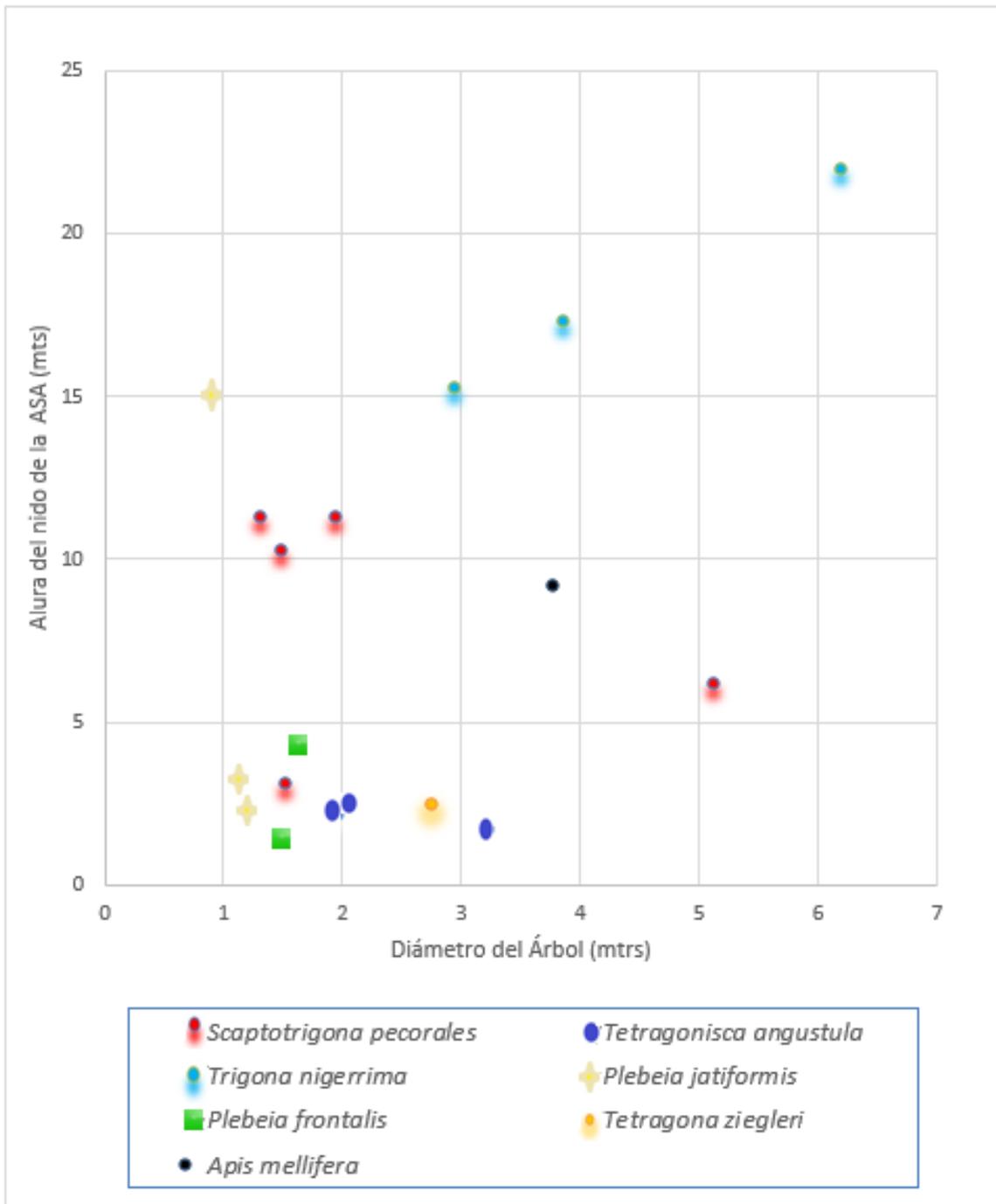


Figura 14. Altura de los nidos en relación al diámetro de los árboles donde se encontraron los nidos de ASA.

Tabla 2. Familias y especies de árboles en relación con los nidos encontrados en el área de estudio.

| Familia | Nombre Científico | Nombre Común | # de Nidos dentro y fuera de las parcelas | # Parcela y # Nido |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------|---|--------------------|
| Fabaceae | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Guanacaste | 2 | P1 Apis |
| Acanthaceae | <i>Bravaisia integerrima</i> | Mangle de Montaña | 1 | P2N1 |
| Moraceae | <i>Ficus jimenezii</i> | Higuerón | 4 | P3N1 |
| Fabaceae | <i>Inga sp.</i> | Guaba | 1 | P4N1 |
| Combretaceae | <i>Terminalia oblonga</i> | Surá | 1 | P4N2 |
| Urticaceae | <i>Cecropia peltata</i> | Guarumo | 2 | P1N1 |
| Malvaceae | <i>Ceiba pentandra</i> | Ceiba | 3 | P3N2 |
| Fabaceae | <i>Erythrina poeppigiana</i> | Poro | 2 | Fuera P |
| Lauraceae | <i>Persea sp.</i> | Aguacatillo | 1 | Fuera P |
| Primulaceae | <i>Myrsine corralis</i> | Ratoncillo | 1 | Fuera P |
| Total, Familias: 8 | | | Total: 18 | Total, P: 4 |

Tabla 3. Estimadores de diversidad utilizados para el análisis de la comunidad de abejas nativas sin aguijón en Atenas, Costa Rica.

| | Parcela 1 | Parcela 2 | Parcela 3 | Parcela 4 | FUERA DE LAS P |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| ESPECIE | Ni | Ni | Ni | Ni | Ni |
| <i>(Scaptotrigona pectoralis)</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| <i>(Tetragonisca angustula)</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| <i>(Plebeia frontalis)</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>(Plebeia jatiformis)</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>(Trigona nigerrima)</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| <i>(Tetragona zieglerei)</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Apis mellifera</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Número Total de Individuos (n) | 2 | 1 | 2 | 2 | 11 |
| Diversidad alfa, Shannon - Wiener (H') | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,75 |
| Dominancia, Simpson (D_{Si}) | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,19 |
| Índice de Equitatividad (J') | 0,22 | 0 | 0,22 | 0,22 | 0,54 |
| Riqueza Especifica | 1,5 | 0 | 1,5 | 1,5 | 4,2 |

Con respecto a la Diversidad (H'), esta se calculó al igual que los otros índices por Parcela y Fuera de las Parcelas, no se hizo un cálculo de la Diversidad ni los índices del área total. La mayor Diversidad se presentó Fuera de las Parcelas, tanto en las especies de ASA ($H' = 0,75$), como en las especies de árboles ($H' = 0,8$). Mientras que para las Parcelas 1,3,4 se presentó menor diversidad ($H' = 0,3$) y para la Parcela 2 ($H' = 0$) (Tabla 3 y 4).

Al analizar la Dominancia de Simpson (D_{Si}), se encontró que la mayor Dominancia tanto en las especies de ASA como árboles se presentó en la Parcela 2 ($D_{Si} = 1$), en donde se encontró una sola especie de ASA (*Scaptotrigona pectoralis*) y una especie de árbol (*Bravaisia integerrima*). Con una menor Dominancia en las Parcelas 1,3,4 ($D_{Si} = 0,5$), tanto para ASA como para árboles, y con una dominancia casi nula Fuera de las Parcelas ($D_{Si} = 0,19$ para ASA) y ($D_{Si} = 0,17$ para árboles) (Tabla 3 y 4).

Tabla 4. Estimadores de diversidad utilizados para el análisis de la comunidad de árboles en Atenas, Costa Rica.

| | Parcela 1 | Parcela 2 | Parcela 3 | Parcela 4 | FUERA DE LAS P |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| ESPECIE | Ni | Ni | Ni | Ni | Ni |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Bravaisia integerrima</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Ficus jimenezii</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| <i>Inga sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Terminalia oblonga</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Cecropia peltata</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Ceiba pentandra</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| <i>Erythrina poeppigiana</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Persea sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Myrsine corralis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Número Total de Individuos (n) | 2 | 1 | 2 | 2 | 11 |
| Diversidad alfa, Shannon-Wiener (H') | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,8 |
| Dominancia, Simpson (D_{Si}) | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,17 |
| Índice de Equitatividad (J') | 0,22 | 0 | 0,22 | 0,22 | 0,58 |
| Riqueza Especifica | 1,5 | 0 | 1,5 | 1,5 | 4,2 |

Para el índice de equitatividad (J'), los valores obtenidos fueron bajos tanto para las especies de ASA como para los árboles, lo que puede evidenciar el bajo número y la baja uniformidad en la distribución de individuos entre las especies dominantes de estos ecosistemas. En las Parcelas 1,3,4 ($J' = 0,22$), para la Parcela 2 ($J' = 0$). Y para las especies de ASA y árboles encontrados (Fuera de las Parcelas 0,54 para ASA y 0,58 para árboles), estas se acercan a 1 cuando todas las especies comparten abundancias similares (Tabla 3 y 4).

En cuanto a la Riqueza Específica (R_1), los valores calculados por el índice de Margalef (1958), considerando el número de especies por Parcelas y Fuera de las Parcelas, encontramos que la mayor Riqueza Específica de especies se presentó Fuera de las parcelas tanto para especies de ASA como para especies de árboles ($R_1 = 4.2$), y en menor porcentaje para las Parcelas 1,3,4 ($R_1 = 1.5$), y nula para el caso de la Parcela 2 ($R_1 = 0$) (Tabla 3 y 4).

4. DISCUSIÓN

Como se había mencionado anteriormente al analizar los datos obtenidos en las cuatro parcelas y fuera de las parcelas, se encontraron 18 nidos de abejas distribuidos en dos tribus: Meliponini (17) y Apini (1), pertenecientes a 7 especies de abejas; *Scaptotrigona pectoralis* (5), *Plebeia jatiformis* (3), *Trigona nigerrima* (3), *Tetragonisca angustula* (3), *Plebeia frontalis* (2), *Tetragona zieglerei* (1) y *Apis mellifera* (1). Estos nidos se encontraron en 10 especies de árboles; *Ficus jimenezii* (4), *Ceiba pentandra* (3), *Erythrina poeppigiana* (2), *Myrsine corralis* (1), *Persea sp.* (1), *Enterolobium cyclocarpum* (2), *Bravaisia integerrima* (1), *Ceiba peltata* (2), *Inga sp.* (1), *Terminalia oblonga* (1). De los cuales 7 estaban dentro de las Parcelas y 11 Fuera de las Parcelas (Tabla 1 y 2). La mayoría de los nidos de ASA que encontraron fuera de las parcelas, podría deberse a que la vegetación que presentaban estas, era menos densa, presencia de mejores recursos alimenticios y el estrato arbóreo presentaba un menor sotobosque y en los doseles de los árboles se encontraban más abiertos permitiendo la entrada de la luz, ayudando el crecimiento de los otros estratos.

En cuanto a las Familias y especies de árboles en los cuales las ASA construyeron sus nidos, se encontró que estos pertenecen a 8 Familias, en donde se destaca la Familia Fabaceae, de la cual se encontraron 3 individuos de los 10 árboles encontrados. Herrera y Aguilar (2019), en una investigación encontraron que la Familia Fabaceae es particularmente importante para la alimentación de las abejas, pues sus especies presentan una variedad de hábitos (hierbas, bejucos, arbustos y árboles), floraciones abundantes y constantes a lo largo del año. Galán (2019), en una investigación realizada en dos comunidades vegetales en Tehuacán, en el Salvador encontró que al proteger las especies arbóreas hospederas del lugar, se produciría un efecto en cadena en el cual 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.

Scaptotrigona pectoralis, presentó la mayor cantidad de nidos (N = 5), de los cuales dos se encontraron dentro de la parcela 2, dos en la parcela 4 y uno fuera de las parcelas. La presencia de estos nidos se encontraba en un radio de 90 m aproximadamente; a una distancia de 40 m – 50 m aproximadamente entre cada nido. Esto podría deberse a los mecanismos de reproducción o división a nivel de la colonia en estas abejas. En meliponinos, la reproducción

a nivel de colonia o enjambrazón, ocurre cuando un grupo de obreras buscan un lugar adecuado para formar una nueva colonia, estas buscan lugares cercanos por lo general dependiendo del radio de vuelo de cada especie, ya que esta nueva colonia necesita tener una conexión y aprovisionarse de materiales de la colonia madre por un tiempo determinado; y luego que la reina virgen se establezca en la nueva colonia y realice el vuelo nupcial esta se independiza por completo de la colonia madre.

Estos radios de vuelo en los cuales forman nuevas colonias va a depender de la especie y tamaño de la abeja, en donde una especie que tamaño mediano 5 mm de longitud, su rango de vuelo puede abarcar áreas de hasta 600 m según (Nieuwstadt y Ruano-Iraheta, 1996).

La especie arbórea que presentó la mayor incidencia de nidos fue Higuierón (*Ficus jimenezii*), en la que se encontraron cuatro nidos: 3 de *Tetragonisca angustula* y 1 de *Tetragona zieglerei*. Esto podría deberse a que estos árboles se caracterizan por trepar a otros árboles hasta el punto de estrangularlos, emitiendo raíces que en contacto con el suelo le sirven como ancla y lo sujetan. Estas raíces van engrosando, endureciendo a medida que el árbol va creciendo formando una gran cantidad de cavidades, las cuales sirven de refugio para diferentes especies tanto vegetales como animales. Estos espacios se convierten en sitios ideales para la construcción de nidos para las abejas sin aguijón.

Para corroborar estas interrelaciones entre árbol y abeja se realizó una prueba de Fisher de correlación entre las nueve especies de árboles y las ocho especies de abejas encontradas. En la que solo se encontró correlación entre 3 especies de árboles con 3 especies de ASA, siendo las siguientes: *C. pentandra* y *T. nigerrima*; *F. jimenezii* y *T. angustula*; *E. poeppigiana* y *P. jatiformis*. Mientras que en las otras especies encontradas no se encontró ninguna correlación. Para estas especies parcialmente se acepta la hipótesis y para las otras se rechaza.

Para el caso de *T. angustula* existe una correlación entre la especie arbórea y la especie de abeja, ya que están asociadas y *T. angustula* tiene una preferencia por el *F. jimenezii*, como sustrato en la construcción de sus nidos. Lo que también nos podría decir que esta especie de árbol puede ser utilizado por otras especies de ASA como sitio de nidificación. Aguilar et al. 2013; Herrera y Aguilar (2019), reportaron 10 especies de diferentes de abejas con un total de 25 nidos encontrados, anidando en 12 especies de árboles, teniendo como preferencia al

árbol de *Quercus oleoides* (encino) con 8 nidos. En el caso de *T. angustula* se encontró lo contrario a lo reportado en esta investigación, ya que los 10 nidos de esta especie se encontraron anidando en diferentes especies a *F. jimenezii*. Lo que nos podría indicar que estas especies vegetales utilizadas por las ASA, son seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de cavidades presentes en el área cercana a la colonia madre dependiendo de cada especie de meliponinos.

Al analizar las alturas utilizadas como sitios de anidación por las ASA, ocho especies de abejas encontradas los construyeron a unas alturas entre (1 m – 4 m); cuatro especies (4 m – 10 m) y seis entre (11 m – 22 m). Se encontró que la menor altura utilizada por todas las abejas reportadas fue en nidos de *P. frontalis* (N=2), en la especie de *Plebeia frontalis* (Chupa ojos) en el árbol de *Inga sp.* (Guaba) (1.34 m). Una de las razones por la cual especie de abeja no utiliza grandes alturas para construir sus nidos se debe a que esta especie es pequeña y se puede mimetizar con el ambiente por su tamaño, necesita muy poco espacio para la construcción de sus nidos, no es muy visible para los depredadores. Mientras que la especie que se encontró a mayor altura fue *T. nigerrima*, de la cual se encontraron 3 nidos en alturas de 15 m, 17 m y 22 m. Esta especie se caracteriza por construir sus nidos expuestos, por lo que tiene que construir estos nidos a mayores alturas para protegerse de los depredadores, además de utilizar otros mecanismos de defensa de la colonia.

La especie vegetal utilizada para sitios de anidación de mayor altura, fue *C. pentandra*, quien presentó una altura de 22 m, la cual era utilizada por *T. nigerrima*. Al hacer estudios de correlación se encontró correlación entre ellas y una preferencia de la especie de abeja por la especie de árbol para la construcción de sus nidos. Dicha correlación se puede deber a que esa especie de árboles eran los que presentaban las mayores alturas dentro del área del estudio (26 m y 35 m), son árboles que en su tallo no tiene ramas, solo en la copa o parte superior. Lo cual evita que algunos depredadores suban hasta la altura donde se encuentran los nidos, y por la coevolución que ha existido entre ellas ya que según (Witsberger, 1982) las flores de Ceiba son polinizadas por murciélagos, colibríes y en este caso por abejas. Para este caso se acepta la hipótesis inicial de que hay una altura preferencial para anidar, y para el caso de las otras especies y alturas se rechaza la hipótesis ya que no existe correlación alguna entre ellas, ya que las probabilidades son $> 0,05$ (Anexo 6).

Herrera y Aguilar (2019), en un estudio realizado en Guanacaste, Costa Rica, encontraron la mayor abundancia de nidos con un total de ocho de la especie *S. pectoralis*, de catorce nidos encontrados, cabe mencionar que estos nidos de *S. pectoralis* se encontraron anidando en árboles con alturas comprendidas entre (3 m - 11 m), además de esto al hacer la Prueba de Fisher de correlación de esta especie de ASA y la altura no se encontró a ninguna correlación entre ellas, lo que nos podría indicar que la selección de esta especie podría deberse a los rangos de vuelos, como lo antes mencionado y en esos rangos de vuelo ellas buscan un sitio de anidación adecuado para construir sus nidos. Vergara et al. (1986); Aguilar et al. (2013), no encontraron correlación entre la altura y en la cual construyeron sus nidos las especies de abejas, sino que reportan alturas variables de anidación que van desde el nivel del suelo hasta los 31 m, utilizando diferentes estratos de bosque a alturas menores a 1 m hasta los 12 m, para el caso de *S. pectoralis*. Jarau y Barth (2008), reporta una adaptabilidad de ciertas especies como *S. pectoralis*, la cual utilizó diferentes estratos del bosque, y alturas que van desde <1 m - 12 m de altura.

Los DAP encontrados como sitios de anidación oscilaban entre (0.91 m – 6.20 m), en donde el mayor DAP fue de 6.20 m, para *C. pentandra* y utilizado por *T. nigerrima*. En la cual no se encontró ninguna correlación, esto podría deberse a que esta abeja estaba utilizando dicha especie de árbol no por el DAP sino por su altura, ya que este árbol fue el que presentó la mayor altura (34 m), y como se mencionó anteriormente esta especie de abeja construye sus nidos de manera expuesta.

Mientras que el menor DAP que se encontró fue en un árbol de la especie de *Cecropia peltata* (Guarumo), en el que se encontró el nido de una ASA de la especie *Plebeia jatiformis* (Chupa ojos). El 72 % de los otros DAP encontrados oscilaban entre (1 m - 3 m) y el 28% entre (3.01 m – 6 m), al hacer la Prueba de Fisher de correlación entre el DAP y la especie de ASA no se encontró ninguna correlación. Esto podría ser porque la especie de abeja no selecciona un DAP específico si no que selecciona alguna cavidad en un árbol de acuerdo al tamaño de la colonia, y especies de ASA buscan las cavidades disponibles en el hábitat de acuerdo al tamaño de la especie de la abeja o de acuerdo al tamaño de la colonia de la especie, sin importar el DAP ni la altura de los árboles, esto para el caso de las ASA que construyen sus nidos en cavidades dentro de los árboles. Esto puede deberse a que este árbol le proporciona

recursos alimenticios, se encuentra limitando con el cultivo de café y con más especies florísticas a su alrededor, que es un árbol que en su interior es hueco y le proporciona protección y el contorno adecuado para la construcción de su nido. Enríquez et al. (2014) en un manual sobre la biología y reproducción de abejas sin aguijón en Guatemala, reportaron que, en las diferentes especies de árboles encontrados, como por ejemplo *C. peltata*, es utilizado por *Plebeia sp.* para la obtención de recursos como la miel y el polen, pero no encontraron que esta especie de árbol sea utilizada como sitio de anidación. 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, y que esto, probablemente se deba a las características específicas que las plantas poseen. Spagarino et al. (2014); Nates-Parra (2005); Michener, (2007), reportan que las cavidades de los árboles utilizados para nidificación por las ASA, están condicionados en parte al tipo de madera, y por cavidades existentes previamente en el árbol.

La mayor Diversidad ($H' = 0.75$) de toda el área muestreada se encontró fuera de las parcelas tanto para especies vegetales ($H' = 0.75$) como para especies de meliponinos ($H' = 0.8$). Mientras que la menor diversidad se encontró en la parcela 2 ($H' = 0$) tanto para árboles como para abejas. La mayor diversidad se observó fuera de las parcelas y podría deberse a los rangos de vuelo, a los mecanismos de reproducción de las abejas, disponibilidad de cavidades como sitios de anidación. Galán (2019), en un estudio de diversidad y nidificación de abejas sin aguijón en Tehuacán, el Salvador, reporta el valor de diversidad ($H' = 1.20$), para un área de 4.000 m^2 a partir de ocho parcelas temporales de un tamaño de (50 m x 10 m), durante un periodo de muestreo de cinco meses. Mencionando que estos resultados tan bajos, se podría deber a la poca diversidad de abejas encontradas, debido principalmente a la fragmentación del hábitat.

En el caso nuestro fuera de las parcelas donde se encontró la mayor riqueza de especies tanto para especies de ASA como para las especies de árboles ($R_1 = 4.2$). Esto podría deberse a que el área muestreada es 15 veces más grande (9.36 ha) que el área de las parcelas (0.64 ha), así como una mayor disponibilidad de recursos alimenticios, y sitios de anidación.

La mayor Dominancia tanto para especies de abejas como para especies de árboles se encontró en la parcela número 2, con la especie de abeja *S. pectoralis* en el árbol de *Bravaisia integerrima* (Tabla 3 y 4). Mientras que en las otras parcelas y fuera de estas no se encontró dominancia por ninguna especie en específico. Esta dominancia se podría deber a su reproducción, a la división de nidos muy cercanos, a la división de la colmena madre y al radio en el que ella se dividió, posiblemente había más cavidades disponibles para su anidación. Según los resultados obtenidos por Rodríguez et al. (2008), sobre la Diversidad de una comunidad de abejas sin aguijón, en donde el índice de dominancia de Simpson (0,18) existe 18% de probabilidad de que dos individuos capturados en el transecto sean de la misma especie, es decir, hay una baja dominancia de especies. Estos resultados se relacionan con los obtenidos en la investigación, pero posiblemente no son significativos tanto dentro las parcelas como fuera, esto puede deberse a poca cantidad de individuos y nidos encontrados.

Al comparar la dominancia con la equitatividad se encontró que *S. pectoralis*, presentó la mayor dominancia sobre las demás especies ($J' = 0$), en la parcela número 2, mientras que en las otras parcelas y fuera de estas se encontró una menor equitatividad tanto para las especies de ASA como para las especies de árboles debido a que fuera de las parcelas se encontró una mayor diversidad, pero los números de individuos encontrados de estas eran homogéneos sin el dominio de una especie en particular. El dominio de esta especie se debe a lo que se había mencionado antes, a los mecanismos de reproducción, a su adaptabilidad en el lugar y a la disponibilidad de cavidades en los árboles.

Rodríguez et al. (2008), en un estudio realizado sobre la diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón en un bosque seco tropical del estado de Guárico, Venezuela, reportaron un valor de equitatividad de ($J' = 0,82$). Galán (2019), reporta un índice de equitatividad ($J' = 0,61$), lo cual se debe a la dominancia de una especie sobre las otras, debido a que dicha especie tienen mayor adaptabilidad al lugar y a las áreas que han sido intervenidas o deforestadas.

5. CONCLUSIONES

- En las especies vegetales encontradas y utilizadas por las abejas sin aguijón se encontró que existe correlación entre: (*C. pentandra* y *T. nigerrima*; *F. jimenezii* y *T. angustula*; *E. poeppigiana* y *P. jatiformis*), esto pudo deberse no por la especie si no por las características de las especies vegetales. Para el caso de la especie de abeja *T. nigerrima* con la especie de árbol *C. pentandra* esta correlación se debió a que fue la especie de árbol que presentó la mayor altura de árboles que se encontraban en el área y la manera de construcción de sus nidos. En el caso del árbol de la especie de *F. jimenezii*, presentó características ideales para sitios de anidación dentro de las cavidades que se forman al interior de sus raíces que se forman desde la parte aérea hasta anclarse al suelo. En cuanto al árbol de *E. poeppigiana*, este se caracteriza por ser un árbol muy utilizado como sombrío para el cultivo de café, el cual es podado constantemente y presenta características con orificios y cavidades en las cuales especies de abejas pequeñas pueden construir sus nidos.
- La altura utilizada por las especies de abejas encontradas, en la cual construyen sus nidos se debe a la cavidad disponible, tamaño de la especie y colonia, así como del tamaño de la cavidad, rango de dispersión, rango reproducción y diferentes mecanismos de defensa. En el caso de *T. nigerrima* se encontró correlación con la altura, por la manera como ellas construyen sus nidos, ya que son nidos expuestos, los cuales deben ser protegidos de depredadores.
- En cuanto a la especie de ASA y el DAP no se encontró ninguna correlación, ya que el área donde se encuentran las cavidades, en donde ellas construyen sus nidos está relacionada con los recursos disponibles de acuerdo a sus rangos de dispersión y a los rangos de reproducción de las colonias, siempre y cuando el tamaño de esta cavidad sea de acuerdo al tamaño de la colonia y el tamaño de la especie.
- En esta investigación la diversidad de abejas está influenciada por la disponibilidad de recursos, mientras que la diversidad de árboles está relacionada con el estado

como se encuentra el hábitat, la transformación de su hábitat, la deforestación, los monocultivos, las quemas, el cambio climático, y el cambio en el uso de suelos.

- La dominancia de una especie de ASA se ve directamente influenciada principalmente por la disponibilidad de sitios de anidación en sus rangos de vuelo disponibles, tanto de recursos, y reproducción. El tamaño de la colonia y el diámetro del árbol es directamente proporcional al tamaño de la colonia.
- La dominancia de las especies de abejas encontradas podría estar relacionada con la antigüedad de una colonia, la división o reproducción de esta, con las condiciones ideales para la dispersión de su colonia (recursos alimenticios, sitios de nidación, organización social, tamaño de la colonia y materiales de construcción).

6. RECOMENDACIONES

- Para programas de reforestación se recomienda utilizar flora nativa de la zona, ya que las especies de ASA están directamente relacionadas con las especies de árboles del área en particular.
- Las investigaciones sobre la biología, sitios de anidación, importancia e interrelaciones de las diferentes especies de ASA, nos permitirán obtener más pautas sobre políticas de protección, programas reforestación y conservación.
- Realizar investigaciones en estas zonas, donde hay gran diversidad de especies de ASA, que se pueden encontrar a alturas entre los 900 y 1000 msnm.
- Muestrear más áreas en diferentes ecosistemas por períodos más largos de tiempo.
- Hacer exploraciones sobre los rangos de vuelo de las diferentes especies de ASA encontradas en el lugar o en diferentes zonas donde se encuentren.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I., Herrera, E., Zamora, L. G. (2013). Stingless bees of Costa Rica. In: Vit, P., Pedro, S. R. M., Roubik, D. (eds) Pot honey: a legacy of stingless bees. Springer. New York, U. S. A. pp. 113-124.
- Arce, G., Sánchez, L., Slaa, J., Sánchez-Vindas, P., Ortiz, A., Van Veen, J. y Sommeijer, M. (2001). “Árboles melíferos nativos de Mesoamérica”, Heredia, Costa Rica: Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales. 2001.
- Arnold, N.; Zepeda, R.; Vásquez, D. y Aldasoro, M. (2018). Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 1^{ra}. (Ed). Chiapas, México.
- Arnold, N. (2018). Nido oculto en la cavidad de un árbol (*Nannotrigona perilampoides*) y Nido expuesto entre ramas de un árbol (*Trigona nigerrima*). Piqueras de nidos de diferentes especies. Nido de abejas sin aguijón con entrada, batumen, involucro, panales de cría y potes (cántaros) de miel y polen. [Figura 1, 2 y 3]. Recuperado de <https://www.ecosur.mx/abejas/wp-content/uploads/sites/4/2018/06/Abejas-sin-aguijo%CC%81n-de-Oaxaca.pdf>
- Ayala, R. (2010). Abejas nativas de México. La importancia de su conservación. Ciencia y desarrollo. 36(1), 8 - 13.
- Baquero, E., Aguilar, I., Méndez, C., Hernández, G., Sánchez, H., Montero, W., Herrera, E., Sánchez, L., Barrantes, A., Gutiérrez, M., Mesén, I., y Bullé, F. (2018). Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica. *Revista De Ciencias Ambientales*, 53(1), 70-91. <http://doi.org/10.15359/rca.53-1.4>
- Baquero, L y Stamatti, G. (2007). Cría y Manejo de abejas sin aguijón. Fundación Pro Yungas. Ediciones del Subtrópico, 17 p.

Camargo J.M.F., Pedro S.R.M. (2003). Meliponini neotropicales: o genero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) – bionomia e biogeografia, *Rev. Bras. Entomol*, 47(1), 311–372.

Copa, A. (2004). Patrones de nidificación de *Trigona* (*Tetragonisca*) *angustula* y *Melipona rufiventris* (Hymenoptera: Meliponini) en el norte de La Paz, Bolivia. *Ecol. Apl.* 3(1-2), 82-86.

Chuc R., G. (2005). Caracterización de nidos de tres especies de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. 50 p.

Enríquez E., Yurrita C., Dardón MJ., Armas G., Vásquez M., Escobedo. (2014). Manual de Meliponicultura: Biología y reproducción de abejas nativas sin aguijón. 2° ed. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 15-20 p.

Euán, J. J. G. Q. (2005). Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera, Meliponini) (Vol. 16). UADY.

Freitas, B.M., (1998^a). Avaliação da eficiência de polinizadores potenciais. In Congresso Brasileiro de Apicultura (12, 1998). Anais. p. 105-107

Freitas B., M., Imperatriz-Fonseca V.L., Medina M.L., Kleinert A. de M.P., Galetto L., Nates-Parra G. y Quezada-Euán J.J.G. (2009). Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie* 40(1), 332- 346.

Freitas, C., (2017, septiembre). Especies de abejas si aguijón en áreas urbanas de Yucatán. Parte I: nidos con entradas visibles. Departamento de Apicultura, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2017/2017-09-14-De-Araujo-Especies-de-abejas-sin-aguijon.pdf

Galán, D. (2019). Diversidad y nidificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en dos comunidades vegetales en el parque ecoturístico Tehuacán, El Salvador. Diploma tesis, Universidad de El Salvador.

Gennari, G. (2019). Manejo racional de las abejas nativas sin aguijón – ANSA.1a ed. Ediciones INTA, Famaillá, Tucumán. 12 p. https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro-manejo_racional_de_las_abejas_nativas_sin_aguijon_ansa.pdf

González-Acereto J. A., Quezada E.J.J., Moo V.H.J., Medina M.L.A. y Marrufo O.J.C. (2004). Rescate y desarrollo de Meliponicultura tecnificada. In: I Reunión estatal de Investigación Agropecuaria y Forestal. Memorias pp. 141- 154. Del 15 al 16 de enero. Mérida, Yucatán.

González-Acereto J., A. (2006). Meliponicultura en el Estado de Yucatán, desarrollo tecnológico, censo actual y perspectivas para el futuro. In: III Reunión Estatal de Investigación Agropecuaria, Forestal y Pesca. Memorias. pp. 131- 134. Del 19 al 21 de enero. Mérida, Yucatán.

Google. (s.f.-a) [Mapa del Museo vivo de Abejas, Finca Calle Carrillo, Las Mercedes, Atenas, Alajuela, Costa Rica en Google maps]. Recuperado el 13 de Marzo, 2021, de: <https://www.google.com/maps/place/Museo+vivo+de+Abejas/@9.9748103,-84.4322492,16z/data=!4m5!3m4!1s0x8fa051db346a0afd:0xd691853b0de5ecd8!8m2!3d9.9748103!4d-84.4278718>

Google. (s.f.-b) [Mapa de Costa Rica en Google maps]. Recuperado el 25 de Enero, 2021, de: <https://www.google.com/maps/place/Costa+Rica/@9.7890148,-83.2079827,8z/data=!4m5!3m4!1s0x8f92e56221acc925:0x6254f72535819a2b!8m2!3d9.748917!4d-83.753428>

Guzmán M, Balboa C, Vandame R, Albores ML, González-Acereto J. (2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. El Colegio de la Frontera Sur; México DF, México. 7 p.

Herrera G., E. y Aguilar Monge, I. (2019). *Las abejas sin aguijón de La Cuenca del Río Jesús María y Río Barranca. Costa Rica*. HEREDIA, Costa Rica: Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT), UNA.

Hill, M., O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*. 54(2), 427-432.

Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zona de vida*. Trad. del inglés por Jiménez, H. Segunda reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.

Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tschardt T. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids?. *J Anim Ecol.* (2010); 79:491–500. Doi: 10.1111/j.1365-2656.2009.01642.x

Hubbell S., P. y Johnson L.K. (1997). Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. *Ecology.* 58(1), 949-963.

Ihering, H. (1930). Biología das abelhas mellíferas do Brasil. *Bol. Agricultura* 31(5-6), 435-506, 649-714.

Jarau, S., y Barth, F. G. (2008). Stingless bees of the Golfo Dulce region, Costa Rica (Hymenoptera, Apidae, Apidae, Meliponini). *Zugleich Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen*, 80(1), 267-276.

Kerr, W., E. Stort. A.C y Montenegro. M.J. (1966). Importancia de alguns fatores ambientais na determinação das castas do gênero *Melipona*. *Anais Acad Bras Cienc*, 38(1), 149- 168.

Kerr, W., E. Sakagami S.F., Zucchi R., Portugal Araújo V., Camargo J.M.F. (1967). Observações sobre arquitetura dos ninhos e comportamento de algumas espécies de abelhas sem ferrão das vizinhanças de Manaus, Amazonas (Hymenoptera, Apoidea), *Atlas do simpósio sobre a biota Amazônica* 5(1), 255–309.

Kerr, W., E. (1997). Native Bees: A neglected issue in the conservation and use of genetic resources. In Workshop to develop guidelines for the CGIAR. Proceedings. Foz de Iguaçu, BR, International plant genetic resources institute (IPGRI). p. 60-61.

Kerr, W., E. (1998). As abelhas e o meio ambiente. In Congresso Brasileiro de Apicultura (12, 1998, Salvador, Bahia, BR). Anais. Confederação Brasileira de Apicultura. p. 27-30.

Margalef, D., R. (1958). Information Theory in Ecology. *General Systematics*, 3(1), 36-71.

Mérida, J. y Arnold, N. (2016). Las abejas su importancia para la naturaleza y nuestra sobrevivencia. *Suplemento Científico de La Jornada Veracruz*. 6(65), 1-4.

- Michener, C., D. The Bees of the World. (Johns Hopkins University Press, 2007).
- Michener, C., D. (2013) 'The Meliponini', in Vit, P., Pedro, S., and Roubik, D. (eds) *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. New York: Springer, pp. 3–17.
- Moreno F., A. y Cardozo A.F. (2002). Técnicas de campo para localizar y reconocer abejas sin aguijón (Meliponinae).
- Moure, J. S., P. Nogueira-Neto, y W. E. Kerr (1958). Evolutionary problems among meliponinae (Hymenoptera, Apidae). *Proc. 10th Internatl Congr. Ent.* (1956), 2(1), 481 – 493.
- Nates-Parra G. (1996). Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) de Colombia. En: *Insectos de Colombia*. Academia Javeriano. Bogotá.
- Nates-Parra, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 75(1), 7-20.
- Nates-Parra, G. (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas - ICPA*. Bogotá, D.C.: Departamento de Biología - Universidad Nacional de Colombia. 49 p.
- Nieuwstadt, M.G. y Ruano-Iraheta , C.E. (1996). Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae) *Api:lologie*, 27(1), 219-228.
- Pizano, C., Cabrera, M., y García, H. (2014). Bosque seco tropical en Colombia: generalidades y contexto. In *El Bosque Seco Tropical en Colombia* (1st ed., pp. 37-47). Bogotá D.C: Instituto Alexander von Humboldt.
- Posey, D., A. Camargo J.M.F. de (1985) Additional notes on the classification and knowledge of stingless bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by the Kayapó Indians of Gorotire, Pará, Brazil, *Ann. Carnegie Mus.* 54(1), 247–274.
- Quezada J. (2005). Biología y uso de las abejas sin aguijón de la Península de Yucatán, México (*Hymenoptera: Meliponini*). Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. México. 17 p.
- Rasmussen, C., Mahé, G. y Hinojosa-Díaz, I. A. (2007). Taxonomic status of the bees from French Guiana described by Jules Dominique (Hymenoptera: Apidae, Megachilidae, Halictidae). *Zootaxa* 1423(1), 59–62.

- Rasmussen, C. y S.A. Cameron (2010). Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. *Biological Journal of the Linnean Society* 99(1), 206–232.
- Rasmussen, C. (2013). Stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) of the Indian subcontinent: Diversity, taxonomy and current status of knowledge. *Zootaxa* 3647(3), 401–428.
- 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., Velásquez M. 2008. Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) en bosque seco tropical en Venezuela. *Zootecnia Tropical* 26(4), 523- 530.
- Rosas, N. (2020, 16 diciembre). *Revista Digital*. Issuu. https://issuu.com/naiararosasmaldonado/docs/revista_digital.
- Roubik, D. (1983). Nest and colony characteristics stingless bees Panama. *J. Kansas Ent. Soc*, 56(3), 327-355.
- Roubik, D. (1989). Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press. Estados Unidos. 514p.
- Roubik, D. (2006). Stingless bee nesting biology. *Apidologie* 37(1), 124 – 143.
- Santos-Leal A.C. (2006). Distribución espacial de los sitios de anidación de abejas eusociales (Hymenoptera-Apidae: Meliponini y Apini) en Sudzal, Yucatán, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Shannon, C. y Weaver, W. (1948). The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Il: Illinois UP.
- Simpson, E., H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>

Smith, A y Vélez, R. (2008). Abejas de Antioquía-guía de campo. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Soler E., Berroterán P., Gil J. y Acosta R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 62(1-4), 025-038.

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.

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.

Vaissière, B., Klein, A., Cane, J., y Steffan-Dewenter, I. (2006). Importance of pollinators in changing landscapes for word crops. *Proceedings The Royal Society B*, 303-313.

Vergara, B., Villa, A. y Nates, G. (1986). Nidificación de meliponinos (Hymenoptera: Apidae) de la Región Central de Colombia. *Rev. Biol. Trop*, 34(2), 181-184.

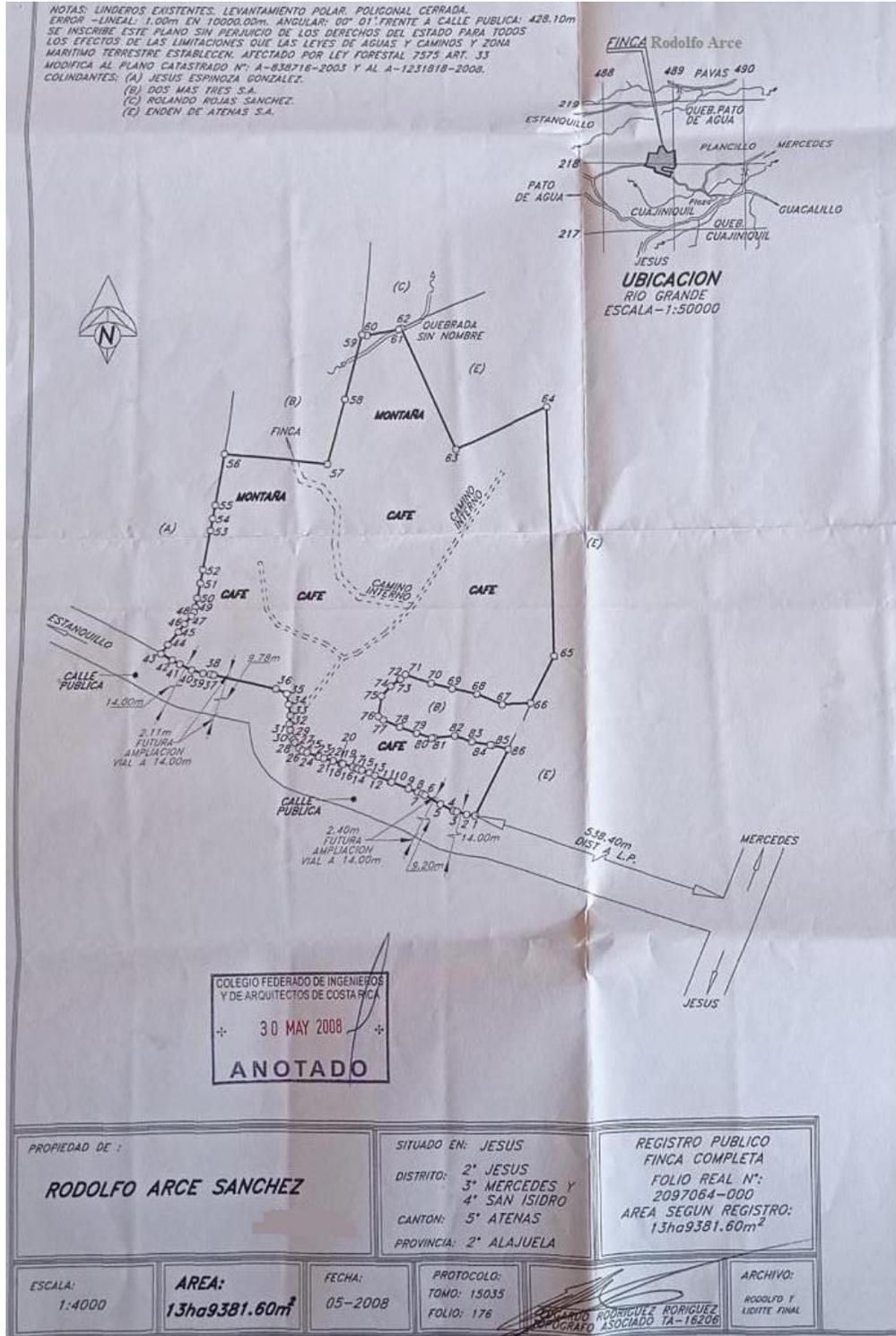
Wille, A. y Michener, CD 1973. La arquitectura del nido de abejas sin aguijón. Con especial referencia a los de Costa Rica (Hymenoptera: Apidae) *Rev. Biol. Trop*. 21(1), 12-26.

Witsberger, D. 1982. Árboles del Parque Deininger. Ministerio de Educación. Dirección de publicaciones. San Salvador. El Salvador.

Yurrita, C., M. (2009). Memorias VI Congreso Mesoamericano sobre abejas nativas, Antigua, Guatemala del 27 – 30 de octubre. Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos. Guatemala. 7p.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa catastral de la Finca Rodolfo Arce



Anexo 2. Recolección de datos de nidos de ASA y especie arbórea

| N Total | P/FP | N | Nombre Común del árbol | Nombre Científico | Nombre de la abeja (ASA) | Nombre Científico |
|------------------------------------|------|----|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | Guanacaste | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Apis | (<i>Apis mellifera</i>) |
| 1 | 2 | 1 | Mangle de Montaña | <i>Bravaisia integerrima</i> | Soncuano | (<i>Scaptotrigona pectoralis</i>) |
| 1 | 3 | 1 | Higuerón | <i>Ficus jimenezii</i> | Mariola | (<i>Tetragonisca angustula</i>) |
| 1 | 4 | 1 | Guaba | <i>Inga sp.</i> | Chupa ojos | (<i>Plebeia frontalis</i>) |
| 1 | 4 | 2 | Surá | <i>Terminalia oblonga</i> | Soncuano | (<i>Scaptotrigona pectoralis</i>) |
| 1 | 1 | 1 | Guarumo | <i>Cecropia peltata</i> | Chupa ojos | (<i>Plebeia jatiformis</i>) |
| 1 | 3 | 2 | Ceiba | <i>Ceiba pentandra</i> | Atarrá | (<i>Trigona nigerrima</i>) |
| 1 | FP | 1 | Higuerón | <i>Ficus jimenezii</i> | Mariola | (<i>Tetragonisca angustula</i>) |
| 1 | FP | 2 | Higuerón | <i>Ficus jimenezii</i> | Mariolon | (<i>Tetragona ziegleri</i>) |
| 1 | FP | 3 | Higuerón | <i>Ficus jimenezii</i> | Mariola | (<i>Tetragonisca angustula</i>) |
| 1 | FP | 4 | Ceiba | <i>Ceiba pentandra</i> | Atarrá | (<i>Trigona nigerrima</i>) |
| 1 | FP | 5 | Ceiba | <i>Ceiba pentandra</i> | Atarrá | (<i>Trigona nigerrima</i>) |
| 1 | FP | 6 | Poró | <i>Erythrina poeppigiana</i> | Chupa ojos o mariola sin piquera | (<i>Plebeia jatiformis</i>) |
| 1 | FP | 7 | Poró | <i>Erythrina poeppigiana</i> | Chupa ojos o mariola sin piquera | (<i>Plebeia jatiformis</i>) |
| 1 | FP | 8 | Aguacatillo | <i>Persea sp.</i> | Soncuano | (<i>Scaptotrigona pectoralis</i>) |
| 1 | FP | 9 | Guarumo | <i>Cecropia peltata</i> | Soncuano | (<i>Scaptotrigona pectoralis</i>) |
| 1 | FP | 10 | Ratoncillo | <i>Myrsine corralis</i> | Chupa ojos | (<i>Plebeia frontalis</i>) |
| 1 | FP | 11 | Guanacaste | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Soncuano | (<i>Scaptotrigona pectoralis</i>) |
| 18 | | | | | | |
| N Total: Número total nidos | | | | | | |
| P: Número de Parcela | | | | | | |
| N: Número de Nido | | | | | | |
| FP: Fuera de la parcela | | | | | | |

Anexo 2 continuación. Recolección de datos de nidos de ASA y especie arbórea

| DAP | Altura Árbol | Altura Nido | msnm | Colecta Material Vegetal | Colectas de ASA | Longitud | Latitud |
|--|--------------|-------------|--------|--------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| 3.78 m | 35.2 m | 9.24 m | 957 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°25'58.2" | 09°58'50.8" |
| 1.52 m | 19.8 m | 3.15 m | 967 m | 04/04/2021 | 23/04/2021 | 084°25'58.6" | 09°58'47.5" |
| 1.94 m | 29.75 m | 2.22 m | 1007 m | 21/03/2021 | 25/04/2021 | 084°26'04.0" | 09°58'51.5" |
| 1.48 m | 33.67 m | 1.34 cm | 961 m | 21/03/2021 | 22/03/2021 | 084°25'58.7" | 09°58'51.3" |
| 1.93 m | 31.32 m | 11.35 m | 946 m | 21/03/2021 | 22/03/2021 | 084°25'59.7" | 09°58'52.6" |
| 0.91 m | 18.3 m | 15 m | 971 m | 04/04/2021 | 19/05/2021 | 084°25'58.0" | 09°58'48.9" |
| 3.85 m | 26.3 m | 17.32 m | 961 m | 04/04/2021 | 19/05/2021 | 084°26'04.3" | 09°58'50.9" |
| 3.21 | 28.75 m | 1.73 m | 963 m | 03/05/2021 | 11/05/2021 | 084°26'02.0" | 09°58'44.8" |
| 2.76 m | 29.6 m | 2.51 m | 997 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°26'06.5" | 09°58'45.2" |
| 2.04 m | 29.6 m | 2.51 m | 997 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°26'06.5" | 09°58'45.2" |
| 6.20 m | 34 m | 22 m | 973 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°26'02.2" | 09°58'47.2" |
| 2.94 m | 34.7 m | 15.3 m | 958 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°26'04.5" | 09°58'52.2" |
| 1.13 m | 3.80 m | 3.29 m | 979 m | 07/05/2021 | 13/05/2021 | 084°26'05.1" | 09°58'43.8" |
| 1.20 m | 2.40 m | 2.17 m | 987 m | 07/05/2021 | 13/05/2021 | 084°26'03.7" | 09°58'42.9" |
| 1.48 m | 16.4 m | 10.32 m | 971 m | 18/03/2021 | 22/03/2021 | 084°25'59.2" | 09°58'46.0" |
| 1.31 m | 18.54 m | 11.34 m | 985 m | 18/03/2021 | 22/03/2021 | 084°25'57.3" | 09°58'48.3" |
| 1.62 m | 17.4 m | 4.22 m | 962 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°25'53.8" | 09°58'51.0" |
| 5.12 m | 15.4 m | 6.20 m | 968 m | 10/05/2021 | 19/05/2021 | 084°25'54.0" | 09°58'41.4" |
| msnm: altura sobre el nivel del mar | | | | | | | |
| Lugar: Barrio Jesús, Atenas, Alajuela, Costa Rica | | | | | | | |

Anexo 3. Datos de referencia de la unidad de muestreo

| |
|---|
| Tamaño área de estudio (10 ha) |
| Georreferenciación de parcelas. |
| Fotografías (parcelas). |
| Zona: (distribución de 4 parcelas, cada una de 40 x 40 m) (6.400 m ²) |
| Mapeo con la ubicación de las parcelas. |
| Señalización y marcado de árbol. |

Anexo 4. Datos generales en campo

| |
|---|
| Fecha de toma de muestras |
| Nombre del árbol |
| Georreferenciación (punto en GPS de la especie arbórea y ASA) |
| (DAP) de árbol |
| Muestreo de una rama con hojas, flores o frutos del árbol |
| Muestreo de ASA |
| Altura a la que se encontró el asa |
| Nombre de la especie de ASA |
| Fotografías (especie arbórea y ASA). |

Anexo 5. Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de ASA vs Altura donde se encontró el nido)

Estadísticas tabuladas: Especie de ASA; Altura de los Nidos

Probabilidad < 0,05; (0,0428922)

Filas: Especie de ASA Columnas: Altura de los Nidos

| | Altura nido 0-11 m | Altura nido 11-22 m | Todo |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------|
| otras | 11 | 4 | 15 |
| <i>T. nigerrima</i> | 0 | 3 | 3 |
| Todo | 11 | 7 | 18 |

Contenido de la celda
Conteo

Prueba exacta de Fisher

| |
|------------------------|
| Valor p |
| 0,0428922 <0,05 |

Anexo 6. Tabla con resultados de la Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de ASA vs Altura donde se encontró el nido)

| Prueba exacta de Fisher | ESPECIE DE ASA | Altura nido | |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| | | Altura nido 0-11 m | Altura nido 11-22 m |
| Probabilidad $\leq 0,05$ | | | |
| 1 | <i>Apis mellifera</i> | 1 | 0 |
| 1 | <i>Scaptotrigona pectoralis</i> | 3 | 2 |
| 0,245098 | <i>Tetragonisca angustula</i> | 3 | 0 |
| 0,496732 | <i>Plebeia frontalis</i> | 2 | 0 |
| 1 | <i>Plebeia jatiformis</i> | 2 | 1 |
| P $\leq 0,05$ 0,0428922 | <i>Trigona nigerrima</i> | 0 | 3 |
| 1 | <i>Tetragona zieglerei</i> | 1 | 0 |
| | Total | 11 | Total 7 |

Anexo 7. Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de Árbol vs Especie de ASA)

Estadísticas tabuladas: Especie de ASA; E. Árbol vs E. ASA
 Probabilidades $< 0,05$; Tres (0,0007519, 0,0007519, 00413534)

Filas: Especie de ASA Columnas: Especie Árbol vs Especie de ASA

| | <i>Ceiba</i> | | |
|---------------------|------------------|-------|------|
| | <i>pentandra</i> | Otros | Todo |
| otros | 0 | 18 | 18 |
| <i>T. nigerrima</i> | 3 | 0 | 3 |
| Todo | 3 | 18 | 21 |

Contenido de la celda
 Conteo

Prueba exacta de Fisher

Valor p

0,0007519 <0,05

| Ficus | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------|------|
| | <i>jimenezii</i> | Otros | Todo |
| Otros | 0 | 18 | 18 |
| <i>T. angustula</i> | 3 | 0 | 3 |
| Todo | 3 | 18 | 21 |

Contenido de la celda
Conteo

Prueba exacta de Fisher

Valor p

0,0007519 <0,05

| Erythrina | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-------|------|
| | <i>poepigiana</i> | Otros | Todo |
| Otros | 1 | 17 | 18 |
| <i>Plebeia jatiformis</i> | 2 | 1 | 3 |
| Todo | 3 | 18 | 21 |

Contenido de la celda
Conteo

Prueba exacta de Fisher

Valor p

0,0413534 <0,05

Anexo 8. Tabla con la Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de Árbol vs Especie de ASA)

| Prueba exacta de Fisher | | |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Probabilidades $\leq 0,05$ | Especie de Árbol | Especie de ASA |
| 0,217391 | <i>B. integerrima</i> | <i>S. pectoralis</i> |
| 0,217391 | <i>T. oblonga</i> | <i>S. pectoralis</i> |
| 0,271429 | <i>C. peltata</i> | <i>P. jatiformis</i> |
| 0,210526 | <i>F. jimenezii</i> | <i>T. ziegleri</i> |
| $P \leq 0,05$ 0,0007519 | <i>C. pentandra</i> | <i>T. nigerrima</i> |
| $P \leq 0,05$ 0,0007519 | <i>F. jimenezii</i> | <i>T. angustula</i> |
| $P \leq 0,05$ 0,0413534 | <i>E. poeppigiana</i> | <i>P. jatiformis</i> |
| 0,217391 | <i>Persea sp.</i> | <i>S. pectoralis</i> |
| 0,1 | <i>M. corralis</i> | <i>P. frontalis</i> |
| 0,217391 | <i>E. cyclocarpum</i> | <i>S. pectoralis</i> |
| 0,105263 | <i>E. cyclocarpum</i> | <i>A. mellifera</i> |

Anexo 9. Tabla con la Prueba exacta de Fisher de Probabilidad (Especie de ASA vs DAP de Árbol)

| Prueba exacta de Fisher | | DAP ÁRBOLES | |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|
| Probabilidades $> 0,05$ | ESPECIE DE ASA | DAP 1 - 3 m | DAP 3 - 6 m |
| 0,277778 | <i>Apis mellifera</i> | 0 | 1 |
| 1 | <i>Scaptotrigona pectoralis</i> | 4 | 1 |
| 1 | <i>Tetragonisca angustula</i> | 2 | 1 |
| 1 | <i>Plebeia frontalis</i> | 2 | 0 |
| 0,522059 | <i>Plebeia jatiformis</i> | 3 | 0 |
| 0,171569 | <i>Trigona nigerrima</i> | 1 | 2 |
| 1 | <i>Tetragona ziegleri</i> | 1 | 0 |
| | | Total 13 | Total 5 |