

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.

CRISTIAN ALEXANDER MÉNDEZ LÓPEZ

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN FINCA “LA MONTAÑITA”, PROPIEDAD
DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA -ENCA-, SAN AGUSTÍN
ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

CRISTIAN ALEXANDER MÉNDEZ LÓPEZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR EN FUNCIONES

M. A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	P. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

Guatemala, septiembre de 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A. ”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



CRISTIAN ALEXANDER MÉNDEZ LÓPEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios	Gracias Señor por darme la oportunidad de vivir, por ser mi guía y modelo a seguir. Gracias por darme la oportunidad de convivir con mi familia y las personas que he conocido en esta etapa universitaria.
Mis padres	Pilares importantes de mi vida. A mi padre Danilo Méndez por nunca permitir que las adversidades de la vida te detuvieran, por tu honestidad, consejos y responsabilidad. Tu trabajo de mecánico ha rendido frutos, y estos son abundantes. A mi madre Marlene López porque siempre me das ejemplos de perseverancia, prudencia, sabiduría y respeto. Siempre te levantas antes que yo lo haga, pensando en que me tengo que ir temprano a la “U”, muchas gracias.
Mis hermanos	Javier y Esteban, a quienes debo mi gratitud entera por aguantarme tantos años. Por desvelarse conmigo en las jornadas académicas y laborales, por ser mis colaboradores <i>ad honorem</i> en las aventuras científicas: colectando muestras vegetales y animales, rocas y curando las plantas del jardín.
Mi familia	A mi abuelo paterno Emilio Méndez y a mi abuela materna Gloria Garrido, por ser fuente de inspiración y perseverancia, mi respeto y gratitud hacia ustedes. A todas mis tías, tíos, primas y primos, por su apoyo incondicional, muchas gracias.
Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-	A mi centenaria ENCA, a sus profesores, trabajadores administrativos y de campo. Me introdujeron en el mundo de la agricultura, me enseñaron que “Aprender Haciendo” es también un estilo de vida. Marcó mi adolescencia y me dio las bases para ingresar a la Universidad. Me enseñó el amor por la Ciencia y que debo ser disciplinado en todo lo que hago.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala
-USAC-**

Por ayudarme a tener un espíritu crítico en todo lo que hago. En la USAC aprendí que uno debe ser proactivo, paciente, perseverante, disciplinado y a tener un espíritu de servicio con el pueblo de Guatemala, al cual nos debemos. Tu eslogan: “Id y enseñad a todos” se convierte en una necesidad dentro de quienes nos sentimos identificados contigo.

**Facultad de
Agronomía
-FAUSAC-**

Gracias por orientarme en otra rama de la agronomía, los recursos naturales renovables. Conocí a muchos colegas universitarios, compañeros de cursos, cuates, y a los escasos y verdaderos amigos. Madrugué para estudiar, me iba tarde a la casa, me desvelaba haciendo los trabajos, pero valió la pena.

Representé a las y los estudiantes ante la Junta Directiva, como un granito de arena a la participación política dentro de la facultad. También fui auxiliar de cátedra. Compartir el conocimiento científico fue tan gratificante, apoyar al desarrollo académico de las y los estudiantes me llenó de esperanza.

**Unidad para el
Conocimiento, Uso y
Valoración de la
Biodiversidad**

Agradezco a Dios por la oportunidad de conocer a las abejas de “La Colmena”. Trabajadoras apasionadas por la investigación científica de alto nivel. Su dedicación y excelencia en el servicio a la sociedad, son algunas de las virtudes de este grupo de investigación. Aquí encontré a mi colmena.

Agradezco a la Dra. María Eunice Enríquez Cottón, a la Dra. Natalia Escobedo Kenefic y a su esposo Edson Cardona, así también a la Licda. Mabel Vásquez por sus consejos en temas académicos y de la vida personal.

A las abejas de la colmena: Quebin Casiá, Denisse Escobar, Alfredo Mejía, Javier Morales, Gabriel Quiñónez, Natalia Vargas, Isabel Cueto, Sara de la Roca y Carmen Sierra, muchas gracias por su amistad, comprensión y paciencia todos estos años.

**Al pueblo de
Guatemala**

A quien le debo mi gratitud y compromiso de servicio, por invertir de sus impuestos al financiar mi educación universitaria y el pago de mi trabajo como auxiliar de cátedra.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores y supervisor

Dra. Natalia Escobedo Kenefic, M. A. César Lineo García Contreras, Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona, Licda. María Andrea Cabarrús Melgar, M. C. Pablo Raúl Córdón Cabrera y Br. Quebin Bosberly Casiá Ajché. Gracias por sus observaciones y aportes en este trabajo de graduación, también agradezco su paciencia y apoyo moral.

Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-

Por darme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- en el año 2019, en las instalaciones de la finca Reserva Forestal “La Montañita” y en las aldeas “La Montañita”, “Conacaste” y “Comaja”. Gracias al Ing. Agr. Oscar Rolando Castillo Pérez, P. Agr. Jorge Augusto Marroquín Trigueros e Ing. For. Luis Francisco Hilton Guardado, por su apoyo incondicional.

Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala -ARNPG-

Especialmente al Lic. Juan Zelada por su apoyo en el desarrollo de uno de los servicios de este documento de graduación.

A mis amigas y amigos

Andrea Saucedo, Vivian Hernández, Rebeca Barrientos, Gresia Ramos, Andrea Cabarrús, Alicia Eufragio, Keyla Patzán, Iris Santos, Mónica González, Yesenia Esquivel, Ericka Roquel, Nery Salvatierra, Carlos Polanco, Miguel Muñóz, Luis Chilín y Giovanni Say. También a tantas otras personas que me brindaron su compañerismo y amistad en la universidad.

A los comunitarios de aldeas “La Montañita”, “Comaja” y “Conacaste”

A esas personas de campo, quienes, con sencillez y trabajo duro, muestran la realidad que existe en esas zonas alejadas de la ciudad. Sin tantos lujos como los que nosotros creemos que son necesarios. Allá en la montaña donde aún existen bosques, algunos cultivos nativos y medios de subsistencia que no imaginamos, allí vive la gente, allí necesitan nuestro apoyo. A las y los profesores de las escuelas e institutos, a las y los estudiantes, a los trabajadores de finca “La Montañita”.

A la familia de don Saúl González, quienes me brindaron lazos de amistad que no se pueden pagar con oro, también me hicieron parte de su familia.

A la familia de doña Petrona Cano, a quienes debo gratitud de por vida. Las mujeres y niños de esa familia me dieron ejemplos que guardaré en mi corazón, no sólo me brindaron su amistad, me hicieron parte de su familia.

**A la Subárea de
Ciencias Biológicas**

A mis compañeros y amigos de trabajo: Stefany Paiz, Pablo de la Roca, Rodrigo Véliz, Delcy Pérez, David Vargas, Luis Ventura, Victor Reyes, Felipe Esquequé y Andrea Mirón.

A los profesores: Ing. Agr. David Elías Mendieta Jiménez, Ing. Agr. Juan José Castillo Mont, Dr. Oscar Ernesto Medinilla Sánchez, Dr. José Vicente Martínez Arévalo, M. Sc. Myrna Ethel Herrera Sosa, M. Sc. Manuel de Jesús Martínez Ovalle, PhD. Luis Rodolfo Montes Osorio, Dr. Edin Alejandro Gil Esturban, Ing. Agr. Camilo José Wolford Ramírez e Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
1. CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN EL SECTOR “A” DE LA FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, DE LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA (ENCA), SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.	1
1.1. PRESENTACIÓN.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos	4
1.3. MARCO REFERENCIAL	5
1.3.1. Ubicación y posición geográfica	5
1.3.2. Vías de acceso	5
1.3.3. Estado legal	6
1.3.4. Centros poblados cercanos a la finca.....	6
1.3.5. Coordenadas geográficas.....	7
1.3.6. Área de la finca.....	8
1.3.7. Zonas de vida	8
A. Bosque Seco Subtropical (bs-S)	8
B. Bosque húmedo subtropical templado bh-S (t)	8
C. Bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S (f)	9
1.3.8. Hidrografía.....	10
1.3.9. Geología	12
1.3.10. Clima	12
1.3.11. Suelos	13
1.3.12. Pendientes.....	14
1.3.13. Uso de la tierra	15
A. Bosque de protección (buffer).....	15
B. Cafetales (SAF).....	16
C. Casco Nuevo (El Plan).....	17
D. Casco Viejo (Cabaña)	17
E. Guatales (Guamil)	18

TÍTULO	PÁGINA
F. Plantación de cedro	19
G. Plantación de pino (joven), plantación madura de pino y plantación de pino (PINFOR)	19
H. Bosque Natural	20
1.3.14. Flora	21
1.3.15. Fauna	23
A. Reptiles	23
B. Anfibios	23
C. Aves	23
D. Mamífero	23
E. Insectos	24
1.3.16. Plantaciones forestales	25
1.4. METODOLOGÍA	26
1.4.1. Fase inicial de gabinete	26
1.4.2. Fase de campo	26
1.4.3. Fase final de gabinete	26
1.4.4. Materiales	27
A. Fase inicial de gabinete	27
B. Fase de campo	27
C. Fase final de gabinete	27
1.4.5. Priorización de problemas	27
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
1.6. CONCLUSIONES	31
1.7. RECOMENDACIONES	32
1.8. BIBLIOGRAFÍA	33
1.9. ANEXOS	37
2. CAPÍTULO II	39
CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS EN LA FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.	39
2.1. PRESENTACIÓN	41
2.2. MARCO CONCEPTUAL	43
2.2.1. Generalidades sobre las abejas	43
2.2.2. Familias de abejas presentes en Guatemala	45

TÍTULO	PÁGINA
A. Familia Colletidae.....	46
B. Familia Andrenidae	46
C. Familia Megachilidae	47
D. Familia Halictidae.....	47
E. Familia Apidae	48
2.2.3. Origen evolutivo de la polinización.....	48
2.2.4. Importancia de la polinización.....	49
2.2.5. Importancia de las abejas en los ecosistemas naturales	50
2.2.6. Importancia de las abejas para la agricultura	51
2.2.7. Importancia de la meliponicultura	53
2.2.8. Pérdida de biodiversidad y abejas nativas.....	54
2.2.9. Alternativas de conservación de polinizadores en zonas de actividad agrícola.....	56
2.2.10. Patrones de diversidad de abejas nativas en Mesoamérica.....	56
2.2.11. Estudios sobre diversidad de abejas nativas en Guatemala	58
2.3. MARCO REFERENCIAL	60
2.3.1. Ubicación de la finca.....	60
2.3.2. Vías de acceso	61
2.3.3. Coordenadas geográficas.....	61
2.3.4. Área de la finca.....	61
2.3.5. Zonas de vida	62
2.3.6. Hidrografía.....	62
2.3.7. Geología	62
2.3.8. Clima.....	63
2.3.9. Suelos.....	63
2.3.10. Pendientes.....	63
2.3.11. Usos de la tierra en la finca “La Montañita”	64
2.4. OBJETIVOS.....	67
2.4.1. General	67
2.4.2. Específicos	67
2.5. HIPÓTESIS.....	67
2.6. METODOLOGÍA	68
2.6.1. Trabajo de campo.....	68

TÍTULO	PÁGINA
2.6.2. Trabajo de laboratorio	69
2.6.3. Análisis estadístico	70
2.6.3.1. Diversidad alfa	71
A. Índice de Shannon (H')	71
B. Índice de equidad de Pielou (J')	72
2.6.3.2. Diversidad beta	72
A. Coeficiente de similitud de Jaccard	72
B. Índice de Morisita-Horn	73
2.6.3.3. Curva de acumulación de especies	73
2.6.3.4. Efecto del uso de la tierra en la diversidad de abejas nativas	74
2.7. MATERIALES Y EQUIPO	75
2.7.1. Colecta de especímenes	75
2.7.2. Montaje, etiquetado e identificación de las abejas colectadas	76
2.7.3. Equipo electrónico y programas de análisis estadístico y de SIG	76
2.8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
2.8.1. Riqueza y abundancia de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados ceranos.	77
A. Familia Apidae	80
B. Familia Halictidae	82
C. Familia Andrenidae	83
D. Familia Megachilidae	83
2.8.2. Diversidad de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos	87
A. Diversidad alfa	87
a. Índice de Shannon H'	87
b. Índice de equidad de Pielou (J')	89
B. Diversidad Beta	91
a. Coeficiente de similitud de Jaccard para distintos usos de la tierra	91
b. Similitud de Morisita-Horn para distintos usos de la tierra	92
c. Curvas de acumulación de especies para los distintos usos de la tierra	94
2.8.3. Plantas como potenciales recursos florales para las abejas nativas	98
2.8.4. Efecto del uso de la tierra sobre la diversidad de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos.	101
A. Efecto del uso de la tierra	101
B. Efecto de la pendiente	104
C. Efecto de la altitud	105
D. Efecto de los recursos florales y la vegetación	105
E. Efecto de la conectividad de los bosques	107

TÍTULO	PÁGINA
2.9. CONCLUSIONES	109
2.10. RECOMENDACIONES	111
2.11. BIBLIOGRAFÍA	112
2.12. ANEXOS	131
3. CAPÍTULO III	137
SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA “LA MONTAÑITA” Y ALDEA “LA MONTAÑITA” SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.	137
3.1. PRESENTACIÓN	139
3.2. Servicio 1: Diagnóstico fitosanitario en plantaciones de pino ocotero (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.) en el sector “A” de finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.	141
3.2.1. PRESENTACIÓN	141
3.2.2. OBJETIVOS	142
A. General	142
B. Específicos	142
3.2.3. METODOLOGÍA	143
A. Revisión de la cartografía de la finca para conocer los rodales y sus características. .	143
B. Cálculo del tamaño, forma, número y tipo de muestreo de parcelas fitosanitarias para levantamiento de información en campo.	143
C. Cálculo del número de parcelas fitosanitarias.	143
D. Toma de datos de parcelas fitosanitarias en campo	144
E. Toma, preservación, identificación y traslado de muestras vegetales e insectiles para su identificación en laboratorio	144
3.2.4. MATERIAL Y EQUIPO	145
3.2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	146
A. Manejo forestal en el sector “A” de finca Reserva Forestal “La Montañita”	146
B. Insectos plaga identificados en los rodales de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	148
C. Enfermedades identificadas en los rodales de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	150
D. Recomendaciones de manejo forestal	155
3.2.6. CONCLUSIONES	157
3.2.7. RECOMENDACIONES	158
3.2.8. ANEXOS	159

TÍTULO	PÁGINA
3.3. Servicio 2: Identificación del potencial turístico en el sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.	167
3.3.1. PRESENTACIÓN	167
3.3.2. OBJETIVOS	168
A. General	168
B. Específicos	168
3.3.3. METODOLOGÍA.....	168
3.3.4. MATERIAL Y EQUIPO	169
3.3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	170
A. FICHA 1 DATOS GENERALES.....	171
B. FICHA 2: OFERTA Y DEMANDA TURÍSTICA ACTUAL Y POTENCIAL.....	173
C. FICHA 3: ANÁLISIS DE POLOS TURÍSTICOS, DATOS DE CONECTIVIDAD Y OFERTA REGIONAL	174
D.FICHA 4: ATRACTIVOS Y ACTIVIDADES.....	178
a) FICHA 5: ESTRUCTURA INTERNA/ SERVICIOS	180
b) FICHA 6: ESTRUCTURA INTERNA / INFRAESTRUCTURA.....	181
c) Evaluación de atractivos turísticos actuales y potenciales para el sector “A” de finca “La Montañita”	182
d) Evaluación de los servicios turísticos actuales y potenciales del sector “A” de finca “La Montañita”	183
e) Evaluación de la infraestructura turística actual y potencial del sector “A” de finca “La Montañita”	184
f) Evaluación de los aspectos administrativos en el sector “A” de finca “La Montañita” ..	185
g) Resumen de potencial turístico de productos y aspectos administrativos del sector “A” de finca “La Montañita”	186
3.3.6. CONCLUSIONES.....	188
3.3.7. RECOMENDACIONES	188
3.3.8. ANEXOS	189
3.4. Servicio 3: Establecimiento de huertos familiares y vivero agroforestal Con comunitarios de aldea “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.	191
3.4.1. PRESENTACIÓN	191
3.4.2. OBJETIVO.....	192
A. General	192
B. Específicos	192

3.4.3. METODOLOGÍA	192
TÍTULO	PÁGINA
3.4.4. MATERIALES Y EQUIPO	193
3.4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	193
A. Viveros agroforestales	193
B. Huertos familiares	197
3.4.6. Conclusiones	201
3.4.7. Recomendaciones	201
3.4.8. Bibliografía.....	202
3.4.9. Anexos.....	208

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Rótulo que muestra ingreso al sector “A” de finca “La Montañita”.	6
Figura 2. Mapa de ubicación geográfica del sector “A” de finca “La Montañita”	7
Figura 3. Mapa de zonas de vida del sector “A” de finca “La Montañita”.	9
Figura 4. Mapa de red de drenaje superficial en sector “A” de finca “La Montañita”.	10
Figura 5. Tanque de captación de agua en riachuelo “El Castellano” en sector “A”	11
Figura 6. Riachuelo “El Mango” en sector “A” de la finca.	12
Figura 7. Serie de suelos del sector “A” de finca “La Montañita”	13
Figura 8. Mapa de pendientes del sector “A” de finca “La Montañita”.	14
Figura 9. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2018 en el sector “A” de finca “La Montañita”.	15
Figura 10. Vegetación de bosque de protección.	16
Figura 11. Cafetales en asocio con cultivo de banano.	16
Figura 12. Plántulas de café y pino ocotero en el casco nuevo de la finca.	17
Figura 13. Cabaña del casco viejo del sector “A” de finca “La Montañita”.	18
Figura 14. Sitio de la finca desprovisto de bosque.	18
Figura 15. Plantación de pino del programa PINFOR en sector “A” de la finca.	20
Figura 16. Morfología de una abeja con sus tres tagma (cabeza, tórax y abdomen).	43
Figura 17. Relaciones filogenéticas de las siete familias de abejas del mundo.	44

FIGURA	PÁGINA
Figura 18. Filogenia de los principales grupos de abejas y linajes sociales.....	45
Figura 19. Extensión territorial de Mesoamérica.	57
Figura 20. Ubicación de finca “La Montañita” en el departamento de El Progreso.	60
Figura 21. Mapa de sitios de muestreo en finca “La Montañita” y poblados cercanos.....	69
Figura 22. Cantidad de individuos por familia presentes en los sitios de estudio.	78
Figura 23. Géneros encontrados por familia presentes en los sitios de estudio.	79
Figura 24. Número de especies por familia encontradas en los sitios de estudio.	79
Figura 25. Distribución mensual de la abundancia de abejas nativas en los diez subtipos de uso de la tierra.	85
Figura 26. Diversidad de Shannon (H') por mes en los sitios de estudio.	87
Figura 27. Diversidad de Shannon (H') por tipo de cobertura vegetal en los sitios de estudio.	87
Figura 28. Equidad de Pielou (J') por mes en los sitios de estudio.	89
Figura 29. Equidad de Pielou (J') por tipo de uso de la tierra en los sitios de estudio.	89
Figura 30. Dendrograma de similitud de Jaccard de las especies presentes en distintos usos de la tierra durante seis meses de muestreo.	91
Figura 31. Dendrograma de agrupamiento con método Morisita-Horn de las especies presentes en distintos usos de la tierra durante seis meses de muestreo.	92
Figura 32. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “cafetal” (caf).	94
Figura 33. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “río” (rio).	95
Figura 34. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “casco” (cas).	95
Figura 35. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “poblado” (pob).	96
Figura 36. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “restauración” (res). ...	97
Figura 37. Análisis de Componentes Principales (PCA) para los distintos sitios de muestreo en finca “La Montañita” y poblados cercanos.	101
Figura 38. Diversidad de abejas en los distintos usos de la tierra en el área de estudio.	103
Figura 39A. Análisis de Componentes Principales (PCA) considerando los vectores como usos de la tierra.	133
Figura 40A. Mapa cultural de Mesoamérica.	133

FIGURA	PÁGINA
Figura 41A. Red de interacción planta-polinizador construida en base a observaciones en campo entre los meses de mayo a octubre 2019.....	134
Figura 42. Descortezador del género <i>Cossonus</i> (Coleoptera: Cossoninae)	148
Figura 43. Descortezador <i>Ips calligraphus</i> Germar (Coleoptera: Scolytinae).....	148
Figura 44. Termita debajo de la corteza de pino.	149
Figura 45. Soldado de <i>Coptotermes</i> con cabeza piriforme y mandíbulas largas.....	149
Figura 46. Estróbilos de pino con hipertrofia causada por <i>C. quercum</i> (Berkeley) Miyabe.....	152
Figura 47. Estróbilo de pino cubierto por esporas de <i>C. conigenum</i> Hedgc. & N.R.Hunt.....	152
Figura 48. Actividades de diagnóstico fitosanitario en campo.....	160
Figura 49. Actividades de diagnóstico fitosanitario en laboratorio.....	161
Figura 50. Cotización trampas con feromonas para descortezadores del pino.	162
Figura 51. <i>Dendroctonus</i> (A) e <i>Ips</i> (B).....	166
Figura 52. Mapa fitosanitario rodales de pino.....	166
Figura 53. Quebrada o riachuelo “El Chucte” en sector “A” de la finca.	170
Figura 54. Guía de campo de aves del Norte de Centro América.	170
Figura 55. Evaluación general de potencial turístico en sector “A” de finca “La Montañita”.	187
Figura 56. Mapa de ubicación de atractivos ecoturísticos, finca “La Montañita”.	187
Figura 57. Fase de gabinete y de campo para realizar estudio ecoturístico en finca “La Montañita”.	189
Figura 58. Vegetación presente en sector “A” de finca “La Montañita”	190
Figura 59. Limpieza de semilla de caoba.	194
Figura 60. Semilleros forestales de caoba <i>Swietenia humilis</i> Zuccarini en estado inicial.	194
Figura 61. Segunda visita a semilleros forestales de caoba <i>Swietenia humilis</i> Zuccarini.	196
Figura 62. Comunitarios beneficiados con plantas de macadamia.	196
Figura 63. Mujeres que asistieron a la primera charla sobre huertos familiares.	197

FIGURA	PÁGINA
Figura 64. Entrega de semilla de maíz y frijol en el ICTA, Bárcena, Villa Nueva.	198
Figura 65. Entrega de semillas de hortalizas en el MAGA, Bárcena, Villa Nueva.	198
Figura 66. Construcción de huertos familiares con comunitarios de aldea “La Montañita”	199
Figura 67. Huertos familiares de comunitarias de la aldea “La Montañita”.	200
Figura 68. Cartas de solicitud al ICTA y a MAGA para la semilla de huertos familiares. .	208

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Coordenadas GTM de finca Reserva Forestal “La Montañita”.	8
Cuadro 2. Caudal medio en las fuentes de agua dentro del sector “A” de la finca.	10
Cuadro 3. Avistamiento de aves del 20 al 22 de marzo de 2019.	23
Cuadro 4. Polígonos de pino en el sector “A” de la finca “La Montañita”.	25
Cuadro 5. Matriz de priorización de problemas detectados en el sector “A” de finca “La Montañita”	30
Cuadro 6A. Matriz del POA de la ENCA para finca “La Montañita” del año 2019.	37
Cuadro 7. Coordenadas GTM de finca “La Montañita”.	61
Cuadro 8. Clasificación de usos de la tierra en el sector “A” de la finca.	64
Cuadro 9. Diversidad de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos durante los meses de mayo a octubre de 2019.	77
Cuadro 10. Frecuencia de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados ceranos durante los meses de mayo a octubre de 2019.	84
Cuadro 11. Familias de plantas que presentan interacción con abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos (mayo a julio 2019).	98
Cuadro 12. Especies de plantas que presentan interacción con abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos (agosto a octubre 2019).	98
Cuadro 13. Diversidad de abejas con los usos de la tierra en el área de estudio.	102
Cuadro 14A. Formas de vida y número de especies de los géneros presentes en la región del valle del Motagua.	131

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 15A. Géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas por mes de colecta.	132
Cuadro 16A. Géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas por tipo de uso de la tierra.....	132
Cuadro 17A. Valores estadísticos empleados para PCA considerando los vértices como uso de la tierra.	134
Cuadro 18A. Riqueza por tipo de vegetación.	135
Cuadro 19A. Abundancia por tipo de vegetación.	135
Cuadro 20A. Curvas de acumulación de especies para uso de la tierra “café”.	135
Cuadro 21A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “río”.	135
Cuadro 22A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “cascos de la finca”.	136
Cuadro 23A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “centros poblados”.....	136
Cuadro 24A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “parcelas de restauración”.....	136
Cuadro 25A. Diversidad alfa por mes.....	136
Cuadro 26A. Diversidad alfa por tipo de uso del suelo.....	136
Cuadro 27. Principales síntomas y signos identificados en plantaciones de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	151
Cuadro 28. Resumen diagnóstico fitosanitario en la finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.	153
Cuadro 29. Formato de boleta fitosanitaria para plantaciones forestales.....	159
Cuadro 30. Categorías para evaluar el estado fitosanitario de los árboles en cada parcela.....	159
Cuadro 31. Categorías para evaluar el estado de riesgo físico de los árboles de cada parcela.	159
Cuadro 32. Resultados de la segunda revisión del vivero de caoba (<i>Swietenia humilis</i> Zucc)	195
Cuadro 33. Grupos de mujeres de huertos familiares en aldea “La Montañita”.	197

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento es la integración de tres fases realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía -EPS- en el período comprendido de febrero a noviembre de 2019. En el Capítulo I se encuentra un diagnóstico de los recursos naturales en el sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”. El Capítulo II contiene una investigación sobre la diversidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) y su relación con distintos usos de la tierra. El Capítulo III contiene servicios realizados para la finca y para la aldea “La Montañita”. Todas las actividades tuvieron el apoyo de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-.

En el diagnóstico se ampliaron datos de caracterización biofísica del sector “A” de la finca. Se verificó el cumplimiento del Plan Operativo Anual y el Plan de manejo, así también, se propusieron soluciones a los ejes de trabajo planteados por la ENCA y los indicados en la fase de diagnóstico. Entre los ejes de acción identificados y sobre los cuales se trabajó durante el período de EPS están: extensión rural con comunitarios, elaboración de un diagnóstico fitosanitario a las plantaciones de pino, y gestión interinstitucional para la realización de un diagnóstico ecoturístico.

La investigación se realizó de mayo a octubre de 2019. Se caracterizó la diversidad de abejas nativas en distintos usos de la tierra, tanto dentro de la finca como en centros poblados cercanos. Se utilizaron redes entomológicas para la captura de abejas, se colectaron 526 individuos e identificaron 29 especies de abejas. Todos los especímenes se encuentran depositados en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala –CANG-, en la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, del Centro de Estudios Conservacionistas -CECON-, en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se calcularon índices de diversidad alfa y beta para conocer la diversidad de las abejas en cada sitio de

muestreo y entre los sitios. Se colectaron muestras botánicas en las cuales las abejas estuvieran recolectando polen o néctar y fueron identificadas a nivel de familia y especie. Finalmente, con esta información taxonómica, se generó un listado de la flora que estos insectos utilizan como recurso floral.

Se realizaron tres servicios para la finca. En el servicio 1 se llevó a cabo un diagnóstico fitosanitario en plantaciones de pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schede ex Schltdl.) en el sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”. Se identificaron plagas y enfermedades que afectan el correcto desarrollo de los árboles, entre los cuales se encuentran: escarabajo descortezador *Ips calligraphus* Germar. (Coleoptera: Scolytinae), coleóptero del género *Cossonus* spp. (Coleoptera: Cossoninae) y la termita del género *Coptotermes* spp. (Blattodea: Coptotermitinae). Se identificaron hongos del complejo del tizón del pino *Dothistroma pini* Hulbary (Ascomycota: Mycosphaerellaceae), *Lophodermium* sp. (Ascomycota: Rhytismataceae) y *Pestalotia* sp. (Ascomycota: Amphisphaeriaceae), así como la roya agalladora de conos del pino *Cronartium* sp. (Basidiomycota: Cronartiaceae).

Se recomendó ejecutar Manejo Forestal (MF) a las áreas forestales dentro del sector “A” de la finca, tanto en plantaciones como bosque natural de pino-encino. Se deben establecer Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) con enfoque fitosanitario, establecer trampas tipo “Lindgren” de 16 embudos, realizar actividades de saneamiento y capacitar al personal de la finca en el reconocimiento de plagas y enfermedades forestales.

El servicio 2 consistió en identificar el potencial turístico, por medio de un diagnóstico, en el sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”. Se tuvo el apoyo de la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala -ARNPG-. Se llenaron 11 fichas con información administrativa, biofísica, servicios, infraestructura, así como atractivos turísticos y actividades que la ENCA puede implementar en la finca. Se identificaron potenciales turísticos tales como: senderos interpretativos, aviturismo, tour de café, canopy, centro de visitantes, actividades de camping, granja ecológica, entre otros.

Se recomendó realizar un plan ecoturístico que profundice en los datos obtenidos en este diagnóstico. Es importante realizar estudios de prefactibilidad económica, implementar infraestructura adecuada para atender a los visitantes, así como realizar inventarios y monitoreos de fauna y flora. Las comunidades que colindan con el sector “A” de la finca son actores sociales importantes, por esta razón deben ser incluidas dentro de la conectividad turística. La ENCA debe crear convenios de cooperación interinstitucional con organizaciones que trabajen en los siguientes temas: ecoturismo, extensión rural, biodiversidad, agricultura y bosques, principalmente.

El servicio 3 tomó en cuenta el rol que la ENCA tiene con las comunidades. Se establecieron huertos familiares y viveros agroforestales con comunitarios de la aldea “La Montañita”. Las especies forestales priorizadas para realizar los viveros con hombres y mujeres de la aldea fueron: caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) y macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher). Para realizar los huertos familiares con mujeres de la aldea se utilizaron semillas de hortalizas proporcionadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA-. Se utilizaron 15 especies de hortalizas, con las cuales se construyeron 5 huertos, y se beneficiaron 12 núcleos familiares.

Se recomendó a la ENCA que continúe con actividades de extensión rural. Las personas que viven en la aldea “La Montañita” se encuentran en completa disposición de adquirir nuevos conocimientos y de compartir conocimientos ancestrales.

1. CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN EL SECTOR “A”
DE LA FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, DE LA ESCUELA NACIONAL
CENTRAL DE AGRICULTURA (ENCA), SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL
PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

1.1. PRESENTACIÓN

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía -EPSA- se realizó el diagnóstico de los recursos naturales renovables en el sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-. Entre los objetivos establecidos para realizar el diagnóstico se encontraban: ampliar datos de caracterización biofísica, verificar cumplimiento de metas trazadas en el Plan Operativo Anual -POA- y el Plan de Manejo de la finca, así como proponer soluciones a los ejes de trabajo planteados por la ENCA dentro del sector “A”.

En cuanto a la caracterización de los recursos naturales renovables y el uso de la tierra que tiene el sector “A” de la finca, se identificaron 10 distintos usos de la tierra. Los usos con mayor área fueron: plantaciones de pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede. ex Schltdl) en distintas fases de desarrollo, sistemas agroforestales con café, bosques de protección con diversas especies nativas, dos cascadas de la finca y bosque natural de pino-encino. Respecto a datos biofísicos, el sector “A” de la finca tiene 10 afluentes hídricos, tres series de suelos, es atravesada por tres zonas de vida y pendientes que van de 20 % a 40 %.

Al realizar una matriz de priorización de problemas se identificaron ocho, para los cuales se propusieron servicios específicos. Se hizo una ponderación que consideraba aspecto técnico (20%), aspecto económico (30%) y aspecto institucional (50%). Al realizar la sumatoria, fueron cinco problemas los cuales mostraron valores superiores al 60%, los cuales fueron: poca comunicación con aldea “La Montañita”, inexistencia en monitoreo fitosanitario de gorgojo descortezador (*Dendroctonus* sp.) en plantaciones de pino ocotero (*P. oocarpa*), atraso en la gestión de parámetros para aprovechamiento forestal en plantaciones de pino, inexistencia de parámetros del potencial turístico de la finca, deficiencia en el conocimiento de la biodiversidad de la finca.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Identificar nuevos ejes de trabajo vinculados al uso de los recursos naturales renovables en el sector “A” que tiene la Reserva Forestal “La Montañita”, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.

1.2.2. Específicos

1. Realizar caracterización biofísica del sector “A” de la Finca Reserva Forestal “La Montañita”.
2. Proponer soluciones a los ejes de trabajo planteados por la ENCA a través del Plan Operativo Anual y el Plan de Manejo de la finca, así como las identificadas en la fase de diagnóstico del sector “A” de la finca.

1.3. MARCO REFERENCIAL

1.3.1. Ubicación y posición geográfica

La finca Reserva Forestal “La Montañita” es propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA- (Corzo 2018). Se ubica al oriente del país, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala (Chávez 2018). La finca en su totalidad tiene dos sectores, llamados “A” y “B”. El sector “A” colinda al norte con finca “La Piedad” y con aldea “La Montañita”; al sur colinda con aldea “Conacaste”; al este con aldea “La Potenciana” y al oeste con las aldeas: “Agua Hiel, Ecas-Pac y El Morro” (González 2018), como puede verse en la Figura 2. Está formada en su mayoría por diversas laderas y cumbres que, por la ubicación de los sectores, forma parte de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas -RBSM-. Las alturas de la finca oscilan entre 1,400 m a 2,328 m s.n.m. (Temaj 2018).

1.3.2. Vías de acceso

Para llegar a finca “La Montañita” existe una vía de acceso y para llegar a la misma se ingresa desde la carretera CA-14 la cual conduce a la cabecera departamental de Cobán. En el kilómetro 88.5 de la carretera CA-9 que comunica la Ciudad de Guatemala y Puerto Barrios en el departamento de Izabal, existe un entronque situado en el lugar conocido como “Las Champas”, de aldea “El Rancho” que comunica con la carretera CA-14. De ese lugar se conduce aproximadamente 2.6 km hasta llegar a la aldea “Tulumajillo”, frente a la estación de buses “Villa Sol”. Ya en ese lugar se cruza a la derecha para ingresar a la aldea hasta encontrar el único camino de terracería que conduce a las aldeas “Comaja”, “Conacaste” y “La Montañita”, así también a la finca de la ENCA, como puede observarse en la figura 2 en donde se encuentran señalizadas las vías de acceso. La distancia de aldea “Tulumajillo” y el casco de la finca es de aproximadamente 8 km, hasta visualizar un letrero que indica la llegada al sector “A” de la finca, como se puede ver en la figura 1:



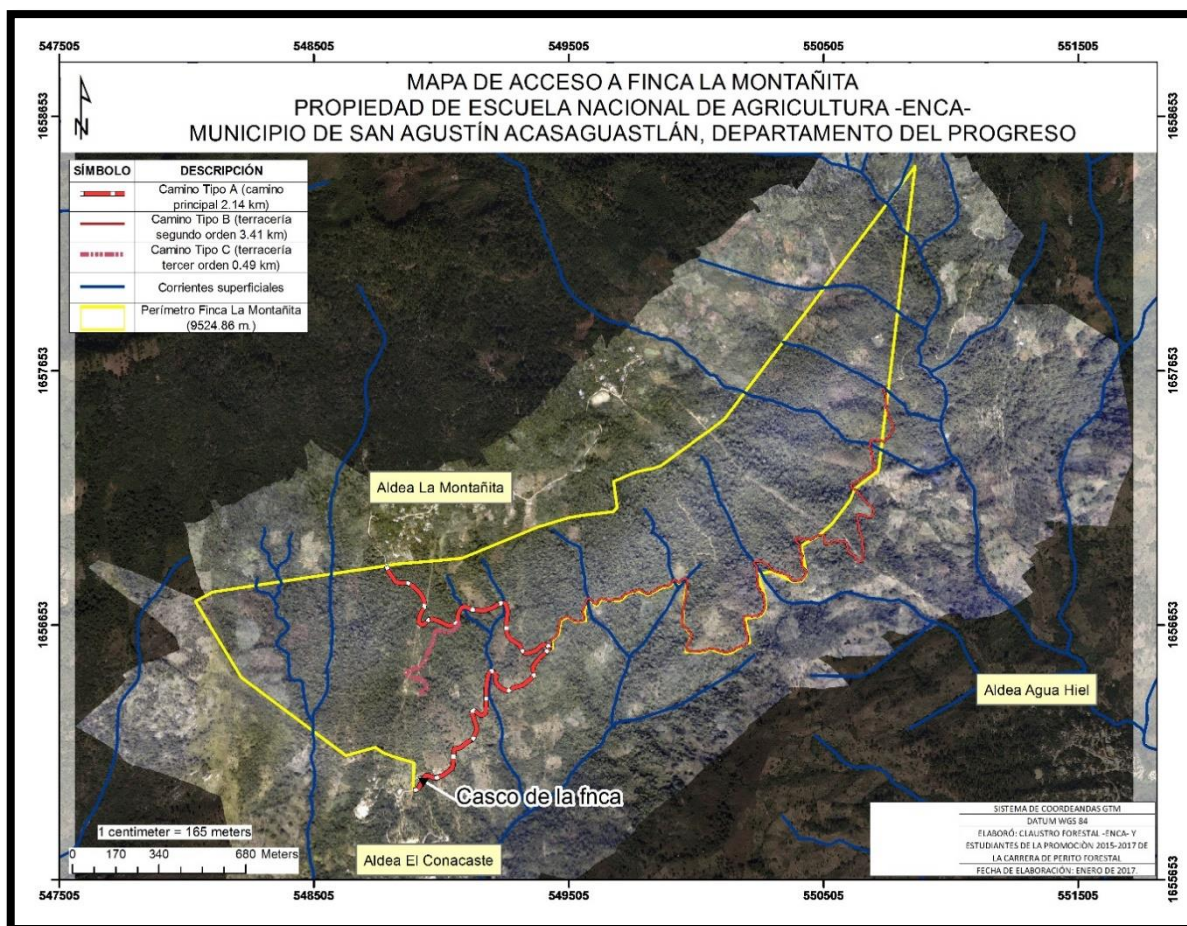
Figura 1. Rótulo que muestra ingreso al sector “A” de finca “La Montañita”.

1.3.3. Estado legal

La finca fue adjudicada a la ENCA en el año 2004, según lo indica el Registro de la Propiedad Inmueble en el numeral 2, folio 105, libro 151 del Instituto de Transformación Agraria (INTA), en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala (Camey 2018).

1.3.4. Centros poblados cercanos a la finca

En la zona de influencia que el sector “A” de finca Reserva Forestal “La Montañita” se encuentran cuatro centros poblados o aldeas, las cuales son: “Conacaste”, “La Potenciana”, “Agua Hiel”, y “La Montañita”, tres de las cuales se pueden visualizar en la figura 2:



Fuente: Hilton, 2019

Figura 2. Mapa de ubicación geográfica del sector “A” de finca “La Montañita”.

1.3.5. Coordenadas geográficas

En el cuadro 1 se muestran las coordenadas GTM que ubican a los sectores “A” y “B” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala:

Cuadro 1. Coordenadas GTM de finca Reserva Forestal “La Montañita”.

Sector	X	Y
A	548336.892	1655996.54
B	550352.215	1658626.89

Fuente: González, 2018

1.3.6. Área de la finca

La finca tiene una superficie total de 411.94 ha de las cuales el 44.30 % es del sector “A”, y el 55.70 % corresponde al sector “B”, correspondiendo al sector “A” 182.5 ha y 229. 44 ha al sector “B” (Corzo 2018).

1.3.7. Zonas de vida

En la figura 3 puede observarse cómo se distribuyen tres zonas de vida, de acuerdo a la clasificación propuesta por el Dr. Leslie Holdridge (1971) y adaptado a Guatemala por René de la Cruz (1982), las zonas de vida son: *Bosque Seco Subtropical (bs-S)*, *Bosque húmedo Subtropical (templado) - bhS (t)* y *el bosque muy húmedo subtropical (frío) bmh-S-(f)*.

A. Bosque Seco Subtropical (bs-S)

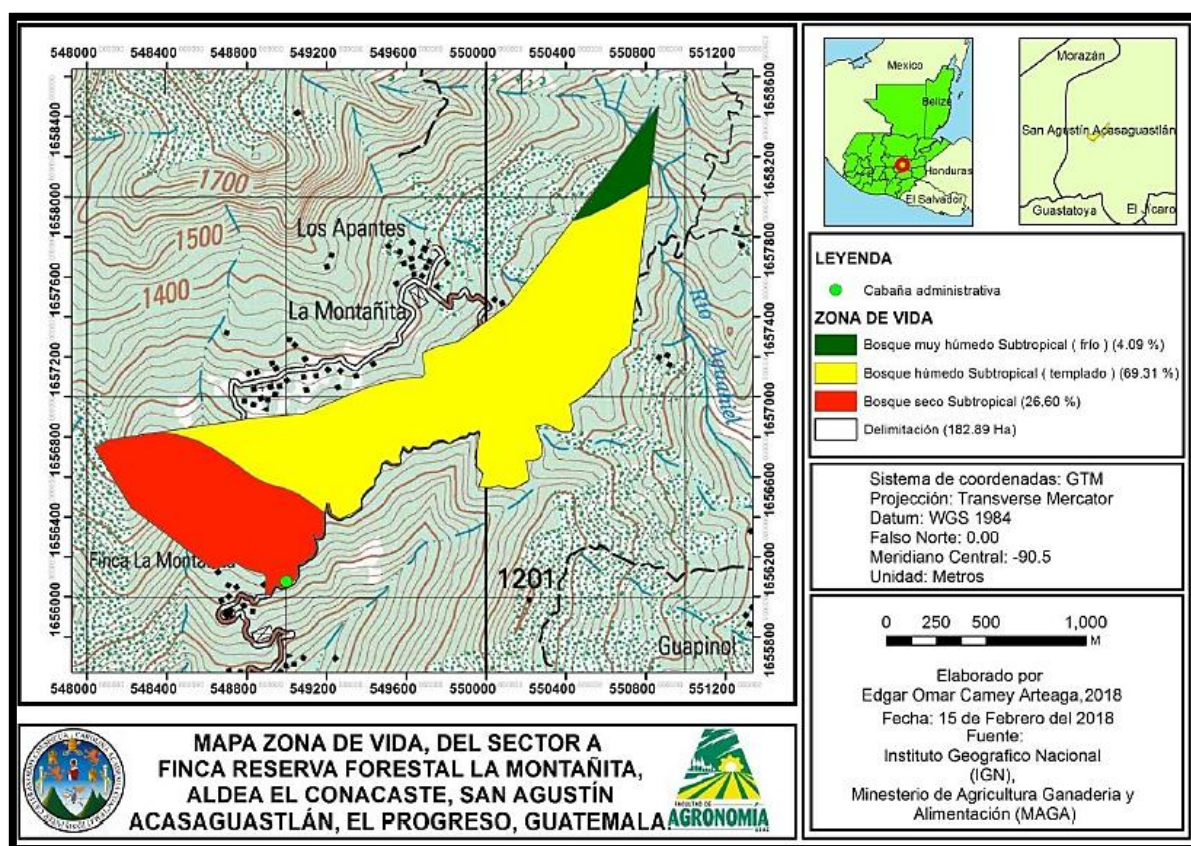
Se distribuye en la zona sur de la finca con un área de 63.30 ha (34.7 %), en esta zona de vida se han encontrado especies del género *Pinus* y encinos *Quercus*. Se caracteriza tener por días claros y soleados, en los meses que no existe precipitación pluvial y parcialmente nublado (enero-abril), al llegar la época de lluvia (junio a octubre) puede variar entre 500 mm a 1,000 mm, cuyo promedio se encuentra en 855 mm (De la Cruz 1982).

B. Bosque húmedo subtropical templado bh-S (t)

Se ubica en la parte media de la finca con un área de 117.8 ha (64.6 %). En cuanto a la precipitación que ocurre en este lugar, de mayo a noviembre se evidencia la época lluviosa, cuya intensidad oscila entre 1,100 mm a 1,349 mm (De la Cruz 1982).

C. Bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S (f)

Cuenta con un área de 1.5 ha (0.85 %). Esta zona de vida tiene precipitaciones que van de 2,054 mm a 2,514 mm, la elevación puede ir de 1,100 a 1,800 m s.n.m., (De la Cruz 1982). Una especie que es indicadora de esta zona de vida es *Liquidambar styraciflua* L., la cual se encontró en la pequeña sección que atraviesa esta zona de vida en la finca.

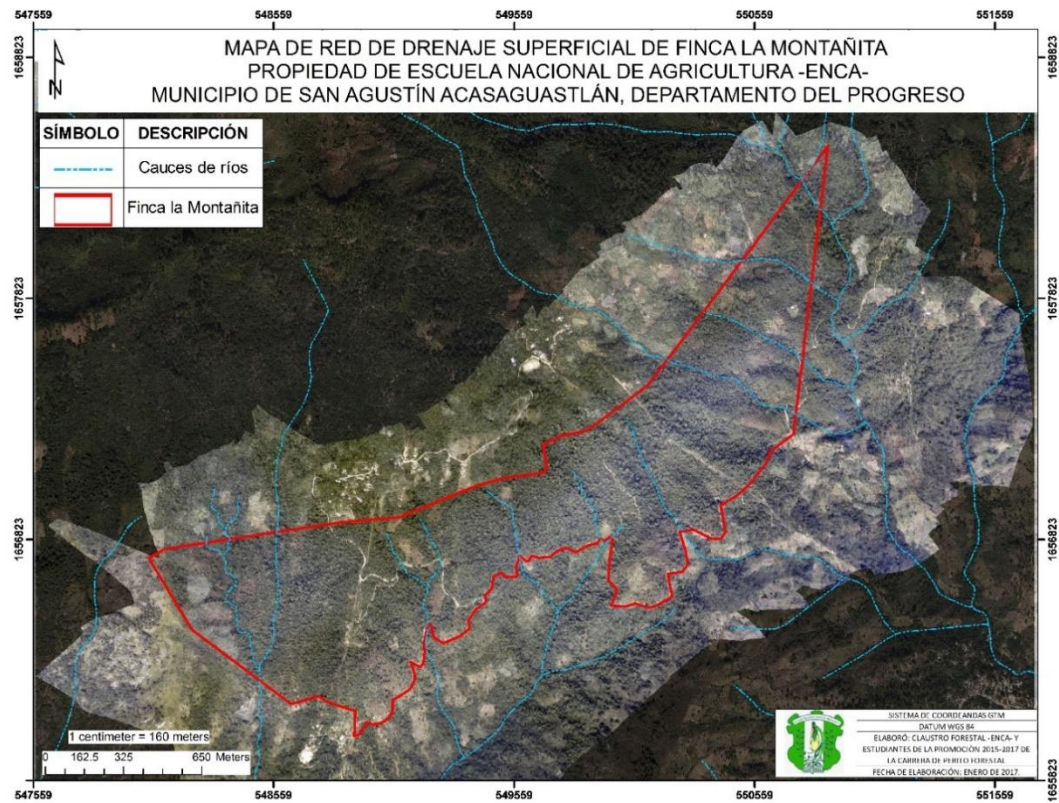


Fuente: Camey, 2018

Figura 3. Mapa de zonas de vida del sector "A" de finca "La Montañita".

1.3.8. Hidrografía

De acuerdo a la figura 4, la finca es atravesada por 10 afluentes hídricos, de los cuales solo cinco tienen corriente permanente en la época de estiaje:



Fuente: Hilton, 2019

Figura 4. Mapa de red de drenaje superficial en sector “A” de finca “La Montañita”.

Durante los meses de febrero y marzo se midió el caudal de estos afluentes hídricos, los valores se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Caudal medio en las fuentes de agua dentro del sector “A” de la finca.

Nombre del riachuelo	Caudal febrero (litros/día)	Caudal marzo (litros/día)
El Castellano	57,170.47	25,459.2
El Mango	14,883.75	34,416
El Mandarin (poza redonda)	26,946.67	33,696
Quebrada de Don Lipe	28,817.65	30,240
El Chucte	197,225.96	449,280

El Castellano (Figura 5) y El Mango (Figura 6) son los únicos afluentes hídricos de los cuales la finca se abastece para diversas actividades, entre ellas: agua para un sector llamado “El Plan”, en el cual se utiliza este recurso para el vivero agroforestal y para dos mulas (*Equus* sp.).



Figura 5. Tanque de captación de agua en riachuelo “El Castellano” en sector “A”.

De acuerdo a los caudales promedio de febrero y marzo se estima que cada tanto “El Castellano” como “El Mango” tienen capacidad de proveer agua de 41,314.8 litros por día y 24,649.87 litros por día, respectivamente.

Considerando que en la finca se planea construir un complejo académico en el cual vivan estudiantes, personal docente y administrativo de forma permanente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que el consumo doméstico humano (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) consume un promedio de 200 litros por habitante/día (Howard y Bartram 2003). Considerando la relación anterior, en promedio durante estos dos meses (época de estiaje), cada uno de los cuerpos de agua tiene la capacidad de abastecer a 207 y 124 personas, respectivamente.



Figura 6. Riachuelo “El Mango” en sector “A” de la finca.

1.3.9. Geología

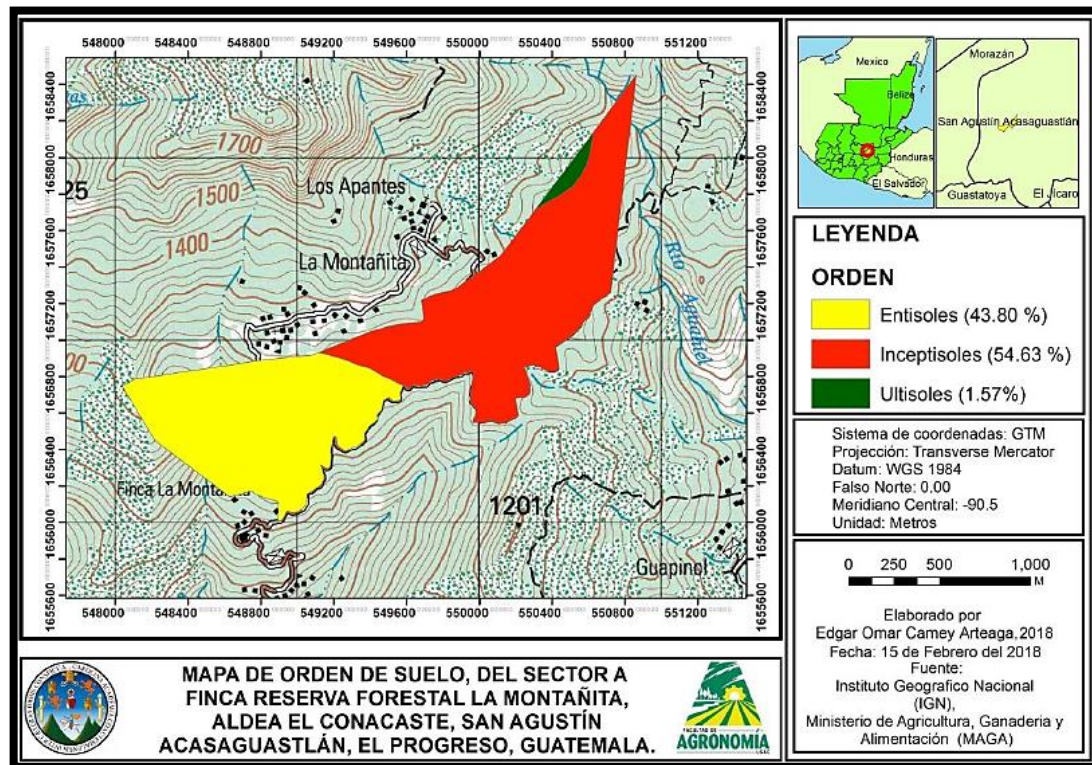
El material geológico de la finca está constituido por rocas ígneas metamórficas, procedentes del período Paleozoico (Campbell 1982). Entre las principales características geológicas es que son rocas metamórficas sin dividir, constituida de igual forma por filitas, esquistos cloríticos y granatíferos, esquistos y gneises de cuarzo-mica-feldespatos, mármol y magmatita (Chiquin 2003, Dengo 1973). Estos suelos tienen alto contenido de materia orgánica y abundante actividad biológica, los suelos se desarrollan sobre material geológico de serpentinas y rocas asociadas a riolita amorfa y calcárea que corresponden a un proceso de serpentización de rocas máficas (González 2018).

1.3.10. Clima

En la parte este que corresponde al bmh-S (f) el clima es fresco, derivado de la cantidad de afluentes hídricos que tiene el área. La parte suroeste de la finca, en donde se ubica “La Cabaña” y el “El Plan” se considera caluroso, puesto a que es posible encontrar guamil o bosques secundarios, que han sido remanentes de anteriores cosechas de maíz y frijol (Corzo 2018). Las temperaturas pueden variar desde 15 °C – 25 °C, con precipitaciones pluviales que oscilan entre 900 mm – 1,500 mm anuales, con dos temporadas de lluvia entre los meses de mayo-junio, luego una breve canícula, y finalmente julio - octubre, influenciados por el viento cargado de humedad que proviene del norte, cuando este efecto del clima se detiene, entra en acción la época seca (Campbell 1982, Corzo 2018).

1.3.11. Suelos

De acuerdo a Simmons et al. (1959) son tres las series de suelos sobre las que se ubica el sector “A” de la finca. La serie *Civijá* se caracteriza por tener planicies onduladas a fuertemente inclinadas, de relativo buen drenaje, de textura franco-arcillo-limosa, con pH que puede andar en 5.18, es una pequeña sección en el flanco norte de la finca con un área de (12.9 ha). La serie *Marajuma* tiene material original proviene de esquisto, con relieve escarpado, de buen drenaje, con textura franco-limosa a arcilla micácea friable, su pH en 5.78, se ubica en la parte media de la finca con un área de (104.20 ha). La serie *Chol* tiene suelos poco profundos, desarrollada sobre esquistos; relieve muy inclinado, drenaje excesivo, la textura puede ser franco arenoso fino gravoso a franco arcilloso-arenoso, su pH es de 4.75, se encuentre en la parte sur de la finca con un área de (65.50 ha), en la figura 7 se muestran las series de suelos presentes en el sector “A” de la finca:

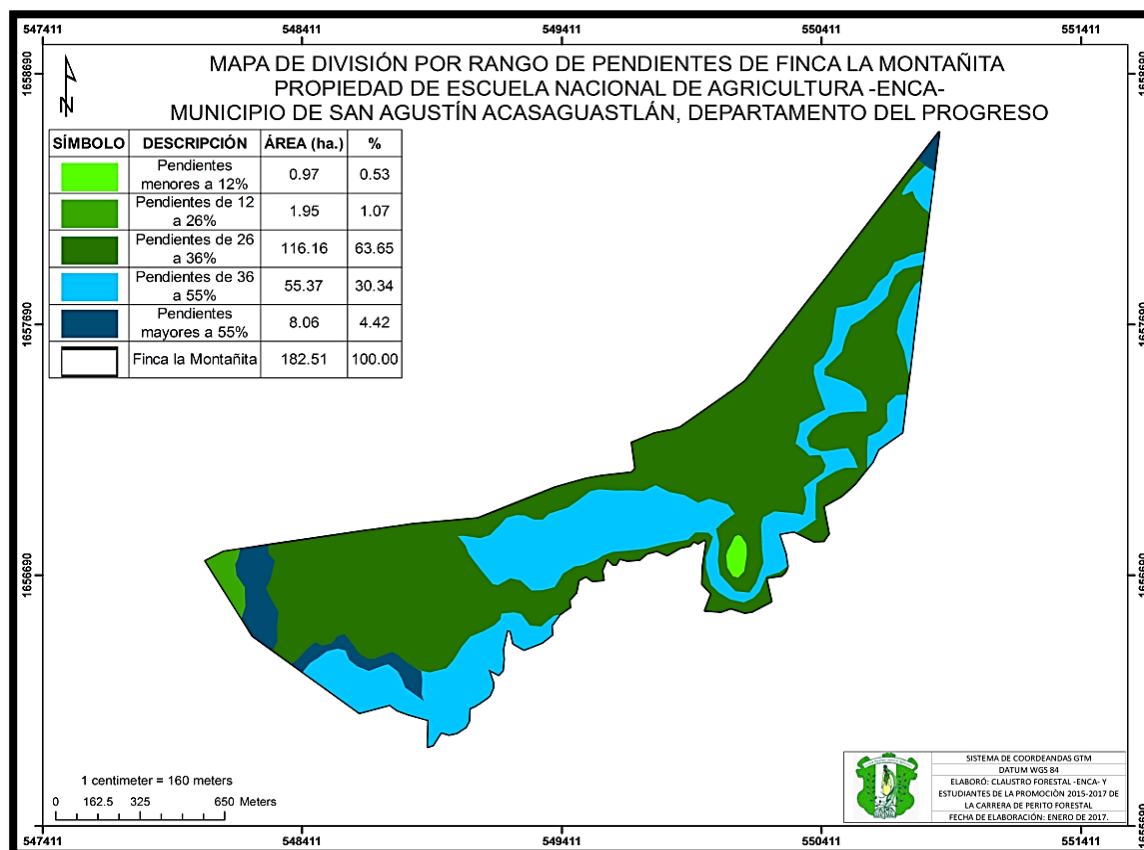


Fuente: Camey, 2018

Figura 7. Serie de suelos del sector “A” de finca “La Montañita”.

1.3.12. Pendientes

Su relieve es inclinado a escarpado, su pendiente va desde 12 % a 80 % en la parte norte de la finca (sector B) y en el sur se encuentran pendientes que van desde 20 % al 40 %, y de acuerdo a la versión del administrador, tienen buen drenaje (Chávez 2018). En la figura 8 se muestran los porcentajes de pendiente y el área que ocupan en el sector “A” de la finca:

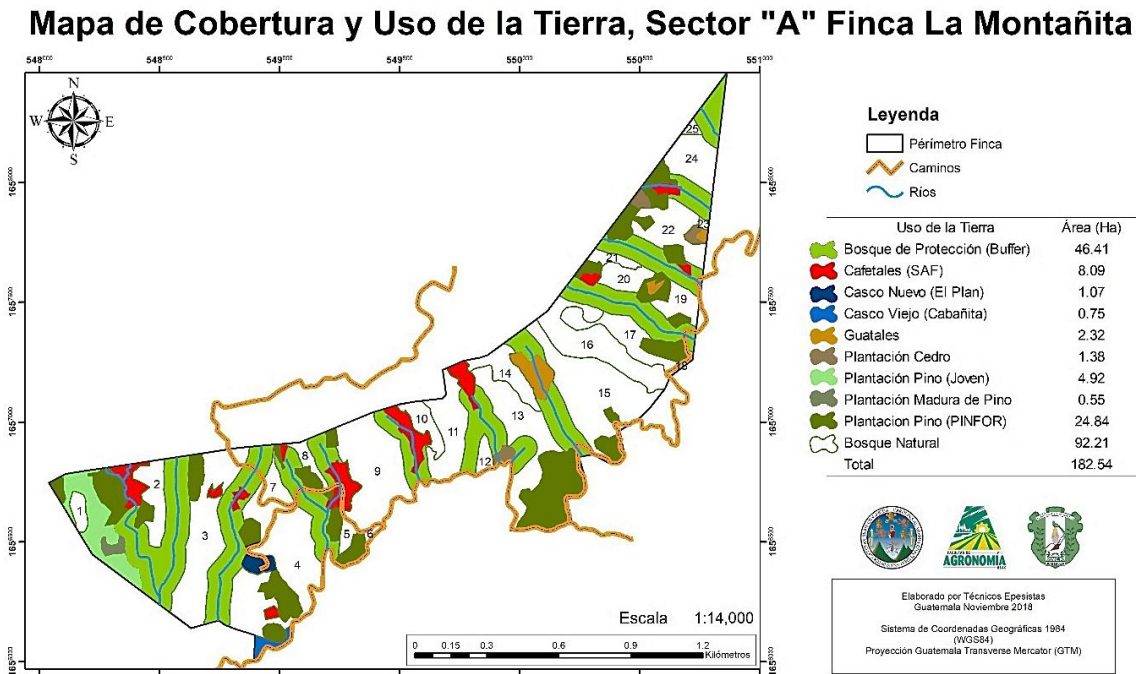


Fuente: Hilton, 2019

Figura 8. Mapa de pendientes del sector “A” de finca “La Montañita”.

1.3.13. Uso de la tierra

En cuanto al uso de la tierra, en el año 2018 se identificaron 10 usos de la tierra, los cuales son: bosque de protección (buffer), cafetales (SAF), casco nuevo (El Plan), casco viejo (Cabañita), Guatales (Guamíl), plantación de cedro, plantación de pino (joven), plantación madura de pino, plantación de pino (PINFOR) y bosque natural. Camey (2018) generó un mapa al respecto, el cual se puede observar en la figura 9:



Fuente: Camey, 2018

Figura 9. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2018 en el sector “A” de finca “La Montañita”.

A. Bosque de protección (buffer)

De acuerdo con Hilton (2019) y Marroquín (2019), esta zona que se ubica en la ribera de cada uno de los cuerpos de agua, se ha destinado para identificar las áreas como zonas de protección. De esta forma se mantendrá la vegetación nativa del lugar, se protegerán las fuentes de agua y será un lugar de protección de diversos grupos animales. Esta zona ocupa 46.41 ha del total del sector “A” de la finca, lo cual equivale a 25.43% de la misma, en la figura 10 se observa un ejemplo de la vegetación que se encuentra en el riachuelo “El Mango”:



Figura 10. Vegetación de bosque de protección.

B. Cafetales (SAF)

En el mapa se identifica de color rojo y ocupan 8.09 ha (4.43%) de toda la finca. Se encuentran en zonas con pendientes que van desde 20% a 50%. Con la finalidad de cumplir el POA de la finca, para 2019 se destinó incrementar 5 ha para el desarrollo de sistemas agroforestales (SAF), siendo indicador principal el número de hectáreas conformadas con los SAF para la producción de café, las principales especies de sombra: pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) y un árbol del género *Inga* sp., en la figura 11 se muestra un ejemplo del cultivo de café en como un SAF:



Figura 11. Cafetales en asocio con cultivo de banano.

C. Casco Nuevo (El Plan)

Esta zona ocupa un poco más de 1 ha dentro de la finca. Actualmente se encuentra ocupada por un establo que tiene dos mulas (*Equus* sp.), un umbráculo de 100 m de largo x 18 m de ancho. Dentro de este se encuentran tablones con 6,000 plántulas de café de las variedades Anacafé 14 y variedad Costa Rica, 500 plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) y cedro (*Cedrela odorata* L.). Esta zona será destinada para la construcción de un complejo de cabañas con fines académicos, por esta razón se trazó una ruta de conducción de agua desde “El Castellano” hasta un depósito con capacidad de 10,000 litros, el cual proporcionará agua para diversos usos en ese complejo académico, en la figura 12 se muestran plántulas de café y de pino:



Figura 12. Plántulas de café y pino ocotero en el casco nuevo de la finca.

D. Casco Viejo (Cabaña)

Esta zona ocupa 0.75 ha de toda la finca. Acá se encuentra una cabaña construida en un 95% por madera de pino (*Pinus* sp.). En el primer nivel de la cabaña hay dos cuartos, uno de ellos funciona como bodega de herramientas y otro tiene una litera para quien se hospede allí, un congelador, una lavadora y una estantería para guardar víveres. El segundo nivel tiene un área común en la cual se encuentra una estufa que funciona con gas, ocho literas y dos cuartos para que los visitantes se puedan hospedar. En cuanto a los servicios básicos que esta cabaña tiene se encuentran los siguientes: luz, agua, pila, pequeño horno de leña (polletón), congelador, estufa, baño, ducha y literas, en la figura 13 se muestra una vista general de la cabaña:



Figura 13. Cabaña del casco viejo del sector “A” de finca “La Montañita”.

E. Guatales (Guamil)

Representado de color anaranjado en el mapa de la figura 9, abarca 2.32 ha de la finca. Este terreno se encuentra sin uso agrícola o forestal, se plantea realizar estudios sobre restauración en estas unidades de la finca. De acuerdo con Hilton (2019) reúne las características básicas que se necesitan para establecer ensayos de *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P.Perry de tercera generación, en la figura 14 se muestra la ubicación de este sector de la finca:



Figura 14. Sitio de la finca desprovisto de bosque.

F. Plantación de cedro

Representada por 1.38 ha del sector “A” de la finca. Esta plantación tiene dos años de haberse establecido y se hizo en zonas que habían sido infestada por gorgojo del pino (*Dendroctonus* sp.) en anteriores plantaciones de pino (Marroquín 2019). Se ha observado el efecto de la polilla de las meliáceas *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), la cual causa daños considerables en esta planta al alimentarse de nuevos brotes (CATIE 1991, Cibrián 2016, Ortiz 2018, Howard 2021), lo cual impide el desarrollo de un fuste recto en los árboles, impidiendo que pueda cosecharse con fines maderables, reduciendo o anulando su valor comercial (Instituto Nacional de Bosques 2019). Aunque esta es una plaga difícil de controlar, incluso por métodos químicos, la implementación de prácticas silviculturales puede reducir el impacto de estos insectos. El monitoreo fitosanitario debe ser constante, establecer un Manejo Integrado de Plagas (MIP) puede ayudar a reducir estos impactos (Instituto Nacional de Bosques 2019).

G. Plantación de pino (joven), plantación madura de pino y plantación de pino (PINFOR)

En 2004 fue adjudicada a la ENCA la administración de los sectores “A” y “B”. Sin embargo, fue hasta el año 2016 que la institución planificó e inició trabajos de recuperación del área y delimitación de los linderos que dividen a la finca de las comunidades y propietarios circundantes a la misma. Algunos de los rodales visitados en esta fase de diagnóstico se observaban con acículas de tonalidades amarillas, posiblemente afectadas por un complejo de tizones del pino (*Phoma pinastri* Lev.), (*Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev.) y (*Dothistroma* sp.) (Cordón 2019), en la siguiente figura se muestra un rodal de plantaciones de pino del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR):



Figura 15. Plantación de pino del programa PINFOR en sector “A” de la finca.

H. Bosque Natural

La sección de bosque natural ocupa 92.21 ha, lo cual representa el 50.6 % del total de área del sector “A” de la finca. Para el año 2019 las autoridades de la ENCA planificaron la realización de diversos proyectos de restauración y protección, además de aplicar el Plan Operativo Anual (POA) 2019 de la ENCA, el cual abarca seis metas estratégicas para la institución, que se muestran a continuación:

- Conservación de las zonas de recarga hídrica.
- Manejo y conservación de suelo para establecimiento de parcelas demostrativas de agricultura en laderas.
- Desarrollo de sistemas agroforestales.
- Manejo, reforestación, protección de bosques y vida silvestre.
- Aprovechamiento de recursos forestales acorde al plan de manejo elaborado por el sector forestal de la ENCA.
- Gestiones legales de los proyectos institucionales correspondientes.

La cuarta y quinta meta están directamente vinculadas al tema de plantaciones forestales y aprovechamiento de la masa forestal. En el año 2019, se contempló mejorar la calidad vegetal de los diferentes estratos que conforman el bosque, aplicando diversas prácticas silviculturales; aprovechamiento del recurso forestal por medio del marcaje de árboles, entre otras actividades importantes del manejo forestal (Hilton 2019).

También se ha planificado mantener la conservación de recursos fitogenéticos. Por esta razón personal de la ENCA y del Instituto Nacional de Bosques (INAB) han considerado evaluar árboles potenciales para fuentes semilleras, principalmente de pino candelillo *Pinus maximinoi* HE Moore (Hilton 2019). Se ha evaluado realizar planes de restauración del paisaje forestal, según las categorías de la Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala (PROBOSQUE) (Escuela Nacional Central de Agricultura 2019).

1.3.14. Flora

Corzo (2018) realizó un trabajo de campo junto a pobladores de aldea “Conacaste” e identificaron las siguientes especies de flora en la región sur de la finca y en la aldea: morro (*Crescentia alata* HBK.), caoba (*Swietenia humillis* Zucc), jícara (*Crescentia cujete* L.), yage (*Banisteriopsis caapi* Spruce.), huele de noche (*Cestrum nocturnum* L.), palo brasil (*Haematoxylon Brasileto* Karst.), cedro (*Cedrela odorata* L.), chichipate (*Acosmium panamense* Yakovlev.), ciprés (*Cupressus lucitanica* Mill.), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Criseb.), cuje (*Inga spuria* Humb.), higuierillo (*Ricinus communis* L.), madrecaao (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), Nim (*Azadirachta indica* Jussieu.), pino (*Pinus oocarpa* Schiede, L.), guarumo (*Cecropia peltata* L.), roble blanco (*Quercus alba* L.), roble negro (*Quercus peduncularis* Née.) y encino blanco (*Quercus elliptica* Née).

De igual forma identificaron especies frutales: aguacate (*Persea americana* Mill.), anona (*Annona squamosa* L.), banano (*Musa paradisiaca* L.), mandarina (*Citrus reticulata* C.), mango (*Mangifera indica* L.), nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth.), naranjo (*Citrus x sinensis* Osbeck.), tamarindo (*Tamarindus indica* L.), zapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E.Moore & Stearn), chico (*Manilkara zapota* (L.) P.Royen), guanábana (*Annona muricata* (L.) M.Gómez.), guayabo (*Psidium guajava* (L.) Kunze), jocote (*Spondias purpurea* L.), lima (*Citrus x aurantifolia* (Christm.) Swingle.), limón (*Citrus x limon* (L.) Osbeck.), mamey (*Mammea americana* L.), toronja (*Citrus x paradisi* Macfad.) y coco (*Cocos nucifera* L.).

Por su parte González (2018) reporta que de la parte media a la parte alta de la finca se encuentran dos especies de pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl) y (*Pinus maxominoii* H. E. Moore), encinos o robles (*Quercus oleoides* Schtdl & Cham), roble (*Quercus peduncularis* Née), encino canche (*Quercus conspersa* Bent), roble negro (*Quercus* sp.), Chichipate (*Dalbergia laevigata* Yakovlev), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.), cedro de montaña (*Cedrela pacayana* C. DC.), ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller), madre cacao (*Gliricidia sepium* Kunth, Karl (Carl) Sigismund), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* Grisebach.), caoba del sur (*Swietenia humilis* Zucc.), achiote (*Bixa Orellana* L.), llama del bosque (*Spathodea campanulata* P. Beauv.) y llora sangre (*Virola merendonis* Warb).

Al realizar recorridos de campo durante el año 2019 se observaron diversos géneros de orquídeas: *Oncidium* sp., *Maxillaria* sp. y *Sobralia* sp.; bromelias como *Tillandsia xerographica* Rohweder (Bromeliaceae), helechos rupícolas como calaguala (*Polypodium* sp.) y helecho culantrillo (*Adiantum* sp.). Se encontraron hongos conocidos como panza de xara (*Lactarius indigo* (Schwein.) Fr.). Sobre algunos árboles muertos creían hongos del género *Ganoderma* (Polyporales), también se observaron musgos y líquenes.

Entre las plantas con flores se identificaron a nivel de género y especie 17 especímenes, pertenecientes a 18 familias botánicas, entre las cuales se encuentran: Asteraceae, Apocynaceae, Fabaceae, Acanthaceae, Lamiaceae, Polygonaceae, Bignoniaceae, Rubiaceae, Malvaceae, Lythraceae, Onagraceae, Verbenaceae, Boraginaceae, Oxalydaceae, Vitaceae, Piperaceae, Costaceae y Euphorbiaceae. El detalle de las familias encontradas y de las especies identificadas se encuentra en el Capítulo 2 de este documento de graduación.

1.3.15. Fauna

Batres y Ché (2019) realizaron un avistamiento de aves en el mes de marzo de 2019, producto de esa observación se tienen los siguientes reportes:

Cuadro 3. Avistamiento de aves del 20 al 22 de marzo de 2019.

Nombre común	Nombre científico
Yellow faced Grassquit	<i>Tiaris olivaceus</i> L.
Variable Seed eater	<i>Sporophila corvina</i> Sclater.
Altamira Oriole	<i>Icterus gularis</i> Wagler.
Acorn Woodpecker	<i>Melanerpes formicivorus</i> Swainson.
Turquoise-browed Motmot	<i>Eumomota superciliosa</i> Sandbach.
Masked Tityra	<i>Tityra semifasciata</i> Spix.
Grace's Warbler	<i>Setophaga graciae</i> Baird.

En la estadía del EPS se identificó al ave conocida comúnmente como Xara (*Cyanocorax melanocyaneus* Hartlaub.)

A. Reptiles

Falso coral (*Lampropeltis triangulum* Lacépède), serpiente ratonera, barba amarilla (*Bothrops asper* Garman.) e iguanas (*Iguana* sp.) (González 2018).

B. Anfibios

sapos (Bufonidae), (González 2018).

C. Aves

Lechuza (*Tyto alba* Scopoli), shara, loro (fam. Psittacidae), pericas australianas (*Melopsittacus* sp.), tecolote (fam. *Strigidae*), codorniz (*Coturnix coturnix* L.), gallinas y gallos (*Gallus gallus domesticus* L.), colibrí (fam. Trochilinae), azulejos (*Passerina cyanea* L.) y gorriones (*Passer domesticus* L.), (González 2018).

D. Mamífero

Armadillo (fam. Dasypodidae), comadreja (*Mustela* sp.), tacuazín (*Didelphis* sp.), coyotes (*Canis latrans* Say.), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann.), mapaches

(*Procyon* sp.), ardillas (*Sciurus* sp.), taltuzas (*Orthogeomys* sp.), perros (*Canis lupus familiaris* L.) y cerdos (*Sus scrofa domestica* L.), (González 2018).

E. Insectos

En la estadía del EPS, se identificaron algunos insectos distribuidos en diversos ordenes. Del orden Lepidoptera mariposas del género *Morpho* (Nymphalidae: Morphinae), *Anartia* y *Siproeta* (Nymphalidae: Nymphalinae), *Heliconius* y *Dryas* (Nymphalidae: Heliconiinae), *Greta*, *Eucides* y *Oleria* (Nymphalidae: Ithomiinae), género *Heraclides* (Papilionidae), familia Pieridae. Del orden Coleoptera se identificaron insectos de las familias: Carabidae, Histeridae, Passalidae, Scarabaeidae (subfamilias Dinastinae, Cetoniinae y Scarabaeinae), Lycidae, Lampyridae, Cantharidae, Coccinellidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae (subfamilia Scolytinae (*Ips* sp. y *Cossonus* sp.)) y Brentidae.

Del orden Neuroptera se observaron individuos de las siguientes familias: Myrmeleontidae (hormigas león), Mantispidae (mantis religiosa) y Chrysopidae (crisopas). Del orden Odonata se identificaron en campo individuos de los subordenes Zygoptera y Anisoptera. Del orden Diptera se observaron los siguientes individuos: zancudos gigantes (Tipulidae) moscas de los baños (*Clogmia*: Psychodidae), moscas ladronas (Asilidae), mosquitos jet (Dolichopodidae), moscas de las flores (Syrphidae), moscas de la fruta (Drosophilidae), mosca común (Muscidae), moscas verdes (Calliphoridae).

En el capítulo 2 se describe con mayor detalle individuos del orden Hymenoptera (Superfamilia Apoidea), distribuidos en las familias: Apidae (Apinae y Xylocopinae), Megachilidae (Megachilinae), Andrenidae (Andreninae) y Halictidae (Halictinae). Se identificaron 29 especies, de los cuales 10 pertenecen a abejas sin aguijón de la tribu Meliponini, 3 pertenecen al grupo de abejas de las orquídeas de la tribu Euglossini, dos especies de abejorros (Bombini), abejas de los ayotes (Eucerini), abejas cortadoras de hojas (Megachilini), entre otros individuos.

1.3.16. Plantaciones forestales

En el año 2018 los estudiantes que realizaron EPS en la finca, realizaron un inventario forestal de 26 rodales¹ de pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl) como la especie dominante, el cual se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Polígonos de pino en el sector “A” de la finca “La Montañita”.

No.	Polígono	Área total (Ha)	Dap promedio	Altura promedio	Área basal/Ha	Volumen m³/ha
1	Don Lipe	0.69	21.12	24.93	22.76	224.96
2	Petronilo	1.11	24.33	27.6	23.25	248.04
3	Don Fredy	0.28	19.03	19.6	11.37	92.23
4	Don Chico	0.9	22.43	23.45	21.73	201.04
5	El Pony	0.61	13.44	11.74	4.97	30.72
6	Don Rafa	0.36	19.21	15.64	23.19	154.11
7	La Joya	1.03	13.41	14.62	10.6	76.78
8	El Manguito	0.36	15.38	12.71	10.22	62.26
9	Plataforma	1.36	15.36	12.96	12.98	80.31
10	Piedras Blancas	0.24	20.3	11.05	6.47	31.52
11	El Mico	0.88	16.89	8.75	16.81	73.87
12	Chanon	6.01	18.01	11.22	15.29	78.81
13	El Pozo	0.31	18.06	10.56	14.09	69.21
14	Antonino	0.13	18.65	11.38	16.39	84.33
15	Don Pedro	0.74	14.07	8.48	8.55	41.29
16	El Limón	0.85	17.06	11.43	13.71	73.43
17	El Encino	1.01	15.89	11.03	15.87	85.46
18	Piedra parada	0.35	20.41	13.6	16.36	94.77
19	Cueva del zope	0.36	11.23	8.57	7.43	43.43
20	Chuchuchu	0.77	10.06	11.01	2.78	20.59
21	El plan	0.69	12.79	9.65	7.71	43.31
22	El Potrero	1.06	15.6	15.19	14.34	99.77
23	La cabaña	0.61	16.69	18.62	19.69	158.2
24	Don Chilo	0.57	17.81	11.37	9.97	52.19
25	El vivero	2.25	17.29	10.83	12.91	65.89
26	Las agujas	0.4	10.94	6.13	3.29	16.77

Fuente: Hilton, 2019

¹ Unidad mínima geográficamente continua de bosque, que tiene como características: misma especie dominante, clase de edad, clase de altura, clase de pendiente, calidad de sitio, etc. (INAB 2018).

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Fase inicial de gabinete

Se buscó información de orden primario y secundario por medio de entrevistas a personas relacionadas con la ENCA (subdirector, profesores y administrador de la finca), también se consultaron documentos sobre características fisiográficas y sociodemográficas del sector “A” de la finca y de aldeas “La Montañita” y “Conacaste”.

1.4.2. Fase de campo

En esta fase se realizaron las entrevistas a personas vinculadas a la ENCA (comunitarios y trabajadores de la finca), para obtener información sobre datos históricos y administrativos. Para obtener información general sobre la aldea “La Montañita” se consultó la información proporcionada por la Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán y de informes técnicos generados por estudiantes de la ENCA.

1.4.3. Fase final de gabinete

Esta fase consistió en ordenar, analizar y discutir la información obtenida para tener una idea general del estado de la finca y las comunidades en el año 2019. Se actualizaron algunos mapas de la finca y se generaron algunos cuadros con información básica de la misma.

Se realizó una matriz de priorización de problemas, siguiendo una propuesta de siete pasos para realizarla. Los pasos son: armar un equipo de trabajo, definir lo que se busca con la aplicación de la herramienta, generar una lluvia de ideas, ponderar los criterios, evaluar las opciones respecto a cada criterio y plasmar en la matriz de priorización, valorar cada opción de decisión y finalmente seleccionar la opción con mejor evaluación (Izar 2012). Considerando aspectos técnicos, económicos e institucionales, acorde a los principales ejes del Plan Operativo Anual de la ENCA, los problemas que tuvieron mayor puntaje fueron

seleccionados para realizar los servicios universitarios y uno de ellos como punto de investigación.

1.4.4. Materiales

A. Fase inicial de gabinete

- Computadora
- Servicio de internet
- Documentos de consulta (informes técnicos, tesis, mapas del área, etc.)
- Hojas de papel bond para la realización de entrevista
- Lapiceros, lápiz, marcadores.

B. Fase de campo

- Vehículo y combustible
- Cámara fotográfica
- GPS
- Machete y lima
- Libreta de campo

C. Fase final de gabinete

- Computadora
- Programa de Sistemas de Información Geográficas -SIG- para la realización de mapas interpretativos sobre aspectos biofísicos de la finca.

1.4.5. Priorización de problemas

Por medio de una matriz se evaluaron aspectos técnicos, económicos e institucionales. Los problemas que tuvieron mayor puntaje fueron seleccionados para realizar servicios universitarios y uno de ellos fue seleccionado como punto de investigación.

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 5 se muestran algunas de las problemáticas detectadas tanto de los recursos naturales dentro de la finca, así también de la relación que la ENCA tiene con aldea “La Montañita”. Los aspectos considerados para su evaluación fueron: técnico, económico e institucional con las ponderaciones de 20 %, 30 % y 50 %, respectivamente, considerando que estos son pilares fundamentales en el POA de la ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura 2019). El aspecto técnico se basó en la intensidad de tiempo que se invertiría al realizar la actividad considerada, considerando el plan de trabajo utilizado en el EPS de 22 días en finca y ocho días para realizar trámites administrativos, se consideraron intensidades de trabajo de 1 día/semana, 2 días/semana y 4 días/semana.

En el aspecto económico se utilizaron montos menores a Q.10, 000.00 considerados de menor cuantía y aquellos que sobrepasan una inversión de Q. 20, 000.00 o de mayor cuantía (Escuela Nacional Central de Agricultura 2019). El aspecto institucional se dividió en alto interés y bajo interés. Existe una columna que muestra propuestas de solución de problemas, considerando prioritarias aquellas que sobrepasen una ponderación de 60 % y fueron seleccionadas como servicios profesionales y como investigación de EPS.

En los aspectos institucionales y económicos se seleccionaron los siguientes problemas para ser resueltos por medio de servicios universitarios: extensión rural (62 %), estudio ecoturístico (65 %) e inexistencia de monitoreo fitosanitario (65 %). Los tres servicios anteriores requirieron acompañamiento técnico por parte del administrador de la finca, profesores de la ENCA, apoyo de instituciones como el INAB y de la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG), además estos problemas fueron considerados de alta prioridad institucional.

En lo que respecta a extensión rural dentro de aldea “La Montañita” se hizo énfasis en la relación que la ENCA busca tener con los comunitarios. De esta forma se contribuye al desarrollo social mediante capacitaciones a hombres y mujeres de la comunidad. Por esta razón, en común acuerdo con autoridades de la ENCA, miembros del COCODE de la aldea

y otros pobladores interesados, se definieron las principales actividades a trabajar, las cuales fueron: huertos familiares, vivero agroforestal, capacitación y muestreo de suelos con productores de café, actividades de educación ambiental con estudiantes de la Escuela Oficial Rural Mixta de aldea “La Montañita”.

En el servicio de diagnóstico ecoturístico, la finca deseaba conocer el potencial que tiene para generar ingresos económicos por medio del turismo ecológico (Escuela Nacional Central de Agricultura 2019). Por esta razón se realizaron las gestiones interinstitucionales necesarias para que expertos en la materia dieran acompañamiento en la realización de este estudio. Se incluyeron aspectos económicos, de biodiversidad, de atracción deportiva, entre otras, de acuerdo a manuales elaborados para este propósito (Consejo Nacional de Áreas Protegidas 2015).

Para dar respuesta al problema llamado “*Inexistencia en monitoreo fitosanitario de gorgojo descortezador (*Dendroctonus* sp.) en plantaciones de pino (*Pinus* sp.)*” se requirió el apoyo de un consultor forestal, de esta forma se generó una matriz de diagnóstico fitosanitario. En dicha herramienta de monitoreo se consideraron aspectos climáticos, dasométricos, fitosanitarios y de riesgo físico. También se propuso establecer parcelas fitosanitarias y envío de muestras al laboratorio de Fitopatología de la ENCA. Todos los servicios universitarios se encuentran en el capítulo 3 de este documento de graduación.

El problema llamado “*Deficiencia en el conocimiento de la biodiversidad de la finca*” con una ponderación del 65 %, está vinculado al potencial turístico de la finca. Por esta razón se caracterizó la diversidad de abejas nativas que tiene la finca y poblados cercanos a la misma. Se colectaron muestras entomológicas y botánicas, las cuales fueron identificadas en el Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). La investigación se encuentra en el capítulo 2 de este documento de graduación.

Cuadro 5. Matriz de priorización de problemas detectados en el sector “A” de finca “La Montañita”.

Problema	Propuesta de servicios	Aspecto técnico (20 %)			Aspecto económico (30 %)		Aspecto institucional (50 %)		Total (100%)
		Constante acompañamiento técnico (4 d/sem) (10 %)	Moderado acompañamiento técnico (2 d/sem) (7 %)	Bajo acompañamiento técnico (1 d/sem) (3 %)	Alta inversión (mayor de Q.20,000) (10 %)	Baja inversión (< Q.10,000) (20 %)	Alto interés (35 %)	Bajo interés (15 %)	
Poca comunicación con aldea “La Montañita”	Extensión rural participativa.	-	7	-	-	20	35	-	62
Inexistencia en monitoreo fitosanitario de gorgojo descortezador (<i>Dendroctonus</i> sp.) en plantaciones de pino (<i>Pinus</i> sp.)	Establecimiento de parcelas fitosanitarias y envío de muestras a laboratorios especializados.	10	-	-	-	20	35	-	65
Ausencia de instalaciones para la producción de carbón dentro de la finca.	Construcción de hornos para producir carbón.	-	7	-	10	-	35	-	52
Atraso en la gestión de parámetros para aprovechamiento forestal en plantaciones de pino (<i>Pinus</i> sp.)	Cálculo de índices de raleo y gestión para el marcaje de árboles que se aprovecharán.	10	-	-	-	20	35	-	65
Deficiente aprovechamiento de la tierra para establecimiento de SAF con café y otros cultivos.	Diversificación del área con cultivo de café y otras especies maderables.	-	7	-	10	-	-	15	32
No existe registro del aforo de fuentes hídricas de la finca.	Determinar caudal en época seca y lluviosa.	-	-	3	-	20	-	15	28
Inexistencia de parámetros del potencial turístico de la finca.	Gestión institucional para estudio ecoturístico.	10	-	-	-	20	35	-	65
Deficiencia en el conocimiento de la biodiversidad de la finca.	Estudios de biodiversidad.	10	-	-	-	20	35	-	65

1.6. CONCLUSIONES

1. Se realizó una caracterización biofísica al sector “A” de finca “La Montañita”. El área que ocupa dicho sector es de 182.5 ha, se identificaron 3 zonas de vida en el sistema de clasificación de Holdridge, 10 afluentes hídricos que atraviesan al sector “A”. El clima es fresco, con temperaturas que oscilan entre 15 °C a 25 °C y precipitaciones pluviales en un rango de 900 mm a 1500 mm anuales. En el sector “A” hay 3 series de suelos (Chol, Marajuma y Civijá), las pendientes van de 20 % a 40 %.
2. Se identificaron diez usos de la tierra que van desde bosque de protección en las zonas circundantes a los afluentes hídricos, 2 cascos de la finca, áreas con cafetales, bosque natural de pino-encino, plantaciones de cedro y 26 rodales con pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.).
3. Se identificaron 3 nuevos registros de orquídeas para la finca, 1 especie del género *Tillandsia*, 2 de helechos y 1 de hongo. De igual forma, se identificaron 7 especies de aves.
4. Se identificaron problemáticas vinculadas al uso de los recursos naturales dentro del sector “A” de la finca. Entre ellas: poca comunicación efectiva con comunitarios de aldea “La Montañita”, no existe monitoreo fitosanitario desde que las plantaciones de pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) fueron establecidas en la finca y no se ha evaluado el potencial turístico que tiene la finca. También el conocimiento sobre la biodiversidad de la finca y las áreas cercanas a la misma es escaso.

1.7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la ENCA que los proyectos de extensión rural sean permanentes. Que se utilicen distintas modalidades participativas con hombres y mujeres no solo de aldea “La Montañita”, también considerando a comunitarios de aldeas “Conacaste”, “Agua Hiel”, “Comaja”, “El Morro”, “La Potenciana”.
2. Debe existir apoyo interinstitucional con la municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, oficinas regionales y subregionales del INAB, CONAP, MAGA, el MINEDUC e incluso ONG’s.
3. En el sector “A” de la finca deben establecerse Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF). En dichas parcelas debe incluirse el componente fitosanitario y un mecanismo que agilice el traslado de muestras a un laboratorio de fitopatología para identificar a las plagas y enfermedades que atacan a las masas forestales de este sector.
4. Para evitar mayor retraso y pérdida de calidad de la madera que proviene de las plantaciones que tiene establecida la ENCA, deben calcularse los índices de raleo y gestión para el marcaje de árboles que se aprovecharán.
5. La ENCA debe invertir en la construcción de una estación meteorológica dentro de la finca, para que tenga sus propios datos climáticos. De esta forma podrá tomar decisiones sobre el manejo de los bosques, sistemas agroforestales y la disponibilidad del recurso hídrico en época seca, con mayor precisión. Además de que esto permitirá una mejor planificación cuando se establezca el Centro de Capacitación “La Montañita”.
6. Dar seguimiento al estudio ecoturístico de la finca, puesto a que se encuentra en una zona clave por la conectividad ecológica, biológica, económica y social de región oriental de Guatemala. Considerando realizar más estudios sobre biodiversidad en la finca.
7. La ENCA debe considerar la construcción de una Estación Biológica, por encontrarse en una zona importante como la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM), ya sea en el sector “A” o en el sector “B”, el cual está en mayor contacto con la zona núcleo de la Reserva.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Batres, D; Ché, A. 2019. Avistamiento de aves en el sector «A» de finca «La Montañita» en marzo de 2019, San Agustín Acasaguastlán, Guatemala. Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-, Docente.
2. Camey, E. 2018. Diagnóstico Finca Reserva Forestal La Montañita. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). p. 17.
3. Campbell, J. 1982. The biogeography of the cloud forest herpetofauna of middle America, with special reference to the Sierra de las Minas of Guatemala. Theses Ph. United States of America, University of Kansas, Faculty and Department of Systematics and Ecology. 326 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/213394535.pdf>
4. CATIE, Costa Rica. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de Campo. Costa Rica. 77 p. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0604e/A0604e.pdf>
5. Chávez, AR. 2018. Informe de práctica: Actividades de extensión rural realizadas en la comunidad La Montañita, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 77 p.
6. Chiquin Yoj, M. 2003. Cartografía geología del cuadrángulo El Progreso. *In* Simposio Técnico Proyectos de Investigación 2002 (2003, Cobán, Guatemala). Cobán, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Centro Universitario del Norte. 87 p.
7. Cibrián, D. 2016. Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales. México, Universidad Autónoma Chapingo. 229 p.
8. Córdón, P. 2019. Observación en campo de plagas y enfermedades que atacan plantaciones de pino. (comunicación personal). San Agustín Acasaguastlán, Guatemala, Instituto Nacional de Bosques -INAB-, Asesor de Plagas Forestales.

9. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala). 2015. Metodología y formato para elaborar la evaluación de potencial turístico de áreas protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP-. Documento. Guatemala. 37 p.
10. Corzo, MY. 2018. Informe de práctica: Actividades realizadas en la aldea El Conacaste, municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala y en la Universidad Nacional de Ciencias Forestales -UNACIFOR- en Siguatepeque, Comayagua, Honduras. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 105 p.
11. De la Cruz, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
12. Dengo, G. 1973. Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. 2 ed. Buenos Aires, Argentina, Centro Regional de Ayuda Técnica / Agencia para el Desarrollo Internacional -AID-. 71 p.
13. ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala). 2019. Plan operativo anual 2019. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. 100 p.
14. González, MM. 2018. Actividades de extensión rural realizadas caserío La Montañita, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala y descripción de actividades realizadas en Universidad Nacional de Ciencias Forestales de Honduras UNACIFOR. Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 115 p.
15. Hilton, L. 2019. Situación general de las plantaciones forestales en el sector «A» de la finca Reserva Forestal «La Montañita», San Agustín Acasaguastlán, Guatemala. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura - ENCA-. 19 p.

16. Howard, FW. 2021. El taladrador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera): (Pyralidae: Phycitinae). USA, University of Florida UF/IFAS, Featured Creatures; Entomology & Nematology. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/trees/moths/mahogany_borer-spanish.htm

17. Howard, G; Bartram, J. 2003. Domestic water quantity, service level and health. Switzerland, World Health Organization. 33 p. https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf

18. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2018. Manual técnico de planificación de inventarios forestales por medio de Sistemas de Información Geográfica -SIG-. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB). 115 p.

19. _____ 2019. Paquete tecnológico forestal para cedro (*Cedrela odorata* L.). Guatemala. 87 p

20. Izar, J. 2012. Calidad y mejora continua. España, LID Editorial. 290 p.

21. Marroquín, J. 2019. Viabilidad de semillas de caoba en finca «La Montañita» (comunicación personal). Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura - ENCA-, Administrador de Finca.

22. Ortiz, P. 2018. Manual para la identificación, prevención y control de plagas y enfermedades forestales. Cantoral, M (ed.). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB) / Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG). 153 p.

23. Simmons, CS; Tarano T, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.

24. Temaj, EZ. 2018. Descripción de las actividades de extensión rural en Centro de Capacitación La Montañita y aldea El Conacaste, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. Informe de Práctica. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 72 p.



Rolando Barrios

1.9. ANEXOS

Cuadro 6A. Matriz del POA de la ENCA para finca “La Montañita” del año 2019.

Manejo y producción sostenible de productos forestales en la finca La Montañita							
Unidad Encargada: Finca La Montañita							
1	Conservación de zonas de recarga hídrica	Hectárea	5	Número de hectáreas que contarán con plantaciones nuevas.	Registro del número de árboles plantados.	Plantas de pino, encino, cedro y caoba, maquinaria y nylon plástico de 10 mm.	
No	META	UNIDA DE MEDIDA	META ANUAL	INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	INSUMOS	COSTOS Q.
2	Manejo y conservación de suelo para establecimiento de parcelas demostrativas de agricultura en laderas	Hectárea	2	Número de parcelas demostrativas y sus componentes complementarios de conservación, implementados en laderas dentro de la Finca la Montañita.	Informe de avance trimestral.	Herramientas y maquinaria agrícola.	Q 650,000.00
3	Desarrollo de sistemas agroforestales	Hectárea	5	Número de hectáreas conformadas con sistemas agroforestales para la producción de café.	Registro de producción de café y notas de envío.	Insumos, herramientas y maquinaria agrícola.	
4	Manejo, reforestación y protección de bosques y vida silvestre	Hectárea	25	Mejora en la calidad vegetal de los diferentes estratos que conforman el bosque a través de la implementación de prácticas silviculturales.	Informe de actividades realizadas.	Personal capacitado, insumos, equipo y herramientas.	
No	META	UNIDA DE MEDIDA	META ANUAL	INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	INSUMOS	COSTOS Q.
5	Aprovechamiento de recursos forestales acorde al plan de manejo elaborado por el sector forestal de la ENCA	Hectárea	5	Cantidad de recursos forestales aprovechados, cumpliendo con lo establecido por las normativas nacionales vigentes y reglamentos emanados por la ENCA.	Registro de producción y notas de envío.	Insumos, herramientas y maquinaria agrícola.	
6	Gestiones legales de los proyectos ante instituciones correspondientes	Hectárea	25	Cantidad de área de la finca sometida bajo incentivos forestales en las modalidades de protección, plantaciones y/o sistemas forestales.	Resolución de aprobación del INAB.	Incentivo financiero para la conformación de un Plan de Manejo de la plantación forestal.	

Fuente: Escuela Nacional Central de Agricultura, 2019



2. CAPÍTULO II

**CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS EN LA FINCA
RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL
PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

**NATIVE BEE DIVERSITY OF “LA MONTAÑITA” FARM, SAN AGUSTÍN
ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

2.1. PRESENTACIÓN

Las abejas son importantes para la agricultura porque brindan el servicio ecológico de la polinización (García García et al. 2016). La interacción de estos organismos con los cultivos mejora la calidad y cantidad de frutos dentro de los sistemas de producción convencionales (Miñarro y Garcia 2016, Cerna Chávez et al. 2018). La especie de abeja más conocida por el estudio de su biología y papel en este tipo de actividades productivas es la abeja melífera europea (*Apis mellifera* L.). Sin embargo, en los últimos años se han realizado estudios sobre la diversidad de abejas nativas en la región de Mesoamérica (Griswold et al. 2017, Ayala 2017), en zonas de cultivos agrícolas, vegetación natural, zonas antropizadas, entre otros (Escobedo et al. 2014, Mérida-Rivas 2010, López-Gómez 2014, Balboa-Aguilar 2010).

Modificar el uso de la tierra genera cambios en la composición de las comunidades de abejas nativas. Esto puede afectada de forma positiva o negativa, según sea la perspectiva con la cual se analiza (Mérida-Rivas 2010, Balboa-Aguilar 2010). El presente estudio se realizó en la finca “La Montañita” así como en poblados cercanos a la misma, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala. En el sitio de estudio Corzo (2018) reportó que en años anteriores existía una cobertura y diversidad vegetal mayor para la finca y en los poblados cercanos, esto sugiere que las fuentes alimenticias para las abejas han disminuido en los últimos años. Por su parte (González 2018) indica que el cambio de la cobertura vegetal en la zona de estudio ha ocurrido por diversos motivos entre ellos: avance de la frontera agrícola, uso de madera para leña y expansión de zonas de vivienda (González, 2018). Sin embargo, no se tienen reportes de cuánto afectan esos cambios en el uso de la tierra a los ensambles de organismos como las abejas, puesto a que ellas dependen del tipo de vegetación que existe en el lugar (Ayala 2019).

Se colectaron abejas y plantas con las cuales mostraron algún tipo de interacción durante seis meses. Esto para conocer la diversidad, riqueza, recursos alimenticios, y el efecto de los distintos usos de la tierra sobre las comunidades de abejas nativas. Se calcularon los índices de Shannon H' y Pielou para conocer la diversidad alfa. Se calculó el coeficiente de

similitud de Jaccard e índice de Morisita-Horn para identificar cambios en las comunidades de abejas nativas entre los distintos usos de la tierra.

Se generó por medio del programa PAST 3.25 un Análisis de Componentes Principales (PCA) para las poblaciones de abejas nativas en distintos usos de la tierra. Para observar si existía algún grado de agrupamiento de abejas en los sitios de muestreo por el uso de la tierra o estas se distribuían de manera uniforme (Escobedo et al. 2014).

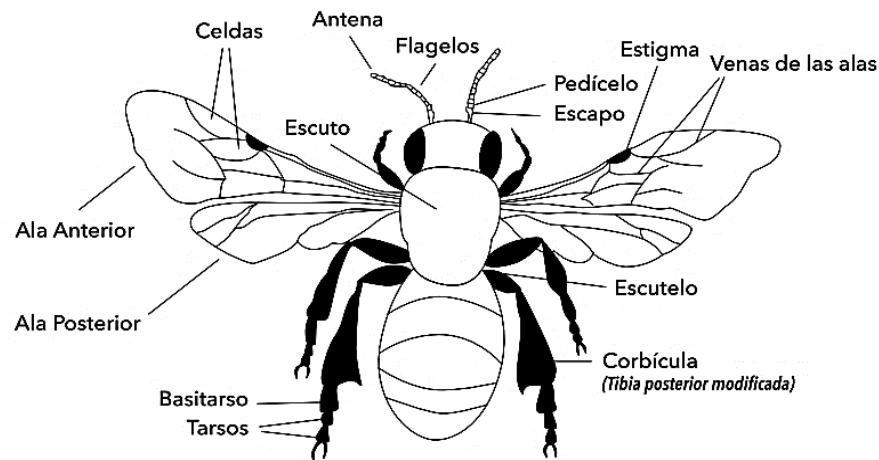
Se capturaron 526 individuos durante los seis meses de colecta. Las abejas fueron pinchadas, identificadas e ingresadas a la Colección de Abejas Nativas de Guatemala -CANG-. Se identificaron taxonómicamente 29 especies, distribuidas en cuatro de las cinco familias reportadas para Guatemala (Enríquez et al. 2012). Se identificaron 32 especies de plantas, pertenecientes a 18 familias botánicas. Estas plantas presentaban algún tipo de interacción con las abejas. Se realizó un listado de la flora que puede servir como recurso alimenticio para estos organismos y otros polinizadores del área. Los valores de riqueza y abundancia de abejas nativas indicaron que los centros poblados y los cascos de la finca tuvieron el valor más alto, debido a que estos proveían mayor cantidad de recursos florales para las abejas (Balboa-Aguilar 2010, Mérida-Rivas 2010, Escobedo et al. 2014).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Generalidades sobre las abejas

Las abejas son insectos (Clase Insecta) considerados como el mayor grupo del orden Hymenoptera, en la infraorden Aculeata. El cual comprende hormigas, abejas y avispas (Triplehorn y Johnson 2005, Zhang et al. 2018). En los cuales el ovipositor de las hembras se ha transformado en un aguijón, aunque esto no es generalizado para todos los grupos taxonómicos (Sharkey 2007, Peters et al. 2017). Actualmente Aculeata es considerado como un grupo monofilético pues todos sus miembros descienden de un solo antepasado (Peters et al. 2017), esto incluye a la superfamilia Apoidea que evolucionó de un ancestro común (Enríquez et al. 2012, Zhang et al. 2018).

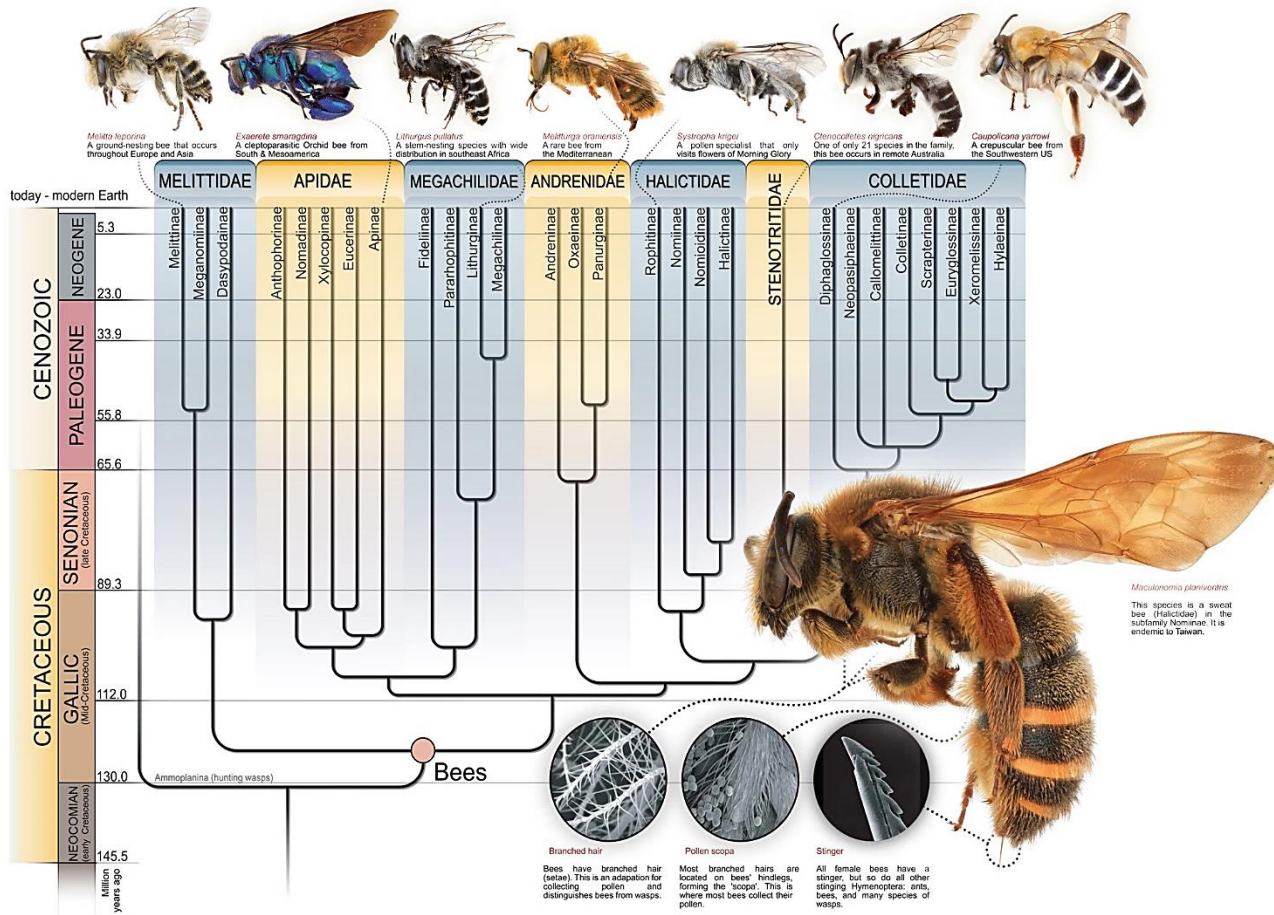
Tiene tres superfamilias entre las que se encuentra Apoidea a la cual pertenecen las abejas (Sharkey 2007). Algunas características diagnósticas para identificar abejas (superfamilia Apoidea) son: individuos usualmente más robustos y peludos que las avispas, presentan pelos ramificados y plumosos, ensanchamiento de la tibia de la pata posterior como una estructura especializada para recolectar néctar o polen llamada escopa y partes bucales muy especializadas (Enríquez et al. 2012, Ayala 2019, Michener 2007, Wilson y Messinger 2016, Danforth et al. 2006, Debevec et al. 2012, Johnson et al. 2013, Peters et al. 2017), en la figura 16 se muestran las partes básicas de una abeja nativa:



Fuente: Enríquez et al. (2014) .

Figura 16. Morfología de una abeja con sus tres tagma (cabeza, tórax y abdomen).

El número de especies de abejas conocidas hasta el momento a nivel mundial se estima entre 20,000 a 25,000 (Ayala 2019). Son considerados como el grupo más importante de insectos polinizadores puesto a que se originaron tempranamente a mediados del Cretácico en sincronía con el apareamiento de las angiospermas (plantas con flores) (Danforth et al. 2006), en la figura 17 se muestra la filogenia de las siete familias en mayúscula y subfamilias de abejas que existen en el mundo:

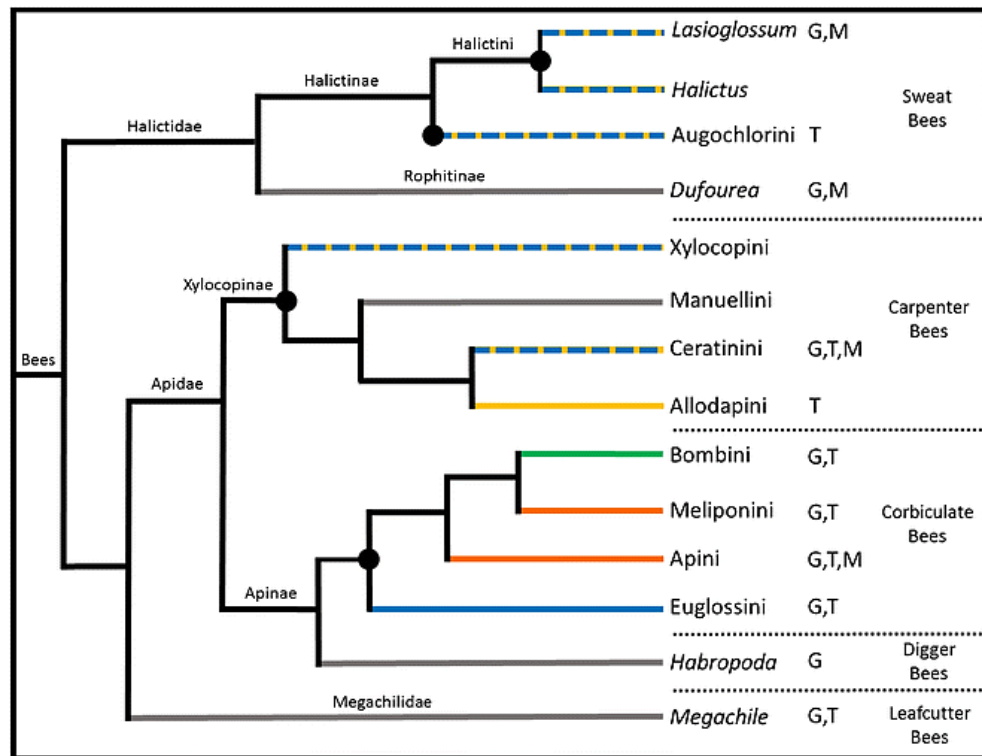


Fuente: Paleontological Research Institution (2020).

Figura 17. Relaciones filogenéticas de las siete familias de abejas del mundo.

Estos insectos tienen diversas coloraciones que van desde oscuras, amarillentas, blanquecinas, verdes, rojas y azules metálicos brillantes (Ayala 2019). Las abejas son conocidas por su comportamiento social, presentan distintos grados de organización que van desde solitarias hasta eusociales, y algunos hábitos intermedios: agregaciones,

colonias parasociales y subsociales (Shell y Rehan 2018, Ayala 2019, Gibbs et al. 2012). En la figura 18 se muestran ramas de distintos colores, indicando diversos comportamientos: gris (solitario), azul (solitario hasta primitivamente eusocial), verde (primitivamente eusocial), amarillo (primitivo a avanzado eusocial) y anaranjado (eusocial avanzado). También se muestra en la figura 18 un dendrograma de las relaciones existentes entre diversas familias, subfamilias y tribus de abejas:



Fuente: Shell & Rehan (2018).

Figura 18. Filogenia de los principales grupos de abejas y linajes sociales.

2.2.2. Familias de abejas presentes en Guatemala

Las abejas (superfamilia Apoidea) a nivel mundial se clasifican en siete familias: Stenotritidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae, Apidae (Michener 2007, Hedtke et al. 2013), y otros fósiles como Discoscipidae (Poinar 2020). En Guatemala se encuentran cinco familias: Apidae, Halictidae, Megachilidae, Colletidae y Andrenidae (Enríquez et al. 2012).

A. Familia Colletidae

Es un grupo diverso y varía en tamaño, desde pequeñas, delgadas y casi glabras hasta abejas grandes, robustas y peludas (Michener 2007, Enríquez et al. 2012, Ayala 2019). Son insectos solitarios que utilizan la glosa (lengua) para cubrir las celdas de cría con una sustancia similar al celofán, algo considerado como una característica única de esta familia (Michener 2007, Danforth et al. 2006). Las abejas de esta familia poseen una glosa corta, más ancha que larga y ampliamente truncada o bilobulada. La mayoría de las hembras transportan el polen externamente (en escopas localizadas en el trocánter, fémur o la tibia posterior, incluso en el buche). Considerada como la familia más primitiva, se subdivide en 5 subfamilias, 5 tribus, 54 géneros y agrupa a más de 2,000 especies a nivel mundial (Michener 2007). Incluye las siguientes subfamilias: Diphaglossinae, Colletinae, Euryglossinae, Xeromelissinae, Hylaeinae (Enríquez et al. 2012, Danforth et al. 2006).

B. Familia Andrenidae

En este grupo se incluyen abejas solitarias, mayoritariamente oligolécticas y con mucha diversidad morfológica (Michener 2007). Las hembras transportan el polen en escopas localizadas en el trocánter, el fémur y la tibia (Ayala 2019). La subfamilia Andreninae tiene géneros con una escopa a nivel del propodeo (Wilson y Messinger 2016). Los miembros de esta familia se caracterizan por la presencia de dos suturas sub-antennales que forman un área generalmente cuadrada o rectangular, así como la presencia de una fovea facial y glosa puntiaguda, corta o larga. Incluye 4 subfamilias, 6 tribus, 36 géneros y aproximadamente 2,300 especies en todo el mundo (Michener 2007), y las siguientes subfamilias: Alocandreninae, Adreninae, Panurginae y Oxaeinae (Enríquez et al. 2012, Ayala 2019).

C. Familia Megachilidae

Algunos autores sostienen que estas abejas pudieron originarse en el Eoceno Medio, pues algunas plantas muestran cortes semicirculares en hojas, sugiriendo que el comportamiento cortador de hojas apareció muy temprano en su evolución (Cardinal y Danforth 2013, Wedmann et al. 2009). Una característica clave que las distingue del resto de abejas es la presencia de una escopa muy desarrollada y densa en la parte ventral del metasoma; posee dos celdas submarginales en el ala anterior, glosa larga con fabelo, labro más largo que ancho y una sutura subantenal (Enríquez et al. 2012). Este grupo presenta gran diversidad morfológica, e incluye algunas abejas cleptoparásitas (Michener 2007). Pueden construir sus nidos con pedazos de hojas o con barro, otras construyen su nido en el suelo, otras en troncos o en secciones de madera (Michener 2007, Ayala 2019). Lo conforman 2 subfamilias, 7 tribus, 70 géneros y aproximadamente 3,500 especies en todo el mundo (Michener 2007), incluye las siguientes subfamilias: Fideliinae y Megachilinae (Ayala 2019, Enríquez et al. 2012).

D. Familia Halictidae

Este grupo se originó evolutivamente en el Eoceno (Engel y Archibald 2003). La familia Halictidae es cosmopolita, la mayoría de especies son solitarias, algunas semisociales y eusociales (Enríquez et al. 2012, Danforth et al. 2013, Pesenko 1999). Diversas especies de este grupo son polilécticas, varían de tamaño de pequeños a medianos, presentan coloraciones metálicas y son visitantes florales muy comunes (Danforth et al. 2013, Enríquez et al. 2012). Las hembras tienen órganos colectores de polen en las patas posteriores, llamados escopas, tienen abundantes pelos largos que sirven para recolectar polen (Ayala 2019, Michener 2007). Presentan glosa puntiaguda (corta o larga), una sutura subantenal y lacinia en forma de lóbulo pequeño sobre la base de la probóscide (Michener 2007, Enríquez et al. 2012). Está representada por 4 subfamilias, 2 tribus, 75 géneros y aproximadamente 3,500 especies en todo el mundo (Michener 2007, Enríquez et al. 2012) e incluye las siguientes subfamilias: Rophitinae, Nomiinae, Halictinae y Nomioidinae (Enríquez et al. 2012).

E. Familia Apidae

Esta familia tiene fósiles que datan del Cretácico temprano (Michener 2007), que sugieren un aumento significativo en diversidad de especies, relacionado al aumento de las angiospermas en esa era geológica (Danforth et al. 2006, Peters et al. 2017, Zhang et al. 2018, Hedtke et al. 2013). Es un grupo de amplia distribución, diverso morfológicamente y en su comportamiento (Michener 2007, Enríquez et al. 2012). Incluye abejas eusociales (Meliponini y Apini) que almacenan miel en grandes cantidades, abejas de las orquídeas (Euglossini), abejorros (Bombini), abejas carpinteras grandes (Xylocopini) y pequeñas (Ceratinini) que construyen sus nidos en madera, así como abejas cleptoparásitas (Enríquez et al. 2012). Esta familia está integrada por 3 subfamilias, 33 tribus, 170 géneros y aproximadamente 5,130 especies en todo el mundo e incluye las siguientes subfamilias: Apinae, Nomanidae, Xylocopinae (Michener 2007, Enríquez et al. 2012).

2.2.3. Origen evolutivo de la polinización en Angiospermas

Las abejas se originaron de principios a mediados del Cretáceo, aproximadamente en sincronía con las angiospermas (Danforth et al. 2006, Sauquet et al. 2017, Magallon et al. 2015, Vamosi et al. 2018, Magallón et al. 2019, Long et al. 2005, Feild et al. 2003). Existe evidencia científica la cual sugiere que las primeras ramas de la filogenia de las abejas incluye linajes predominantemente especialistas en plantas hospedadoras, con lo cual la especificidad de la planta hospedadora es un rasgo ancestral en las abejas (Danforth et al. 2006).

Algunas investigaciones indican que las flores de las angiospermas evolucionaron cuando una gimnosperma ancestral formó una asociación con animales. Esos animales fueron posiblemente insectos, que transportaban su polen de una planta a otra (Audesirk et al. 2012, Hu et al. 2008, Veits et al. 2019). Entre los rasgos más importantes que se atribuyen a la diversificación acelerada de las angiospermas se encuentra la polinización mediada por animales, para obtener alimento. Esto desarrolló procesos de coevolución que derivaron en el desarrollo de estructuras cada vez más especializadas para obtener y transportar los

recursos de las plantas (Danforth et al. 2006, Debevec et al. 2012, Johnson et al. 2013, Peters et al. 2017). Simultáneamente, las plantas comenzaron a depender de las abejas y otros polinizadores como vehículos para asegurar su reproducción (Quezada-Euán y Ayala Barajas 2010). Con lo cual la planta lograba que los óvulos fueran fecundados y maduros (Willmer 2011). El paso siguiente a la formación de semilla en la evolución del ciclo de las embriofitas fue la formación de una estructura que encerraría a la misma para su protección, llamada actualmente fruto (Cronquist 2000, Judd et al. 2016). Al lograrse la formación del fruto, las angiospermas alcanzaron uno de sus éxitos evolutivos (Audesirk et al. 2012).

2.2.4. Importancia de la polinización

La polinización es el proceso mediante el cual se transfiere polen desde los estambres hasta el estigma de las flores en las angiospermas. En este lugar germinan y se fecunda al óvulo de la flor, lo cual hace posible la producción de semillas y frutos (Willmer 2011, Audesirk et al. 2012). A cambio la planta recompensa a sus polinizadores con néctar, polen, aceites, resinas y otros recursos importantes para la nutrición de adultos, y larvas (Wcislo y Cane 1996, Simpson y Neff 1981).

Entre los organismos polinizadores se pueden incluir abejas, avispas, mariposas, polillas, moscas, escarabajos, aves, murciélagos e iguanas. Los cuales están anatómicamente o conductualmente adaptados para una entrega de polen eficiente y precisa (Altieri et al. 2015). Se han encontrado un total de 63 especies de animales (60 de insectos, 2 de pájaros y una de murciélago), identificados como verdaderos polinizadores, de los 107 principales cultivos básicos del mundo, no obstante, la cantidad real de especies involucradas puede ser mayor (Klein et al. 2007).

La polinización cruzada promueve la diversidad genética en las plantas (Rendón et al. 2013). Entre el 78 % y el 98 % de las especies de angiospermas dependen de los servicios de polinización cruzada provista diversas especies de animales (García García et al. 2016, Altieri et al. 2015, Ollerton et al. 2011). Al verse amenazadas las poblaciones de los distintos grupos polinizadores, entre ellos el de las abejas, las plantas tendrían dificultad para reproducirse (Quezada-Euán y Ayala Barajas 2010).

2.2.5. Importancia de las abejas en los ecosistemas naturales

Las abejas son importantes polinizadores en regiones tropicales y subtropicales (Barquero-Elizondo et al. 2019, Reyes-González et al. 2017). Están asociadas a la vegetación que les proporciona recursos alimenticios, sitios para anidar, exudados, resinas, savia, entre otros (Armas 2009, Bonet Ferrer y Vergara 2016). El néctar que producen las plantas se constituye como la principal recompensa floral para sus visitantes, con lo cual la planta protege su inversión de recursos para generar el polen en el proceso de polinización (Willmer 2011). Los granos de polen se adhieren a la superficie de los visitantes florales a causa de ciertas propiedades pegajosas. En el caso particular de las abejas, los pelos ramificados que éstas poseen potencializan el proceso de transporte de polen. Estas por lo general lo transfieren con las patas anteriores y patas medias a una expansión en el tercer par de patas llamada “escopa” en la cual se depositan los granos de polen (Willmer 2011).

Todos estos recursos florales son proporcionados por vegetación que se encuentra en zonas abiertas o dentro de los bosques, a cambio, estas plantas reciben el beneficio de la polinización (Roubik 2006). La mayoría de estos organismos de las selvas tropicales no son polinizados por el viento, sino por otros agentes, incluidas las abejas (Wille 1983). Se ha constatado, que la presencia de abejas sin aguijón, al polinizar distintas especies de árboles en un bosque de Costa Rica permite que las comunidades de la selva tropical tengan una configuración particular (Wille 1983, Barquero-Elizondo et al. 2019).

La polinización tiene un papel trascendental en la estructura de ensamblajes vegetales y de poblaciones de animales dentro de estas comunidades (Tonietto et al. 2017, Wu et al. 2018). Este proceso influye en el flujo genético y en la producción de semillas y frutos que son alimento para otros animales, permitiendo esta función de polinización que la sobrevivencia de las comunidades naturales sea exitosa (Rodríguez 2008), pero si los ecosistemas son perturbados, las poblaciones de polinizadores responderán a tales efectos.

La disminución global de polinizadores atenúa la resistencia de las áreas naturales y agroambientales a los disturbios (Wu et al. 2018). En ese sentido, la capacidad de las

funciones de polinización para resistir o recuperarse de los disturbios puede ser crítica para asegurar un exitoso proceso de restauración (Kaiser-Bunbury et al. 2017). La mayor parte de las fanerógamas (plantas con semillas) tendrían limitaciones por ausencia de los polinizadores, puesto a que el 87.50 % de las angiospermas precisan de la polinización biótica (Bonet Ferrer y Vergara 2016).

Para los ecosistemas las abejas nativas son importantes bioindicadores del deterioro de ecosistemas y de la contaminación ambiental. Son sensibles a perturbaciones naturales y a las causadas por la actividad humana (Meléndez Ramírez et al. 2014, Kaiser-Bunbury et al. 2017, Graça y Somavilla 2019, Biella et al. 2019, Galetto et al. 2007, Kiatoko et al. 2017, Buchori et al. 2019, Lázaro y Tur 2018). En ese sentido, es importante resguardar los hábitats para proveer de servicios a las abejas y a otros polinizadores (Roberts et al. 2017, Bogusch et al. 2015, Taki et al. 2013, Phifer et al. 2016).

Lugares que tienen vegetación pueden proporcionar condiciones favorables para las abejas, ya que proporcionan sitios de anidación para mantener poblaciones de estos insectos (Hopwood 2008). Además los polinizadores mantienen la salud y función de los ecosistemas, permiten la reproducción de plantas silvestres, producción de cultivos y seguridad alimentaria (Brosi et al. 2008, Potts et al. 2016). Mantener hábitats en lugares marginales como la vegetación de las orillas de carreteras es importante para conservar la biodiversidad en paisajes que han sido altamente modificados (Gallardo y Contreras 2016).

2.2.6. Importancia de las abejas para la agricultura

Las abejas y otros polinizadores son reconocidos por su contribución al desarrollo sostenible de la sociedad. El importante papel que desempeñan en la seguridad alimentaria, la nutrición, la agricultura sostenible, el medio ambiente, la salud del ecosistema, la conservación y la mejora de la diversidad biológica, son atribuidos a estos organismos (FAO 2016, Altieri et al. 2015, Roubik 2018) . En los últimos 50 años, la alimentación mundial se ha hecho más dependiente de la agricultura, y esta tendencia aumenta cada vez más. Muchos de los productos que las personas consumen dependen del servicio de polinización

de las abejas y otros grupos de organismos, los brindan el servicio de polinización a más de tres cuartas partes de los principales tipos de cultivos alimentarios mundiales (FAO 2016).

Se estima que aproximadamente de cien especies de cultivos que proporcionan el 90 % de los alimentos a todo el mundo, 71 % son polinizadas por las abejas (FAO 2016, Roubik 2018). La polinización es el insumo agrícola que más contribuye a los rendimientos mundiales, por encima de otras prácticas de la agricultura, esto aplica tanto para grandes productores de cultivos agrícolas como a pequeños agricultores sobre todo en países en desarrollo (FAO 2016). Un estudio mostró que, en áreas con uso agrícola de menos de dos hectáreas de extensión, con adecuada gestión de la polinización, y que dé lugar a una mayor densidad de visitantes por flor, podría incrementar el rendimiento promedio del 24 %, en ese sentido la intensificación ecológica puede crear una biodiversidad sincrónica y resultados de rendimiento positivos para los agricultores (Garibaldi et al. 2016, Potts et al. 2016).

Para el año 2009 los servicios provistos por animales polinizadores fueron evaluados conservadoramente en US \$ 216 millones en 2005, o 9.50 % del valor global de la producción de alimentos (Gallai et al. 2009). La cantidad y calidad de la cosecha se puede cuantificar económicamente, cerca de 92 y 100 centavos por cada euro que se produce en el cultivo de manzana procede del servicio de polinización por medio de insectos (Garratt et al. 2014, Miñarro y Garcia 2016). Entre 80 y 98.9 centavos por cada euro producido en el cultivo arándano provienen de servicios de polinización (Tuell y Isaacs 2010), 78.5 centavos en el cultivo de kiwi (Miñarro y Garcia 2016), 49.6 centavos en el cultivo de fresa (Klatt et al. 2013).

Entre los cultivos agrícolas más dependientes de la polinización entomófila se incluyen: la cereza, la almendra, la manzana, el tomate, los chiles, el melón, la sandía, el café, el cacao, entre otros (Miñarro et al. 2018). En invernaderos se ha demostrado que la presencia de abejas nativas tiene un efecto positivo al mejorar la calidad de frutos de diversos cultivos como los chiles *Capsicum annuum* L. y tomate *Solanum* sp. (Nates-Parra 2005, González 2013, Landaverde-González et al. 2017, Cerna Chávez et al. 2018, Mescher et al. 2020).

En Guatemala, las comunidades indígenas utilizan los ayotes (*Cucurbita pepo* L.) en su dieta alimenticia. Se ha demostrado que estas plantas dependen de la polinización de abejas nativas para aumentar el peso y número de semillas que esta produce (Enríquez et al. 2015). Esto también se ha evidenciado en: cultivares de olivo (Martínez-Núñez et al. 2020), en cultivares de almendra (Boyle et al. 2020), en cultivo de café (Armas-Quiñonez et al. 2020), entre otros cultivos de interés agrícola. Los alimentos que proceden de cultivos polinizados por animales tienen considerables cantidades de micronutrientes fundamentales, como vitaminas, antioxidantes y minerales (Miñarro et al. 2018).

2.2.7. Importancia de la meliponicultura

La producción tradicional de miel por medio de abejas nativas sin aguijón es valorada por distintos pueblos de Mesoamérica (Enríquez et al. 2014). El término meliponicultura se entiende como el cultivo de abejas sin aguijón (Tribu Meliponini) (Guzmán et al. 2011, Enríquez et al. 2014). Estas abejas fueron utilizadas como productores de miel antes de la introducción de la abeja europea al continente americano (Arnold et al. 2018, Shanahan y Guzmán 2017, Enríquez et al. 2014).

Algunas de las especies utilizadas son: *Melipona beecheii* Bennett (criolla), *Plebeia frontalis* Friese, *Nannotrigona perilampoides* Cresson, *Trigona nigra* Provancher, *Trigona fulviventris* Guérin-Méneville y *Trigonisca pipioli* Ayala (González Acereto y Quezada Euan 2007). El polen tiene gran cantidad de proteínas, vitaminas (A, B, C, D, E, K), minerales, carbohidratos y aminoácidos esenciales, además de elementos como fósforo, manganeso, azufre, cobre, calcio, potasio, entre otros, y agentes antibióticos muy eficientes, también una provitamina llamada caroteno (Enríquez et al. 2014, Arnold et al. 2018).

En Mesoamérica, y en especial en Guatemala, el cultivo de las abejas sin aguijón fue importante en épocas anteriores a la conquista de los españoles. El padre Fray Francisco Ximenes lo reporta en sus escritos el comportamiento de anidación, propiedades medicinales, cultivo y aprovechamiento de estas abejas nativas sin aguijón por los mayas a

principios del siglo XVI (Enríquez et al. 2014). En el departamento de Quiché, se cultivan abejas de la especie *Scaptotrigona pectoralis* Dalla Torre (Vásquez-Soto 2007).

En el país existen al menos 33 especies de abejas nativas sin aguijón. Resaltan cinco por su alto potencial para comercializar sus productos, siendo estas: *M. beecheii*, *Trigona* sp. (*Tetragonisca*) *angustula* sp. Latreille (chumelo o doncellita), *Scaptotrigona pectoralis* Dalla Torre (congo canche), *Scaptotrigona mexicana* Guérin-Méneville (congo negro) y *Geotrigona acapulconis* Strand. (talnete) (Enríquez et al. 2014). A la miel de *M. beecheii* se le han comprobado propiedades antibacterianas contra *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 *in vitro* (Dardón Peralta 2005), de igual forma se ha confirmado que esta miel tiene resultados favorables en la cicatrización en heridas post-castración en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) (Nufio Oliva 2018), así como en actividades antimicóticas (Valencia-Velásquez 2017).

La meliponicultura provee de beneficios económicos a quienes la practican por la venta de miel principalmente (Enríquez et al. 2014, Shanahan y Guzmán 2017). Esa miel es demandada, entre otras razones, porque se le atribuyen propiedades medicinales y se vende a mejor precio que la de abeja melífera, pudiendo cotizarse en Q. 250.00 un recipiente de 750 ml de capacidad, comparado con Q. 60.00 por una botella de miel de *Apis mellifera* L. (Enríquez et al. 2014). Trabajar con abejas nativas con un manejo adecuado, puede incrementar la producción de miel y de ingresos económicos para cada núcleo familiar, además de ser dóciles ya que, no tienen aguijón (Enríquez et al. 2014, Arnold et al. 2018, Shanahan y Guzmán 2017, Guzmán et al. 2011).

2.2.8. Pérdida de biodiversidad y abejas nativas

Las poblaciones de polinizadores de insectos silvestres y manejados han disminuido en abundancia y diversidad (Biesmeijer et al. 2006). En los Países Bajos y Reino Unido se ha reportado la disminución de las poblaciones de abejorros del género *Bombus* Latreille (Kleijn y Raemakers 2008, Goulson et al. 2005), además de las pérdidas sustanciales en colonias de abejas melíferas silvestres y manejadas que cada vez es más conocida (Altieri et al.

2015). También existe evidencia que la abundancia y riqueza de las comunidades de polinizadores silvestres disminuye significativamente en paisajes de agricultura intensiva altamente modificados, lo cual afecta fuertemente el nivel de servicio prestado a diversos cultivos de interés agrícola (Kremen et al. 2002, Altieri et al. 2015). En el caso de las abejas que se utilizan en la meliponicultura, si se extraen nidos del bosque o se mueven fuera de su área de origen, puede causar dificultades en la sobrevivencia de las colonias y dejarlas vulnerables a enfermedades (Enríquez et al. 2014, Shanahan y Guzmán 2017).

El cambio en la abundancia de polinizadores afecta directamente la reproducción de plantas y el flujo de genes (Rendón et al. 2013), debido a que los sistemas de dispersión pueden estar restringidos a causa de la fragmentación de hábitat (Nora et al. 2011). Las abejas enfrentan amenazas crecientes de origen antropogénico que incluyen: la pérdida de hábitat y fragmentación, intensificación del cultivo agrícola, uso de pesticidas y de especies introducidas (García García et al. 2016). En entornos altamente impactados por humanos que carecen de modificaciones a los usos de la tierra puede propiciar hábitats que se vuelven especialmente importantes en la conservación de la biodiversidad (Kaiser-Bunbury et al. 2017, Wu et al. 2018). La presencia de vegetación circundante como setos, contornos en los terrenos de cultivo y en bordes de carreteras puede tener valor para diversos polinizadores (Hopwood 2008).

La agricultura intensiva y la conversión del uso de la tierra son consideradas como una de las mayores amenazas en ecosistemas terrestres (Altieri et al. 2015). El impacto que las personas generan en la modificación de un paisaje por medio de cambios de uso en la tierra de cualquier territorio, afectan la distribución de la cubierta vegetal del suelo y afecta procesos ecológicos fundamentales como los ciclos hidrológicos y climáticos, ciclos biogeoquímicos, además de afectar la persistencia y la extinción de especies (Vitousek et al. 1997). La modificación de patrones de uso de la tierra y la fragmentación del hábitat, puede producir diversos efectos, a distintas escalas espaciales y diversos niveles de organización biológica (Santos y Tellería 2006, Mérida-Rivas 2010).

La diversidad local a nivel de especie, depende de la diversidad regional de especies, así como de procesos históricos y regionales, esto influye en la estructura de la comunidad local (Ricklefs 1987). Las especies reaccionan a diversos cambios dentro del paisaje a diferentes escalas espaciales, por lo cual para comprender los patrones de diversidad y composición de una comunidad dentro de los hábitats locales, es necesaria una perspectiva del paisaje (Ahrné 2008).

2.2.9. Alternativas de conservación de polinizadores en zonas de actividad agrícola

Se pueden desarrollar algunas actividades para favorecer la conservación de polinizadores en áreas agrícolas. Algunas de las cuales son: adecuar la distribución y organización de las áreas destinadas para sembrar diversos cultivos (Mader y Evans 2010), considerar la disponibilidad de fuentes de agua y de vegetación nativa para que éstas provean recursos para nidificación y recursos alimenticios. Es importante considerar que la mayoría de especies de abejas nativas no se desplazan más allá de 150 m o 180 m de sus nidos (Eardley et al. 2006). En cultivos con áreas mayores se pueden utilizar cercas vivas rodeadas por franjas de vegetación nativa, que además de ofrecer recursos alimenticios y de nidificación a los polinizadores (Roubik 2018), son también reservorios para controladores biológicos de plagas de los cultivos, como las avispas depredadoras o parásitas (Altieri et al. 2015). Considerando que la mayoría de las abejas silvestres nidifican en el suelo, se deben emplear en lo posible prácticas de cultivo que minimicen cambios drásticos en los suelos. Evitar labranza extrema en donde se cambie completamente el perfil de los mismos (Mader y Evans 2010), además se deben evitar fumigaciones en el suelo o el acolchado del mismo con plástico (Mader y Evans 2010, Eardley et al. 2006, Roubik 2018).

2.2.10. Patrones de diversidad de abejas nativas en Mesoamérica

Una característica evidente de la biodiversidad es que ésta no se distribuye de manera homogénea. Es por esta razón que los patrones espaciales de la diversidad de especies y procesos asociados han sido ampliamente estudiados (Koleff et al. 2008). Los enfoques de

estudio sobre la biodiversidad son a diferentes escalas, tales como la ecología de comunidades (Begon et al. 2006), la biogeografía, la macroecología e integrando diversos enfoques (Koleff et al. 2008, Primack y Vidal 2019). Uno de los indicadores de la diversidad biológica es el número de especies que habitan en una región específica (Gaston 1996).

En Mesoamérica que significa *sensu stricto* “América Media”, es una región cultural y geográfica del continente americano que comprende la mitad meridional de México, Guatemala, Belice, El Salvador, el occidente de Honduras, Nicaragua y Costa Rica (Solanes y Vela 2000). Se desarrollaron en esta región diversas civilizaciones y culturas precolombinas, que tuvieron relación cercana con el manejo de diversas especies de abejas nativas sin aguijón (Enríquez et al. 2014, Shanahan y Guzmán 2017, Arnold et al. 2018), desde hace más de 7,000 años (Franco-Gaviria et al. 2018). Esto pudo causar distintos patrones de diversidad de estos organismos.



Fuente: De © Sémhur / Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0 (2020)

Figura 19. Extensión territorial de Mesoamérica.

En Mesoamérica (figura 19) se reportan 2,300 especies actualmente reconocidas (Ascher y Pichering 2017). Se reportan más géneros de abejas en Mesoamérica que en todos los Estados Unidos y Canadá juntos (Griswold et al. 2017). La riqueza de especies conocidas varía diez veces en toda la región con mayor diversidad de ecorregiones con climas xéricos; se tiene conocimiento que, dentro de los trópicos, especialmente los estacionalmente secos tienen una fauna de abejas más diversa que las selvas tropicales, en ese sentido las ecorregiones de los desiertos en el norte de México son los más ricos en especies de abejas (Griswold et al. 2017).

Esta región tiene una peculiar situación geográfica en la zona de transición de las faunas Neártica y de zonas áridas en Norteamérica y la Neotropical. Esto permite que exista gran diversidad de comunidades vegetales y una compleja topografía, con lo cual se puede esperar que la fauna de abejas sea diversa y con abundantes elementos endémicos (Ayala 2017), incluyendo a Guatemala (Véliz et al. 2014).

2.2.11. Estudios sobre diversidad de abejas nativas en Guatemala

En Guatemala se han realizado estudios sobre la diversidad de abejas nativas. Se realizó un primer trabajo sobre sistemática e historia natural de las abejas en Guatemala (Marroquín 2000), sobre el uso de polen de cardamomo *Elettaria cardamomum* (L.) Maton, por la apifauna en la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa (Escobedo 2010), estudios sobre el efecto de la estructura del paisaje sobre la diversidad de polinizadores. La polinización y genética poblacional de *Cucurbita pepo* L., en un bosque de niebla de Guatemala (Enríquez et al. 2015), sistemática de abejas del género *Melipona* Illiger en México y Centroamérica (Yurrita Obiols 2017), caracterización de la flora visitada por especies de abejas nativas sin aguijón en el departamento de San Marcos (Espinoza Cifuentes 2004). También un estudio sobre los recursos polínicos utilizados por la abeja shuruya *Scaptotrigona pectoralis* Dalla Torre, en Quiché (Vásquez-Soto 2007).

Se han realizado estudios de riqueza y distribución de abejas euglosinas en Guatemala (Armas 2009), efectos de la configuración del paisaje en comunidades de abejas en los

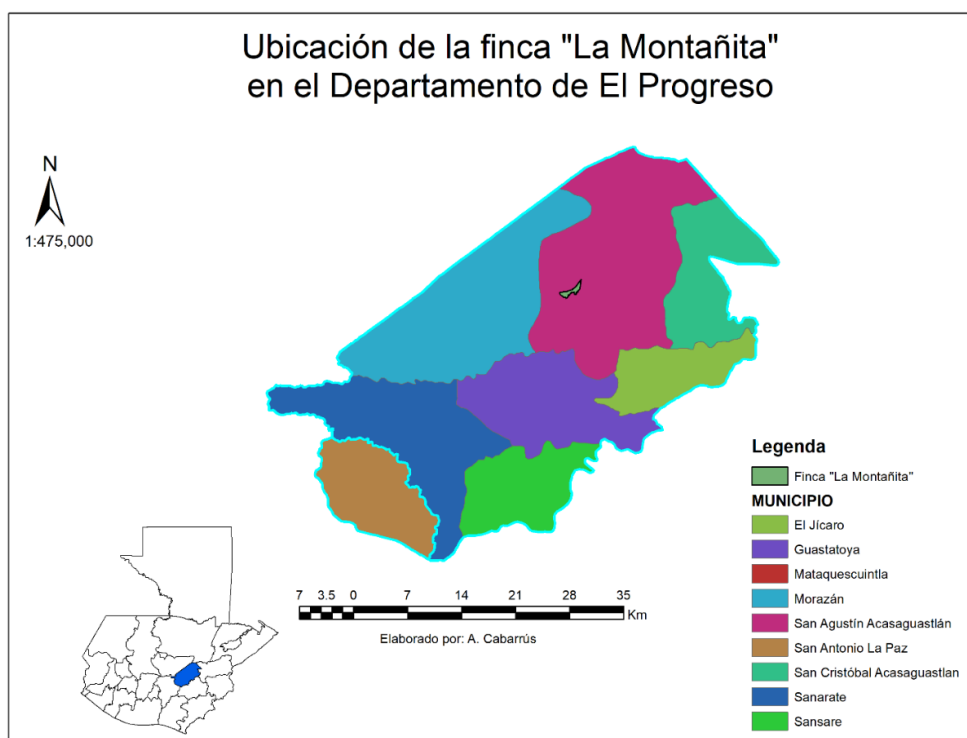
departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango (Escobedo et al. 2014), diversidad en plantaciones de café y bosque secundario (Armas-Quiñonez et al. 2020). Estudios sobre la diversidad de diversas especies de abejorros de la tribu Bombini (Landaverde-González et al. 2018, Dardón et al. 2020, 2016), trabajos con *Partamona bilineata* (Landaverde-González et al. 2017), nuevos registros de *Colletes* Latreille para México y Guatemala (Balboa et al. 2017), una nueva especie del género *Rhathymus* Lepeletier & Serville (Ayala et al. 2019), entre otros trabajos.

En la región de estudio de ese trabajo de investigación, se han realizado estudios sobre patrones temporales de la diversidad y abundancia de abejas nativas en la región semiárida del Valle del Motagua (Rodríguez 2008), como se muestra en el cuadro 14A y polinizadores del cultivo de melón (Recinos 2018).

2.3. MARCO REFERENCIAL

2.3.1. Ubicación de la finca

La finca Reserva Forestal “La Montañita” es propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) (Corzo 2018). Se ubica al oriente del país, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala (Chávez 2018). La finca en su totalidad tiene dos sectores, llamados “A” y “B”. El sector “A” colinda al norte con finca “La Piedad” y con aldea “La Montañita”; al sur colinda con aldea “Conacaste”; al este con aldea “La Potenciana” y al oeste con las aldeas: “Agua Hiel, Ecas-Pac y El Morro” (González 2018). Formada en su mayoría por diversas laderas y cumbres que, por la ubicación de los sectores, forma parte de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas -RBSM-. Las alturas de la finca oscilan entre 1,400 m a 2,328 m s.n.m. (Temaj 2018). En la figura 20 se muestra la ubicación de la finca “La Montañita” dentro del departamento de El Progreso:



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 20. Ubicación de finca “La Montañita” en el departamento de El Progreso.

2.3.2. Vías de acceso

Para llegar a finca “La Montañita” existe una vía de acceso y para llegar a la misma se ingresa desde la carretera CA-14 la cual conduce a la cabecera departamental de Cobán. En el kilómetro 88.5 de la carretera CA-9 que comunica la Ciudad de Guatemala y Puerto Barrios en el departamento de Izabal, existe un entronque situado en aldea “El Rancho” que comunica con la carretera CA-14. De ese lugar se conduce aproximadamente 2.6 km hasta llegar a la aldea Tulumajillo, frente a la estación de buses “Villa Sol”. Ya en ese lugar se cruza a la derecha para ingresar a la aldea hasta encontrar el único camino de terracería que conduce a las aldeas “Comaja”, “Conacaste”, “La Montañita” y a la finca de la ENCA. La distancia de la aldea “Tulumajillo” y el casco de la finca es de aproximadamente 8 km, hasta visualizar un letrero que indica la llegada al sector “A” de la finca.

2.3.3. Coordenadas geográficas

En el cuadro 7 se presentan las coordenadas GTM que ubican a los sectores “A” y “B” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala:

Cuadro 7. Coordenadas GTM de finca “La Montañita”.

Sector	X	Y
A	548336.892	1655996.54
B	550352.215	1658626.89

Fuente: González, 2018

2.3.4. Área de la finca

La finca tiene una superficie total de 411.94 ha de las cuales el 44.30 % es del sector “A”, y el 55.70 % corresponde al sector “B”, correspondiendo al sector “A” 182.5 ha y 229. 44 ha al sector “B” (Corzo 2018).

2.3.5. Zonas de vida

De acuerdo al mapa de zonas de vida de Holdridge, el sector “A” de la finca se ubica sobre tres zonas de vida. La primera zona es el Bosque Seco Subtropical *bs-S* que ocupa un 34.70 % de la finca y se ubica en el sur de la misma. La segunda zona es el Bosque húmedo subtropical templado *bh-S (t)* ocupa un 64.60 % de la finca que se distribuye en la parte media y Bosque Muy Húmedo Subtropical Frío *bmh-S (f)* que es una pequeña porción en la parte más elevada de la finca con 0.85 % del área total de la misma (De la Cruz 1982).

2.3.6. Hidrografía

La finca es atravesada por 10 afluentes hídricos, de los cuales solo cinco tienen corriente permanente en la época de estiaje (El Castellano, El Mango, El Mandarino, Quebrada de Don Lipe y El Chucte). El Castellano y El Mango son los únicos afluentes hídricos de los cuales la finca se abastece para diversas actividades, entre ellas: agua para un sector llamado “El Plan”, en el cual se utiliza agua para el vivero agroforestal y para dos mulas (*Equus* sp.) (Corzo 2018).

2.3.7. Geología

El material geológico de la finca está constituido por rocas ígneas metamórficas, procedentes del período Paleozoico (Campbell 1982). Entre las principales características geológicas están que son rocas metamórficas sin dividir, constituida de igual forma por filitas, esquistos cloríticos y granatíferos, esquistos y gneises de cuarzo-mica-feldespatos, mármol y magmatita (Chiquin 2003, Dengo 1973). Estos suelos tienen alto contenido de materia orgánica y abundante actividad biológica, los suelos se desarrollan sobre material geológico de serpentinas y rocas asociadas a riolita amorfa y calcárea que corresponden a un proceso de serpentización de rocas máficas (González 2018).

2.3.8. Clima

En la parte este que corresponde al bmh-S (f) es fresco, derivado de la cantidad de afluentes hídricos que tiene el área. La parte suroeste de la finca, en donde se ubica “La Cabaña” y “El Plan” se considera caluroso, puesto a que es posible encontrar guamil o bosques secundarios, que han sido remanentes de anteriores cosechas de maíz y frijol (Corzo 2018). Las temperaturas pueden variar desde 15 °C – 25 °C, con precipitaciones pluviales que oscilan entre 900 mm – 1,500 mm anuales, con dos temporadas de lluvia entre los meses de mayo-junio, luego una breve canícula, y finalmente julio - octubre, influenciados por el viento cargado de humedad que proviene del norte, cuando este efecto del clima se detiene, entra en acción la época seca (Campbell 1982, Corzo 2018).

2.3.9. Suelos

De acuerdo a Simmons et al. (1959) son tres las series de suelos sobre las que se ubica el sector “A” de la finca. La serie *Civijá* se caracteriza por tener planicies onduladas a fuertemente inclinadas, de relativo buen drenaje, de textura franco-arcillo-limosa, con pH que puede andar en 5.18, es una pequeña sección en el flanco norte de la finca con un área de (12.9 ha). La serie *Marajuma* tiene material original proviene de esquisto, con relieve escarpado, de buen drenaje, con textura franco-limosa a arcilla micácea friable, su pH en 5.78, se ubica en la parte media de la finca con un área de (104.20 ha). La serie *Chol* tiene suelos poco profundos, desarrollada sobre esquistos; relieve muy inclinado, drenaje excesivo, la textura puede ser franco arenoso fino gravoso a franco arcilloso-arenoso, su pH es de 4.75, se encuentre en la parte sur de la finca con un área de (65.50 ha).

2.3.10. Pendientes

Su relieve es inclinado a escarpado, su pendiente va desde 12 % a 80 % en la parte norte de la finca (sector B) y en el sur se encuentran pendientes que van desde 20 % al 40 %, y de acuerdo a la versión del administrador, tienen buen drenaje (González 2018).

2.3.11. Usos de la tierra en la finca “La Montañita”

En el cuadro 8 y figura 9 se muestran los usos de la tierra en 2018 del sector “A” de finca “La Montañita”:

Cuadro 8. Clasificación de usos de la tierra en el sector “A” de la finca.

Uso de la tierra	Área (ha)	Principales especies vegetales
Bosque de Protección (Buffer)	46.41	Guarumo, liquidámbar, encino.
Cafetales (SAF)	8.09	Café, cushín y/o cuje, pino
Casco nuevo (El Plan)	1.07	Inga, pino, ciprés, madre cacao, <i>Bursera</i> spp., mango.
Casco viejo (Cabaña)	0.75	encino y pino
Guatales	2.32	Gramíneas, ixcanal, Asteraceae, Fabaceae.
Plantación de cedro	1.38	Cedro (<i>Cedrela</i> sp.)
Plantaciones de pino	30.31	Pino, Mimosaceae, Asteraceae, Fabaceae
Bosque natural	92.21	Ensamble mixto de pino y cedro.

Fuente: elaboración propia, 2020.

A. Bosque de protección (Buffer)

Se refiere a zonas con bosque de ribera, en cada uno de los riachuelos que atraviesan el sector “A” de finca “La Montañita”, cuyas principales especies arbóreas son: guarumo (*Cecropia* sp.), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.) y diversas especies de encino (*Quercus* sp.).

B. Cafetales (SAF)

Los sistemas agroforestales (SAF) son una serie de sistemas y tecnologías en los cuales el uso de la tierra combina el establecimiento de árboles con cultivos agrícolas y/o gramíneas o pasto, en el sector “A” de la finca existen plantaciones del cultivo agrícola de café (*Coffea arabica* L.), en asocio con especies arbóreas que le sirven de sombra, tales como: cushín y cuje (*Inga* sp.) y pino (*Pinus* sp.).

C. Casco nuevo (El Plan)

El casco nuevo de la finca, denominado internamente como “El Plan” es una pequeña área del sector “A” de la finca, en la cual existe un muladar y una estructura con sarán, acondicionada para funcionar como vivero en la producción de plantas de plantas de café

(*Coffea arabica* L.), cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba del sur (*Swietenia humilis* Zucc.); también se encuentran algunas especies forestales que rodean dicho sector o área de la finca, entre las cuales se encuentran: cushín o cuje (*Inga* sp.), ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller), palo de jiote (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), madre cacao (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) y mango (*Mangifera indica* L.).

D. Casco viejo (Cabaña)

Este uso de la tierra está comprendido por una cabaña de dos niveles, con baño, pila, congelador, luz, literas y una bodega de herramientas, así como dos aulas con paredes de block y techo de lámina. En este lugar se realizan actividades de capacitación. Las principales especies arbóreas del lugar son: pino (*Pinus* sp.) y encino (*Quercus* sp.).

E. Guatales

Conocidos formalmente como guamiles, son suelos desprovistos de cobertura vegetal, ya sea por deforestación o que están en descanso, después de haberse utilizado para la agricultura. Tienen vegetación abundante y alta, principalmente por plantas ruderales como las gramíneas (Poaceae), ixcanal (*Acacia* sp.), plantas de las familias Asteraceae, Fabaceae, Portulacaceae, Malvaceae, Lythraceae, entre otras.

F. Plantación de cedro

Son diversas áreas del sector “A” en las cuales se han establecido plantaciones de cedro (*Cedrela* sp.), cuyo propósito es la obtención de madera cuando el ciclo de producción forestal de la finca así lo determine.

G. Plantaciones de pino

En la figura 9 se muestran en distintos tonos de verde, y corresponden a plantaciones establecidas antes de 2010 en el sector “A” de la finca, sus principales especies son: pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) y pino candelillo (*Pinus maximinoi* HE Moore).

H. Bosque natural

Constituido por bosque de pino-encino, cedro (*Cedrela* sp.), liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.) y otras especies forestales de las cuales aún no se tiene identidad taxonómica.

En la figura 9, además de los usos de la tierra descritos anteriormente, se muestran líneas de color amarillo, las cuales indican los caminos que atraviesan o marcan los límites del sector “A” de la finca con otras propiedades de las aldeas “Conacaste” al sur y “La Montañita” al norte. De igual forma se muestran como líneas de color celeste, los distintos riachuelos que atraviesan este sector de la finca “La Montañita”, siendo catorce en total.

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. General

Caracterizar la diversidad de abejas nativas y algunos de sus potenciales recursos florales en distintos usos de la tierra, dentro de la finca Reserva Forestal “La Montañita” y poblados cercanos, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.

2.4.2. Específicos

1. Describir cuáles son las especies de abejas nativas presentes en la finca Reserva Forestal “La Montañita” y en poblados cercanos a la misma.
2. Conocer la diversidad, composición y abundancia de la fauna de abejas nativas en distintos usos de la tierra dentro de la finca y poblados cercanos.
3. Identificar cuáles son las plantas que sirven de recurso floral para las abejas nativas en el sitio de estudio.
4. Describir el efecto que tienen los distintos usos de la tierra sobre la diversidad de grupos taxonómicos en las localidades estudiadas.

2.5. HIPÓTESIS

Los diferentes tipos de usos de la tierra afectan los patrones de distribución de las abejas nativas en la finca "La Montañita" y poblados cercanos.

2.6. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo de investigación se dividió en cuatro etapas principales. Las cuales se pueden dividir en dos grupos: trabajo de campo y trabajo de laboratorio, con las cuales se dio respuesta a los objetivos 1 y 3, sobre la identidad taxonómica de abejas nativas y plantas con las cuales tuvieron algún tipo de interacción. El segundo grupo lo constituyen los análisis estadísticos con los cuales se dio respuesta a los objetivos 2 y 4, para conocer la diversidad alfa y beta de las comunidades de abejas, y un PCA para evaluar si existía algún efecto del uso de la tierra sobre la diversidad de estos organismos.

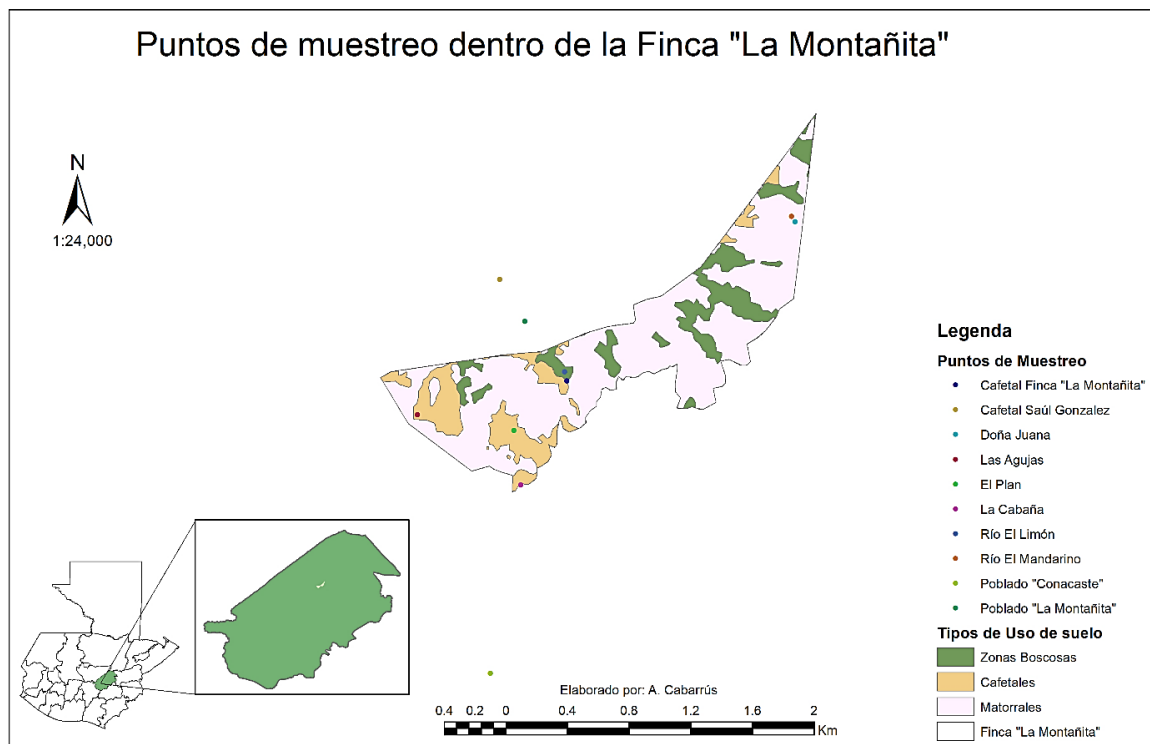
2.6.1. Trabajo de campo

Previo a realizar la colecta en diversos usos de la tierra dentro de la finca y en poblados cercanos a la misma, se realizó un reconocimiento de los límites de la finca y comprobación de usos reportados en el mapa de uso de la tierra 2018 (capítulo I sobre diagnóstico de la finca). Se realizaron colectas con el uso de redes entomológicas en cinco distintos usos de la tierra: cafetales (caf), bosque de ribera (bos), centros poblados (pob), cascos de la finca (cas) y parcelas de restauración forestal (res), durante seis meses correspondientes a los meses de mayo a octubre de 2019. Las muestras de insectos colectadas en campo fueron depositadas en una cámara letal que contenía una solución de acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y posteriormente fueron depositadas en recipientes individuales para cada sitio de coleta, con su respectiva etiqueta de identificación. Las muestras se conservaron en un congelador para prolongar el buen estado de las mismas para evitar el cambio de coloración del exoesqueleto de las abejas y para mantener la consistencia de los órganos (Schuster 2019, Muñoz et al. 2017), siguiendo las recomendaciones de Simmons & Muñoz-Saba (2005) de realizar las anotaciones de campo lo más completas posibles.

Se colectaron muestras botánicas en campo con las abejas que tuvieron algún tipo de interacción durante la colecta de campo, utilizando una tijera podadora de mano y un bastón botánico. Se buscó que cada muestra botánica fuera completa al tener flores y/o inflorescencias, frutos, hojas, tallo, raíces, etc. (Duarte 1983, Liesner 1996). Las muestras fueron almacenadas en una bolsa de plástico para evitar pérdida de humedad y poder

transportarlas a un lugar seguro en donde fueron seleccionadas, acomodadas y colocadas sobre hojas de papel periódico, con el respectivo código de identificación, en una prensa botánica y realización de todo el proceso de exciccata; posteriormente fueron llevadas a los herbarios BIGU y USCG para su identificación taxonómica.

El esfuerzo de colecta tanto de insectos como de plantas en cada sitio de muestreo fue de noventa minutos. Se observó que la hora de mayor actividad de pecoreo por parte de las abejas en los sitios de colecta abarcaba desde las 10:00 horas a 13:00 horas, en los días soleados. Se colectaron especímenes de abejas nativas y plantas asociadas a estas. En la figura 21 se muestran los sitios de colecta:



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 21. Mapa de sitios de muestreo en finca "La Montañita" y poblados cercanos.

2.6.2. Trabajo de laboratorio

Los especímenes de abejas nativas fueron curados, e identificados taxonómicamente. Posteriormente fueron depositados en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala

(CANG), de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad (Unidad de Biodiversidad), del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), en la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Para la identificación de abejas nativas se utilizaron diversas claves taxonómicas como *The Bees of the World* (Michener 2007), *The Bee Genera of North and Central America* (Michener et al. 1994), *Revisión de las abejas sin aguijón de México* (Ayala 1999) y *Diversidad de abejas silvestres de Guatemala* (Enríquez et al. 2012), con el apoyo de investigadores de la Unidad de Biodiversidad. Las se montaron con alfileres entomológicos y fueron ordenados posteriormente por grupos taxonómicos como género, familia, especie y morfoespecie (Primack y Vidal 2019).

Los insectos fueron sometidos a un proceso de curación por tres días en congelador, para disminuir la posibilidad de que hongos y otros microorganismos los colonizaran (Simmons y Muñoz-Saba 2005, Córdova 2008). Se les asignó un número de colección, etiqueta con los datos de campo (país, departamento, municipio, coordenadas geográficas, punto de colecta, colectores, personas que determinaron el espécimen con fecha de determinación y fecha de toma de muestra en campo). Las plantas fueron curadas y revisadas en la zona de cuarentena previo a su ingreso a los herbarios USCG y BIGU, ambos de la USAC. La identificación de los especímenes fue con ayuda de personal técnico de los herbarios antes mencionados. Se utilizaron claves botánicas de *Flora of Guatemala* (Standley y Steyermark 1946) así como de la Flora Mesoamericana (TROPICOS 2020).

2.6.3. Análisis estadístico

Para analizar la diversidad de abejas nativas en la finca y poblados cercanos se calcularon índices de abundancia y riqueza en cada sitio de muestreo. Se elaboró un dendrograma para mostrar los cluster entre los distintos sitios de muestreo con el índice de Jaccard. Se elaboró un gráfico de Análisis de Componentes Principales (PCA) para mostrar grupos de datos de las distintas especies en cada sitio de muestreo. Todos estos procedimientos estadísticos se realizaron en el programa PAST 3.25 (Hammer 2019).

También la diversidad de organismos se puede estimar suponiendo un concepto de temporalidad. Puesto a que las especies que se han registrado en una región cualquiera están referidas a períodos relativamente cortos en el cual las condiciones de ese hábitat han permanecido con cierta estabilidad (Koleff et al. 2008, Primack y Vidal 2019). Por esta razón, tanto en los índices de diversidad alfa, índices de diversidad beta y curvas de acumulación de especies, se realizaron gráficas para comparar los seis meses de muestreo.

2.6.3.1. Diversidad alfa

La diversidad alfa (α) se refiere a la riqueza biológica de un determinado hábitat, a una escala de resolución más fina (Koleff et al. 2008, Primack y Vidal 2019, Whittaker 1960, 1972). La riqueza (cantidad de especies) y abundancia (cantidad de individuos) fueron tabuladas utilizando el programa Microsoft Excel® 2016. Se elaboraron gráficas de barras y de dispersión para observar el comportamiento de abundancia y riqueza por grupo taxonómico durante los seis meses de trabajo de campo. Se utilizaron los índices de: Shannon (H') y Pielou (J'), los cuales se describen a continuación:

A. Índice de Shannon (H')

Este índice sirve para calcular la variación temporal de la diversidad de abejas nativas a lo largo de la investigación. El término " p_i " hace referencia a la proporción de cada especie de abeja colectada en la zona estudiada y " $\ln$ " es el logaritmo natural de cada valor (Moreno 2001). Se puede ver en la fórmula siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i (\ln p_i)$$

B. Índice de equidad de Pielou (J')

Este índice sirve para observar el cambio temporal en la equidad dentro de la zona de estudio. Mide la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada en la zona de estudio. Su valor va de 0 a 1. Cuanto más cerca de 1 esté, indicará que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno 2001). El término “N” se refiere al número de taxa presente en la muestra. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\ln N}$$

2.6.3.2. Diversidad beta

La diversidad beta (β) relaciona el número de especies de una región y el promedio de las diversidades de (α) de las localidades que contiene dicha región. Es un indicador que muestra la heterogeneidad ecológica entre diferentes subunidades o sitios de muestreo de la región (Koleff et al. 2008, Primack y Vidal 2019). Los índices de similitud y disimilitud pueden utilizarse para identificar el cambio de comunidades entre puntos de colecta a lo largo del tiempo (Moreno 2001). Se utilizó el coeficiente de similitud de Jaccard (I_J) y el índice de Morisita-Horn (I_{M-H}).

A. Coeficiente de similitud de Jaccard

En este coeficiente el intervalo de interpretación para este índice va de 0 a 1. Se obtienen valores cercanos a “0” cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, valores cercanos a “1” indican que los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno 2001). La letra “a” se refiere al número de especies presentes en el sitio A, la letra “b” se refiere al número de especies presentes en el sitio B y la letra “c” se refiere al número de especies presentes en ambos sitios A y B. La fórmula se muestra a continuación:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

B. Índice de Morisita-Horn

Este índice relaciona las abundancias específicas con las abundancias relativas y total. Está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, es altamente sensible a la abundancia de las especies más abundantes (Moreno 2001). Sin embargo, fue considerado, porque mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar, en distintos sitios de muestreo, sean de la misma especie (Gutiérrez Báez et al. 2012). Toma valores que se encuentran entre 0 y 1, indicando que entre más cercano a “1” se encuentre, los sitios serán más similares. La fórmula se muestra a continuación:

$$I_{M-H} = \frac{2\sum(an_i bn_j)}{(da + db)aNbN}$$

Donde:

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

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

$da = \sum an_i^2/aN^2$.

$db = \sum bn_j^2/bN^2$.

aN = número total de individuos en el sitio A.

bN = número total de individuos en el sitio B.

2.6.3.3. Curva de acumulación de especies

Para evaluar si las muestras eran representativas de la abundancia total en las comunidades de abejas nativas de la finca y los poblados cercanos se realizaron curvas de acumulación de especies. Todos los cálculos fueron realizados en el programa estadístico de software libre EstimateS Versión 9.1.0 (Colwell 2019). Al obtener los resultados de las figuras, se analizaron para detectar si el esfuerzo de muestreo era suficiente o debería incrementarse para encontrar un mayor número de especies. Si en la gráfica se mostraba una asíntota, era muy probable que el esfuerzo de muestreo haya sido efectivo. Aunque se llegara a una asíntota, es muy difícil registrar la totalidad de especies presentes en un área determinada, siempre existen especies raras (Hortal 2003). En el eje “Y” se representan las especies acumuladas por sitio de muestreo y en el eje “X” los meses de colecta, para cada uno de los sitios de muestreo. La línea de color azul representa las colectas realizadas en campo,

la línea de color anaranjado ejemplifica al estimador Chao1 y de color amarillo al estimador Chao2. Se eligieron estos estimadores porque tienen menor cantidad de sesgo para muestras pequeñas, como es el caso de esta investigación (Moreno 2001, Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Ambos estimadores consideran el número de especies de los muestreos que sólo están representadas por uno o dos individuos que para la abundancia se denominan *singletons* y *doubletons*, estos estimadores consideran que en la naturaleza no existen individuos solos, más bien en poblaciones (Moreno 2001). Para determinar si el esfuerzo de colecta en campo fue suficiente, y que representara la riqueza de las especies visitantes en cada sitio de muestreo, se utilizó como indicador la relación entre valores de riqueza obtenida y el valor estimado, de la siguiente forma:

$$\text{Proporción de riqueza} = \frac{\text{Riqueza total colectada}}{\text{Riqueza total estimada}}$$

2.6.3.4. Efecto del uso de la tierra en la diversidad de abejas nativas

Se ubicaron diez sitios de muestreo con distintos usos de la tierra. Siete sitios se encontraban dentro del sector “A” de la finca, dos en aldea “La Montañita” y uno en aldea “Conacaste”. Para identificar cada sitio de muestreo se utilizó el mapa de uso de la tierra 2018 (capítulo I de diagnóstico de la finca). Las categorías de sub-uso en los sitios de muestreo fueron las siguientes: Cascos de la finca (cas 1 y cas 2) lugares conocidos como “El Plan” y “La Cabaña”, respectivamente; parcelas de restauración donde res 1= parcela de restauración “Doña Juana” y res 2= parcela de restauración “Las agujas”; centros poblados donde pob 1= aldea “Conacaste” y pob 2= aldea “La Montañita”; ríos en donde río 1= riachuelo “El Limón” y río 2= riachuelo “El Mandarin” y finalmente cafetales, donde caf 1= cafetal de finca “La Montañita” y caf 2= cafetal en terreno de don Saúl González.

Se tabularon los datos de densidad de abejas por sitio de muestreo en una hoja del programa Microsoft Excel® 2016. Luego fueron ingresados al programa PAST 3.25 (Hammer 2019). Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) para identificar si existía algún patrón que asocie el uso de la tierra de los diez sitios de muestreo con la presencia, abundancia y riqueza de las comunidades de abejas nativas.

2.7. MATERIALES Y EQUIPO

Se utilizaron diversos materiales, y equipo para la recolección, preservación y trabajo de laboratorio de muestras de abejas y plantas. En los siguientes incisos se ha agrupado todas estas herramientas en tres grupos, el primero contiene aquellos materiales y equipo que fueron utilizados en la fase de campo, el segundo contiene el equipo y materiales utilizados en la fase de laboratorio, para la identificación taxonómica de abejas y de plantas. Finalmente, el último inciso enumera el equipo electrónico, programas de análisis estadístico que se utilizaron para enriquecer el marco referencial, metodología, resultados y discusión de la información generada en la presente investigación:

2.7.1. Colecta de especímenes

- Redes entomológicas.
- Frascos y tubos eppendorf para depositar abejas.
- Marcador indeleble.
- Bolsas de plástico resellables (Ziploc).
- Etiquetas adhesivas o Masking-tape.
- Libreta de campo.
- Congelador (para mantener viables las muestras en campo).
- Navegador satelital (GPS).
- Bastón para colecta de muestras botánicas.
- Tijera podadora.
- Prensa botánica.
- Papel periódico.
- Cartones especiales para secado de plantas.
- Bolsas de plástico grandes para coleccionar muestras en campo.
- Alcohol al 70 % para conservar especímenes vegetales.
- Solución de acetato de etilo para las cámaras letales.
- Cinta métrica.
- Machete.

2.7.2. Montaje, etiquetado e identificación de las abejas colectadas

- Alfileres entomológicos
- Pinzas entomológicas
- Papel de algodón para las etiquetas
- Estereoscopio
- Claves taxonómicas para la identificación de abejas

2.7.3. Equipo electrónico y programas de análisis estadístico y de SIG

- Computadora HP Intel(R) Core (TM) i5 CPU
- Impresora
- Teléfono celular
- Cámara fotográfica
- Programa estadístico PAST 3.18
- Programa estadístico EstimateS 9.1.0.
- Programa Microsoft Excel 2016
- ArcGIS 10.3

2.8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.8.1. Riqueza y abundancia de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos.

Se colectó un total de 526 individuos, pertenecientes a 4 familias, 27 géneros y 29 morfoespecies. Dos familias presentaron mayor abundancia de individuos siendo estas: Apidae (490 individuos) y Halictidae (34 individuos). Las familias Andrenidae y Megachilidae presentaron menor riqueza con 1 individuo por familia. El cuadro 9 muestra con mayor detalle la información antes descrita:

Cuadro 9. Diversidad de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos durante los meses de mayo a octubre de 2019.

No.	Familia	Subfamilia	Tribu	Género y/o especie	Número de individuos
1	Apidae	Apinae	Meliponini	<i>Plebeia</i> sp.	45
2				<i>Trigona corvina</i>	57
3				<i>Melipona beecheii</i>	6
4				<i>Lestrimelitta niitkib</i>	1
5				<i>Nannotrigona perilampoides</i>	16
6				<i>Tetragonisca angustula</i>	46
7				<i>Tetragona dorsalis</i>	42
8				<i>Trigona fulviventris</i>	95
9				<i>Partamona bilineata</i>	21
10				<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	18
11			Euglossini	<i>Euglossa</i> sp.	7
12				<i>Eulaema</i> sp.	4
13				<i>Exaerete</i> sp.	1
14			Bombini	<i>Bombus pullatus</i>	3
15				<i>Bombus wilmattae</i>	1
16			Tetrapediini	<i>Tetrapedia</i> sp.	35
17			Tapinotaspidini	<i>Paratetrapedia</i> sp.	8
18			Eucerini	<i>Xenoglossa</i> sp.	6
19				<i>Peponapis</i> sp.	7
20				<i>Tetraloniella</i> sp.	9
21				<i>Thygater</i> sp.	6
22			Exomalopsini	<i>Exomalopsis</i> sp.	4
23		Xylocopinae	Xylocopini	<i>Xylocopa</i> sp.	2
24			Ceratinini	<i>Ceratina</i> sp.	50
25	Halictidae	Halictinae	Halictini	<i>Agapostemon</i> sp.	22
26				<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.	5
27			Augochlorini	<i>Augochlora</i> sp.	7
28	Andrenidae	Andreninae		<i>Andrena</i> sp.	1
29	Megachilidae	Megachilinae	Megachilini	<i>Megachile</i> sp.	1

En el cuadro 9, se muestran resultados de colecta durante seis meses de muestreo en diez usos de la tierra. En el cual se encuentran 29 grupos taxonómicos entre especies y morfoespecies que pertenecen a las familias: Apidae, Halictidae, Andrenidae y Megachilidae, las cuales ya han sido reportadas para la zona del Valle del Motagua (Enríquez et al. 2012, Rodríguez 2008, Recinos 2018). La familia Apidae fue la más abundante y de mayor riqueza con 24 grupos taxonómicos distribuidos en dos subfamilias y nueve tribus. La familia Halictidae fue la segunda en abundancia y riqueza con 3 grupos taxonómicos distribuidos en una sola familia y dos tribus. La familia Andrenidae tuvo un único individuo perteneciente a una familia, una tribu y un género, finalmente la familia Megachilidae también reportó un individuo perteneciente a una familia y a una tribu, (figuras 22, 23 y 24).

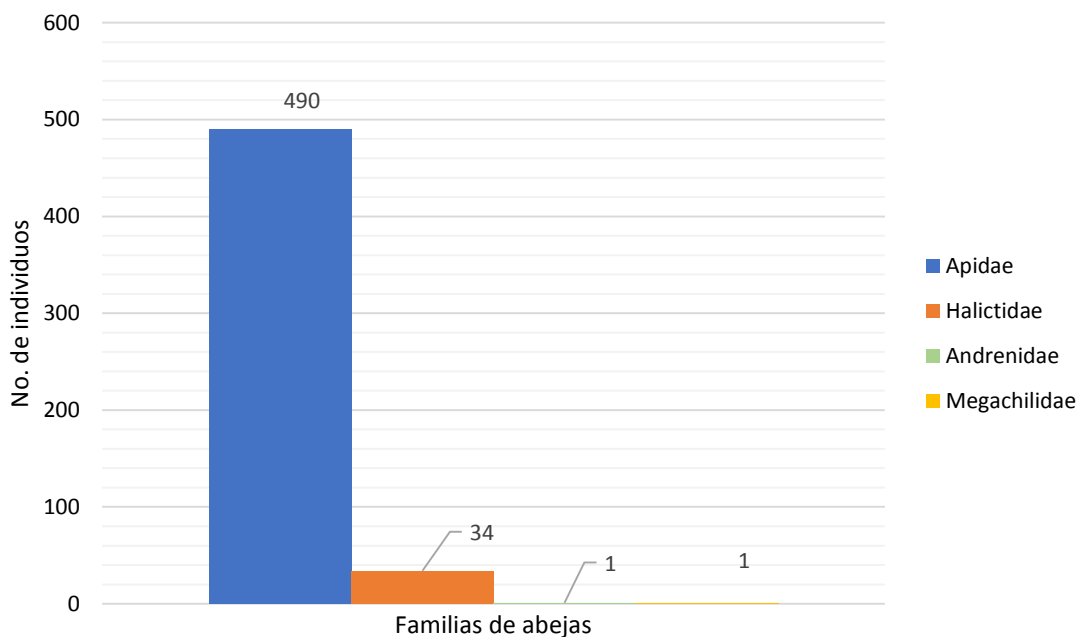


Figura 22. Cantidad de individuos por familia presentes en los sitios de estudio.

La figura 22 muestra el número de individuos por familia. La familia Apidae tiene el mayor número de individuos (490), la familia Halictidae (34), la familia Andrenidae (1) y la familia Megachilidae (1).

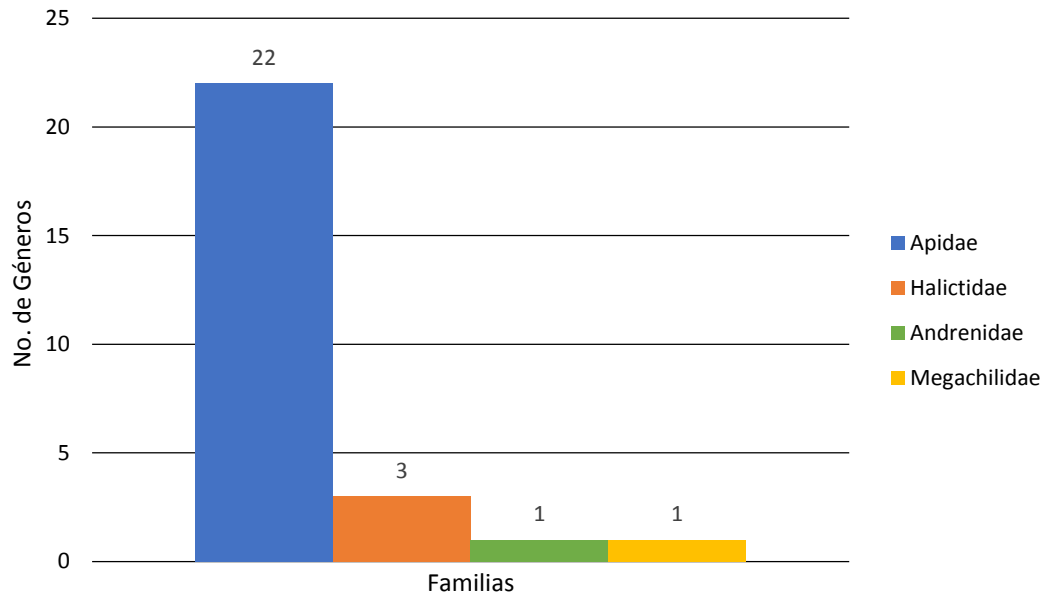


Figura 23. Géneros encontrados por familia presentes en los sitios de estudio.

En la figura 23 se muestra el número de géneros por familia: familia Apidae (22), familia Halictidae (3), familia Andrenidae (1) y familia Megachilidae (1).

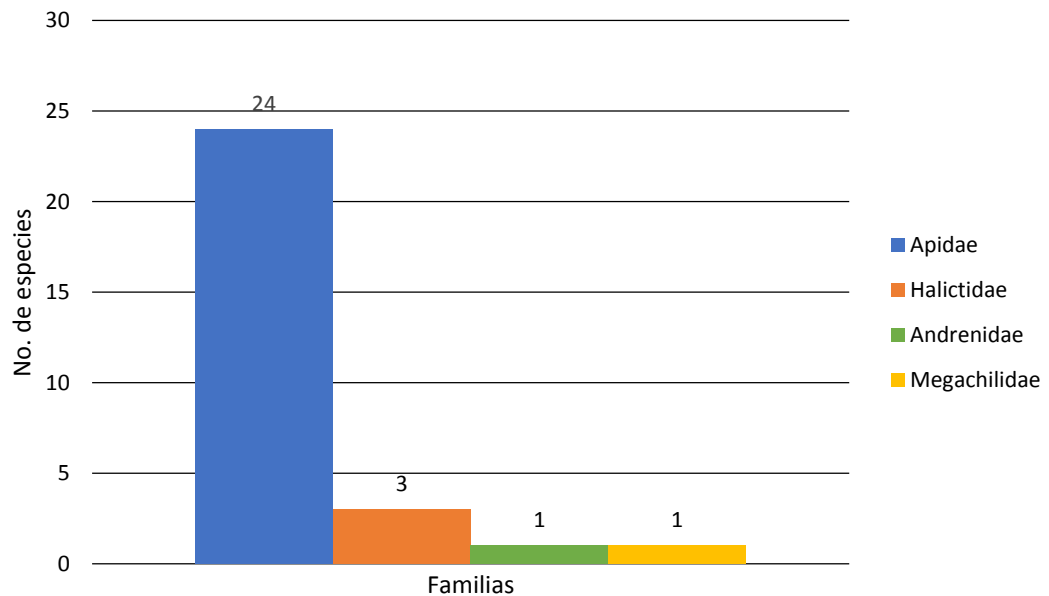


Figura 24. Número de especies por familia encontradas en los sitios de estudio.

En la figura 24 se muestra el número de especies por familia durante los seis meses de colecta: familia Apidae (24), familia Halictidae (3), familia Andrenidae (1) y familia Megachilidae (1).

A. Familia Apidae

En el cuadro 9 se muestra que la familia Apidae tuvo el mayor número de individuos colectados. Se encontraron abejas volando, buscando recursos florales, cerca de colmenas o buscando agua, pero siempre en grupos mayores a dos individuos a causa de su comportamiento mayormente social (Shell y Rehan 2018, Enríquez et al. 2012, Shanahan y Guzmán 2017). En campo, muchas especies de la tribu Meliponini fueron identificadas con facilidad, puesto a que se ha estudiado a mayor profundidad su biología y sistemática (Enríquez et al. 2014, Shanahan y Guzmán 2017, Bonet Ferrer y Vergara 2016, Arnold et al. 2018). Se identificaron diez especies, lo cual representa un 30 % de la diversidad total de las 33 especies reportadas para Guatemala (Enríquez et al. 2012).

De la Tribu Euglossini se colectaron abejas de los géneros *Euglossa*, *Eulaema* y *Exaerete*. En el caso de *Euglossa* se encontró colectando recursos florales en una planta ornamental de la familia Bignoniaceae *Podranea ricasoliana* (Tanfani) Sprague. Las abejas del género *Eulaema* se distribuían en todos los sitios de muestreo, se colectaron machos, los cuales se distinguían por tener pequeños huecos en las tibias de su tercer par de patas, en los cuales almacenaban polen (Williams y Whitten 1983, Cameron 2004, Armas 2009). El género *Exaerete* cuenta con un único registro durante los seis meses de colecta. Geográficamente los tres géneros se encontraban en una región considerada como sitio potencial de distribución, siendo las *alturas medias en Sierra de Las Minas* (Armas 2009). Altitudinalmente, las abejas se encontraban en rangos reportados previamente para las mismas. En el caso de *Eulaema* y *Exaerete* se ha reportado un rango altitudinal que va de 0 m a 2,700 m s.n.m y de 0 m a 1,500 m s.n.m en el caso del género *Euglossa* (Ramírez et al. 2002, Roubik y Hanson 2004, Ahumada 2007). Se podría obtener un mayor número de individuos de estos géneros colocando trampas con cebos de diversos compuestos químicos, algunos de los cuales podrían ser : Metil-Salicilato, Benzil-Acetato, Vainilla,

Eugenol, Skatol, cebos con cabezas de pescado en descomposición, entre otros (González 1998, Ospina-Torres 1998, Santos Murgas 2009).

Las abejas del género *Bombus*, se encontraron exclusivamente en la aldea “La Montañita”, a alturas que oscilan entre 1,200 m -1,400 m s.n.m. Las especies identificadas fueron *Bombus pullatus* y *Bombus wilmattae*. La característica general de la primera especie es que presentan el cuerpo cubierto únicamente con pelos negros (Dardón et al. 2020). La segunda especie en el tórax presenta un patrón de coloración bicolor, en la región lateral está cubierta con pelos amarillos (a veces planos), mientras que la región dorsal, presenta generalmente pelos amarillos (a veces blanco) y un área central de pelos negros (Dardón et al. 2020). Ambas especies se encuentran en el rango de distribución reportado para el género en el país, que va de 700 m a 3,500 m s.n.m (Dardón et al. 2020, 2016).

En los sitios de muestreo denominados cafetales “caf” se encontraron abejas del género *Tetrapedia* (Apinae: Tetrapedini) y del género *Paratetrapedia* (Apinae: Tapinotaspidini). Cuando se realizaron las colectas del mes de mayo, se encontraron pecoreando en flores de café (*Coffea arabica* L.), en donde son muy abundantes (Cepeda-valencia 2014, Rocha-Filho y Garófalo 2016, Armas-Quiñonez et al. 2020). En los restantes meses se encontraron pecoreando en diversas plantas silvestres, colectando aceites florales, resinas, polen y néctar, algo que caracteriza a estos grupos (Michener 2007, Torretta y Roig-Alsina 2017, Cappellari et al. 2012).

De la tribu Eucerini y Exomalopsini (Apidae: Apinae) se encontraron abejas colectoras de recursos florales en los ayotes de los géneros *Eucera* (*Xenoglossa*) y *Eucera* (*Peponapis*). Estas abejas fueron colectadas únicamente cuando florecieron las plantas de ayote (*Cucurbita pepo* L.). Se colectaron en sitios de colecta denominados centros poblados “pob”, en huertos familiares, en donde conforman parte de la dieta alimenticia de los comunitarios (Enríquez et al. 2015). Las flores individuales de *Cucurbita* tienen importantes adaptaciones para que la polinización por insectos sea más efectiva, incluyendo largos y pegajosos granos de polen, un estigma pegajoso, una larga corola amarilla y gran producción de néctar rico en azúcares tanto el flores masculinas como femeninas (Hurd et al. 1971) (Hurd, Linsley, &

Whitaker, 1971). Las hembras de estos géneros de abejas realizan esta tarea con facilidad, gracias a los pelos modificados de las patas traseras, los cuales se adaptan para recolectar y manipular los granos de polen de este tipo de plantas (Hurd et al. 1971, Enríquez et al. 2015).

Se colectaron abejas carpinteras de los géneros *Xylocopa* (Xylocopinae: Xylocopini) y *Ceratina* (Xylocopinae: Ceratinini). Las primeras se reconocían por ser abejas grandes, peludas y generalmente de color negro, algunas de estas se encontraban colectando recursos florales en pasifloras nativas (*Passiflora* sp.) y realizando nidos en estructuras de madera, algo que caracteriza a este grupo (Michener et al. 1994, Chaves-Alves et al. 2011, Gonzalez et al. 2009). Las abejas del género *Ceratina*, eran abejas muy pequeñas, de color negro o azul y con integumento metálico (Michener 2007, Rehan y Richards 2010). Se encontraban polinizando flores pequeñas, principalmente de la familia Lythraceae.

B. Familia Halictidae

La segunda familia con mayor abundancia y riqueza fue Halictidae, como se muestra en el cuadro 9. De esta familia tres géneros de abejas fueron reportados: el género *Agapostemon* (Halictinae: Halictini), el género *Lasioglossum* (*Dialictus*) (Halictinae: Halictini) y el género *Auglochloa* (Halictinae: Auglochlorini). Las abejas del género *Agapostemon* se encontraban colectando recursos florales, principalmente en espacios abiertos, en donde la vegetación era principalmente herbácea, como el caso de los sitios centros poblados “pob” y cascos de la finca “cas”, eran identificadas en campo por tener cabeza y tórax metálico, excepto el abdomen (Ramírez-Freire et al. 2012). Las abejas del género *Lasioglossum* (*Dialictus*) también se encontraron buscando recursos florales en vegetación herbácea de espacios abiertos (Gibbs et al. 2012), el cual también era el caso del género *Augochloa* (Michener 2007, Gonçalves 2019).

C. Familia Andrenidae

El único género reportado para esta familia fue *Andrena* (Andrenidae: Andreninae). Se distinguían en campo por ser abejas marrones, con pelos abdominales blanquecinos, y con escopas para recoger polen (Michener 2007). Aunque la colecta de esta especie fue única en el sitio de estudio “caf”, podrían aumentarse las colectas en campo para identificar especies, estudiar su biología y considerarla como un potencial recurso para la polinización de cultivos (García García et al. 2016, Tang et al. 2019).

D. Familia Megachilidae

De la familia Megachilidae se colectó únicamente un individuo como se muestra en el cuadro 9 con un único género *Megachile* (Megachilinae: Megachilini). Este individuo se encontraba recolectando polen de una planta de la familia Fabaceae en el sitio “cas 2”. Otros individuos que no fueron colectados se encontraban cortando hojas de la misma planta, ya que es una característica típica de este grupo de abejas (Gonzalez et al. 2012, Montalva et al. 2012) y porque tiene escopas ventrales bien desarrolladas en donde se pudo observar el abdomen de color amarillo a causa del polen (Michener 2007, Ayala 2019).

En el cuadro 10 se muestran datos de riqueza de los distintos géneros, especies y morfoespecies colectados durante seis meses de colecta, aquellos meses con mayor número de individuos, representan que hubo mayor frecuencia de colecta de los mismos en campo:

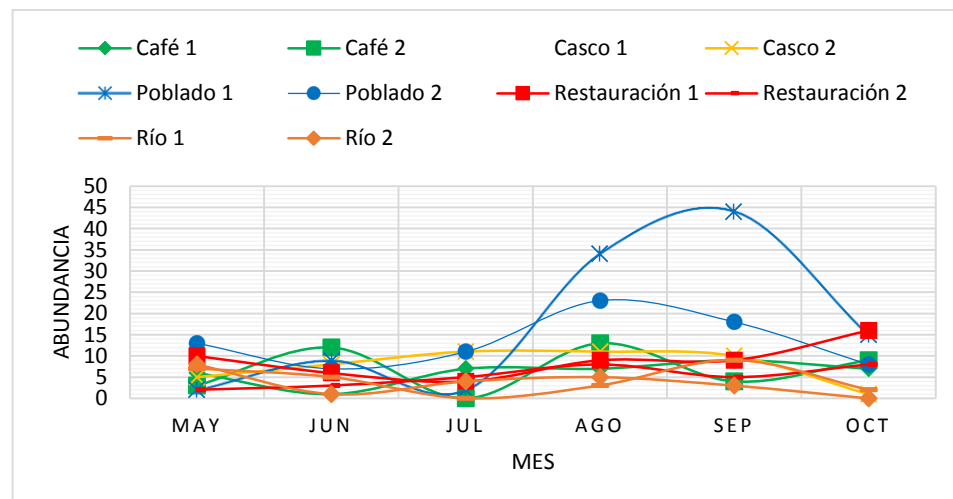
Cuadro 10. Frecuencia de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos durante los meses de mayo a octubre de 2019.

No.	Familia	Especie	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
1	Apidae	<i>Plebeia</i> sp.	5	7	2	14	10	7
2		<i>Trigona corvina</i>	1	5	6	22	15	8
3		<i>Melipona beecheii</i>	2	0	0	4	0	0
4		<i>Lestrimelitta niitkib</i>	0	0	1	0	0	0
5		<i>Nannotrigona perilampoides</i>	2	3	0	5	2	4
6		<i>Tetragonisca angustula</i>	3	5	9	10	13	6
7		<i>Tetragona dorsalis</i>	11	9	4	8	8	2
8		<i>Trigona fulviventris</i>	15	9	16	27	13	15
9		<i>Partamona bilineata</i>	1	2	4	2	7	5
10		<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	0	0	0	0	18	0
11		<i>Euglossa</i> sp.	1	0	0	3	3	0
12		<i>Eulaema</i> sp.	0	1	0	0	1	2
13		<i>Exaerete</i> sp.	0	0	0	0	0	1
14		<i>Bombus pullatus</i>	0	0	0	3	0	0
15		<i>Bombus wilmattae</i>	1	0	0	0	0	0
16		<i>Tetrapedia</i> sp.	5	6	9	7	6	2
17		<i>Paratetrapedia</i> sp.	2	5	0	1	0	0
18		<i>Xenoglossa</i> sp.	0	0	0	0	3	3
19		<i>Peponapis</i> sp.	0	0	0	0	3	4
20		<i>Tetraloniella</i> sp.	1	0	2	5	1	0
21		<i>Thygater</i> sp.	0	0	0	6	0	0
22		<i>Exomalopsis</i> sp.	1	0	0	1	0	2
23		<i>Xylocopa</i> sp.	0	0	0	1	1	0
24		<i>Ceratina</i> sp.	21	12	4	6	7	0
25	Halictidae	<i>Agapostemon</i> sp.	3	4	1	6	5	3
26		<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.	4	1	0	0	0	0
27		<i>Augochlora</i> sp.	0	0	0	0	5	2
28	Andrenidae	<i>Andrena</i> sp.	0	0	0	1	0	0
29	Megachilidae	<i>Megachile</i> sp.	0	0	0	0	1	0

El cuadro 10 muestra la frecuencia de especies en cada uno de los seis meses de colecta. Siete especies de la familia Apidae se presentaron durante todas las colectas, siendo estas: *Plebeia* sp., *Trigona corvina*, *Tetragonisca angustula*, *Tetragona dorsalis*, *Trigona fulviventris*, *Partamona bilineata* y *Tetrapedia* sp. Las restantes especies fueron colectadas en distintos momentos durante los seis meses de colecta. Un caso particular fueron los géneros *Eucera* (*Xenoglossa*) y *Eucera* (*Peponapis*) (Dorchin et al. 2018), que se colectaron exclusivamente en los meses de septiembre y octubre, los cuales coincidieron con la floración de diversos ayotes (*Cucurbita pepo* L.), realizando actividades de pecoreo en las mismas.

Casos con menor frecuencia de individuos en la temporalidad del muestreo fueron los géneros *Euglossa*, *Eulaema* y *Exaerete*. Estos géneros se encontraron polinizando flores en los jardines de comunitarios de aldeas “La Montañita” y “Conacaste” y en el sitio de muestreo denominado parcela de restauración “Doña Juana” (res 1). El género *Exaerete* tuvo una sola colecta en el sitio llamado “La Cabaña” (cas 2), y las observaciones realizadas en campo correspondieron a zonas con vegetación natural.

La especie *Bombus wilmattae* tiene un único individuo colectado en el sitio con mayor altitud de la presente investigación, correspondiendo al lugar “Finca de don Saúl González” (caf 2) a 1,361 m s.n.m. Las restantes especies que fueron colectadas con pocos individuos se encontraban realizando trabajo de pecoreo en diversas flores de las que se tomó muestra botánica para su posterior identificación. Otra especie que fue colectada en una sola ocasión fue el caso de *Lestrimelitta niitkib* en el mes de julio.



Café 1= Finca “La Montañita”, Café 2= Finca de don Saúl González, Cas 1= “El Plan”, Cas 2= “La Cabaña”, Res 1= Parcela de restauración Doña Juana, Res 2= “Las agujas”, Pob 1= “Conacaste”, Pob 2= “La Montañita”, Río 1= “El Limón”, Río 2= “El Mandarino”.

Figura 25. Distribución mensual de la abundancia de abejas nativas en los diez subtipos de uso de la tierra.

En la figura 25 los centros poblados en color azul, mostraron la mayor riqueza de abejas entre los meses de agosto y septiembre, con valores de 23 y 44 especies, respectivamente. De forma general todos los lugares en los cuales se colectaron abejas aumentaron su

abundancia entre los meses de agosto y septiembre, coincidiendo con la segunda época de la estación lluviosa durante el 2019, lo cual aumentó la cantidad de recursos florales.

Cuando existe mayor diversidad de recursos florales para proporcionar polen y néctar, la presencia de abejas será mayor (Rodríguez 2008). La ausencia de algunas especies de abejas durante los meses de colecta podría estar relacionada con períodos de actividad cortos, los cuales podrían estar relacionados con plantas de floración breve (Novelo-Rincón et al. 2003, Rodríguez 2008). Así mismo, al aumentar la temporada de lluvia, disminuye la riqueza y abundancia de abejas (Rodríguez 2008, Escobedo et al. 2014, Meléndez et al. 2016). Sin embargo, aunque exista lluvia en el lugar, la riqueza y abundancia de abejas puede ser alta en esta temporada, si existen plantas en floración, principalmente del estrato herbáceo (Godínez 1991, Rodríguez 2008, Domínguez-Alvarez et al. 2009). Lo anterior no significa que en la época que hubo mayor abundancia de abejas, siempre se cumpla ese patrón, pues se ha reportado que generalmente es entre febrero-marzo, que corresponde al período más seco de la región (Rodríguez 2008), meses que no fueron considerados en esta investigación.

2.8.2. Diversidad de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos

A. Diversidad alfa

En las figuras 26 y 27 se muestran gráficas sobre la diversidad de Shannon H' para las abejas nativas por mes y por tipo de cobertura vegetal:

a. Índice de Shannon H'

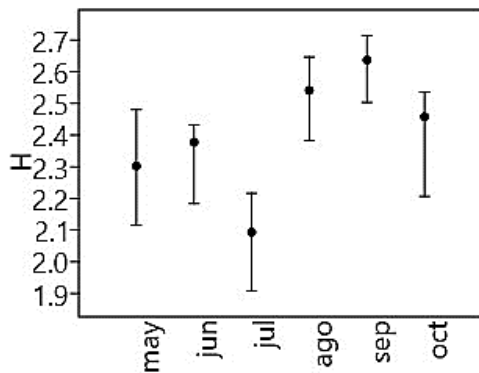


Figura 26. Diversidad de Shannon (H') por mes en los sitios de estudio.

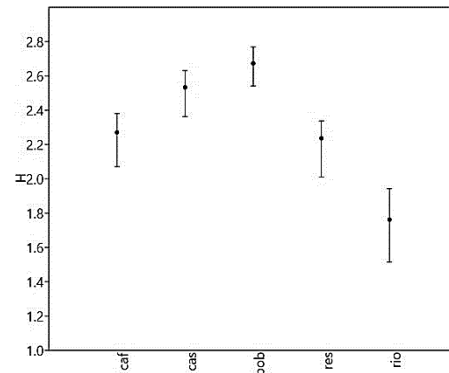


Figura 27. Diversidad de Shannon (H') por tipo de cobertura vegetal en los sitios de estudio.

En las figuras 26 y 27 se muestran los valores calculados, máximos y mínimos, del Índice de Shannon (H') sobre abejas colectadas por mes y por tipo de cobertura vegetal, respectivamente. El mes de septiembre mostró la mayor diversidad (2.64), seguida por los meses de agosto (2.54) y octubre (2.46), los cuales coincidieron con el segundo período de lluvia en el año. Otro grupo lo forma el primer trimestre de colecta (mayo a julio) con valores de 2.30, 2.38 y 2.09, respectivamente. Estos valores podrían ser altos debido a que el aumento en las precipitaciones incrementa la riqueza de especies (Rodríguez 2008). Además, en el bimestre de agosto-septiembre se ha reportado para la región semiárida del Valle del Motagua valores altos de especies vegetales en floración, principalmente de los estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos (Véliz 2003), lo cual podría constituirse en recursos florales para las abejas, pero es necesario realizar más estudios de abundancia florística y de interacciones planta-polinizador para comprobarlo.

El índice de diversidad de Shannon (H') por tipo de uso de la tierra muestra que los centros poblados tienen el valor más alto de diversidad (2.67). Esto debido a que los comunitarios tienen jardines y terrenos con muchas plantas silvestres y plantadas, que se constituyen como un recurso floral. En segundo lugar, están las áreas conocidas como cascos de la finca con un valor de diversidad de (2.53). Estos lugares eran espacios abiertos que proveían recursos florales silvestres a las plantas. En tercer lugar, se encuentran los sitios de muestreo con cultivo de café (2.27), en donde se colectaron abejas sólo una vez en flores de café y en los restantes meses se colectaron volando y sobre algunas plantas asociadas a este cultivo agrícola. En cuarto lugar, estuvieron las parcelas de restauración que mostraron un valor de diversidad de (2.24), lugar en el cual se capturaron pocas abejas buscando recursos florales principalmente de las familias Fabaceae y Asteraceae, en el polígono “doña Juana” y volando en el polígono “Las Agujas”. Finalmente, las colectas en la vegetación de la ribera de dos afluentes hídricos “El Mandarin” y “El Limón” mostraron el menor valor de diversidad (1.76), siendo pocas las capturas de abejas en este lugar, por la pendiente del lugar y la escasa vegetación herbácea y con flores que brindaran algún recurso floral para las abejas (Rodríguez 2008). Sin embargo, los afluentes hídricos son sitios de interés para conservar la vegetación ya que las abejas los utilizan como sitios de anidamiento y salen a buscar recursos alimenticios a sitios fragmentados y con mayor antropización (Barquero-Elizondo et al. 2019, Ayala 2019, Mérida-Rivas 2010).

b. Índice de equidad de Pielou (J')

En las figuras 28 y 29 se muestran valores del índice de equidad de Pielou (J'), para las comunidades de abejas nativas por mes y por tipo de uso de la tierra:

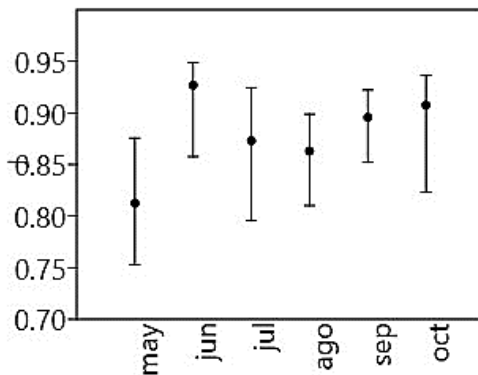


Figura 28. Equidad de Pielou (J') por mes en los sitios de estudio.

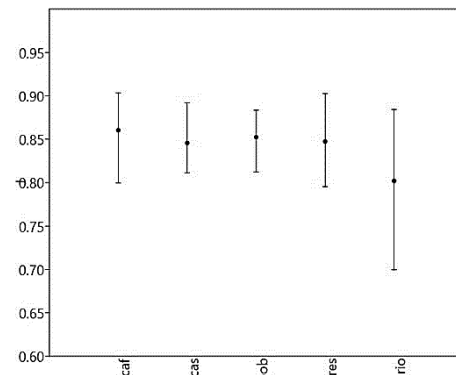


Figura 29. Equidad de Pielou (J') por tipo de uso de la tierra en los sitios de estudio.

En las figuras 28 y 29 se muestran medidas de la diversidad de abejas nativas por medio del Índice de Pielou (J'), con sus valores máximos y mínimos. Estos valores indican cuán homogéneas (especies dominantes) o heterogéneas (distribución equitativa de géneros, especies y morfoespecies) son estas comunidades (Moreno 2001). La figura 28 muestra que en el mes de junio (0.93) se colectó mayor número de géneros, especies y morfoespecies, seguido de octubre (0.91), septiembre (0.89), julio (0.87), agosto (0.86) y mayo (0.81). Todos los lugares tuvieron el mismo esfuerzo de muestreo (90 minutos) y se encontraron dos picos de diversidad de géneros, especies y morfoespecies (junio y septiembre-octubre), justamente después que iniciaran los períodos de lluvia en la región de estudio.

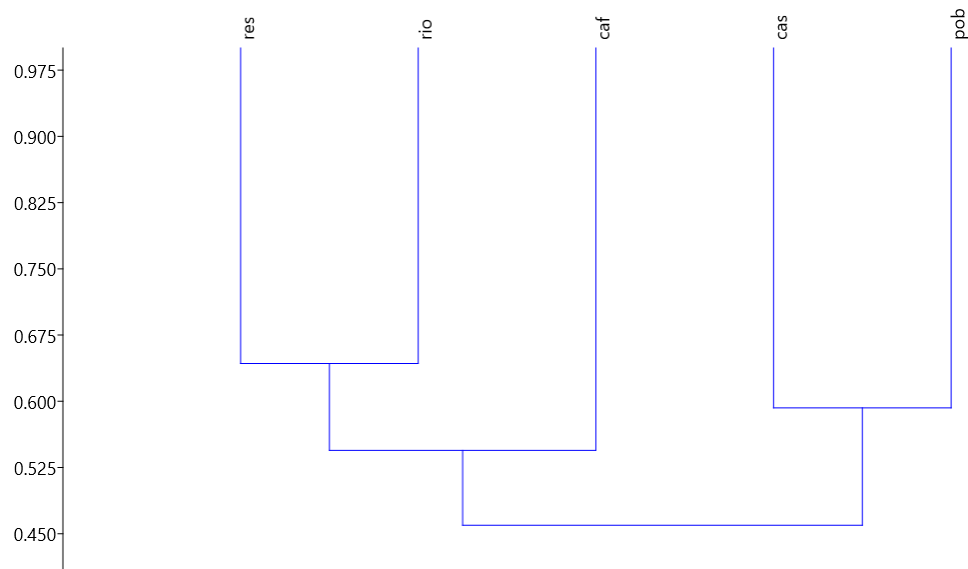
En la figura 29 se muestran también valores del índice de Pielou (J'). En el cual la composición de los géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas es considerablemente homogénea. El valor más alto fue en las parcelas del cultivo de café (0.86), seguido por centros poblados (0.85), cascos de la finca y parcelas de restauración (0.84) cada una, y la vegetación de la ribera de los riachuelos (0.80). Estos datos pueden

compararse con la riqueza total para cada tipo de uso de la tierra. Los “centros poblados” muestra 23 géneros, especies y morfoespecies distintas, seguido por los “cascos de la finca” con 20 distintos tipos de abejas, en tercer lugar “cafetales” y “parcelas de restauración” con una riqueza total de 14 grupos distintos de abejas nativas, siendo el de menor riqueza “ríos” con 9 distintos géneros, especies y morfoespecies. Probablemente los valores equidad de Pielou (J') fueron homogéneos por la cercanía geográfica de los puntos de muestreo, más que por el tipo de cobertura vegetal (Escobedo et al. 2014). Sin embargo, el patrón de diversidad del índice de equidad de Pielou (J') muestra que los lugares con mayor grado de antropización tienen un valor más alto de diversidad. Esto puede deberse a causa de un mayor número de recursos florales que brindan los espacios abiertos y fragmentados (Rodríguez 2008, Escobedo et. al. 2014), principalmente en épocas que preceden las temporada lluviosa (Godínez 1991, Novelo-Rincón et al. 2003, Domínguez-Alvarez et al. 2009).

B. Diversidad Beta

a. Coeficiente de similitud de Jaccard para distintos usos de la tierra

En la figura 30 se muestra un dendrograma que muestra los agrupamientos (cluster) de los distintos usos de la tierra:



res=parcelas de restauración, rio=ríos, caf=cafetales, cas=cascos de la finca, pob=centros poblados.

Figura 30. Dendrograma de similitud de Jaccard de las especies presentes en distintos usos de la tierra durante seis meses de muestreo.

La figura 30 muestra el análisis de similitud entre los distintos usos de la tierra dentro de la finca y en los centros poblados cercanos a la misma. Se muestran dos grupos principales (res-rio) y (cas-pob). El primer grupo tienen una similitud de (0.65) lo cual significa que comparten 65 % de especies u otros grupos taxonómicos. En el caso del segundo grupo, cascados-poblados tienen una similitud de grupos taxonómicos de (0.55) o 55 % de especies compartidas entre ambos sitios, un tercer grupo, no descrito arriba, incluye al uso de la tierra (café) con similitud de grupos taxonómicos de abejas nativas más cercano a (res-rio) que a (cas-pob). Esa similitud entre los sitios (res-rio) e incluso (caf) podría deberse a que tenían más especies árboles, y por lo tanto podrían haber proporcionado más sitios para anidar

(Armas 2009, Bonet Ferrer y Vergara 2016). El grupo de (cas-pob) formaba un grupo aparte en la figura 30. Esto probablemente era porque las abejas que anidaban en las áreas con bosque salían a estos espacios abiertos a buscar sus recursos florales como polen y néctar (Willmer 2011), pues se ha comprobado que sitios abiertos, fragmentados y antropizados pueden proporcionar mayor número de recursos florales para las abejas (López-Gómez 2014, Balboa-Aguilar 2010, Escobado 2014, Barrantes-Vásquez et al. 2018, Barquero-Elizondo et al. 2019).

b. Similitud de Morisita-Horn para distintos usos de la tierra

La figura 31 muestra dos dendrogramas de similitud por medio del índice de Morisita-Horn para distintos usos de la tierra. En el de la izquierda se muestra de forma general para las cinco categorías de uso de la tierra y en la de la derecha se muestra el total de las diez unidades de muestreo:

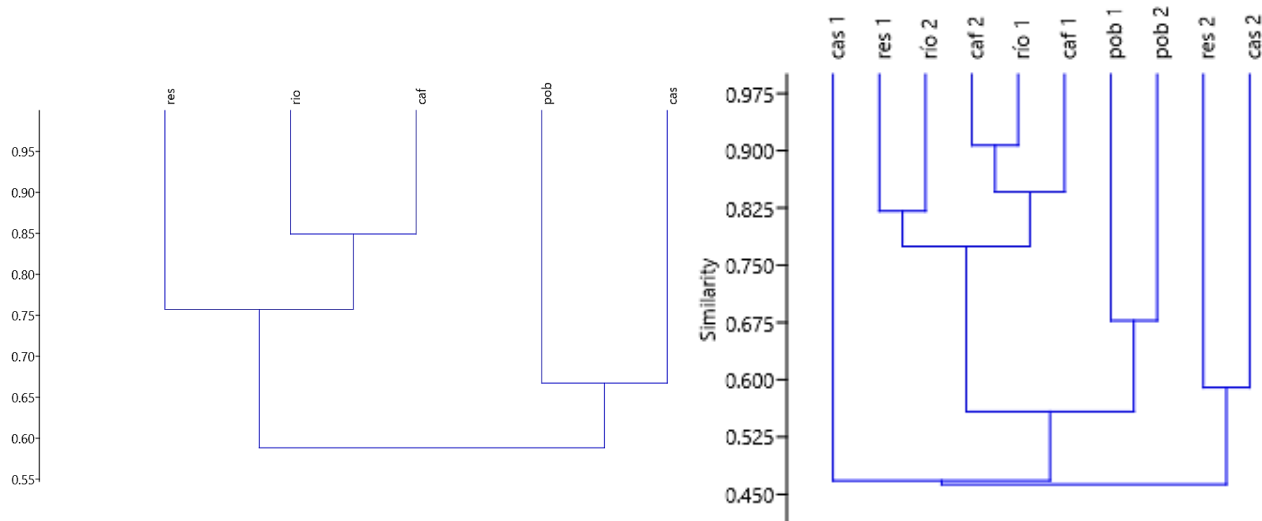


Figura 31. Dendrograma de agrupamiento con método Morisita-Horn de las especies presentes en distintos usos de la tierra durante seis meses de muestreo.

En la figura 31 el índice de similitud de Morisita-Horn para los distintos usos de la tierra muestra tres grupos principales. El primer grupo (río-caf) tiene una similitud de (0.85 = 85 %) en cuanto a los grupos taxonómicos compartidos entre ambos sitios. Un segundo grupo es el de (pob-cas) que muestra una similitud de (0.65 = 65 %) especies compartidas entre

ambos sitios de muestreo. El tercer grupo está representado por la similitud de grupos taxonómicos de abejas nativas en las parcelas de restauración (res) y el grupo del río y cafetales (río-caf), el cual muestra una similitud estimada de ($0.75 = 75\%$) de especies compartidas.

A pesar de que la similitud con este índice varía respecto al agrupamiento de (res-río-caf), del índice de Jaccard, se mantienen como grupos afines en cuanto a los géneros, especies y morfoespecies compartidas. Tanto en el coeficiente de similitud de Jaccard como en el índice de similitud de Morisita-Horn, el grupo de centros poblados y cascos de la finca (pob-cas) no comparte la mayoría géneros, especies y morfoespecies colectadas en campo. Esto puede deberse al tipo de recurso floral que las abejas tienen a su disposición (Barquero-Elizondo et al. 2019, López-Gómez 2014, Balboa-Aguilar 2010) o que existan ciertas condiciones climáticas necesarias para que la especie en cuestión pueda vivir o coleccionar sus recursos florales en esos sitios (Pearson 2008, Escobedo et al. 2017). Por esta razón, es importante comparar variables climáticas entre estos dos centros poblados y analizar si la escala de estudio de la presente investigación es suficiente para afirmar con total certeza el anterior argumento.

c. Curvas de acumulación de especies para los distintos usos de la tierra

Se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando los métodos no paramétricos Chao1 y Chao2, los cuales consideran abundancia e indidencia de individuos en las muestras (Moreno 2001). El método de Chao1 considera aquellas especies representadas por un único individuo (*singletons*) y aquellas represenadas por dos individuos (*doubletons*) (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). El método de Chao2 considera datos de presencia-ausencia de cada especie en las muestras (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Al utilizar estos métodos se interpreta si el esfuerzo de muestreo obtuvo la mayor cantidad de especies que pueden existir en el lugar o no fue suficiente (Moreno 2001, Koleff et al. 2008). Los meses de colecta están representados en el eje “x” con números que significan lo siguiente: 1 (mayo), 2 (junio), 3 (julio), 4 (agosto), 5 (septiembre), 6 (octubre), esto aplica de las figuras 34 a 38:

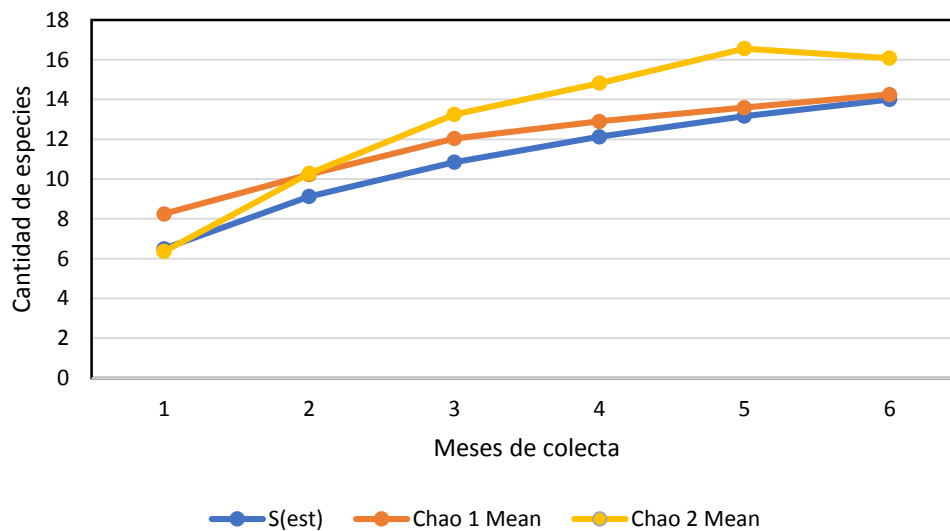


Figura 32. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “cafetal” (caf).

En la figura 32 se muestra una curva de acumulación de especies para el uso de la tierra “cafetal”, cuyo valor de riqueza observada fue 14 especies. Este valor da una relación de 0.98 respecto al calculado por el estimador Chao1 (14.25), y de 0.87 según Chao2 (16.08). Estas relaciones sugieren que la mayoría de la riqueza de visitantes florales en este uso de la tierra, fue indentificada durante el estudio.

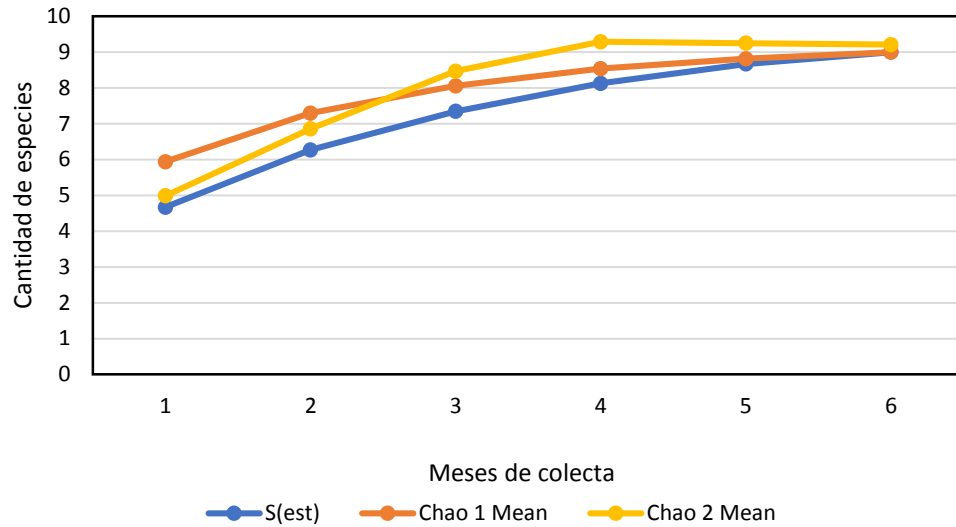


Figura 33. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “río” (rio).

En la figura 33 se muestra una curva de acumulación de especies para el uso de la tierra “río”, cuyo valor de riqueza observada fue de 9 especies. Este valor da una relación de 1 respecto al calculado por el estimador Chao1 (9) y de 0.97 según Chao2 (9.21). Estas relaciones sigieren que la mayoría de la riqueza de abejas en este uso de la tierra, fue identificada durante el estudio. Sin embargo, las colectas fueron pocas, a causa de la pendiente del lugar y la predominancia de árboles, a los cuales no se tenía acceso para coleccionar abejas.

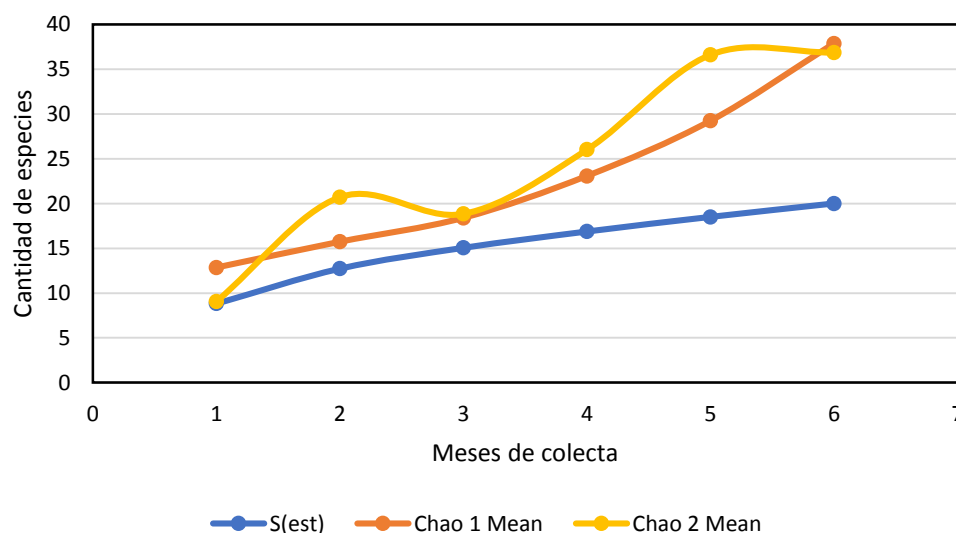


Figura 34. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “casco” (cas).

En la figura 34 se muestra una curva de acumulación de especies para el uso de la tierra “casco”, cuyo valor de riqueza observada fue de 20 especies. Este valor da una relación de 0.53 respecto al calculado por el estimador Chao1 (37.88), y de 0.54 según Chao2 (36.88). Estas relaciones sugieren que se colectó entre el 53 % y 54 % de la riqueza de abejas en ambos sitios de muestreo. Probablemente esto se deba a que ambos sitios compartían únicamente 6 especies (30 %). El Coeficiente de Variación (CV) estimado por los índices de CHAO fue de 0.523, razón por la cual se calculó Chao2 con el método clásico, en lugar de corregir el sesgo de error, pues el $CV > 0.5$.

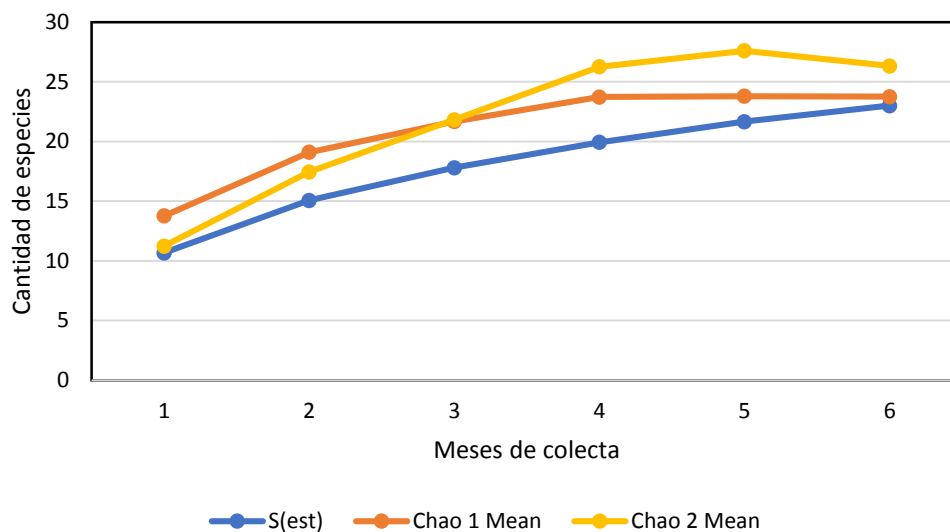


Figura 35. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “poblado” (pob).

En la figura 35 se muestra una curva de acumulación de especies para el uso de la tierra “poblado”, cuyo valor de riqueza observada fue de 23 especies. Este valor da una relación de 0.97 respecto al calculado por el estimador Chao1 (23.75), y de 0.87 según Chao2 (26.33). Estas relaciones sugieren que la mayoría de la riqueza de abejas en este uso de la tierra, fue indentificada durante el estudio.

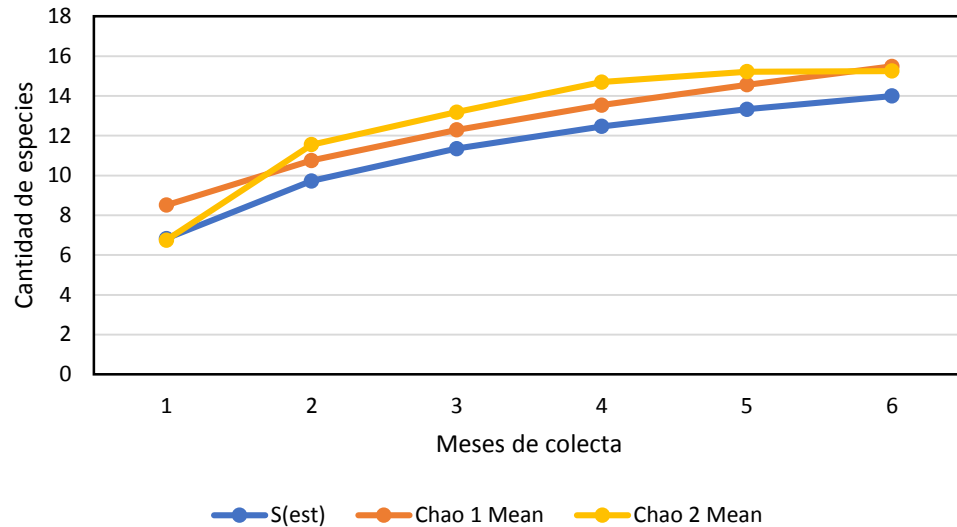


Figura 36. Curva de acumulación de especies para el tipo de uso “restauración” (res).

En la figura 36 se muestra una curva de acumulación de especies para el uso de la tierra “restauración”, cuyo valor de riqueza observada fue de 14 especies. Este valor da una relación de 0.90 respecto al calculado por el estimador Chao1 (15.49), y de 0.92 según Chao2 (15.25). Estas relaciones sugieren que la mayoría de la riqueza de abejas en este uso de la tierra, fue indentificada durante el estudio.

En los diez sitios de muestreo hizo falta mayor intensidad de colecta de abejas para obtener una mayor riqueza de géneros, especies y morfoespecies que podrían ser encontrados (Sánchez y Pineda 2000). El tiempo empleado para hacer el trabajo de campo fue de 90 minutos, por la mañana y no se consideraron colectas vespertinas. Esto ocasiona que no se colecten diversos grupos taxonómicos, pues no todas las abejas pecorean a la misma hora (Blettler et al. 2016, Vásquez-Soto 2007, Biesmeijer 1997). Las técnicas de colecta pudieron ser otra causa por la cual no se colectó la riqueza total de individuos en cada sitio de muestreo, sólo se utilizaron redes entomológicas para capturar abejas volando o colectando recursos florales. No se realizaron colectas con trampas de feromonas, no se realizaron colectas nocturnas, tampoco se reastrearon colmenas y nidos, puesto a que esto requiere mayor esfuerzo y recursos, los cuales podrían capturar abejas poco comunes (González 1998, Ospina-Torres 1998, Santos Murgas 2009, Graça y Somavilla 2019, González-Córdoba y Montoya-Lerma 2014, Barquero-Elizondo et al. 2019).

2.8.3. Plantas como potenciales recursos florales para las abejas nativas

En los cuadros 11 y 12 se muestran las plantas colectadas en dos eventos de colecta, realizados durante los seis meses de trabajo de campo. Todas las plantas de estas familias presentaban algún tipo de interacción con abejas nativas. En el cuadro 11 se muestran quince especies de plantas, pertenecientes a doce familias botánicas. En el cuadro 12 se muestran catorce especies de plantas, pertenecientes a cinco familias botánicas. Todos estos datos pueden observarse en los siguientes cuadros:

Cuadro 11. Familias de plantas que presentan interacción con abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos (mayo a julio 2019).

No.	Familia	Especies
1	Asteraceae	2
2	Malvaceae	2
3	Rubiaceae	2
4	Lythraceae	1
5	Onagraceae	1
6	Verbenaceae	1
7	Boraginaceae	1
8	Oxalidaceae	1
9	Vitaceae	1
10	Piperaceae	1
11	Costaceae	1
12	Euphorbiaceae	1

Cuadro 12. Especies de plantas que presentan interacción con abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos (agosto a octubre 2019).

No.	Familia	Especie
1	Asteraceae	<i>Perymenium grande</i> Hemsl.
2		<i>Melampodium paniculatum</i> Gardner.
3		<i>Cosmos sulphureus</i> Cav.
4		<i>Parthenium</i> sp.
5		<i>Melampodium americanum</i> L.
6		<i>Bidens pilosa</i> L.
7	Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> L.
8		<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.
9		<i>Mandevilla subsessilis</i> (A.DC.) Woodson
10	Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link
11		<i>Senna nicaraguensis</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby
12		<i>Aeschynomene americana</i> L.
13	Acanthaceae	<i>Ruellia</i> sp.
14	Lamiaceae	<i>Hyptis verticillata</i> Jacq.
15	Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.
16	Bignoniaceae	<i>Podranea ricasoliana</i> (Tanfani) Sprague
17	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i> Jacq.

Las plantas que se muestran en el cuadro 11 fueron colectadas en el mes de julio de 2019. Las plantas que se muestran en el cuadro 12 fueron colectadas en el mes de octubre de 2019. De acuerdo a las observaciones directas en campo, las plantas del cuadro 11 florecieron entre los meses de mayo a julio, en tanto que las plantas del cuadro 12 florecieron entre los meses de agosto a octubre. Estos patrones temporales de floración, podrían estar ocurriendo por efecto de condiciones climáticas o causas fisiológicas, que determinan la floración de estas plantas (Godínez 1991, Rodríguez 2008, Domínguez-Alvarez et al. 2009), pero es necesario realizar más estudios para evaluar este tipo de variables que determinan la secuencia temporal y duración de estos eventos de floración por medio de la fenología de estas especies de plantas.

Las plantas de los cuadros 11 y 12 mostraron ciertas interacciones con algunos géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas. En la figura 41A se muestran dichas interacciones por medio de líneas que conectan a la abeja con la planta en la cual buscaba algún tipo de recurso floral. De acuerdo a observaciones en campo, la especie *Podranea ricasoliana* (Tanfani) Sprague, tuvo una interacción directa con abejas de los géneros *Euglossa* y *Thygater*, esta planta tiene nectarios extraflorales que pueden ser un importante recurso para estas abejas (Rivera 1996, Gonzalez 2013). En el caso de la especie *Senna nicaraguensis* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby que se ubicaba en los jardines de aldea “Conacaste”, era común observar visitas de abejas del género *Eulaema*. Esta abeja también tuvo interacción directa con una planta de la familia Apocynaceae (*Mandevilla subsessilis* (A.DC.) Woodson) que crecía en lugares con vegetación natural, principalmente en la parcela de restauración conocida como “Las Agujas”. Las flores que eran de color amarillo, lo cual coincide con estudios que indican que las abejas son atraídas fundamentalmente por flores que al ojo humano son de color azul y amarillo, aunque para ellas podrían ser de otro color, como el ultravioleta (Kevan 1983, Menzel y Shmida 1993).

Otras observaciones en campo mostraron que los ayotes (*Cucurbita pepo* L.) tenían interacción directa con abejas de los géneros: *Xenoglossa* y *Peponapis*, que actualmente pertenecen al género *Eucera* (Dorchin et al. 2018). Las abejas sólo se colectaron cuando estas plantas se encontraban en floración durante los meses de agosto y septiembre,

buscando recursos florales. Esto demuestra que estos géneros tienen una estrecha relación con este género de plantas, incluso se tiene evidencia que han coevolucionado (Hurd et al. 1971, Enríquez et al. 2015). Otro género observado fue *Xylocopa*, buscando recursos florales en árboles de sombra de los cafetales, principalmente del género *Inga*. Estas abejas realizaban una fuerte vibración para obtener sus recursos alimenticios, lo cual es un comportamiento biológico de estos organismos, además de obligar a la planta a incrementar el contenido de azúcar en el néctar (Gonzalez et al. 2009, Chaves-Alves et al. 2011, Veits et al. 2019). Sin embargo, ya que estas se encontraban en el estrato arbóreo, fue difícil colectarlas en el sitio de muestreo.

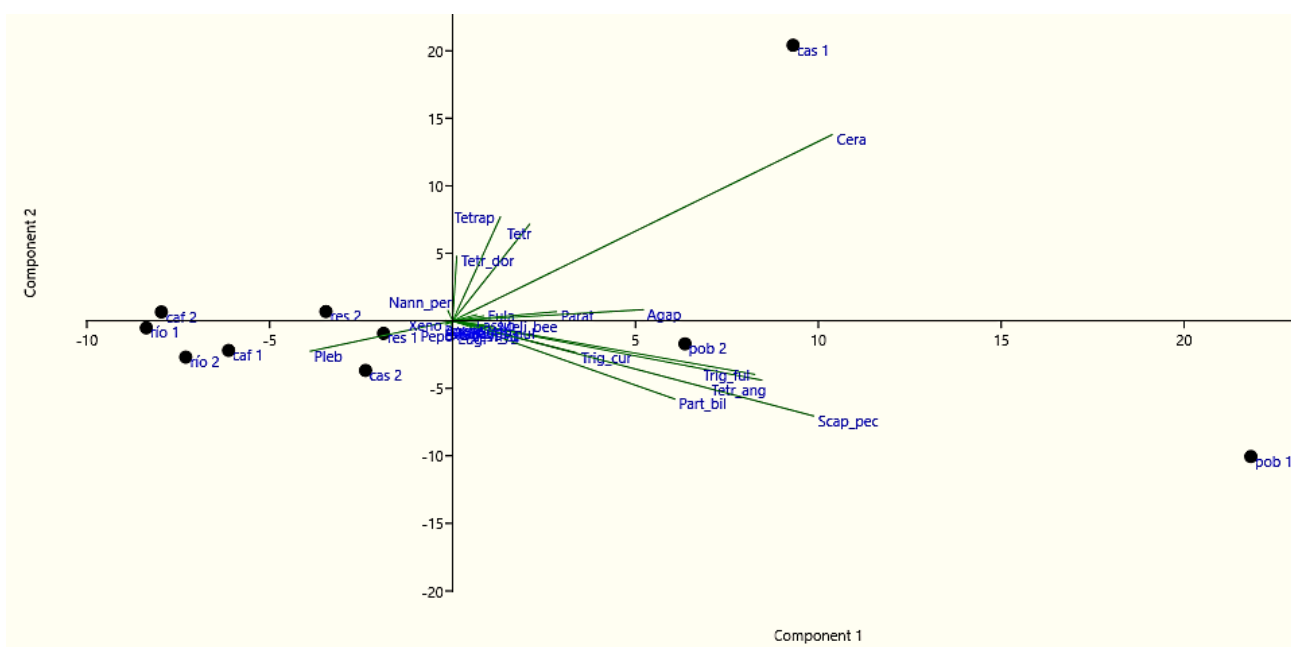
El abejorro de la especie *Bombus wilmattae* se encontró polinizando flores de café (*Coffea arabica* L.). Este individuo realizaba vibraciones para obtener sus recursos alimenticios, algo que es característico de este género (Bonet Ferrer y Vergara 2016, Pineda-Mijangos 2018, Vallejo-Marín 2019). Esto contribuye sustancialmente a mejorar la cantidad y calidad de frutos de café (Jaramillo 2012, Cepeda-valencia 2014, Herrera y Sabogal 2016). Se encontró a una altitud de 1,361 m s.n.m., la cual está en el rango de lo que se ha reportado para esta especie (Dardón et al. 2020). Una planta de la familia Lythraceae parecía ser un importante recurso para las abejas al buscar néctar y polen, como lo reporta el estudio de Medina-Gavilán (2011). Las plantas silvestres de la familia Malvaceae colectadas durante la investigación pertenecen al género *Sida*, eran de color amarillo y fueron visitadas por abejas del género *Ceratina* y *Augochlora*, principalmente. Se ha reportado que plantas de color amarillo pueden ser un importante recurso floral visitado por las abejas (Kevan 1983).

La vegetación presente en los bosques de ribera era principalmente arbórea, razón por la cual fue difícil tomar muestras botánicas, porque no se contaba con el equipo para escalar y otros implementos necesarios (Simmons y Muñoz-Saba 2005, Córdova 2008).

2.8.4. Efecto del uso de la tierra sobre la diversidad de abejas nativas en finca “La Montañita” y poblados cercanos.

A. Efecto del uso de la tierra

A continuación, se muestra la figura 37, en la cual se realizó un gráfico de Análisis de Componentes Principales (PCA) para los distintos géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas en diez distintos usos de la tierra:



(Componente 1: eigenvalue= 94.3136, 39.232 % de la varianza, componente 2: eigenvalue=60.8535, 25.313 % de la varianza). Café 1= Finca “La Montañita”, Café 2= Finca de don Saúl González, Cas 1= “El Plan”, Cas 2= “La Cabaña”, Res 1= Parcela de restauración Doña Juana, Res 2= “Las agujas”, Pob 1= “Conacaste”, Pob 2= “La Montañita”, Río 1= “El Limón”, Río 2= “El Mandarin”.

Figura 37. Análisis de Componentes Principales (PCA) para los distintos sitios de muestreo en finca “La Montañita” y poblados cercanos.

En la figura 37 se muestra la distribución de géneros y especies de abejas nativas en los distintos sitios de muestreo. Al analizar el comportamiento de las comunidades de abejas nativas, muchas de las especies eran compartidas en puntos opuestos de muestreo, como es el caso de las parcelas de restauración. Las especies compartidas entre los centros poblados mostraron alta similitud de especies con un 66 %. En lugares en los cuales el dosel del bosque proyectaba mayor sombra, no se reportó alta riqueza de abejas nativas, sin embargo, estos lugares son importantes para el anidamiento de distintas especies de abejas (Escobedo et al. 2014, Mérida-Rivas 2010, Ricketts et al. 2004, Greenleaf y Kremen 2006).

En el cuadro 13 y en la figura 38 se muestran las relaciones de abundancia de abejas nativas en los distintos usos de la tierra del área de estudio:

Cuadro 13. Diversidad de abejas con los usos de la tierra en el área de estudio.

ESPECIE	USOS DE LA TIERRA									
	caf1	caf2	rio1	rio2	pob1	pob2	res1	res2	cas1	cas2
<i>Plebeia</i>	6	10	8	7	4	0	9	0	1	0
<i>Exomalopsis</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1
<i>Tetraloniella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
<i>Thygater</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Andrena</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xylocopa</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Trigona corvina</i>	4	3	1	1	9	5	5	9	5	15
<i>Melipona beecheii</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3
<i>Lestrimelitta niitkib</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nannotrigona perilampoides</i>	1	1	0	1	1	0	6	3	2	1
<i>Tetragonisca angustula</i>	2	2	1	1	14	10	5	0	4	7
<i>Ceratina</i>	0	0	1	1	10	4	5	5	23	1
<i>Trigona dorsalis</i>	5	7	4	1	2	4	5	0	9	5
<i>Trigona fulviventris</i>	8	5	6	9	18	19	13	8	8	1
<i>Partamona bilineata</i>	2	0	0	0	12	1	0	0	0	6
<i>Euglossa</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1
<i>Bombus pullatus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Bombus wilmattae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eulaema</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
<i>Tetrapedia</i>	3	7	3	0	1	6	1	2	11	1
<i>Paratetrapedia</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	3	1
<i>Agapostemon</i>	1	3	0	0	7	6	0	0	5	0
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1
<i>Exaerete</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Xenoglossa</i>	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0
<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0
<i>Peponapis</i>	3	0	0	0	0	3	0	1	0	0
<i>Megachile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Augochlora</i>	0	1	2	0	2	0	1	0	1	0

En la figura 38, se muestran gráficas de barras para cada género, especie o morfoespecie de abejas, los colores en cada barra representan los diez sitios de muestreo. Si el color dentro de la barra es más amplio, significa que hubo una mayor abundancia de abejas representadas en ese sitio:

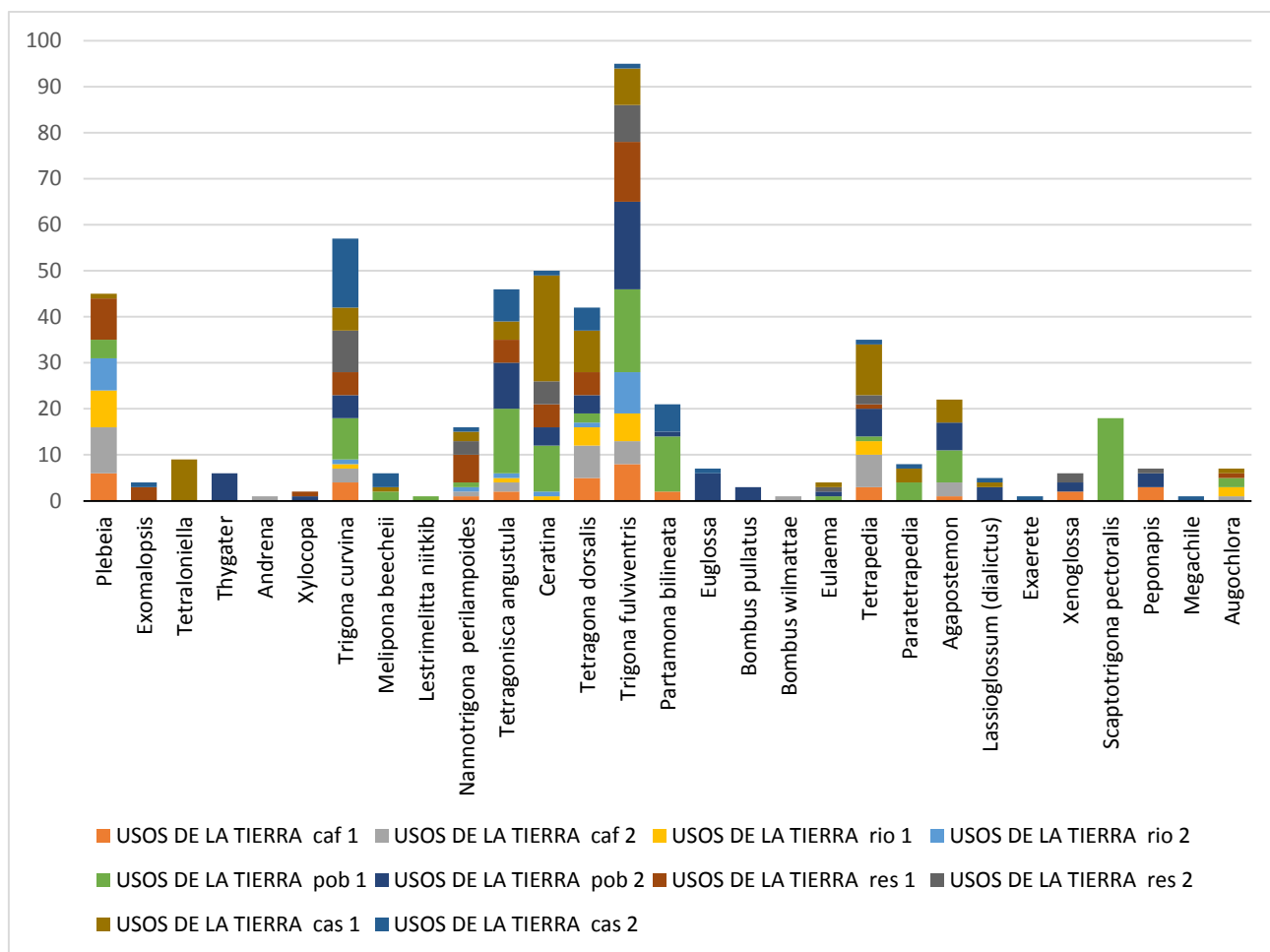


Figura 38. Diversidad de abejas en los distintos usos de la tierra en el área de estudio.

En el cuadro 13 se muestra la riqueza de los 29 géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas en los diez sitios de muestreo, durante seis meses de colecta. En el cual se puede observar que las especies de abejas nativas con hábitos sociales como *Trigona fulviventris*, *Trigona curvina*, *Nannotrigona perilampoides*, *Tetragonisca angustula* y

Tetragona dorsalis (Shell y Rehan 2018, Enríquez et al. 2012), tienen presencia en la mayoría de sitios de colecta, lo cual puede corroborarse en las figuras 38 y 39A.

De acuerdo a observaciones en campo, la vegetación que cubría los sitios llamados cafetal finca “La Montañita” = “caf 1” y cafetal de don Saúl González= “caf 2” era distinta. En el cuadro 8 se muestra que el sitio de muestreo cafetal de la finca “La Montañita” (caf 1) predominaba vegetación de pino (*Pinus oocarpa*) y algunas ingas (*Inga* sp) como sombra de ese sistema agroforesta. Mientras que en el terreno de don Saúl González (caf 2) el sistema agroforestal tenía mayor diversidad de especies vegetales. En este lugar la sombra de café era: ingas (*Inga* sp.), árboles de níspero (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.), aguacate (*Persea americana* Mill.), naranja (*Citrus x sinensis*), izote (*Yucca guatemalensis* Baker), taxiscobo (*Perymenium grande* Hemsl.), higuierillo (*Ricinus communis* L.) y pacaya (*Chamaedorea* spp.). A pesar de las diferencias en la vegetación y la distancia entre ambos sitios de muestreo, la riqueza de esos lugares tuvo 11 especies, variando algunas especies de abejas nativas. Por esta razón en la figura 37 no se observa que ambos sitios “caf 1” y “caf 2” estén explicando la ausencia o presencia de dichas especies de abejas en el lugar.

B. Efecto de la pendiente

Además de la escasa vegetación que proporcionara alimento a las abejas, la pendiente pudo ser otra causa por la cual la riqueza de las mismas fue mejor a otros sitios. La pendiente de dichos sitios de muestreo era de 45 %, dificultando la colecta de especímenes con las redes entomológicas. Por lo cual se debe acudir a otros métodos de colecta de insectos que permitan obtener un mayor número de especies e indivicios en sitios con estas características de vegetación principalmente dominada por árboles y pendientes elevadas, como lo recomiendan otros autores (Simmons y Muñoz-Saba 2005, Córdova 2008, Williams y Whitten 1983, Santos Murgas 2009). En sitios de muestreo como “pob 1”, “pob 2”, “cas 1”, “cas 2” y “res 1” la pendiente del lugar era plana (4 %) lo cual no dificultaba la captura de especímenes de abejas. Sin embargo, el sitio de muestreo “res 2” era de difícil acceso y pendientes elevadas (35 % - 40 %) dificultando la colecta de abejas nativas.

C. Efecto de la altitud

Además del uso de la tierra, la altitud es otro factor que pudo ocasionar algún efecto sobre la distribución de especies en los sitios de muestreo. Un caso particular fue el de las especies de abejorros *Bombus pullatus* y *Bombus wilmattae*, estos especímenes se colectaron exclusivamente en los sitios “pob 2” y “caf 2”, a una altitud mayor a 1,200 m s.n.m. Al analizar lo que reporta la literatura, coincide con el rango de distribución de estas especies (Dardón et al. 2020, 2016).

D. Efecto de los recursos florales y la vegetación

En la figura 37 se encuentran en el cuadrante negativo las componentes de los sitios de muestreo El Limón “rio 1” y El Mandarin “rio 2” que explican la relación de la vegetación, respecto a la distribución de los géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas. En ambos lugares la vegetación predominante era de árboles (encinos e ingas), plantas arbustivas como: santa maría (*Piper* spp.), cedros (*Cedrela* spp.), pinos (*Pinus oocarpa*), plantas epífitas de las familias Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, y otras plantas no identificadas. De acuerdo a observaciones en campo, muchas de estas especies botánicas no se encontraban en floración. Lo anterior sugiere que los usos de la tierra no parecen explicar la presencia o ausencia de abejas en ambos sitios, y esto podría deberse a que hay poca riqueza de especies vegetales que proporcionen recursos alimenticios para las abejas. Por esta razón la riqueza de especies reportada para cada sitio, 8 y 7 especies, respectivamente, fue escasa respecto a otros sitios de muestreo.

En el caso de los sitios de muestreo Las Agujas “res 1” y Doña Juana “res 2”. La principal vegetación de los lugares eran hierbas de las familias: Poaceae, Asteraceae, Asclepiadaceae, Apocynaceae y Fabaceae (Cuadros 11 y 12), no se encontraron más recursos florales. Por esta razón es probable que la riqueza de estos sitios de muestreo fuera la más baja respecto a los otros ocho. Reportándose una riqueza de 11 especies “res 1” y 8 especies en “res 2”, pero es necesario realizar más estudios para comprobarlo.

Los cascos de la finca que se representan como: El Plan “cas 1” y La Cabaña “cas 2”, eran espacios abiertos en los cuales la cantidad de recursos florales era considerablemente alta. Estos dos lugares reportaron una riqueza de 15 especies. Al existir un mayor número de registros de distintas especies en estos sitios de muestreo, se puede inferir que la existencia de mayor cantidad de recursos florales aumenta la diversidad de abejas nativas en un lugar (Mérida-Rivas 2010, Balboa-Aguilar 2010, López-Gómez 2014, Escobedo et al. 2014, Godínez 1991, Rodríguez 2008). Por esta razón en la figura 37 se ve una relación positiva entre “cas 1” y el género *Ceratina*, que tuvo fuerte interacción con plantas de flores pequeñas en este lugar, de la familia Lythraceae, un comportamiento que ya ha sido reportado en otro estudio (Medina-Gavilán 2011). La presencia de meliponinos y abejas solitarias fue homogénea en estos sitios, ya que las abejas buscan recursos florales y algunas pueden hacer sus nidos en el suelo, cerca de áreas antropizadas (López-Gómez 2014).

En la figura 37 los sitios que presentaron mayor abundancia y riqueza de abejas nativas fueron los centros poblados: “Conacaste” = “pob 1” y “La Montañita” = “pob 2”. Las especies que tuvieron un mayor número de individuos fueron principalmente *T. fulviventris*, *S. pectoralis*, *P. bilineata* y *T. angustula* como puede verse en el cuadro 13. La riqueza de ambos sitios fue de 16 especies, lo cual equivale al 55 % del total de la riqueza total del lugar. Sin embargo, al comparar la cantidad de especies compartidas entre los dos sitios, que se encuentran a una distancia de 2.3 km entre ellos y una diferencia altitudinal de 680 m, comparten únicamente 9 especies (31 %) del total.

Al comparar estos sitios con los otros ocho, sus valores altos de riqueza y abundancia de abejas podrían estar explicados por la facilidad con que estos especímenes fueron colectados. Las personas tenían plantas ornamentales y algunas silvestres en los jardines de sus casas, en donde las abejas pueden buscar recursos florales, principalmente polen y néctar (Rodríguez 2008, Vásquez-Soto 2007, Armas 2009, Ayala et al. 2019). Por esta razón en las figuras 37 y 38 se muestran especies que podrían estar relacionadas a estos sitios de muestreo. La causa probable por la cual existe diferencia de especies de abejas entre ambos sitios podría ser por el tipo de vegetación típica de las zonas de vida en el lugar como

se muestra en el Capítulo 1 de este documento de investigación y lo reportado por De la Cruz (1982), pero es necesario realizar estudios para comprobarlo. Otra causa probable que pueda explicar la diferencia de especies en ambos sitios pueden ser las condiciones climáticas que cada sitio proporcionaba a las abejas, puesto a que tiene efectos en la distribución de recursos florales que alimentan a las mismas, como lo han demostrado otras investigaciones (Pearson 2008, Escobedo et al. 2017).

E. Efecto de la conectividad de los bosques

Aunque existe diferencia de ciertas especies de abejas nativas entre aldea Conacaste “pob 1” y La Montañita “pob 2”, la presencia de bosque de pino-encino en el área de estudio, podría permitir conectividad ecológica para que las abejas se desplacen entre todos los sitios de muestreo (Gurrutxaga San Vicente y Lozano Valencia 2006). Por esta razón es posible que los diferentes tipos de usos de la tierra en el sitio de estudio no afectan los patrones de distribución de abejas nativas en la finca y en poblados cercanos como se muestra en las figuras 37 y 39A. Sin embargo, considerando que la cobertura vegetal disminuirá, por cambios en el uso de la tierra, principalmente en áreas con bosque, quedarán pequeñas porciones o fragmentos que tendrán un efecto sobre la comunidad de abejas y el servicio de polinización que estas brindan a plantas nativas y cultivadas (Kaiser-Bunbury et al. 2017, Landaverde-González et al. 2017, Enríquez 2017).

En ese sentido es importante estudiar en la zona a las abejas como grupo bioindicador de ese deterioro ambiental, puesto a que responden a la diversidad y continuidad de recursos alimenticios, así como a la disponibilidad de sitios adecuados para anidar, lo cual las hace sensibles a perturbaciones del hábitat (Meléndez Ramírez et al. 2014). Esto puede aportar a otros estudios que han utilizado organismos como indicadores ecológicos en la priorización de áreas de conservación, como escarabajos del género *Plusiotis* (Coleoptera: Melolonthidae), salamandras, aves, mamíferos menores y vegetación arbórea y *Passalidae* (Coleoptera) (Schuster et al. 2000).

En el caso de las abejas, para entender de mejor forma el efecto que tiene la fragmentación de paisajes a través del cambio de uso de la tierra, sobre la distribución de abejas nativas, la búsqueda de sitios de anidamiento e incluso forrajeo, podría acudir a estudiar grupos funcionales (López-Gómez 2014, Meléndez Ramírez et al. 2014, Balboa-Aguilar 2010). Este enfoque de estudio consiste en estudiar grupos de especies que desempeñan una función similar en el ecosistema (Balboa-Aguilar 2010). Los fragmentos de vegetación conservada alrededor de zonas con cultivo tienen mayor riqueza de grupos funcionales de abejas nativas (López-Gómez 2014). Además otros sitios en los cuales las abejas pueden hacer sus nidos en agujeros en madera, suelo, paredones y potreros pueden resguardar una riqueza considerable de especies (Balboa-Aguilar 2010). Si se conservan o revegetan aquellos terrenos sin cobertura forestal, puede mejorar sustancialmente la funcionalidad de estos hábitats (Lázaro y Tur 2018, Roberts et al. 2017, Hopwood 2008, Taki et al. 2013, Bogusch et al. 2015).

Para que esto pueda realizarse, es oportuno que en el Plan de Manejo del sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita” se consideren ejes que protejan y utilicen adecuadamente los bosques. Es importante que se sigan manteniendo los bosques naturales de encino (*Quercus* spp.). También deben conservarse las zonas de bosque de ribera destinadas para conservación así como mantener flora asociada al cultivo de café para que ésta sirva de fuente alimenticia a las abejas cuando no exista floración de este cultivo (Armas-Quiñonez et al. 2020). Al existir dicha conectividad entre los bosques de la finca se mantendrá la movilidad de las especies, en la cual las plantas y animales se desplazarán, incluidas las abejas nativas, facilitando el flujo génico entre estos organismos (Primack y Vidal 2019). Esto puede ayudar como un elemento de conservación más de la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM) (Naturaleza 2010), en la cual se ubica el sector “A” de la finca, pues con el acelerado cambio de uso de la tierra, a mediano y largo plazo, la fragmentación y pérdida de hábitat puede ocasionar pérdida de biodiversidad (Grez y Galetto 2011).

2.9. CONCLUSIONES

1. Se identificaron 29 especies de abejas nativas, distribuidas en 27 géneros y 4 familias. La familia que mostró mayor abundancia fue Apidae, seguida por la familia Halictidae. Las familias Andrenidae y Megachilidae tuvieron menor abundancia.
2. La tribu Meliponini de la familia Apidae fue la que tuvo mayor riqueza y abundancia de abejas nativas, se identificaron diez especies. Seguida por la tribu Eucerini y la tribu Euglossini con cuatro y tres especies, respetivamente.
3. Los sitios antropizados con espacios abiertos, y con manejo agronómico mostraron los valores más altos diversidad de abejas nativas. Tanto el índice de Shannon (H') como el índice de Pielou (J') mostraron que la mayor riqueza y abundancia relativa se encontraba en los centros poblados, en los cascos de la finca y en los sitios con cultivo de café. Seguida por los sitios denominados “parcelas de restauración”. Los sitios menos diversos fueron los ríos de la finca.
4. Al comparar la diversidad entre los diez sitios de muestreo se utilizó el índice de Morisita-Horn y el coeficiente de similitud de Jaccard. Ambos métodos mostraron tres grupos de sitios que compartían en mayor o menor porcentaje especies de abejas nativas.
5. Tanto Morisita-Horn como Jaccard mostraron que el grupo conformado por los centros poblados y cascos de la finca tenía los valores más bajos de especies compartidas. El tipo de recursos florales y la distancia entre sitios fue una causa probable de esa diferencia.
6. Las curvas de acumulación de especies mostraron si el esfuerzo de colecta fue suficiente para representar a la diversidad total de abejas nativas en cada uso de la tierra. Los índices de Chao 1 y Chao 2 indicaron que, en todos los sitios de colecta, excepto los cascos de la finca, se colectó arriba del 87 % de las especies que se podrían encontrar en cada sitio de muestreo.

7. Se identificaron 32 especies de plantas pertenecientes a 18 familias botánicas, de las cuales se observó algún tipo de interacción con las abejas nativas del lugar. Las familias con mayor riqueza de especies fueron Asteraceae, Fabaceae, Apocynaceae, Malvaceae y Rubiaceae.
8. Algunas plantas florecieron al aumentar las lluvias en la zona de estudio, lo cual coincidió con la ocurrencia de abejas de los géneros *Eucera* (*Peponapis*) y *Eucera* (*Xenoglossa*). Los ayotes del género *Cucurbita* florecieron únicamente entre los meses de agosto y septiembre, esto coincidió con los únicos registros de los géneros de abejas antes mencionados.
9. Se evaluó el efecto del uso de la tierra sobre la diversidad de abejas nativas, realizando gráficas de Análisis de Componentes Principales (PCA) en el programa PAST. Al identificar los patrones de distribución de abejas respecto a los usos de la tierra, la gráfica mostró que estos no tienen un efecto considerable sobre la diversidad de abejas nativas en el lugar. Posiblemente por la cercanía geográfica de los sitios de muestreo y por la temporalidad del estudio ya que se realizó en época lluviosa y no se evaluó la época seca.

2.10. RECOMENDACIONES

1. Utilizar otras metodologías y técnicas para capturar abejas. El uso de trampas Van Somer, trampas Malaise, platos amarillos y recipientes portadores de esencias contribuirá a tener una mayor riqueza de especies y abundancia de individuos.
2. Colectar abejas en distintas horas del día. Algunas abejas prefieren horarios matutinos, otras prefieren horarios vespertinos y otras sólo pueden capturarse por la noche.
3. Colectas de abejas entre los meses de noviembre a abril para tener una mejor idea de la diversidad de abejas que puede existir en la zona de estudio. Esto permitirá tener datos de época seca y época lluviosa.
4. Realizar estudios de interacción planta-polinizador para identificar las relaciones que existen entre grupos de abejas y plantas cultivadas o silvestres.
5. Seleccionar otros usos de la tierra para identificar el efecto sobre la diversidad de abejas nativas.
6. Utilizar variables ambientales como precipitación pluvial, temperatura, altitud y tipo de suelo para evaluar su efecto en las comunidades de abejas nativas.
7. Evaluar el efecto de la estacionalidad de la floración sobre la diversidad de abejas nativas en la región.

2.11. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahrné, K. 2008. Local Management and Landscape Effects on Diversity of Bees , Wasps and Birds in Urban Green Areas. s.l., Swedish University of Agricultural. 56 p.
2. Ahumada, I. 2007. *Exaerete smaragdina* (Guérin-Meneville, 1845). *Dugesiana* 14(1):43-44.
3. Altieri, MA; Nicholls, CI; Gillespie, M; Waterhouse, B; Wratten, S; Gbèhounou, G; Gemmill-Herren, B. 2015. Crops, weeds and pollinators Understanding ecological interaction for better management (en línea). Roma, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponible en www.fao.org/publications.
4. Armas-Quiñonez, G; Ayala-Barajas, R; Avendaño-Mendoza, C; Lindig-Cisneros, R; Del-Val, E. 2020. Bee diversity in secondary forests and coffee plantations in a transition between foothills and highlands in the Guatemalan Pacific Coast. *PeerJ* (8):1-20. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.9257>.
5. Armas, AG. 2009. RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ABEJAS EUGLOSINAS (APINAE: EUGLOSSINI) EN GUATEMALA. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 88 p.
6. Arnold, N; Zepeda, R; Vázquez, DM; Aldaroso, MM. 2018. Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca , México con catálogo de especies. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 193 p.
7. Ascher, J; Pichering, J. 2017. Discover Life's Bee species guide (en línea, sitio web). Consultado 12 jun. 2020. Disponible en www.discoverlife.org.
8. Audesirk, T; Audesirk, G; Byers, BE. 2012. La diversidad de las plantas. Ciudad de México, PEARSON. p. 970.
9. Ayala Barajas, R. 1999. Revisión de las abejas sin aguijón de Mexico (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana* 123(106):1-123.
10. Ayala, R. 2017. La situación del conocimiento de las abejas nativas de Mesoamérica (Hymenoptera: Apidae). In *Escobedo, N; Enríquez, E; Landaverde-González, P; Martínez, O; Armas-Quiñonez, G; Marroquín, A; Hernández, L; Medina, M; Guzmán, M; Zepeda, R; Gruber, T; Straffon, S; Escobar, D; Méndez, C; Casiá, Q (eds.)*. Antigua Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). p. 20-29.
11. _____. 2019. Generalidades de las abejas. Cholula, Puebla, México, s.e.
12. Ayala, R; Hinojosa-Díaz, IA; Armas-Quiñonez, AG. 2019. A new species of *Rhathymus* lepeletier & serville, 1828 (Hymenoptera: Apidae: Rhathymini) from Guatemala. *Zootaxa* 4700(1):132-138. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4700.1.7>.

13. Balboa-Aguilar, C. 2010. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la Reserva de la Biosfera "La Sepultura" Chiapas, México. s.l., El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 103 p.
14. Balboa, C; Hinojosa-Díaz, I; Ayala, R. 2017. New dark species of the bee genus *colletes* (Hymenoptera, Colletidae) from Mexico and Guatemala. *Zootaxa* 4320(3):401-425. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4320.3.1>.
15. Barquero-Elizondo, AI; Aguilar-Monge, I; Méndez-Cartín, AL; Hernández-Sánchez, G; Sánchez-Toruño, H; Montero-Flores, W; Herrera-González, E; Sánchez-Chaves, LA; Barrantes-Vásquez, A; Gutiérrez-Leitón, M; Mesén-Montano, I; Bullé-Bueno, F. 2019. 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. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.4>.
16. Barrantes-Vásquez, A; Sánchez-Chaves, L; Hernández- Sánchez, G; Montero- Flores, W. 2018. Principales plantas de importancia alimenticia para la abeja nativa sin aguijón *Trigona fulviventris* (Guérin- Méneville) en Pocosol, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 16(38):13-23. DOI: <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3992>.
17. Begon, M; Townsend, CR; Harper, JL. 2006. *From individuals to Ecosystems*. 4th ed. United Kingdom, Blackwell Publishing. 754 p.
18. Biella, P; Akter, A; Ollerton, J; Tarrant, S; Janeček, Š; Jersáková, J; Klecka, J. 2019. Experimental loss of generalist plants reveals alterations in plant-pollinator interactions and a constrained flexibility of foraging. *Scientific Reports* 9(1):1-13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43553-4>.
19. Biesmeijer, JC. 1997. *Abejas sin aguijón. Su biología y organización de la colmena*. Países Bajos, University of Utrecht.
20. Biesmeijer, JC; Roberts, SPM; Reemer, M; Ohlemüller, R; Edwards, M; Peeters, T; Schaffers, AP; Potts, SG; Kleukers, R; Thomas, CD; Settele, J; Kunin, WE. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313(5785):351-354. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1127863>.
21. Blettler, DC; Fagúndez, GA; Chemez, DM. 2016. A study of the foraging schedule of honeybees on soy crops as an agronomical tool to mitigate the effects of agrochemicals (en línea). *Scientia Interfluvius* 3(2):14-28. Disponible en <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>.
22. Bogusch, P; Blažej, L; Trýzna, M; Heneberg, P. 2015. Forgotten role of fires in Central European forests: critical importance of early post-fire successional stages for bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata). *European Journal of Forest Research* 134(1):153-166. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0840-4>.

23. Bonet Ferrer, M; Vergara, CH. 2016. ABEJAS SILVESTRES DE UN CAFETAL ORGÁNICO EN VERACRUZ, MÉXICO. San Andrés Cholula, Puebla, México, Universidad de las Américas Puebla (UDLAP). 517 p.
24. Boyle, NK; Artz, DR; Lundin, O; Ward, K; Picklum, D; Wardell, GI; Williams, NM; Pitts-Singer, TL. 2020. Wildflower plantings promote blue orchard bee, *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae), reproduction in California almond orchards. *Ecology and Evolution* 10(7):3189-3199. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.5952>.
25. Brosi, BJ; Armsworth, PR; Daily, GC. 2008. Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. *Conservation Letters* 1(1):27-36. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-263x.2008.00004.x>.
26. Buchori, D; Rizali, A; Larasati, A; Hidayat, P; Ngo, H; Gemmil-Herren, B. 2019. Natural habitat fragments obscured the distance effect on maintaining the diversity of insect pollinators and crop productivity in tropical agricultural landscapes (en línea). *Heliyon* 5(3):e01425. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01425>.
27. Cameron, SA. 2004. Phylogeny and biology of neotropical Orchid Bees (Euglossini). *Annual Review of Entomology* 49(1):377-404. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.072103.115855>.
28. Campbell, J. 1982. The Biogeography of the Cloud Forest Herpetofauna of Middle America , with Special Reference to the Sierra de las Minas of Guatemala (en línea). United States of America, s.e. 326 p. Disponible en http://kuscholarworks.ku.edu/bitstream/handle/1808/7815/Campbell_1982.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
29. Cappellari, SC; Melo, GAR; Aguiar, AJC; Neff, JL. 2012. Floral oil collection by male *Tetrapedia* bees (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). *Apidologie* 43(1):39-50. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0072-2>.
30. Cardinal, S; Danforth, BN. 2013. Bees diversified in the age of eudicots. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280(1755). DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2686>.
31. Cepeda-Valencia, J. 2014. La estructura importa : abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología* 40(2):241-250.
32. Cerna Chávez, E; Lara Sánchez, ED; Ochoa Fuentes, Y; Hernández Bautista, O; Aguirre Uribe, LA; Landeros Flores, J; Flores Canales, R. 2018. Comparación de cuatro especies entomófilas sobre parámetros agronómicos del fruto de tomate de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (11):2241-2246. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.806>.

33. Chaves-Alves, TM; Junqueira, CN; Rabelo, LS; de Oliveira, PEAM; Augusto, SC. 2011. Recursos ecológicos utilizados por las especies de xylocopa (apidae: Xylocopini) en el área urbana. *Revista Colombiana de Entomología* 37(2):313-317.
34. Chávez, AR. 2018. Informe de práctica: Actividades de extensión rural realizadas en la comunidad La Montañita, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. s.l., Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 77 p.
35. Chiquin, M. 2003. Geología del Cuadrángulo El Progreso. Ciudad de Cobán, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 87 p.
36. Colwell, R. 2019. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. (en línea, sitio web). Consultado 15 abr. 2020. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/index.html>.
37. Córdova, S. 2008. Entomología general: Manual de laboratorios y material de apoyo. Facultad de Agronomía (ed.). Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 73 p.
38. Corzo, MY. 2018. Informe de práctica: Actividades realizadas en la aldea El Conacaste, municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala y en la Universidad Nacional de Ciencias Forestales -UNACIFOR- en Siguatepeque, Comayagua, Honduras. s.l., Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 105 p.
39. Cronquist, A. 2000. Introducción a la Botánica. 3ra reimpr. Ciudad de México, COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL. 848 p.
40. Danforth, BN; Cardinal, S; Praz, C; Almeida, EAB; Michez, D. 2013. The Impact of Molecular Data on Our Understanding of Bee Phylogeny and Evolution. *Annual Review of Entomology* 58(1):57-78. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153633>.
41. Danforth, BN; Sipes, S; Fang, J; Brady, SG. 2006. The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(41):15118-15123. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0604033103>.
42. Dardón, M; Yurrita, CL; Landaverde-González, P; Vásquez, M; Ayala, R. 2020. Rediscovering the Diversity of Guatemalan Bumble Bees (Hymenoptera : Rediscovering the Diversity of Guatemalan Bumble Bees (Hymenoptera : Apoidea : Bombus Latreille , 1802). *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences* 7(2):1-14. DOI: <https://doi.org/10.26438/ijsrbs/v7i6.114>.
43. Dardón, MJ; Yurrita, CL; Vásquez, M. 2016. Catalogue of the bees of the genus Bombus Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) in Guatemala. *Revista Científica* 26(1):9-19.

44. Dardón Peralta, MJ. 2005. Caracterización fisicoquímica y evaluación de la actividad antibacteriana de la miel blanca producida por *Melipona beecheii* en Guatemala. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 56 p.
45. Debandi, G; Alemanno, V; Yanardi, F; Giusti, R; Aquindo, N; López, G; Settepani, V; Portela, J. 2018. Conservación de abejas nativas en agroecosistemas de Mendoza, Argentina. Ecuador, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). p. 608-614.
46. Debevec, AH; Cardinal, S; Danforth, BN. 2012. Identifying the sister group to the bees: A molecular phylogeny of Aculeata with an emphasis on the superfamily Apoidea. *Zoologica Scripta* 41(5):527-535. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2012.00549.x>.
47. Dengo, G. 1973. Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. 2a. ed. (ICAITI), IC de I y TI en G (ed.). Ciudad de Guatemala, Centro Regional de Ayuda Técnica. 71 p.
48. Domínguez-Alvarez, A; Zenón-Cano, S; Ayala-Barajas, R. 2009. Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea). Ciudad de México, s.e. p. 421-432.
49. Dorchin, A; López-Urbe, MM; Praz, CJ; Griswold, T; Danforth, BN. 2018. Phylogeny, new generic-level classification, and historical biogeography of the *Eucera* complex (Hymenoptera: Apidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 119(April 2017):81-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.10.007>.
50. Duarte, E. 1983. Práctica 1: Algunas indicaciones para la preservación de plantas. *In Agronomía, F de (ed.)*. Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). p. 1-6.
51. Eardley, C; Roth, D; Clarke, J; Buchmann, S; Gemmill, B. 2006. Pollinators and Pollination: A resource book for policy and practice. s.l., African Pollinator Initiative (API). 91 p.
52. Engel, MS; Archibald, SB. 2003. An Early Eocene bee (Hymenoptera: Halictidae) from Quilchena, British Columbia. *The Canadian Entomologist* 135(1):63-69. DOI: <https://doi.org/10.4039/n02-030>.
53. Enríquez, E. 2017. Efecto de la estructura del paisaje sobre la diversidad de polinizadores, la polinización y genética poblacional de *Cucurbita pepo*, en un bosque de niebla de Guatemala. s.l., Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 170 p.
54. Enríquez, E; Ayala, R; Gonzalez, VH; Núñez-Farfán, J. 2015. Alpha and beta diversity of bees and their pollination role on *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae) in the Guatemalan cloud forest. *Pan-Pacific Entomologist* 91(3):211-222. DOI: <https://doi.org/10.3956/2015-91.3.211>.

55. Enríquez, E; Yurrita, CL; Ayala, R; Marroquín, A; Griswold, T. 2012. DIVERSIDAD DE ABEJAS SILVESTRES (HYMENOPTERA: APOIDEA) DE GUATEMALA. *In Cano, EB; Schuster, JC (eds.)*. Ciudad de Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala (UVG), vol.2. p. 281-299.
56. Enríquez, E; Yurrita, CL; Dardón, MJ; Armas, G; Vásquez, M; Escobedo, N. 2014. MANUAL DE MELIPONICULTURA: Biología y reproducción de abejas nativas sin aguijón. Segunda Ed. Ciudad de Guatemala, Unidad de Biodiversidad, Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala. 64 p.
57. Escobedo, N. 2010. Estacionalidad del uso del polen de cardamomo (*Elettaria cardamomum*) por la apifauna (Hymenoptera: Apoidea) de la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa (en línea). s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 75 p. Disponible en <http://sitios.usac.edu.gt/cunsur/wp-content/uploads/2013/07/CICLO-4-TEOR?A-PEDAGOGICA-DEL-NIVEL-MEDIO.pdf>.
58. Escobedo, N; Dardón, M; López, J; Martínez, O; Cardona, E. 2014. Efecto de la configuración del paisaje en las comunidades de abejas (Apoidea) de un mosaico de bosque pino-encino y áreas agrícolas de Sacatepéquez y Chimaltenango, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud* 1(1):13-20.
59. Escobedo, N; López, J; Enríquez, E; Contreras, V; Escobar, D; Casiá, Q. 2017. Distribución potencial de las abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de Guatemala ante posibles escenarios de cambio climático. Dirección General de Investigación-USAC :1-92.
60. Espinoza Cifuentes, NA. 2004. Caracterización de la flora apícola visitada por cinco especies de abejas sin aguijón en el meliponario Sinaí, aldea San Antonio Las Flores, Pajapita, San Marcos. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala. 79 p.
61. FAO. 2016. Las abejas: una ayuda gratis para la seguridad alimentaria de millones de pequeños agricultores.
62. Feild, TS; Crystal Arens, N; Dawson, TE. 2003. The Ancestral Ecology of Angiosperms : Emerging Perspectives from Extant Basal Lineages. *International Journal of Plant Sciences* 164(3 Suppl.):129-142.
63. Franco-Gaviria, F; Caballero-Rodríguez, D; Correa-Metrio, A; Pérez, L; Schwalb, A; Cohuo, S; Macario-González, L. 2018. The human impact imprint on modern pollen spectra of the Maya lands. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 70(1):61-78. DOI: <https://doi.org/10.18268/BSGM2018v70n1a4>.
64. Galetto, L; Aguilar, R; Musicante, M; Astegiano, J; Ferreras, A; Jausoro, M; Torres, C; Ashworth, L; Eynard, C. 2007. Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores, polinización y reproducción de plantas nativas en el Bosque Chaqueño de Córdoba, Argentina. *Ecologia Austral* 17(1):67-80.

65. Gallai, N; Salles, JM; Settele, J; Vaissière, BE. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline (en línea). *Ecological Economics* 68(3):810-821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>.
66. Gallardo, M; Contreras, I. 2016. Fragmentación y biodiversidad del paisaje asociados a la construcción de la Autopista Valle BioBío en Concepción. *Tiempo y espacio* 0867:52-69.
67. García García, M; Ríos Osorio, LA; Álvarez del Castillo, J. 2016. La polinización en los sistemas de producción agrícola: Revisión sistemática de la literatura. *Idesia* 34(3):53-68. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008>.
68. Garibaldi, LA; Carvalheiro, LG; Vaissière, BE; Gemmill-herren, B; Hipólito, J; Freitas, BM; Ngo, HT; Azzu, N; Sáez, A; Åström, J; An, J; Blochtein, B. 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science* 351(6271):388-391. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>.
69. Garratt, MPD; Breeze, TD; Jenner, N; Polce, C; Biesmeijer, JC; Potts, SG. 2014. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value (en línea). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184:34-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.032>.
70. Gaston, KJ. 1996. Species richness: Measure and measurement. *In Gaston, KJ (ed.)*. United States of America, Blackwell Science, Oxford. p. 77-113.
71. Gibbs, J; Brady, SG; Kanda, K; Danforth, BN. 2012. Phylogeny of halictine bees supports a shared origin of eusociality for *Halictus* and *Lasioglossum* (Apoidea: Anthophila: Halictidae) (en línea). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65(3):926-939. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.08.013>.
72. Godínez, L. 1991. Algunos Aspectos de la Fenología de las Abejas Silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de San Gregorio, Guanajuato. s.l., Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). .
73. Gonçalves, RB. 2019. Phylogeny of the Augochlora clade with the description of four new species (Hymenoptera, Apoidea). *Revista Brasileira de Entomologia* 63(1):91-100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2018.12.003>.
74. González-Córdoba, M; Montoya-Lerma, J. 2014. Las abejas (Hymenoptera: Apoidea) del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical* 62(100):297-305. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.16345>.
75. González Acereto, JÁ; Quezada Euan, JJ. 2007. Producción tradicional de miel: abejas nativas sin aguijón (trigonas y meliponas) (en línea). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (1999):382-384. Disponible en [http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap7/19 Produccion tradicional de miel.pdf](http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap7/19%20Produccion%20tradicional%20de%20miel.pdf).

76. Gonzalez, AM. 2013. Indumento, nectarios extraflorales y anatomía foliar en Bignoniáceas de la Argentina Indument, extrafloral nectaries and foliar anatomy in Bignoniaceae from Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48(2):221-245. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v48.n2.6207>.
77. González, E. 2013. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.) Y CHILE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA EMPRESA SEMILLAS DEL CAMPO S.A., NUEVA SANTA ROSA, GUATEMALA. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 68 p.
78. González, JM. 1998. Associated plants and distribution of the orchid bee genus *Eulaema* (Apidae: Bombinae: Euglossini) in Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 32(3):203-212.
79. González, MM. 2018. INFORME DE PRÁCTICA: Actividades de extensión rural realizadas caserío La Montañita, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala y descripción de actividades realizadas en Universidad Nacional de Ciencias Forestales de Honduras UNACIFOR. s.l., Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 115 p.
80. Gonzalez, VH; Gonzalez, MM; Cuellar, Y. 2009. Notas biológicas y taxonómicas sobre los abejorros del maracuyá del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini) en Colombia. *Acta Biologica Colombiana* 14(2):31-40.
81. Gonzalez, VH; Griswold, T; Praz, CJ; Danforth, BN. 2012. Phylogeny of the bee family Megachilidae (Hymenoptera: Apoidea) based on adult morphology. *Systematic Entomology* 37(2):261-286. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2012.00620.x>.
82. Goulson, D; Hanley, ME; Darvill, B; Ellis, JS; Knight, ME. 2005. Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation* 122:1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.06.017>.
83. Graça, MB; Somavilla, A. 2019. Effects of forest fragmentation on community patterns of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Central Amazon. *Austral Entomology* 58(3):657-665. DOI: <https://doi.org/10.1111/aen.12380>.
84. Greenleaf, SS; Kremen, C. 2006. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation* 133(1):81-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.025>.
85. Grez, A; Galetto, L. 2011. Fragmentación del paisaje en América Latina: ¿en qué estamos? In *Simonetti, JA; Dirzo, R (eds.)*. Santiago de Chile, Editorial Universitaria S.A. p. 63-78.

86. Griswold, T; Ikerd, H; Ascher, J; Ayala, R; Enríquez, E; Escobedo, N; Sargot, P; Vandame, R; Wilson, J. 2017. Patterns of native bee diversity across Mesoamerica: *In Escobedo, N; Enríquez, E; Landaverde-González, P; Martínez, O; Armas-Quiñonez, G; Marroquín, A; Hernández, L; Medina, M; Guzmán, M; Zepeda, R; Gruber, T; Straffon, S; Escobar, D; Méndez, C; Casía, Q (eds.)*. Antigua Guatemala, s.e. p. 438.
87. Gurrutxaga San Vicente, M; Lozano Valencia, PJ. 2006. Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial (en línea). *Polígonos. Revista de Geografía* (16):35-54. DOI: <https://doi.org/10.18002/pol.v0i16.410>.
88. Gutiérrez Báez, C; Ortiz Díaz, J; Flores, J; Zamora Crescencio, P. 2012. Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica* (33):151-174.
89. Guzmán, M; Balboa, C; Vandame, R; Albores, ML; González Acereto, J. 2011. Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México: *Melipona beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 65 p.
90. Hammer, Ø. 2019. Manual Past 3.25 (en línea). s.l., s.e. 275 p. DOI: <https://doi.org/https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>.
91. Hedtke, SM; Patiny, S; Danforth, BN. 2013. The bee tree of life: A supermatrix approach to apoid phylogeny and biogeography. *BMC Evolutionary Biology* 13(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-138>.
92. Herrera, O; Sabogal, J. 2016. Evaluación de la polinización de café *Coffea arabica* con abejas nativas (Apidae: Meliponini) en un cultivo agroecológico en la Mesa-Cundinamarca. s.l., Universidad de Cundinamarca. 50 p.
93. Hopwood, JL. 2008. The contribution of roadside grassland restorations to native bee conservation. *Biological Conservation* 141(10):2632-2640. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.026>.
94. Hu, S; Dilcher, DL; Jarzen, DM; Taylor, DW. 2008. Early steps of angiosperm-pollinator coevolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(1):240-245. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0707989105>.
95. Hurd, PDJ; Linsley, EG; Whitaker, TW. 1971. Squash and Gourd Bees (*Peponapis* , *Xenoglossa*) and the Origin of the Cultivated Cucurbita. *Evolution* 25(1):218-234.
96. Jaramillo, A. 2012. Efecto de las abejas silvestres en la polinización de café (*Coffea arabica*: Rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia. s.l., Universidad Nacional de Colombia. 82 p.
97. Jiménez-Valverde, A; Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de aracnología* 8(31-XII):151-161.

98. Johnson, BR; Borowiec, ML; Chiu, JC; Lee, EK; Atallah, J; Ward, PS. 2013. Phylogenomics resolves evolutionary relationships among ants, bees, and wasps (en línea). *Current Biology* 23(20):2058-2062. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.08.050>.
99. Judd, WS; Campbell, CS; Kellog, EA; Stevens, PF; Donoghe, MJ. 2016. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. United States of America, s.e. 677 p.
100. Kaiser-Bunbury, CN; Mougat, J; Whittington, AE; Valentin, T; Gabriel, R; Olesen, JM; Blüthgen, N. 2017. Ecosystem restoration strengthens pollination network resilience and function (en línea). *Nature* 542(7640):223-227. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature21071>.
101. Kevan, PG. 1983. Floral Colors Through the Insect Eye: What They Are and What They Mean. In Jones, CE; Little, RJ (eds.). New York, USA, Scientific and Academic Editions. p. 3-30.
102. Kiatoko, N; Raina, SK; Van Langevelde, F. 2017. Impact of habitat degradation on species diversity and nest abundance of five African stingless bee species in a tropical rainforest of Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science* 37(3):189-197. DOI: <https://doi.org/10.1017/S174275841700011X>.
103. Klatt, BK; Holzschuh, A; Westphal, C; Clough, Y; Smit, I; Pawelzik, E; Tscharrntke, T. 2013. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281(1775). DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>.
104. Kleijn, D; Raemakers, I. 2008. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology* 89(7):1811-1823. DOI: <https://doi.org/10.1890/07-1275.1>.
105. Klein, AM; Vaissière, BE; Cane, JH; Steffan-Dewenter, I; Cunningham, SA; Kremen, C; Tscharrntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274(1608):303-313. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.
106. Koleff, P; Soberón, J; Patricia, TA; Óscar, D; Golubov, FJ; Halffter, G; Claudia, AL; Elizabeth, EM; Munguía, M; Murguía, M; Oswaldo, AGN; Townsend, LOA; Pilar, P; Balderas, SC; Alfaro, RM; Martínez, CR; Meave, JA; Pérez-garcía, EA; Gallardo-cruz, JA; Noguez, AM; Arita, HT; Escalante, AE; Forney, L; García-oliva, F; Eduardo, L; Adriana, P. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. In Soberón, J; Halffter, G; Llorente-Bousquets, J; Sarukhán, J (eds.). Ciudad de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), vol.I. p. 323-364.
107. Kremen, C; Williams, NM; Thorp, RW. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(26):16812-16816. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>.

108. De la Cruz, J. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Ciudad de Guatemala, s.e. p. 492 pp.
109. Landaverde-González, P; Baltz, LM; Escobedo-Kenefic, N; Mérida, J; Paxton, RJ; Husemann, M. 2018. Recent low levels of differentiation in the native *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae) along two Neotropical mountain-ranges in Guatemala (en línea). *Biodiversity and Conservation* 27(13):3513-3531. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1612-0>.
110. Landaverde-González, P; Enríquez, E; Ariza, MA; Murray, T; Paxton, RJ; Husemann, M. 2017. Fragmentation in the clouds? The population genetics of the native bee *Partamona bilineata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in the cloud forests of Guatemala. *Conservation Genetics* 18(3):631-643. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-017-0950-x>.
111. Landaverde-González, P; Quezada-Euán, JJG; Theodorou, P; Murray, TE; Husemann, M; Ayala, R; Moo-Valle, H; Vandame, R; Paxton, RJ. 2017. Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatán Peninsula of tropical Mexico. *Journal of Applied Ecology* 54(6):1814-1824. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860>.
112. Lázaro, A; Tur, C. 2018. Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *ECOSISTEMAS* 27(2):23-33. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.1378>.
113. Liesner, R. 1996. Técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri. :1-23.
114. Long, Y; Dombrowska, O; Lee, J; Li, L; Whitlock, BA; Quadroni, FB; Rest, JS; Davis, CC; Borsch, T; Hilu, KW; Renner, SS; Soltis, DE; Soltis, PS; Zanis, MJ; Cannone, JJ; Gutell, RR; Powell, M; Savolainen, V; Chatrou, LW; Chase, MW. 2005. Phylogenetic Analyses of Basal Angiosperms Based on Nine Plastid , Mitochondrial , and Nuclear Genes Published by : The University of Chicago Press PHYLOGENETIC ANALYSES OF BASAL ANGIOSPERMS BASED ON NINE PLASTID , MITOCHONDRIAL , AND NUCLEAR GENES. *International Journal of Plant Sciences* 166(15):815-842. DOI: <https://doi.org/10.1086/431800>.
115. López-Gómez, J. 2014. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) asociadas a milpas en paisajes con diferentes niveles de antropización. s.l., El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 65 p.
116. Mader, E; Evans, E. 2010. Managing Alternative Pollinators: A Handbook for Beekeepers, Growers, and Conservationists. United States of America, SARE and NRAES. 170 p.
117. Magallon, S; Gómez-Acevedo, S; Sánchez-Reyes, LL; Hernández-Hernández, T. 2015. A metacalibrated time-tree documents the early rise of flowering plant phylogenetic diversity - Supporting material. *New Phytologist* 207(2):1-17. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13264> Key.

118. Magallón, S; Sánchez-Reyes, LL; Gómez-Acevedo, SL. 2019. Thirty clues to the exceptional diversification of flowering plants. *Annals of Botany* 123(3):491-503. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcy182>.
119. Marroquín, A. 2000. Sistemática e historia natural de las abejas (Hymenoptera: Apoidea) de Guatemala. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 136 p.
120. Martínez-Núñez, C; Manzaneda, AJ; Isla, J; Tarifa, R; Calvo, G; Molina, JL; Salido, T; Ruiz, C; Gutiérrez, JE; Rey, PJ. 2020. Low-intensity management benefits solitary bees in olive groves. *Journal of Applied Ecology* 57(1):111-120. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13511>.
121. Medina-Gavilán, J. 2011. Flora de Burguillos (Sevilla): Bases para su conservación. Sevilla, D de (ed.). s.l., Diputación de Sevilla. 289 p.
122. Meléndez Ramírez, V; Ayala, R; Delfín González, H. 2014. Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente. *In González Zuarth, CA; Ballarino, A; Pérez Jiménez, JC; Low Pfeng, AM (eds.)*. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). p. 347-369.
123. Meléndez, V; Ayala, R; Delfín, GH. 2016. Temporal variation in native bee diversity in the tropical sub-deciduous forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Tropical Conservation Science* 9(2):718-734. DOI: <https://doi.org/10.1177/194008291600900210>.
124. Menzel, R; Shmida, A. 1993. The ecology of flower colours and the natural colour vision of insect pollinators: The Israeli flora as a study case. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 68(1):81-120. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1993.tb00732.x>.
125. Mérida-Rivas, JA. 2010. Efecto del uso del suelo sobre la diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en paisajes dominados por cultivo de café (*Coffea arabica*). s.l., El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 37 p.
126. Mescher, MC; Moraes, CM De; Pashalidou, FG; Lambert, H; Peybernes, T. 2020. Bumble bees damage plant leaves and accelerate flower production when pollen is scarce. *Science* 884(May):881-884.
127. Michener, CD. 2007. *The Bees of the World*. Second edi. United States of America, The Johns Hopkins University Press, vol.53. 953 p.
128. Michener, CD; McGinley, RJ; Danforth, BN. 1994. *The Bee Genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea)*. Sheffield, R (ed.). United States of America, Smithsonian Institution Press. 217 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1995.tb00088.x>.

129. Miñarro, M; Garcia, D. 2016. Manzana , kiwi y arándano : sin insectos no hay frutos ni beneficios (en línea). Tecnología Agroalimentaria 18(Figura 1):4-8.
130. Miñarro, M; García, D; Martínez-Sastre, R. 2018. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. ECOSISTEMAS 27(2):81-90. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>.
131. Montalva, J; Castro, B; Allendes, JL. 2012. Biología de nidificación de megachile semirufa (hymenoptera: Megachilidae: Dasymegachile) en alta montaña, chile nesting biology of megachile semirufa (hymenoptera: Megachilidae: Dasymegachile) in high mountain, chile. Caldasia 34(2):475-481.
132. Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad (en línea). Zaragoza, España, s.e. 84 p. Disponible en <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>.
133. Muñoz, CI; Rendón, E; López, O; Ruz, RA; Aréchiga, N; Villanueva, C; Rodas, AZ; Carmen, V; Trillanes, C; Arellano, O. 2017. Colecta y conservación de muestras de fauna silvestre en condiciones de campo. Ciudad de México, Universidad Autónoma Metropolitana. 201 p.
134. Nates-Parra, G. 2005. Abejas silvestres y polinización. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) N o. 75:7-20.
135. Naturaleza, FD de la. 2010. IV Actualización Plan Maestro: Reserva de Biosfera Sierra de las Minas: Guatemala. Tot, C; de la Roca, I; Negreros, P; Cobar, A; Saucedo, A (eds.). Ciudad de Guatemala, s.e. 149 p.
136. Nora, S; Albaladejo, RG; González Martínez, SC; Robledo-Arnuncio, JJ; Aparicio, A. 2011. Movimiento de genes (polen y semillas) en poblaciones fragmentadas de plantas. ECOSISTEMAS 20(2):35-45.
137. Novelo-Rincón, LF; Delfín-González, H; Ayala, R; Contreras-Acosta, HH. 2003. Community structure of native bees in four vegetation types in the dry tropics of Yucatan, Mexico. Folia Entomologica Mexicana 42(2):177-190.
138. Nufio Oliva, MS. 2018. Comparación del efecto de cicatrizante de la miel de abeja maya (*Melipona beecheii*) versus la miel de abeja melífera (*Apis mellifera*) en heridas post-castración en conejos (*Oryctolagus cuniculus*). s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). .
139. Ollerton, J; Winfree, R; Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos 120(3):321-326. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>.
140. Ospina-Torres, R. 1998. . Morfología Genital. Revista de Biología Tropical 46(3):749-762.

141. Paleontological Research Institution. 2020. Evolution & Fossil Record of Bees (en línea, sitio web). Consultado 8 jun. 2020. Disponible en https://www.museumoftheearth.org/bees/evolution-fossil-record?fbclid=IwAR0jmgNKVCvFE6DPYjrDUhbFXy5BHRqKclid4oSEe2_p27OSyP6C76qp9qM.
142. Pearson, RG. 2008. Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Synthesis (en línea). American Museum of Natural History :1-50. Disponible en <http://academic.uprm.edu/~jchinea/UIP-MAPR/refs/modelos/pearson2008.pdf>.
143. Perfecto, I; Mas, A; Dietsch, T; Vandermeer, J. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: A tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12(6):1239-1252. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1023039921916>.
144. Pesenko, YA. 1999. Phylogeny and Classification of the Family Halictidae Revised (Hymenoptera : Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society* 72(1):104-123. DOI: <https://doi.org/10.2307/25085883>.
145. Peters, RS; Krogmann, L; Mayer, C; Donath, A; Gunkel, S; Meusemann, K; Kozlov, A; Podsiadlowski, L; Petersen, M; Lanfear, R; Diez, PA; Heraty, J; Kjer, KM; Klopstein, S; Meier, R; Polidori, C; Schmitt, T; Liu, S; Zhou, X; Wappler, T; Rust, J; Misof, B; Niehuis, O. 2017. Evolutionary History of the Hymenoptera (en línea). *Current Biology* 27(7):1013-1018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.027>.
146. Phifer, CC; Cavigliasso, P; Knowlton, JL; Licata, JA; Gruner, DS; Chacoff, N; Webster, CR; Flaspohler, DJ. 2016. Impacto del cambio de uso del suelo y la deforestación en las comunidades de abejas de Entre Ríos. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuarias (INTA)* :1-9.
147. Pineda-Mijangos, W. 2018. USO DE ABEJORROS (*Bombus impatiens*, Hymenoptera) COMO AGENTES POLINIZADORES BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS, EN EL CULTIVO DE CHILE PIMIENTO. s.l., Universidad Rafael Landívar (URL). 59 p.
148. Poinar, G. 2020. Discoscapidae fam. nov. (Hymenoptera: Apoidea), a new family of stem lineage bees with associated beetle triungulins in mid-Cretaceous Burmese amber. *Palaeodiversity* 13(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.18476/pale.v13.a1>.
149. Potts, SG; Imperatriz-Fonseca, V; Ngo, HT; Aizen, MA; Biesmeijer, JC; Breeze, TD; Dicks, L V.; Garibaldi, LA; Hill, R; Settele, J; Vanbergen, AJ. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being (en línea). *Nature* 540(7632):220-229. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature20588>.
150. Primack, RB; Vidal, O. 2019. Introducción a la biología de la conservación. 1a. ed. Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica. 613 p.
151. Quezada-Euán, JJG; Ayala Barajas, R. 2010. Abejas nativas de México: La importancia de su conservación. *CIENCIA Y DESARROLLO* :8-13.

152. Ramírez-Freire, L; Alanís-Flores, GJ; Ayala-Barajas, R; -Martínez, HQ; GerardoVelazco-Macías, C. 2012. Las abejas del género *Agapostemon* (Hymenoptera: Halictidae) del estado de Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(1):63-72. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.1.1143>.
153. Ramírez, S; Dressler, RL; Ospina, M. 2002. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana* 3(1):7-118.
154. Razo-León, AE; Vásquez-Bolaños, M; Muñoz-Urias, A; Huerta-Martínez, FM. 2018. Changes in bee community structure (Hymenoptera, Apoidea) under three different land-use conditions. *Journal of Hymenoptera Research* 66:23-38. DOI: <https://doi.org/10.3897/jhr.66.27367>.
155. Recinos, M. 2018. Identificación de polinizadores silvestres de melón, Valle del Motagua, Zacapa. s.l., Universidad Rafael Landívar. 54 p.
156. Rehan, SM; Richards, MH. 2010. Nesting biology and subsociality in *ceratina calcarata* (Hymenoptera: Apidae). *Canadian Entomologist* 142(1):65-74. DOI: <https://doi.org/10.4039/n09-056>.
157. Rendón, JS; Ocampo, J; Urrea, R. 2013. Estudio sobre polinización y biología floral en *passiflora edulis* f. *Edulis sims*, como base para el premejoramiento genético. *Acta Agronómica* 62(3):232-241.
158. Reyes-González, A; Ayala, R; Camou-Guerrero, A. 2017. Nuevo registro de abeja sin aguijón del género *Plebeia* (Apidae: Meliponini), en el alto Balsas del estado de Michoacán, México (en línea). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(2):464-466. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.018>.
159. Ricketts, TH; Daily, GC; Ehrlich, PR; Michener, CD. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101(34):12579-12582. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0405147101>.
160. Ricklefs, RE. 1987. Community Diversity: Relative Roles of Local and Regional Processes. *Science* 235(4785):167-171. DOI: <https://doi.org/10.2307/1698957>.
161. Rivera, G. 1996. Nectarios y tricomas florales en cuatro especies de *Tecoma* (Bignoniaceae). s.l., s.e., vol.34. p. 19-26 DOI: <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.341-4.373>.
162. Roberts, HP; King, DI; Milam, J. 2017. Factors affecting bee communities in forest openings and adjacent mature forest (en línea). *Forest Ecology and Management* 394:111-122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.027>.

163. Rocha-Filho, LC; Garófalo, CA. 2016. Natural history of *Tetrapedia diversipes* (Hymenoptera: Apidae) in an atlantic semideciduous forest remnant surrounded by coffee crops, *Coffea arabica* (Rubiaceae). *Annals of the Entomological Society of America* 109(2):183-197. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/sav153>.
164. Rodríguez, G. 2008. PATRONES TEMPORALES DE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE ABEJAS NATIVAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL VALLE DEL MOTAGUA. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 59 p.
165. Roubik, DW. 2006. Review article stingless bee nesting biology. *Apidologie* 37:124-143. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido>.
166. _____. 2018. THE POLLINATION OF CULTIVATED PLANTS A COMPENDIUM FOR PRACTITIONERS. Second edi. (FAO), FAO (ed.). Balboa, Ancon, Republic of Panama, s.e. 266 p.
167. Roubik, W; Hanson, P. 2004. Abejas de las orquídeas de la América Tropical: Biología y guía de campo. 1a ed. Heredia, Costa Rica, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 370 p.
168. Sánchez, L; Pineda, M. 2000. Unidad de muestreo. 1a ed. Ciudad de México, Universidad de Guadalajara. 16-25 p. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2293.8085>.
169. Santos Murgas, A. 2009. CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LAS ABEJAS EUGLOSSINI (APIDAE: HYMENOPTERA) A TRAVES DE TRES ATRAYENTES QUÍMICOS, EN LA RESERVA FORESTAL LA TRONOSA, PROVINCIA DE LOS SANTOS, PANAMÁ. Ciudad de Panamá, PROBIO-Universidad de Panamá. p. 240.
170. Santos, T; Tellería, JL. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *ECOSISTEMAS* 12(2):1-7.
171. Sauquet, H; Von Balthazar, M; Magallón, S; Doyle, JA; Endress, PK; Bails, EJ; Barroso De Morais, E; Bull-Hereñu, K; Carrive, L; Chartier, M; Chomicki, G; Coiro, M; Cornette, R; El Ottra, JHL; Epicoco, C; Foster, CSP; Jabbour, F; Haevermans, A; Haevermans, T; Hernández, R; Little, SA; Löfstrand, S; Luna, JA; Massoni, J; Nadot, S; Pamperl, S; Prieu, C; Reyes, E; Dos Santos, P; Schoonderwoerd, KM; Sontag, S; Soulebeau, A; Staedler, Y; Tschan, GF; Wing-Sze Leung, A; Schönenberger, J. 2017. The ancestral flower of angiosperms and its early diversification. *Nature Communications* 8(May):1-10. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms16047>.
172. Schuster, JC. 2019. Las colecciones de insectos contribuyen a su conservación , no a su extinción. *Revista Yu'am* 3(5):71-74.
173. Schuster, JC; Cano, EB; Cardona, C. 2000. Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores. *Acta Zoologica Mexicana* (80):197-209.

174. Sepúlveda-Cano, PA; Smith-Pardo, AH; Hoyos S., RA. 2017. Efecto del arreglo espacial del agroecosistema sobre la diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) en Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 43(1):55-63. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i1.6650>.
175. Shanahan, M; Guzmán, MAD. 2017. Manual de Meliponicultura Básica. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
176. Sharkey, MJ. 2007. Phylogeny and Classification of Hymenoptera. *Zootaxa* 1668:521-548.
177. Shell, WA; Rehan, SM. 2018. Behavioral and genetic mechanisms of social evolution: insights from incipiently and facultatively social bees. *Apidologie* 49(1):13-30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0527-1>.
178. Simmons, CS; Tarano T., JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Nacional, IASCI-A de A; Agricultura, M de (eds.). Ciudad de Guatemala, Editorial dle Ministerio de Educación Pública «Jose de Pineda Ibarra». 1000 p.
179. Simmons, JE; Muñoz-Saba, Y. 2005. Cuidado Manejo Y Conservación De Colecciones Biológicas. Simmons, JE; Muñoz-Saba, Y (eds.). Ciudad de Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 146 p.
180. Simpson, BB; Neff, JL. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals Missouri Botanical Garden* 68(2):301-322. DOI: <https://doi.org/10.2307/2398800>.
181. Solanes, M del C; Vela, E. 2000. Atlas de México prehispánico: mapas de periodos, regiones y culturas. Ciudad de México, Editorial Raíces. 80 p.
182. Standley, PC; Steyermark, JA. 1946. Flora of Guatemala. United States of America, Fieldiana. Botany. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2233>.
183. Taki, H; Okochi, I; Okabe, K; Inoue, T; Goto, H; Matsumura, T; Makino, S. 2013. Succession Influences Wild Bees in a Temperate Forest Landscape: The Value of Early Successional Stages in Naturally Regenerated and Planted Forests. *PLoS ONE* 8(2).
184. Tang, J; Quan, QM; Chen, JZ; Wu, T; Huang, SQ. 2019. Pollinator effectiveness and importance between female and male mining bee (*Andrena*). *Biology Letters* 15(10).
185. Temaj, EZ. 2018. Informe de práctica: Descripción de las actividades de extensión rural en centro de capacitación La Montañita y aldea El Conacaste, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. s.l., Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). 72 p.

186. Tonietto, RK; Ascher, JS; Larking, DJ. 2017. Bee communities along a prairie restoration chronosequence: similar abundance and diversity, distinct composition. *ECOLOGICAL APPLICATIONS* 27:705-717. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.1481>.
187. Torretta, JP; Roig-Alsina, A. 2017. Las abejas colectoras de aceite del género *Paratetrapedia* (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini) en la Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 19(2):131-140.
188. Triplehorn, CA; Johnson, NF. 2005. BORROR AND DELONG'S INTRODUCTION TO THE STUDY OF INSECTS. Seventh Ed. United States of America, THOMSON TM. 864 p.
189. TROPICOS. 2020. TROPICOS (en línea, sitio web). Consultado 17 abr. 2020. Disponible en <https://www.tropicos.org/>.
190. Tuell, JK; Isaacs, R. 2010. Weather During Bloom Affects Pollination and Yield of Highbush Blueberry. *Journal of Economic Entomology* 103(3):557-562.
191. Valencia-Velásquez, EY. 2017. Evaluación antimicótica in vitro de las mieles de *Melipona beecheii* de la región biogeográfica chimalteca de Guatemala. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 59 p.
192. Vallejo-Marín, M. 2019. Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers. *New Phytologist* 224(3):1068-1074. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15666>.
193. Vamosi, JC; Magallón, S; Mayrose, I; Otto, SP; Sauquet, H. 2018. Macroevolutionary Patterns of Flowering Plant Speciation and Extinction. *Annual Review of Plant Biology* 69(1):685-706. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040348>.
194. Vásquez-Soto, MA. 2007. Recursos polínicos utilizados por la abeja nativa shuruya (*Scaptotrigona pectoralis*) (Apidae: Meliponini) en un meliponario de la parte baja de Los Cipresales en Pachalum, Quiché, durante la época seca y lluviosa (en línea). s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 73 p.
195. Veits, M; Khait, I; Obolski, U; Zinger, E; Boonman, A; Goldshtein, A; Saban, K; Seltzer, R; Ben-Dor, U; Estlein, P; Kabat, A; Peretz, D; Ratzersdorfer, I; Krylov, S; Chamovitz, D; Sapir, Y; Yovel, Y; Hadany, L. 2019. Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration. *Ecology Letters* 22(9):1483-1492.
196. Véliz, M; López, J; Velásquez, L; Maza, A; Ambrosio, AL; Archila, F. 2014. Guía para el reconocimiento de las plantas endémicas de Guatemala. Véliz, M (ed.). Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 216 p.
197. Vitousek, PM; Mooney, HA; Lubchenco, J; Melillo, JM. 1997. Human Domination of Earth ' s Ecosystems. *Science* 277(5325):494-499.

198. Wcislo, WT; Cane, JH. 1996. Floral resource utilization by solitary bees (Hymenoptera: Apoidea) and exploitation of their stored foods by natural enemies. *Annual Review of Entomology* 41:257-286.
199. Wedmann, S; Wappler, T; Engel, MS. 2009. Direct and indirect fossil records of megachilid bees from the paleogene of Central Europe (Hymenoptera: Megachilidae). *Naturwissenschaften* 96(6):703-712. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-009-0525-x>.
200. Whittaker, RH. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30(3):279-338
201. Whittaker, RH. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon* 21(2):213-251.
202. Wille, A. 1983. Biology of the Stingless Bees. *Annual Review of Entomology* 28(1):41-64. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.28.010183.000353>.
203. Williams, NH; Whitten, WM. 1983. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biological Bulletin* 164(3):355-395.
204. Willmer, P. 2011. POLLINATION AND FLORAL ECOLOGY. New Jersey, USA, Princeton University Press, vol.№3. 787 p.
205. Wilson, JS; Messinger, O. 2016. The BEES In Your Backyard. First Edit. United States of America, Princeton University Press, vol.3. 288 p.
206. Wu, P; Axmacher, JC; Song, X; Zhang, X; Xu, H; Chen, C; Yu, Z; Liu, Y. 2018. Effects of plant diversity, vegetation composition, and habitat type on different functional trait groups of wild bees in rural Beijing. *Journal of Insect Science* 18(4).
207. Yurrita Obiols, CL. 2017. Sistemática de las abejas del género *Melipona* Illiter, 1806 (HYMENOPTERA: APIDAE: MELIPONINI) de México y Centroamérica, patrones de distribución y perspectivas de su conservación. s.l., Universidad Nacional Autónoma de México. 140 p.
208. Zhang, Q; Rasnitsyn, AP; Wang, B; Zhang, H. 2018. Hymenoptera (wasps, bees and ants) in mid-Cretaceous Burmese amber: A review of the fauna (en línea). *Proceedings of the Geologists' Association* 129(6):736-747.



2.12. ANEXOS

Cuadro 14A. Formas de vida y número de especies de los géneros presentes en la región del valle del Motagua.

Familia	Subfamilia	Tribu	Género	Número de especies	Hábito
Andrenidae	Panurginae		<i>Calloopsis</i>	2	C
			<i>Heterosarus</i>	1	C
			<i>Perdita</i>	1	C
			<i>Protoandrena</i>	4	C
Apidae	Xylocopinae	Ceratinini	<i>Ceratina</i>	8	C
		Xylocopini	<i>Xylocopa</i>	5	C
	Apinae	Emphorini	<i>Ancyloscelis</i>	1	C
			<i>Diadasia</i>	2	C
			<i>Ptilotrix</i>	1	C
		Centridini	<i>Centris</i>	8	C
			<i>Cephalotrigona</i>	1	C
		Euglossini	<i>Euglossa</i>	1	C
			<i>Eulaema</i>	1	C
		Meliponini	<i>Trigona</i>	5	C
			<i>Trigonisca</i>	2	C
			<i>Lestrimelitta</i>	1	C
			<i>Nanotrigona</i>	1	C
			<i>Paratrigona</i>	1	C
			<i>Partamona</i>	1	C
			<i>Plebeia</i>	1	C
			<i>Scaptotrigona</i>	1	C
			<i>Exomalopsis</i>	4	C
		Eucerini	<i>Melissodes</i>	1	C
			<i>Gaesichia</i>	1	C
			<i>Svastra</i>	1	C
		Thygater	<i>Thygater</i>	1	C
			<i>Paratetrapedia</i>	1	C
		Tapinotaspidini	<i>Paratetrapedia</i>	1	C
		Ericrocidini	<i>Mesoplia</i>	1	P
Colletidae	Colletinae		<i>Colletes</i>	1	C
			<i>Eulonchopria</i>	2	C
Halictidae	Halictinae	Augochlorini	<i>Augochlora</i>	7	C
			<i>Augochlorella</i>	9	C
			<i>Augochloropsis</i>	4	C
			<i>Caenaugochlora</i>	3	C
			<i>Pereirapis</i>	3	C
		Halictini	<i>Caenohalictus</i>	3	C
			<i>Evyleus</i>	2	C
			<i>Halictus</i>	3	C
			<i>Lassioglossum</i>	10	C
			<i>Agapostemon</i>	2	C
Megachilidae	Megachilinae	Anthidiini	<i>Anthidiellum</i>	3	C
			<i>Anthidium</i>	1	C
			<i>Anthodioctes</i>	1	C
			<i>Dianthidium</i>	1	C
			<i>Hypantidium</i>	1	P
		Osmiinii	<i>Ashmadiella</i>	2	C
			<i>Heriades</i>	2	C
		Megachilini	<i>Megachile</i>	19	C
			<i>Coelioxys</i>	1	P
		Lithurgini	<i>Liturge</i>	1	C

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2008), donde *c= colector de recursos florales, P= parásitos.

Cuadro 15A. Géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas por mes de colecta.

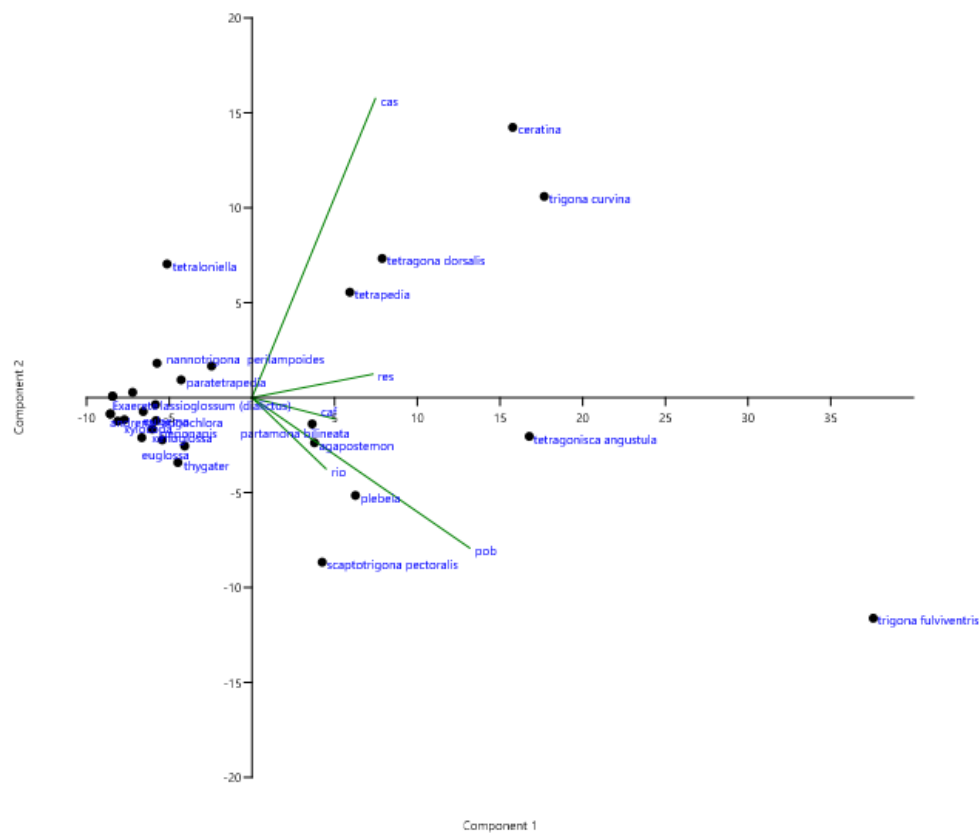
Mes	Plebeia	Exomalopsis	Tetraloniella	Thygater	Andrena	Xylocopa	Trigona curvina	Melipona beecheyi	Lestrimelitta niitkib	Nannotrigona perilampoides	Tetragonisca angustula	Ceratina	Tetragona dorsalis	Trigona fulviventris	Paratrigona bilineata	Euglossa	Bombus pullatus	Bombus wilmatiae	Eulaema	Tetrapedia	Paratetrapedia	Agapostemon	Lassioglossum (Dialictus)	Exaerete	Xenoglossa	Scaptotrigona pectoralis	Peponapis	Megachile	Augochlora	Abundancia	Riqueza total
may	5	1	1	0	0	0	1	2	0	2	3	21	11	15	1	1	0	1	0	5	2	3	4	0	0	0	0	0	0	79	5
jun	7	0	0	0	0	0	5	0	0	3	5	12	9	9	2	0	0	0	1	6	5	4	1	0	0	0	0	0	0	69	7
jul	2	0	2	0	0	0	6	0	1	0	9	4	4	16	4	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	58	8
ago	14	1	5	6	1	1	22	4	0	5	10	6	8	27	2	3	3	0	0	7	1	6	0	0	0	0	0	0	0	132	7
sep	10	0	1	0	0	1	15	0	0	2	13	7	8	13	7	3	0	0	1	6	0	5	0	0	3	18	3	1	5	122	3
oct	7	2	0	0	0	0	8	0	0	4	6	0	2	15	5	0	0	0	2	2	0	3	0	1	3	0	4	0	2	66	2

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 16A. Géneros, especies y morfoespecies de abejas nativas por tipo de uso de la tierra.

Veg	Plebeia	Exomalopsis	Tetraloniella	Thygater	Andrena	Xylocopa	Trigona curvina	Melipona beecheyi	Lestrimelitta niitkib	Nannotrigona perilampoides	Tetragonisca angustula	Ceratina	Tetragona dorsalis	Trigona fulviventris	Paratrigona bilineata	Euglossa	Bombus pullatus	Bombus wilmatiae	Eulaema	Tetrapedia	Paratetrapedia	Agapostemon	Lassioglossum (Dialictus)	Exaerete	Xenoglossa	Scaptotrigona pectoralis	Peponapis	Megachile	Augochlora	Abundancia	Riqueza total
caf	16	0	0	0	1	0	7	0	0	2	4	0	12	13	2	0	0	1	0	10	0	4	0	0	2	0	3	0	1	78	14
cas	1	1	9	0	0	0	20	4	0	3	11	24	14	9	6	1	0	0	1	12	4	5	2	1	0	0	0	1	1	130	20
pob	4	0	0	6	0	1	14	2	1	1	24	14	6	37	13	6	3	0	2	7	4	13	3	0	2	18	3	0	2	186	23
res	9	3	0	0	0	1	14	0	0	9	5	10	5	21	0	0	0	0	1	3	0	0	0	2	0	1	0	1	85	14	
rio	15	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	2	5	15	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	47	9

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 39A. Análisis de Componentes Principales (PCA) considerando los vectores como usos de la tierra.



Fuente: Solanes y Vela (2000).

Figura 40A. Mapa cultural de Mesoamérica.

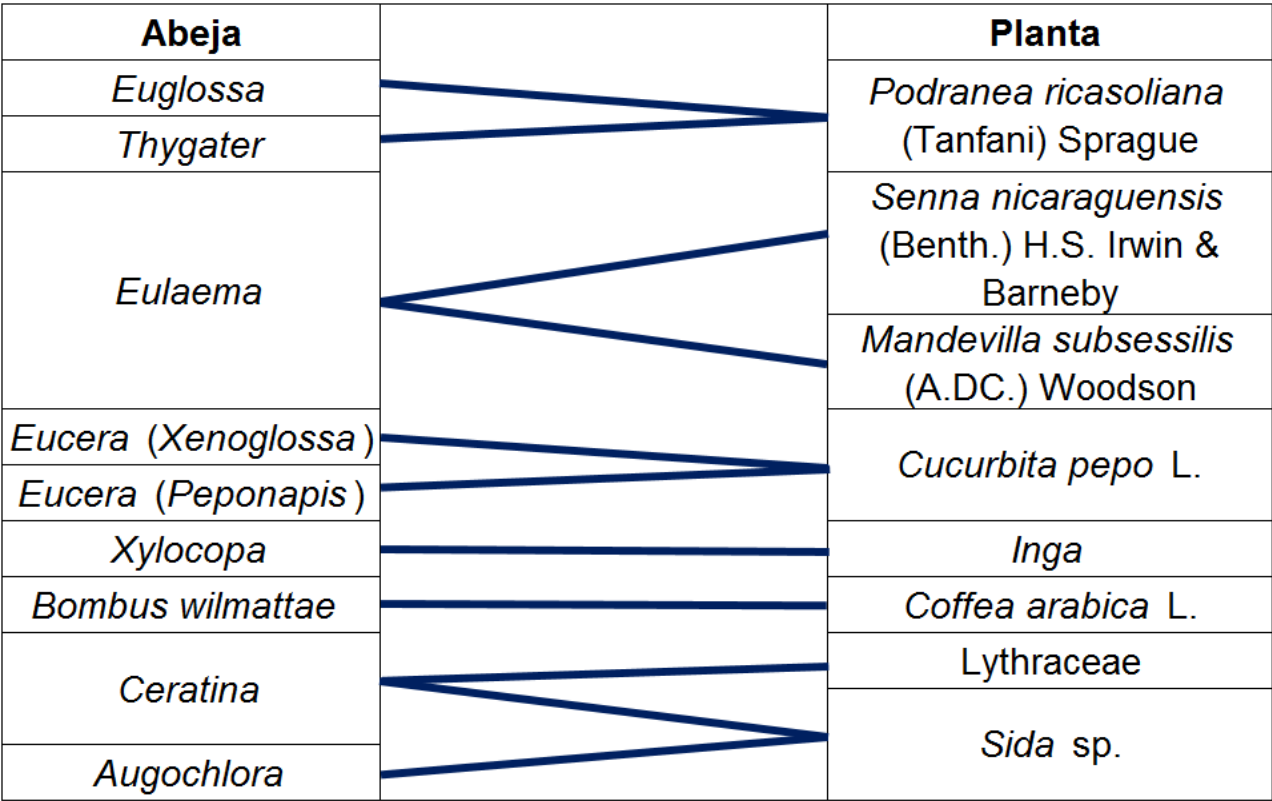


Figura 41A. Red de interacción planta-polinizador construida en base a observaciones en campo entre los meses de mayo a octubre 2019.

Cuadro 17A. Valores estadísticos empleados para PCA considerando los vértices como uso de la tierra.

PC	Eigenvalue	% variance
1	115.826	66.387
2	26.4745	15.174
3	24.4703	14.025
4	6.36787	3.6498
5	1.3316	0.76323

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 18A. Riqueza por tipo de vegetación.

Means for Oneway Anova					
Level	Number	Mean	Std Error	Lower 95%	Upper 95%
caf	12	3.41667	0.69422	2.0254	4.8079
cas	12	5.25000	0.69422	3.8587	6.6413
pob	12	5.83333	0.69422	4.4421	7.2246
res	12	3.75000	0.69422	2.3587	5.1413
rio	12	2.50000	0.69422	1.1087	3.8913

Std Error uses a pooled estimate of error variance

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 19A. Abundancia por tipo de vegetación.

Means for Oneway Anova					
Level	Number	Mean	Std Error	Lower 95%	Upper 95%
caf	12	6.5000	2.0351	2.42	10.578
cas	12	10.8333	2.0351	6.75	14.912
pob	12	15.5000	2.0351	11.42	19.578
res	12	7.0833	2.0351	3.00	11.162
rio	12	3.9167	2.0351	-0.16	7.995

Std Error uses a pooled estimate of error variance

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 20A. Curvas de acumulación de especies para uso de la tierra “café”.

Samples	S(est)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean
MAY	6.5	8.25	6.36
JUN	9.13	10.23	10.28
JUL	10.85	12.04	13.24
AGO	12.13	12.9	14.82
SEP	13.17	13.59	16.56
OCT	14	14.25	16.08

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 21A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “río”.

Samples	S(est)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean
1	4.67	5.94	4.99
2	6.27	7.3	6.86
3	7.35	8.06	8.47
4	8.13	8.54	9.29
5	8.67	8.82	9.25
6	9	9	9.21

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 22A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “cascos de la finca”.

Samples	S(est)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean
1	8.83	12.85	9.07
2	12.73	15.73	20.72
3	15.05	18.4	18.85
4	16.87	23.08	26.02
5	18.5	29.24	36.62
6	20	37.88	36.88

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 23A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “centros poblados”.

Samples	S(est)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean
1	10.67	13.77	11.24
2	15.07	19.1	17.45
3	17.8	21.68	21.83
4	19.93	23.73	26.26
5	21.67	23.8	27.61
6	23	23.75	26.33

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 24A. Curva de acumulación de especies para uso de la tierra “parcelas de restauración”.

Samples	S(est)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean
1	6.83	8.51	6.75
2	9.73	10.76	11.55
3	11.35	12.29	13.19
4	12.47	13.54	14.7
5	13.33	14.56	15.22
6	14	15.49	15.25

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 25A. Diversidad alfa por mes.

Diversidad por mes		
Mes	Shannon H' H	Pielou_J
may	2.302	0.8125
jun	2.377	0.9269
jul	2.094	0.8731
ago	2.541	0.8631
sep	2.637	0.8956
oct	2.458	0.9077

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 26A. Diversidad alfa por tipo de uso del suelo.

Diversidad por cobertura		
cobertura	Shannon H' H	Pielou_J
café	2.271	0.8604
cascos	2.533	0.8456
poblado	2.673	0.8524
restauración	2.236	0.8474
río	1.762	0.802

Fuente: elaboración propia, 2019.

The seal of the Academia Coactemalenesis is a circular emblem. It features a central shield with a landscape scene: a person on a horse in the foreground, a volcano in the background, and a sun or moon. Above the shield are two lions and a central crest. The shield is flanked by two columns. The outer ring of the seal contains the Latin text "CAROLINA ACCADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS ORBIS CONSPICUA".

3. CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA “LA MONTAÑITA” Y ALDEA “LA MONTAÑITA”,
SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

3.1. PRESENTACIÓN

La finca Reserva Forestal “La Montañita” es propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) desde el año 2004 y tiene una extensión total de 412 ha. Cuenta con dos sectores: “A” con un área de 183 ha y “B” con un área de 229 ha. Actualmente se encuentra bajo un proceso de incorporación a la actividad productiva, principalmente en la obtención de productos forestales y producción de café.

En el año 2018 tres estudiantes de la ENCA como parte del programa de Prácticas Agrícolas y Forestales Supervisadas -PAFS- realizaron actividades de extensión rural. Tres estudiantes de la carrera de Ing. Agr. RNR de la etapa del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizaron actividades específicas para la finca. Las actividades realizadas consistieron en realizar un inventario forestal de las plantaciones de pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.), identificación taxonómica y propiedades mecánicas de la madera de encinos del género *Quercus* que se distribuyen de forma natural en la finca. Estudio sobre la taxonomía de suelos, y el trazo de línea piezométrica para abastecer agua a la finca, entre otras actividades.

En una segunda etapa de intervención dentro de la finca se identificaron las actividades a realizar en la misma para el año 2019. Un diagnóstico fitosanitario para conocer la salud de las plantaciones de pino ocotero. La metodología utilizada fue la “parcela fitosanitaria” que considera variables dasométricas y silvícolas, así como el estado fitosanitario de cada uno de los individuos dentro de la parcela y así obtener recomendaciones generales de manejo para el rodal.

Otra actividad realizada fue la elaboración de un diagnóstico ecoturístico para el sector “A” de la finca. Esta herramienta pone a disposición de la ENCA elementos técnicos básicos para tomar decisiones en función de los planes que tiene la Escuela al formar una “unidad productiva modelo”, en la región semiárida del Valle del Motagua, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán. Apoyada por la Asociación de Reservas Naturales Privadas de

Guatemala (ARNPG). La tercera actividad realizada para la ENCA fue la extensión rural en la comunidad aldea “La Montañita”. Las actividades de extensión rural llevadas a cabo durante el proceso de EPS fueron las siguientes: huertos familiares, vivero agroforestal, muestreo de suelos con cultivo de café para identificar la fertilidad de los mismos, charlas de educación ambiental y tutorías a estudiantes de tercero básico para ingresar al sistema educativo de la ENCA en 2020.

3.2. Servicio 1: Diagnóstico fitosanitario en plantaciones de pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) en el sector “A” de finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.

3.2.1. PRESENTACIÓN

Guatemala es un país que tiene diversos tipos de bosque en toda la República. Según las especies dominantes pueden identificarse aquellos bosques de coníferas, bosque latifoliado, bosque mixto, bosque seco o xerofítico y bosque manglar (INAB-CONAP 2015). Para el año 2012 la extensión de bosque de coníferas fue estimada en 297, 982 ha que representan un 2.76% de la superficie forestal del país (INAB-CONAP 2015, GCI 2018).

El sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita” tiene plantaciones forestales de pino ocotero (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) distribuida en 25 rodales. Para cumplir con los Lineamientos Técnicos de Manejo Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB) se considera importante la prevención y control de plagas y enfermedades forestales (INAB a 2014), con un plan de manejo forestal establecido. Sin embargo, ese plan no se ha establecido, razón por la cual no existe un sistema de monitoreo con rutas de detección terrestre y un cronograma de inspección para la detección temprana de plagas forestales. La ENCA tiene planificado realizar aprovechamiento de la masa forestal de dichas plantaciones. Por esta razón, entre los años 2017 y 2018 elaboró un inventario forestal detallado de los individuos de cada rodal. Ya en 2019 se decidió llevar a cabo un diagnóstico fitosanitario, para conocer la salud del bosque. En base a la información de estas dos actividades tomar decisiones sobre el manejo forestal (MF) e intervenciones silvícolas necesarias previo al aprovechamiento de la madera y otros subproductos de estas plantaciones.

Se diseñó la metodología de campo para realizar el diagnóstico fitosanitario. Se incorporaron elementos para identificar y trazar las parcelas fitosanitarias, toma de muestras vegetales, variables dasométricas, preparación, acondicionamiento y traslado de las muestras al laboratorio de Fitopatología de la ENCA, para su identificación taxonómica.

Ninguno de los rodales de pino cuenta con manejo forestal. La dinámica de crecimiento de los árboles era distinta en cada rodal; algunos tenían árboles maduros con alturas promedio de 18-22 metros y otros tenían árboles de 8-12 metros. Se encontró que todas las plantaciones tienen recesión de copas, otros rodales presentaban individuos muertos, plagados y enfermos, con evidencia de extracción de ocote y leña, tanto de árboles muertos, así como árboles vivos. Estas condiciones del bosque, además de considerar variables ambientales, predisponen a las masas forestales al ataque de plagas y enfermedades, las cuales limitan el potencial biológico de las plantas y reducen la calidad de los productos forestales que la escuela quiere aprovechar.

3.2.2. OBJETIVOS

A. General

Realizar un diagnóstico fitosanitario en rodales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl en el sector “A” de finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.

B. Específicos

1. Determinar la metodología para la evaluación fitosanitaria de las plantaciones forestales en campo.
2. Identificar taxonómicamente los insectos plaga dentro de los rodales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.
3. Proveer recomendaciones técnicas para el monitoreo, manejo y registro de hechos de plagas y enfermedades forestales dentro de los recursos forestales de la finca “La Montañita”.

3.2.3. METODOLOGÍA

A. Revisión de la cartografía de la finca para conocer los rodales y sus características.

Esta fase se logró con la revisión de mapas digitales elaborados por profesores del área forestal de la ENCA y el uso de Google Maps. También como el uso del programa ArcGis® para el análisis de información de los mapas del sector “A” de la finca. Todo lo anterior con el objetivo de conocer la ubicación, cantidad y características de cada rodal, 26 en total.

B. Cálculo del tamaño, forma, número y tipo de muestreo de parcelas fitosanitarias para levantamiento de información en campo.

Se determinó que para considerar representativo cada uno de los rodales debería de realizarse al menos una parcela de $500m^2$ (Cordón 2019, INAB 2018), de forma circular ya que requieren puntos de control únicos. La parcela tiene centro, además de presentar mejor relación perímetro/superficie, con lo cual se toman menos decisiones para identificar los árboles que pertenezcan o no a la parcela (McRoberts et al. 2013). Esto reduce el error de estimación de árboles/ha (Cordón 2019), y en caso particular de los rodales de pino, la abundante vegetación del sotobosque, dificultó un trazo cuadrado o rectangular de parcelas.

C. Cálculo del número de parcelas fitosanitarias.

Para el levantamiento de información en campo fue necesario calcular el número de parcelas, el cual puede calcularse con base a la intensidad de muestreo (INAB 2018), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Np = \frac{A_m}{Tp} \quad y \quad Am = \frac{Im}{100} * At$$

Donde:

Np= Número de parcelas a levantar

Am= Área muestreada (hectárea)

Tp= Tamaño de la parcela (hectáreas)

Im= Intensidad de muestreo (%)

At= Área total del bosque (hectáreas)

Debido a que las parcelas fitosanitarias se debían realizar en las zonas que presentaran síntomas por el ataque de plagas y enfermedades, se realizó un muestreo del tipo no probabilístico o muestreo dirigido, el cual consiste en la selección de una muestra con base en la experiencia de una persona respecto a los organismos que desea estudiar (Otzen y Manterola 2017), por esta razón se recorrió cada rodal, tratando de abarcar la mayor cantidad de área posible, y dirigir el muestreo en dicha área del rodal, estableciendo 26 parcelas fitosanitarias.

D. Toma de datos de parcelas fitosanitarias en campo.

Se elaboró una boleta para recolectar todas las variables necesarias para el análisis fitosanitario. La información general fue la siguiente: área de la parcela, fecha, nombre de la parcela de acuerdo al nombre del rodal asignado, coordenadas de la parcela, altitud sobre el nivel del mar, información específica: especie vegetal, coordenadas de planta afectada, DAP, altura, volumen, riesgo fitosanitario (categoría, color), riesgo físico (categoría, color), observaciones y recomendaciones. En cuanto a los riesgos físicos se utilizó una matriz de tres colores simulando un semáforo, en el cual el color verde es riesgo bajo, amarillo indica riesgo moderado y rojo un alto riesgo (sano, muerto y plagado/enfermo si se refiere al riesgo fitosanitario).

E. Toma, preservación, identificación y traslado de muestras vegetales e insectiles para su identificación en laboratorio.

Se deben verificar las partes de la planta que están siendo afectadas (fuste, follaje, conos, raíces). Se debe observar si los síntomas foliares son indicador de alguna enfermedad en la raíz, observar el patrón de los síntomas de la enfermedad, si se presenta de forma aleatoria o con algún patrón particular (Ortíz 2018). Las muestras de insectos fueron tomadas de la corteza de árboles enfermos y muertos (brotes activos). Fueron colectados con pinza, aguja de disección y pincel humedecido con alcohol etílico al 70 %. Posterior a ello fueron guardadas en tubos Eppendorf®, separando las muestras por grupo taxonómico del insecto y la ubicación del árbol en donde se encontró la infestación.

En el caso de las muestras vegetales, se procuró que estas fueran frescas y abundantes. Se tomaron tejidos sanos y enfermos (considerando en este caso todas las posibles etapas de daño y separar las muestras) (Cordón 2014, Comisión Nacional Forestal 2010). Se incluyeron todos los órganos afectados (hojas y estróbilos), las muestras se colocaron en cámara húmeda en bolsas de nylon y junto a ellas una porción de papel absorbente favorecer al patógeno (en el caso del complejo del tizón del pino) para que no murieran.

Cada una de las muestras vegetales y de insectos fue identificada de acuerdo al nombre del rodal, coordenadas de la parcela fitosanitaria y posible agente causal. Las muestras se guardaron en una hielera para mantener las condiciones adecuadas en el traslado de la muestra al laboratorio de Entomología y Fitopatología de la ENCA, para su posterior identificación taxonómica. Una vez que se obtuvieron los resultados de laboratorio, se procedió a cartografiar las parcelas en donde se identificaron las enfermedades y con ello realizar las recomendaciones correspondientes para el monitoreo y control de las mismas en el sector “A” de la finca.

3.2.4. MATERIAL Y EQUIPO

- Boleta fitosanitaria (lápiz, borrador, sacapuntas).
- Computadora, impresora, hojas en blanco tamaño carta.
- Cinta métrica y diamétrica, hipsómetro, GPS, machete.
- Alcohol etílico 70%, tubos de microcentrífuga Eppendorf ®
- Pinzas y agujas de disección.
- Tijera podadora de jardinería.
- Tijera podadora con bastón para largo alcance (guacamaya) de 3 m de largo.
- Bolsas plásticas para 25 lb, hielera y hielo para transportar las muestras.

3.2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales la salud de las plantaciones de pino dentro de la finca Reserva Forestal “La Montañita” es aceptable ya que no existe mortandad. Sin embargo, se considera que por la falta de manejo forestal las plantaciones de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl corren mayor riesgo al ataque de plagas y enfermedades (Navarro 2018, Serech 2017, Morales 2009, Hernández 2006, Sosa 2005, Franco 1980). Principalmente por insectos descortezadores de pino (*Dendroctonus* sp. e *Ips* sp.) (Ortíz 2018, Córdón 2019, Macías y Niño 2016, Aldana et al. 2016, Billings y Espino-Mendoza 2005).

Se pudo confirmar también la presencia generalizada de hongos de las acículas (el complejo de tizones del pino). En este caso los géneros *Pestalotia* sp. y *Dothistroma pini* Hulbary como puede verse en el cuadro 27, los cuales hasta el momento no han llegado a causar mortalidad. No obstante, un manejo forestal deficiente puede afectar el desarrollo óptimo de plantaciones forestales (Vaides 2007). Algunos agentes que causan enfermedades y daños a los árboles son aquellos de origen biológico como hongos, bacterias, nematodos, insectos, ácaros, plantas parásitas, virus (Ortíz 2018, Córdón 2019, Morales 2009). Otros son de origen abiótico como: temperaturas altas, sequías prolongadas, exceso de agua, rayos, dirección del viento, entre otros (Sosa 2005, Navarro 2018). El frágil vigor de los árboles también está estrechamente relacionado con altas densidades, pues los vuelve susceptibles a esta plaga forestales² (Sosa 2005, Serech 2017).

A. Manejo forestal en el sector “A” de finca Reserva Forestal “La Montañita”

Realizar un adecuado manejo forestal evita la presencia de brotes y focos activos de plagas y enfermedades en las plantaciones de pino. En ese sentido, el raleo como operación silvícola es crucial para dar mantenimiento a las masas forestales (Meza y Torres 2006, Vaides 2007, Aldana et al. 2016).

² Al hablar de “plagas forestales” se hace referencia a insectos (en cualquier estado de desarrollo) hongos, virus, nemátodos, roedores, etc. (Córdón 2019).

El crecimiento de plántulas de *P. oocarpa* es lento al inicio y carecen de buena autopoda. Por esta razón es importante realizar podas y raleos a plantaciones que se utilizarán para aserrío, con esto se mejorará la calidad del fuste (INAB b 2014, Vaides 2007, Meza y Torres 2006). El raleo como tal consiste en reducir gradualmente el número de árboles en las plantaciones para concentrar los esfuerzos de manejo en el crecimiento de los mejores individuos (Vaides 2007). Cuando fueron establecidas las plantaciones forestales en el sector “A” de la finca se utilizó un espaciamiento de 3 m x 3 m puesto a que son plantaciones puras (Hilton 2019). Esto fue corroborado cuando se realizaron las parcelas fitosanitarias, muchos árboles mantuvieron el distanciamiento inicial, lo cual genera problemas para los árboles.

Establecer muchas plantas en determinada unidad de área (1,111 plantas/ha) es un índice para la competencia y permite que los árboles crezcan rectos, con copas reducidas y un buen fuste comercial (INAB a 2014, INAB b 2014). Sin embargo, si con el tiempo se mantiene la misma densidad, las plantas competirán por agua, luz y nutrientes, esto puede perjudicar el buen desarrollo de los árboles (Meza y Torres 2006, INAB b 2014). Lo anteriormente descrito ocurrió en los veinticinco rodales de pino, las plantas no tenían las condiciones adecuadas al aprovechar tales factores ambientales, por esta razón su crecimiento fue limitado (Vaides 2007).

Condiciones ambientales adecuadas y un correcto manejo silvícola, promueve un buen desarrollo de las masas forestales. La energía de la fotosíntesis impulsa la generación de los carbohidratos necesarios para la planta y otros componentes elaborados, entre ellos la producción de resinas y otros componentes químicos, que brindan mecanismos de resistencia contra plagas y enfermedades (Cordón 2019, Audesirk et al. 2012, Macías y Niño 2016). Pero al existir alta competencia entre los árboles, las plantas ven limitado su crecimiento en diámetro, crecimiento primario y una correcta respiración de tejidos vivos, entre otros efectos (Cordón 2019, Vaides 2007).

B. Insectos plaga identificados en los rodales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

Al recorrer los 26 rodales de pino, se identificaron grumos de color blanquecino-anaranjados en algunos árboles vivos y otros muertos. Considerando que la presencia de grumos indica de la presencia de insectos descortezadores, principalmente de los géneros *Dendroctonus* e *Ips*, se removi6 la corteza para corroborar si estos aún se encontraban en el árbol o ya lo habían abandonado. Identificar el tipo de galería fue importante, puesto a que es indicador de la identidad taxon6mica del insecto descortezador (Cord6n 2019, Ortiz et al. 2019, Ortíz 2018, Thunes et al. 2005, Billings y Espino-Mendoza 2005, Armendáriz-Toledano et al. 2017). Encontrar siempre insectos descortezadores en un árbol o en un bosque no necesariamente es indicador que toda la plantaci6n ser6 atacada. Especies del género *Ips* también tienen un papel ecol6gico para mantener la estructura y salud de los bosques (Cord6n 2019, Ortíz 2018, Cibrián et al. 1995). La abundancia de estos insectos refleja un cierto grado de salud de los bosques de coníferas, sin embargo, cuando el prop6sito de estas masas vegetales son con fines plantaci6n forestal, sí pueden constituirse en plaga para la misma (Cord6n 2019).

Las poblaciones de descortezadores pueden aumentar cuando ciertos factores de manejo y ambiente lo permiten. Un mal manejo forestal, condiciones ambientales particulares y evidencia de incendios forestales, permiten altas tasas de reproducci6n de estos insectos, lo cual les convierte en una amenaza potencial para las plantaciones forestales (Macías y Niño 2016, Navarro 2018, Cord6n 2019, Rivera et al. 2009). Las siguientes figuras muestran los resultados obtenidos de la determinaci6n taxon6mica en laboratorio de los insectos descortezadores encontrados en los rodales de pino:



Figura 42. Descortezador del género *Cossonus* (Coleoptera: Cossoninae)



Figura 43. Descortezador *Ips calligraphus* Germar (Coleoptera: Scolytinae)

En el caso de *Ips calligraphus* Germar es considerado como una plaga secundaria porque afecta trozas recién cortadas (Ortíz 2018), sin embargo, provoca muerte de árboles en pie (Cordón 2019). Producto de cambios acelerados en las variables ambientales, podría constituirse muy pronto en una plaga mayor para los bosques, al aumentar las poblaciones de estos individuos (del-Val y Sáenz-Romero 2017, Moore y Allard 2009). En las observaciones realizadas en el campo, ya se encontraban los árboles muertos, con las acículas de color marrón o rojizo. Se encontró un brote activo en el rodal 23 lo cual predispone a los demás individuos (árboles) al pronto ataque de estos insectos (Cordón 2019). Estos insectos fueron encontrados en las parcelas 7, 17 y 23, lo cual puede observarse en el cuadro 28.

Otro insecto asociado al grupo de las plagas secundarias fue el picudo del género *Cossonus* (Curculionidae: Cossoninae) (Jimenez y Maes 2005, Nunes Zuffo y Dávila Arce 2004). Se encontraron debajo de la corteza, construyendo galerías en árboles muertos, estos fueron encontrados en el rodal 13, como se puede ver el cuadro 28. Las termitas del género *Coptotermes* (Blattodea: Rhinotermitidae) fueron colectadas en la parcela 24, en árboles muertos. Cuando se removió la corteza de los árboles la cantidad de individuos era considerablemente grande, sin embargo, pocos individuos fueron colectados puesto a que se movían rápidamente. Se llevaron muestras a la ENCA para su identificación taxonómica. Estos insectos realizaban senderos de tierra en la base de los árboles, al remover la corteza se observaron túneles irregulares, ver las siguientes figuras:



Fuente: Gresia Ramos, 2019

Figura 44. Termita debajo de la corteza de pino.



Fuente: Cibrián, 2013

Figura 45. Soldado de *Coptotermes* con cabeza piriforme y mandíbulas largas.

C. Enfermedades identificadas en los rodales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

En cuanto a enfermedades, se encontró la presencia de *Pestalotia* sp., *Dothistroma pini* Hulbary. y *Lophodermium* sp. en las acículas de árboles de pino. Prácticamente en todas las parcelas, aunque el cuadro 28 muestra la identidad taxonómica de estos hongos en parcelas específicas. También se identificó al hongo del género *Cronartium* en estróbilos. En el caso particular de *Dothistroma* sp. se identificaron manchas cloróticas de color amarillento, y otras de color rojizo y al observar estas manchas con una lupa se observaron puntuaciones negras (Ortíz 2018, Córdón 2019). Se tomaron muestras que posteriormente se llevaron al laboratorio de la ENCA para su identificación taxonómica.

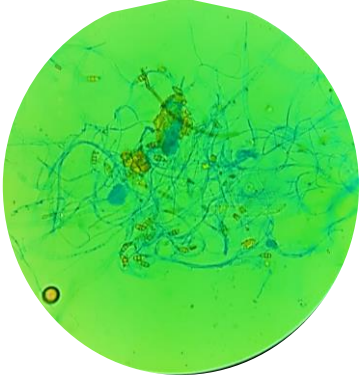
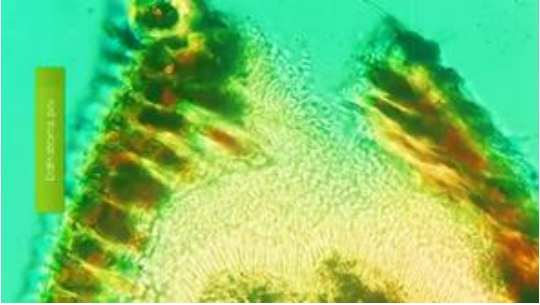
Todos estos hongos conviven con la especie *P. oocarpa* en condiciones naturales. Se encuentran de forma natural en acículas jóvenes, en hojarasca sobre los suelos de las plantaciones, en hojas muertas y hojas maduras (Marmolejo 2018, Drenkhan et al. 2016, Wijesinghe 2019, Miranda et al. 2016, Ortiz-Garcia et al. 2003). Sin embargo, considerando la variabilidad climática y que la finca se encuentra ubicada en una región con baja humedad relativa y altas temperaturas, el hongo del género *Pestalotia* puede constituirse como un problema. Si llega a colonizar la mayor parte de las acículas del árbol, probablemente ésta no muera, pero seguramente perderá vigor (Morales 2009).

El hongo del género *Lophodermium* produce tizones que afectan al pino en todo su ciclo de vida. Es común encontrarlo en aquellos pinos que han sido sometidos a factores desfavorables para un correcto desarrollo, causando defoliaciones severas en árboles que se encuentran débiles (Morales 2009, Córdón 2019). Por esta razón un adecuado manejo forestal en la finca es importante, para reducir la susceptibilidad de las plantaciones al ataque de este hongo.

El hongo del género *Dothistroma* prefiere muchos días húmedos y frescos. Es considerada como una enfermedad devastadora pues ataca plantaciones que no tienen condiciones adecuadas de manejo, y cuando coloniza las acículas, se propaga con gran facilidad (Morales 2009). Se constituye en un potencial riesgo para las plantaciones de pino de la

finca. El siguiente cuadro muestra los síntomas y signos encontrados en las hojas (acículas) de pino en los distintos rodales:

Cuadro 27. Principales síntomas y signos identificados en plantaciones de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

Síntoma	Signo
	 <i>Pestalotia</i> sp. Fuente: Noé Ajquejay, ENCA 2019
Acícula con puntos necróticos de forma oval. Fuente: Noé Ajquejay, ENCA 2019.	 <i>Dotistroma pini</i> Hulbary. Fuente: Noé Ajquejay, ENCA 2019.

Se observaron individuos cuyos conos (estróbilos) tenían un tamaño anormal (hipertrofia), más grande. El tamaño normal de los estróbilos de *P. oocarpa* son dimensiones que van de (3–) 5–8 (–10) cm de largo y 4–7.5 cm de ancho (Véliz et al. 2007, Farjon et al. 1997). Pero estos estróbilos eran de mayor tamaño y presentaban una fase infectiva con esporas de color amarillo-anaranjado. Lo cual cubría todo el cono e impedía que este se abriera para liberar las semillas (Ortíz 2018, Córdón 2019).

La enfermedad es provocada por un hongo del género *Cronartium*, posiblemente *C. quercuum* que se encontró sobre ramas de hojas y *C. conigenum* que infecta los conos de los pinos. Ambos provocan un complejo de royas que atacan y pueden causar pérdidas económicas al provocar crecimiento deforme en los árboles e impedir la regeneración de esta especie ya que no permitiría la producción de semillas (Ortíz 2018, Morales 2009). El daño ocasionado a los conos se puede ver en las siguientes figuras:



Figura 46. Estróbilos de pino con hipertrofia causada por *C. quercuum* (Berkeley) Miyabe.



Fuente: Gresia Ramos, 2019

Figura 47. Estróbilo de pino cubierto por esporas de *C. conigenum* Hedgc. & N.R.Hunt

Cuadro 28. Resumen diagnóstico fitosanitario en la finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

No. Parcela	Polígono	Especie de pino	x	y	z	Volumen (m3)	Número plantas Plagadas/ enfermas	Número plantas muertas	Síntomas observados en campo	Agente (s) causal (es)	Recomendaciones de manejo (como recomendación general para la finca, someter todos los rodales de la misma a manejo forestal)
1	Don Lipe	<i>Pinus oocarpa</i>	550601	1658005		70.48	0	0	-	-	
2	Petronilo	<i>Pinus oocarpa</i>	550567	1657954	1140	68.05	1	0	Grumos de resina color blanquecinos	No se observaron insectos descortezadores o insectos secundarios, posiblemente descortezadores	1.Saneamiento forestal 2.PPM 3.Monitoreo a través de trampas con feromona 4. Recorridos para detección terrestre
3	Don Fredy	<i>Pinus oocarpa</i>	550537	1657848	1170	2.69	0	0	-	-	
4	Don Chico	<i>Pinus oocarpa</i>	550411	1657846	1113	8.02	1	0	Acículas moteadas (amarillamiento)	posible tizón de acículas	eliminación de fuentes de inóculo
5	El Pony	<i>Pinus oocarpa</i>	550637	1657715		36.34	1	0	Cono deforme y moteado en acículas	<i>Pestalotia</i> spp	eliminación de fuentes de inóculo
6	Don Rafa	<i>Pinus oocarpa</i>									
7	La Joya	<i>Pinus oocarpa</i>	550511	1657546	1087	48.98	0	3	2 árboles presentaban galerías en forma Y en la corteza	<i>Ips calligraphus</i> Germar.	1saneamiento forestal 2.PPM 3.Monitoreo a través de trampas con feromona 4. recorridos para detección terrestre
8	El Manguito	<i>Pinus oocarpa</i>	550632	1657396	1042	17.4	0	0	-	-	
9	Plataforma	<i>Pinus oocarpa</i>	550632	1657299	1031	36.98	0	0	-	-	
10	Piedras Blancas	<i>Pinus oocarpa</i>	550364	1657018	1075	5.22	0	1	Presentaba raíces desnudas	posiblemente daño mecánico	1.monitoreo de los árboles 2.eliminación de árboles heridos posibles fuente de inóculo
11	El Mico	<i>Pinus oocarpa</i>	550391	1656796	1026	7.89	0	0	-	-	
12	Chanon	<i>Pinus oocarpa</i>	550020	1656583	1091	12.31	0	3	-		1.monitoreo de los árboles 2.eliminacion de árboles heridos posibles fuente de inóculo
13	El Pozo	<i>Pinus oocarpa</i>				4.21	0	12	4 árboles tenían presentes insectos vivos en la corteza (brote activo) y poseían grumos de resina blanquecinos; los 12 árboles presentaban galerías en forma Y en la corteza	1. Posible presencia de <i>Ips</i> sp. 2. 12 insectos secundarios género <i>Cossonus</i> sp.	1 saneamiento forestal 2.PPM 3.Monitoreo a través de trampas con feromona 4. recorridos para detección terrestre
14	Antonino	<i>Pinus oocarpa</i>				1.44	7	0	Acículas moteadas, estructuras blancas en el follaje y conos con hipertrofia.	<i>Dothistroma</i> sp. y <i>Lophodermium</i> sp.	1. aplicación de oxicloruro de cobre en áreas asequibles 2. eliminación de fuente de inóculo
15	Don Pedro	<i>Pinus oocarpa</i>	549129	1656784	1176	4.91	0	0	-	-	

No. Parcela	Polígono	Especie de pino	x	y	z	Volumen (m3)	Número plantas Plagadas/ enfermas	Número plantas muertas	Síntomas observados en campo	Agente (s) causal (es)	Recomendaciones de manejo (como recomendación general para la finca, someter todos los rodales de la misma a manejo forestal)
16	El Limón	<i>Pinus oocarpa</i>	550632	1657396	1042	92.04	1	0	Cono deforme y acículas amarillas	<i>Pestalotia</i> spp	1. aplicación de oxícloruro de cobre en áreas asequibles 2. eliminación de fuente de inóculo
17	El Encino	<i>Pinus oocarpa</i>	549316	1656452	1050	5.81	2	1	Los árboles presentaban galerías en la corteza, presencia de grumos blanquecinos de resina y presencia de insectos muertos en las galerías	<i>Ips calligraphus</i> Germar. (Brote inactivo)	1.saneamiento forestal 2.PPM 3.Monitoreo a través de trampas con feromona 4. recorridos para detección terrestre
18	Piedra Parada	<i>Pinus oocarpa</i>	548674	1656841	1134	3.92	0	1	-		1.monitoreo de los árboles 2.eliminación de árboles heridos posibles fuente de inóculo
19	Cueva del zope	<i>Pinus oocarpa</i>	548676	1656744	1139	1.15	0	0	-	-	
20	Cuchuchu	<i>Pinus oocarpa</i>	548880	1656551	1120	3.95	0	14	-	-	1.monitoreo de los árboles 2.eliminación de árboles heridos posibles fuente de inóculo
21	El Plan	<i>Pinus oocarpa</i>	548961	1656328	1036	3.83	3	3	Los árboles enfermos presentaban moteado en acículas. Los árboles muertos presentaban galerías en la corteza y termitas vivas.	<i>Pestalotia</i> spp y termitas <i>Coptotermes</i> sp.	INSECTOS 1. saneamiento forestal 2. aplicación de insecticida a la tronera de las termitas (Malathion) ENFERMEDADES 1. Eliminación de la fuente de inóculo 2. en áreas asequibles aplicación de oxícloruro de cobre
22	El Potrero	<i>Pinus oocarpa</i>	549071	1656213	977	10.35	0	0	-	-	
23	La Cabaña	<i>Pinus oocarpa</i>	548999	1656604	939	7.73	0	2	Presencia de insectos descortezadores vivos (Brote activo)	<i>Ips calligraphus</i>	1.saneamiento forestal, 2.PPM 3.Monitoreo a través de trampas con feromona 4. recorridos para detección terrestre
24	Don Chilo	<i>Pinus oocarpa</i>	548475	1656641	1050	5.78	28	2	Los árboles enfermos presentaban acículas moteadas (amarillamiento) y los árboles muertos presentaron en su corteza termitas vivas	<i>Dothistroma</i> sp. y <i>Lophodermium</i> sp. posiblemente insectos del género <i>Coptotermes</i> sp.	INSECTOS 1. saneamiento forestal 2. aplicación de insecticida a la tronera de las termitas (Malathion) ENFERMEDADES 1. Eliminación de la fuente de inóculo 2. en áreas asequibles aplicación de oxícloruro de cobre.
25	El Vivero	<i>Pinus oocarpa</i>	548318	1656738	1112	6.73	0	0	-	-	
26	Las Agujas	<i>Pinus oocarpa</i>	548064	1656734	1228	3.85	9	3	Los árboles enfermos presentaban acículas moteadas y los árboles muertos presentaban galerías en la corteza y termitas vivas	<i>Dothistroma</i> sp. y <i>Lophodermium</i> sp. posiblemente insectos del género <i>Coptotermes</i> sp.	INSECTOS 1. saneamiento forestal 2. aplicación de insecticida a la tronera de las termitas (Malathion) ENFERMEDADES 1.Eliminación de la fuente de inóculo 2.en áreas asequibles aplicación de oxícloruro de cobre

En el cuadro anterior se muestra el resumen del diagnóstico fitosanitario. Tiene campos que incluyen el número de parcelas, el nombre de la parcela, la especie con la que se está trabajando, las coordenadas (X, Y), la altitud sobre el nivel del mar (Y), el volumen estimado de todos los árboles de cada parcela. En color rojo están las plantas plagadas o enfermas, en color amarillo la cantidad de plantas muertas, luego aparecen los síntomas observados en campo. La siguiente columna muestra el agente causal o signo en caso de enfermedades y después de ello aparecen las recomendaciones generales para cada parcela, las cuales pueden generalizarse para el rodal completo, si se realiza un diagnóstico fitosanitario con mayor precisión.

D. Recomendaciones de manejo forestal

De forma general se tienen las siguientes observaciones para los rodales de pino ocotero:

- Aplicar oxiclورو de cobre ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) en las áreas asequibles.
- Eliminar las fuentes de inóculo.
- Realizar saneamiento forestal.
- Establecer Parcelas Permanentes de Monitoreo forestal.
- Establecer trampas con feromonas y realizar constante monitoreo.
- Realizar recorridos para detección terrestre de plagas y enfermedades.
- Eliminar aquellos árboles que se conviertan en posible fuente de inóculo.
- Por la presencia de *Coptotermes* sp. aplicar insecticida a la tronera de las terminas (Malathion).

Las acciones puntualmente se dividen en tres grupos. Las dirigidas al manejo forestal, las dirigidas a la eliminación de inóculos de forma manual, y la aplicación de productos de síntesis química para disminuir considerablemente las poblaciones de insectos plaga y la colonización fúngica.

Manejo forestal: el escaso manejo forestal de las plantaciones de pino desde su establecimiento en la finca, ha generado que los árboles crezcan con demasiada competencia entre ellos. Al no eliminar los árboles que no son de interés maderable (bifurcados, torcidos, enfermos, delgados, etc.) se han entrecruzado las ramas (recesión de

copas). Lo anterior ha predispuesto a que las plantas sean vulnerables al ataque de plagas (*Dendroctonus* sp., *Ips* sp., *Coptotermes* sp. y *Cossonus* sp.), enfermedades (*Dothistroma* sp., *Cronartium* sp., *Lophodermium* sp. y *Pestalotia* sp.).

Eliminación de inóculos: por medio del manejo forestal se pueden realizar operaciones silvícolas que permitan eliminar las fuentes de inóculo. Establecer Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF), establecer brechas corta fuego, así como realizar a la brevedad posible un saneamiento forestal, puede reducir el ataque de plagas y enfermedades. Si la finca vende la madera sobrante, producto de los raleos, puede obtener una entrada adicional de dinero, lo cual puede lograr ganancias para la institución (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo 2017).

Utilización de productos químicos para el control y monitoreo de plagas y enfermedades: para monitorear la presencia de insectos descortezadores se recomienda el uso de trampas multiembudo con feromonas para atraer a los individuos que se pueden constituir en plaga y atacar las plantaciones forestales (Cordón 2019, Aldana et al. 2016). Al colocar el atrayente químico se emula artificialmente un árbol que está siendo atacado por una determinada especie de descortezador, la kairomona es al olor del árbol atacado y la feromona a los insectos que los atacan (Macías y Niño 2016, Billings y Espino-Mendoza 2005). Durante el EPS se realizó una cotización de trampas multiembudo y las feromonas, la cual se incluye en los anexos de este servicio.

Para controlar las termitas que atacan los árboles dentro de las plantaciones, se recomienda utilizar el insecticida conocido como Malathion. Este producto químico es un insecticida de contacto, el cual al ser inhalado e ingerido por las termitas ataca el sistema nervioso de los insectos al inhibir la acetilcolinesterasa, pues esta detiene los impulsos nerviosos, paralizando a los insectos (ADAMA 2019). El uso de oxiclورو de cobre como un fungicida para *Dothistroma* sp. y *Lophodermium* sp, principalmente, es para prevenir la germinación de esporas de estos hongos, por eso se considera que es de acción preventiva y protectora (ADAMA 2019).

3.2.6. CONCLUSIONES

1. La metodología utilizada para evaluar el estado fitosanitario de las plantaciones forestales fue por medio de recorridos terrestres en campo para observar si había árboles muertos o enfermos. Con acículas amarillas, rojizas o marrones, presencia de termitas, grumos de resina de color blanco a crema-amarillento, aserrín en ramas o en el fuste de los árboles, brotes de las ramas defoliados, entre otra característica que estuviera fuera de los parámetros normales de un árbol típico de pino.
2. Los insectos plaga identificados en los rodales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., en la temporada de monitoreo 2019 fueron: escarabajo descortezador (*Ips calligraphus* Germar. (Scolytinae), coleóptero del género *Cossonus* spp. (Cossoninae) y la termita del género *Coptotermes* spp. (Coptotermitinae).
3. Los hongos identificados en fase de laboratorio son los siguientes: complejo del tizón del pino (*Dothistroma pini* Hulbary, *Lophodermium* sp. y *Pestalotia* sp.) así como la roya agalladora de conos de pino (*Cronartium* sp.).
4. Existe una evidente falta de manejo forestal dentro de los rodales de la finca “La Montañita”, la cual ha predisuesto a los árboles al ataque de plagas forestales.
5. Las plagas forestales no han desarrollado poblaciones epidémicas, sin embargo, la mortalidad de algunos individuos en caso de insectos y los residuos en el suelo para el caso de enfermedades, proporcionan inóculos que pueden convertirse en un problema de graves proporciones.

3.2.7. RECOMENDACIONES

1. Incorporar a Manejo Forestal (MF) las áreas forestales dentro de la finca, tanto plantaciones como bosque natural de pino-encino.
2. Realizar las actividades de saneamiento de las áreas donde corresponda.
3. Establecer Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) con enfoque fitosanitario dentro de las áreas forestales de la finca.
4. Capacitar al personal de campo en el reconocimiento de síntomas de plagas y enfermedades forestales, así como la toma de muestras para traslado a laboratorio.
5. Establecer rutas de monitoreo, basándose en la cartografía, y los caminos naturales dentro de la finca para obtener información de la situación fitosanitaria de la finca.
6. Producir una boleta de campo para registro de monitoreo de plagas forestales dentro de la finca.
7. Establecer un sistema de trampeo a través del uso de feromonas sexuales de atracción y trampas (preferentemente tipo Lindgren de 16 embudos), en las plantaciones de pino.

3.2.8. ANEXOS

Cuadro 29. Formato de boleta fitosanitaria para plantaciones forestales.

Área parcela:		Fecha:		Nombre:		Coordenadas parcela:				Altitud: msnm	
Número	Especie	Coordenada planta afectada	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Riesgo fitosanitario		Riesgo físico		Observaciones	Recomendación
						Categoría	Color	Categoría	Color		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Fuente: Cordon, 2019

Cuadro 30. Categorías para evaluar el estado fitosanitario de los árboles en cada parcela.

Categorías riesgo fitosanitario	
sano	
muerto	
plagado/ enfermo	

Cuadro 31. Categorías para evaluar el estado de riesgo físico de los árboles de cada parcela.

Categorías riesgo físico	
bajo	
medio	
alto	



Figura 48. Actividades de diagnóstico fitosanitario en campo. a) materiales y equipo, b) remoción de corteza para encontrar descortezadores, c) grupos que indican presencia de descortezadores, d) estróbilo con presencia del hongo *Cronartium* sp., e) búsqueda y daño provocado por termitas en corteza de árboles, f) búsqueda de enfermedades en acículas, g) galerías provocadas por insectos descortezadores, h) medición de diámetro a árboles de parcela fitosanitaria, i) rodal de pino con recesión de copas por falta de manejo, j) equipo de trabajo para toma de muestras.



Figura 49. Actividades de diagnóstico fitosanitario en laboratorio. a) Muestra de estróbilos para identificación de hongos fitopatógenos, b) muestras de acículas de pinos para identificación de enfermedades, c) materiales de laboratorio, d) preparación de muestras vegetales para análisis fitopatológico, e) identificación taxonómica de insectos descortezadores.



ChemTica Internacional S.A.

Research & Production Center
 Tax ID: 3-101-117364-11 Exporter code: JCY EPA Est. No. 073813-CR-1-001
 From Ruta 20 Gas 75 m West 224 m South Sta Rosa Sto Domingo,
 Heredia Costa Rica 40305
 Info@pheroshop.com Tel: (506) 2261-2424 Fax: (506) 2238-1053

Proforma Invoice

Date
02/19/19

Quote #
12288

Bill To:

Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)
 17.5 Carretera al Pacifico, Finca Barcena, Villa Nueva, Guatemala
 PBX: 6665-1345

Ship To:

Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)
 17.5 Carretera al Pacifico, Finca Barcena, Villa Nueva, Guatemala
 At: Ing. Cristian A. Mendez López

Cust. Ref. #	Salesperson	Department	Ship Method	Terms	
	Teresita Gonzalez Miranda	Ventas	FedEx	Prepago	
Item Code	Product Name	Description/Mfg.	Qty	Price	Ext. Price
P152-SPBTrap Mex	Dendroctonus frontalis	Each	30	4.50	135.00
P218-Trap 16 W	Multi-funnel trap	Each	20	38.50	770.00

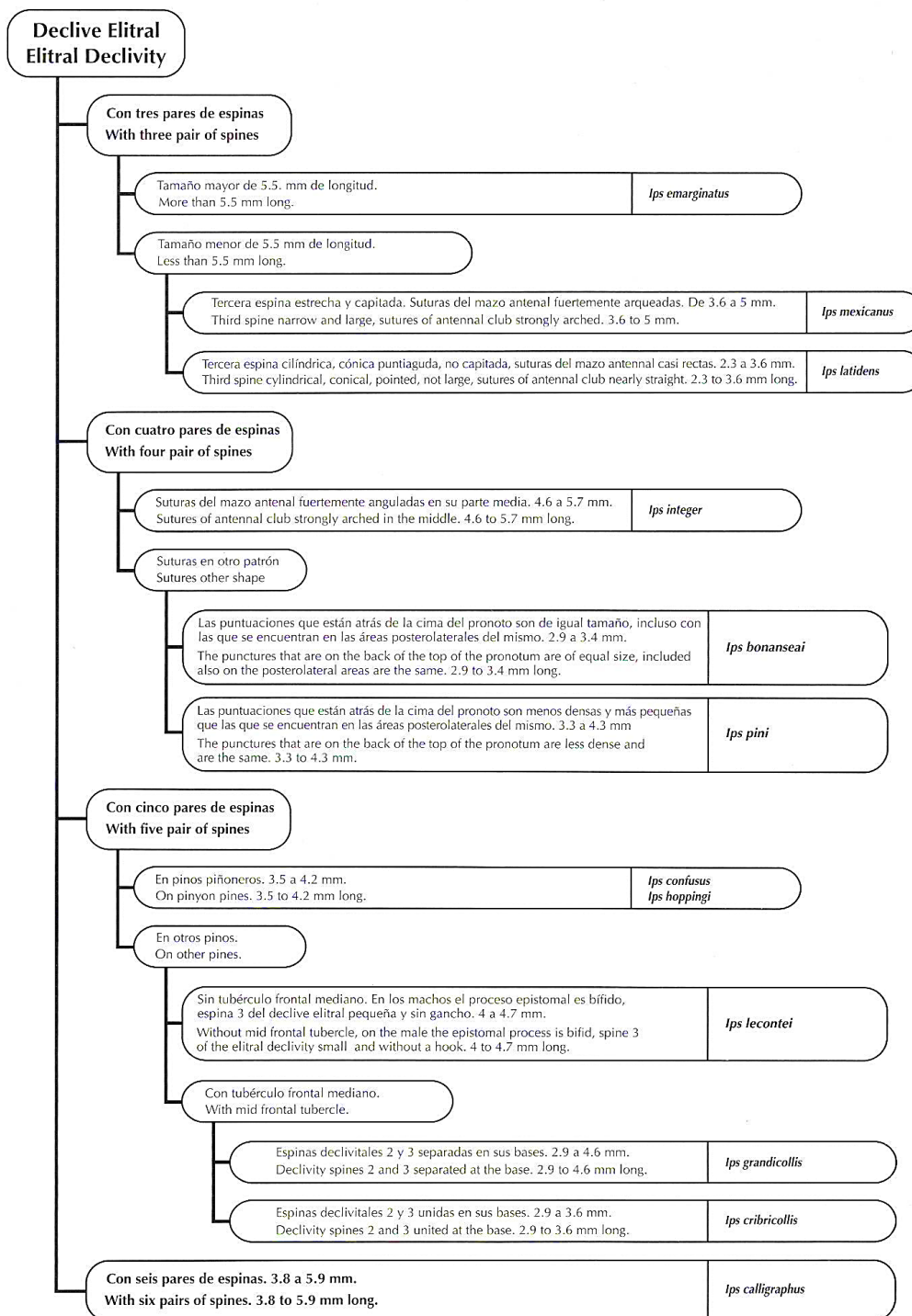
NOTES

Subtotal US\$	905.00
Tax US\$	0.00
Freight US\$	295.00
Total US\$	1,200.00

Figura 50. Cotización trampas con feromonas para descortezadores del pino.

CLAVE PARA IDENTIFICAR A LOS ADULTOS DE *Ips*
QUE SE ENCUENTRAN EN MEXICO

KEY TO IDENTIFY THE ADULTS OF THE *Ips* SPECIES
THAT ARE FOUND IN MEXICO



***Ips calligraphus* (Germar)** Coleoptera: Scolytidae

Lámina/Plate 123

Citas / References: Atkinson, 1982; Wood, 1982; Atkinson y Equihua Martínez, 1985a, 1988; Cibrián Tovar y Martínez Romero, 1989; Correa López, 1989; Rodríguez Lara, 1990.

Hospedantes / Hosts: *Pinus caribaea*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*.

Distribución / Distribution: Chiapas, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Veracruz.

Descripción: Los adultos son de tamaño mediano, ya que miden entre 3.9 y 5.9 mm de longitud. Su cuerpo es robusto. El color de los adultos maduros es café rojizo muy oscuro, casi negro, mientras que los adultos inmaduros son café claro. Una característica diagnóstica de esta especie es el presentar seis espinas en cada lado de su declive elytral. En los machos la espina 3 es capitada, con la punta curvada hacia la parte ventral. En las hembras la espina 3 es más pequeña y no capitada. Larva ápada, con cuerpo en forma de "C", de color blanco cremoso.

Ciclo de Vida y Hábitos: Al tener una distribución amplia y estar en diferentes condiciones climáticas, esta especie presenta fuertes variaciones en el número de generaciones por año. Se han encontrado infestaciones con diferentes estados de desarrollo en todos los meses del año, lo que implica la presencia de varias generaciones en un ciclo estacional. Este número variará con la altitud y será mayor conforme las poblaciones estén ubicadas en lugares más bajos. Los machos inician las infestaciones al penetrar a la corteza para llegar a la zona de cambium, en donde excavan una cámara de 1 a 1.5 cm de diámetro, que sirve para copular con las hembras que llegan posteriormente. Las hembras son atraídas por feromonas que libera el macho, aunque también se atraen más machos a los árboles o a las trozas inicialmente infestadas por algunos individuos. Estos nuevos machos también realizan sus propias cámaras nupciales y también liberan sus feromonas de atracción. En cada cámara existen de dos a cuatro hembras, que después de copular practican galerías individuales, rectas, ubicadas entre la zona de cambium y el floema. El conjunto de túneles, que puede tomar la forma de una "H" o de una "I", siempre se aprecia limpio, ya que los machos expulsan los materiales residuales a través del orificio de entrada. En la superficie de la corteza se puede identificar un grumo de resina o bien un montículo de aserrín. El primero se encuentra cuando los insectos atacan de forma primaria a sus hospedantes y el segundo cuando se comportan como insectos secundarios. Las hembras ovipositan en ambos lados del túnel y para ello hacen nichos casi contiguos, en cada uno de los cuales depositan un huevecillo. Las larvas después de su nacimiento practican galerías individuales entre el floema y el cambium. Las larvas maduras hacen cámaras ovales en las cuales pasan al estado de pupa. Los nuevos adultos emergen a través de la corteza.

Daños: Los daños que causan estos descortezadores se pueden dividir en dos tipos, el primero es la muerte de árboles o de partes de ellos y el segundo consiste en la reducción de la calidad de la madera, principalmente por la introducción de hongos manchadores. Causa la muerte de árboles jóvenes y maduros; en los primeros infesta toda la longitud del fuste, aunque su ataque lo inicia de la punta del árbol hacia abajo; en los árboles maduros la infestación causa la muerte de la punta. Puede infestar con rapidez a trocería recién derribada e introducir hongos que eventualmente reducen su valor.

Importancia: Es una de las especies de mayor importancia económica, debido a su amplia distribución y a los daños que causa.

Manejo: Cuando se presentan infestaciones se deben derribar los árboles infestados y aplicar insecticidas de contacto a la corteza infestada, o bien descortezar fustes mayores de 15 cm de diámetro, apilar la corteza infestada y el ramaje o puntas menores del diámetro mencionado y aplicar insecticidas de contacto, o bien quemar el material. Se deben tratar las ramas mayores de 3 cm de diámetro, ya que ellas son atacadas con éxito por los insectos.

Description: Adults are of average size measuring between 3.9 and 5.9 mm long. Body is stout. Mature adult is very dark reddish-brown; almost black. However, immature adults are light brown. A diagnostic character for this species is the presence of six spines on each side of the elytral declivity. On the male the third spine is pointed with the tip curved toward the ventral area. On the females the third spine is smaller and not pointed. Larva is legless with the creamy-white body in the shape of a "C".

Life Cycle and Habits: This species has a wide distribution covering a great range of climatic conditions and therefore has a range in number of generations per year. Infestations have been found with different developmental stages during every month of the year. This suggests several generations in a season. This number will vary with altitude. Males initiate infestations by penetrating the bark until they reach the cambium where they construct a 1 to 1.5 cm diameter chamber. This serves as a mating chamber with the females that arrive soon thereafter. The females are attracted by a pheromone that is released by the male. It also attracts more males to the trees or the logs initially infested by individuals. These new males also produce nuptial chambers and also release their attracting pheromone. In each chamber there are two to four females that after mating construct individual galleries. These galleries are straight and are located between the area of cambium and the phloem. These tunnels can assume the shape of an "H" or an "I". These are always kept clean as the males remove residue material through the entry hole. On the bark surface resin masses as well as sawdust can be found. Resin masses are found when insect attack is primary on the host. Sawdust is found when attack is secondary. The females lay eggs on both sides of the galleries. They make almost contiguous niches where eggs are laid. The larvae construct individual galleries after they emerge from the egg.

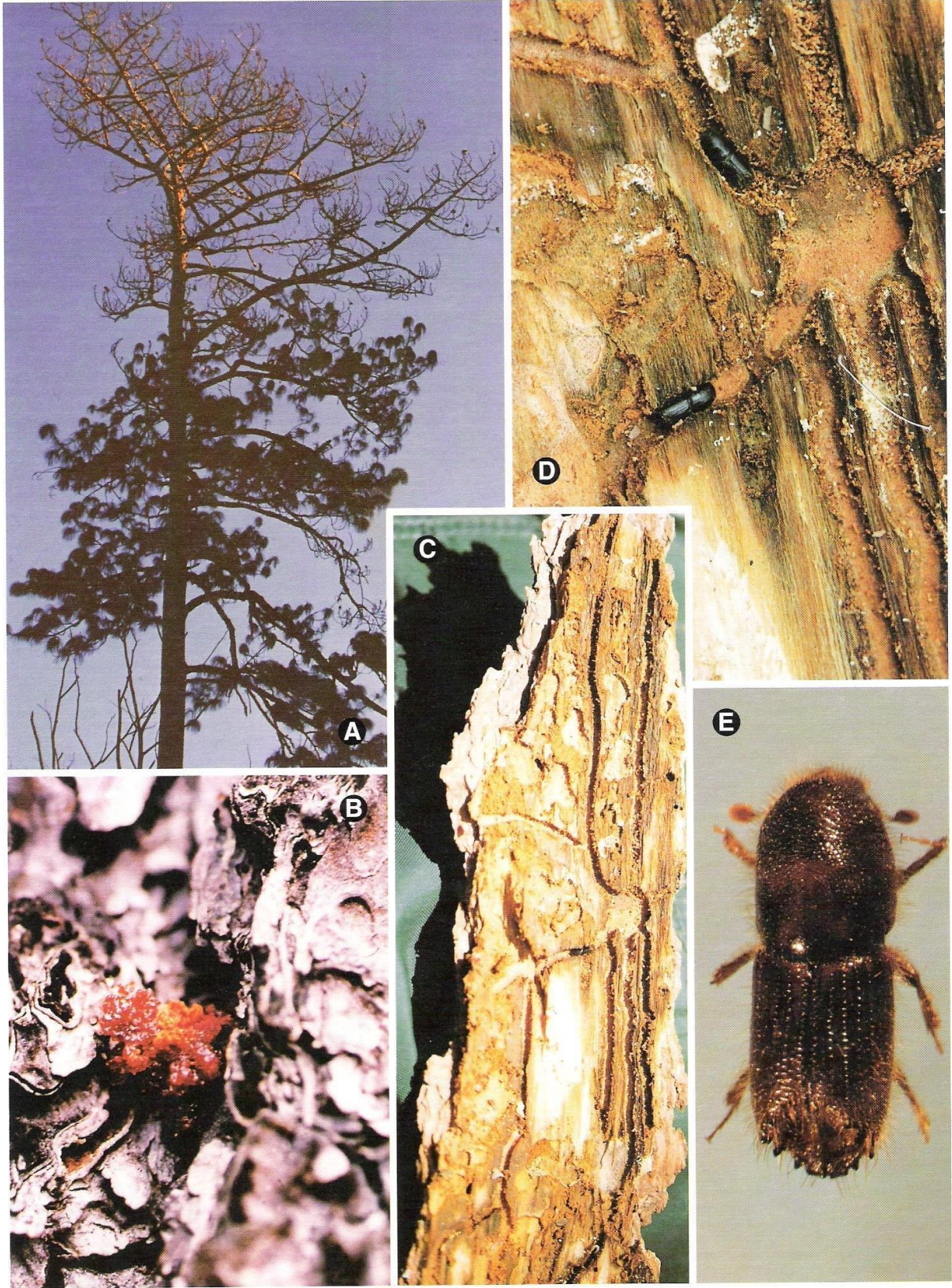
Damage: The damage can be divided in two types; one is death of the tree or parts; another one consists of wood quality reduction caused by the introduction of staining fungi. It causes young and mature tree death; in young trees it infests the entire bole, although its attack begins at the highest tip of the tree and moves downward; in mature trees the infestation causes top death. It can infest logs rapidly when first cut and introduce fungi that possibly reduces wood value.

Importance: This is one of the most important *Ips* species because of its wide distribution and damage it causes in Mexico.

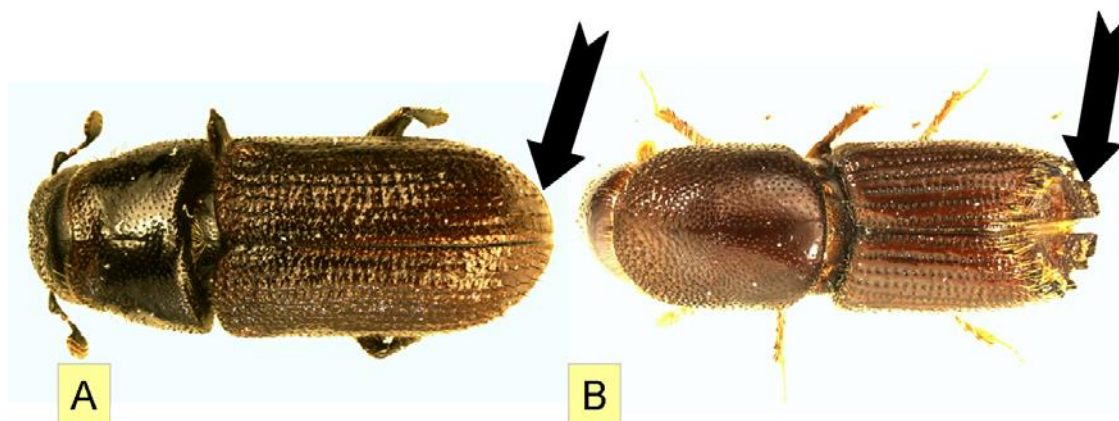
Management: When important infestations are present the infested trees must be felled and contact insecticides applied to the infested bark. Stems greater than 15 cm in diameter must be debarked. The infested bark and branches must be burned or sprayed with insecticide. The branches more than 3 cm in diameter must be treated since they are successfully attacked by these insects.

***Ips calligraphus*.** A Muerte descendente de *Pinus oocarpa* / *Pinus oocarpa* with top killed. B Grumo de resina sobre corteza de árboles vivos / Pitch tube on bark of a live tree. C, D Cámara nupcial y galerías de hembras / Nuptial chamber and female galleries. E Adulto / Adult.

Fuente: Cibrián et al., 1995



Fuente: Cibrián et al., 1995



Fuente: Thunes et al., 2005

Figura 51. *Dendroctonus* (A) e *Ips* (B). Las flechas apuntan hacia las características más importantes que distinguen a los géneros.

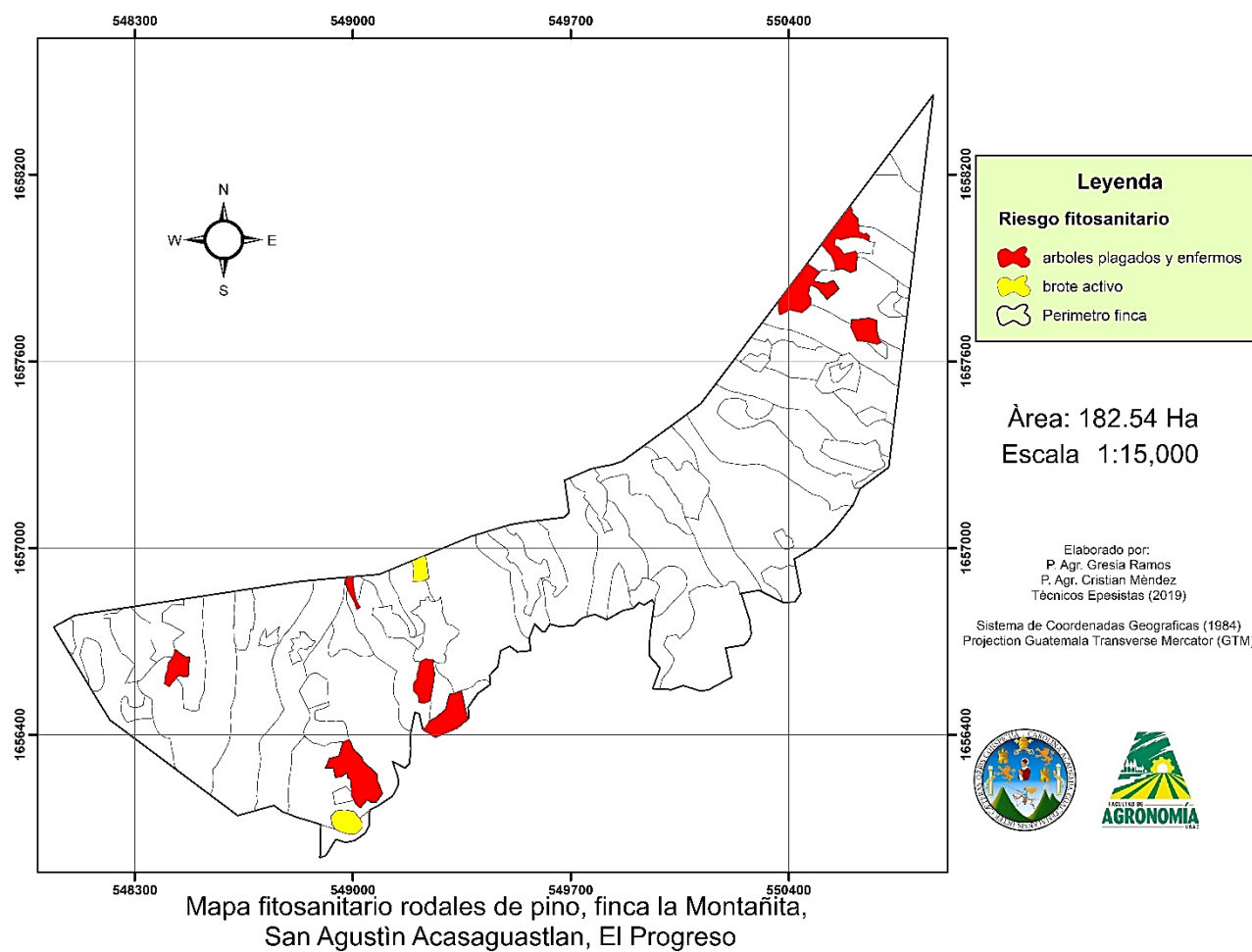


Figura 52. Mapa fitosanitario rodales de pino.

3.3. Servicio 2: Identificación del potencial turístico en el sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.

3.3.1. PRESENTACIÓN

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) ha considerado darle un enfoque académico-productivo al sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”. De las 182.54 hectáreas, en el año 2019 contaba con 92.21 ha de bosque de regeneración con la especie forestal de encino (*Quercus* spp.). También tenía 46.41 ha de bosques de protección en la ribera de los afluentes de agua que atraviesan la finca. Se encuentran en la finca sectores con cultivo de café, plantaciones de cedro (*Cedrela* sp.) y a finales de 2019 se introdujo el cultivo de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) entre otros que plantee introducir en un futuro cercano.

La Escuela quiere que la finca sea considerada como una unidad de producción modelo para la región de oriente, principalmente para el municipio de San Agustín Acasaguastlán. Es por ello que considera importante la inclusión de las aldeas para que el enfoque social de la ENCA sea aún mayor. Si se planea que visitantes nacionales y extranjeros lleguen a la finca puede utilizar las instalaciones del casco viejo como un centro de recepción de visitantes y que pueda considerar la compra de vehículos para transportar a los estudiantes de la ENCA y los turistas que lleguen al lugar. Por esta razón se elaboraron fichas técnicas que servirán como instrumentos de decisión inicial, para profundizar con mejor detalle un diagnóstico ecoturístico y plan ecoturístico formal para la finca y la conectividad que la escuela tendrá con las comunidades.

3.3.2. OBJETIVOS

A. General

Realizar un diagnóstico general del potencial turístico del sector “A” de la finca Reserva Forestal “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala.

B. Específicos

1. Identificar los potenciales atractivos turísticos del sector “A” de la finca.
2. Elaborar una ficha con valoración de elementos técnicos del potencial turístico del sector “A” de la finca.

3.3.3. METODOLOGÍA

La metodología se basó en tres fases: gabinete inicial, fase de campo y base final de gabinete:

- Fase de gabinete inicial: Se realizaron reuniones con profesores del área forestal de la ENCA y autoridades de la ARNPG. Se revisaron documentos técnicos, se evaluaron sitios de interés turístico en los alrededores de la finca y se revisó el plan maestro de la Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas (RBSM). Todo lo anterior para identificar elementos de interés para que la escuela los aproveche como potencial turístico.
- Fase de campo: Esta fase se llevó a cabo por medio de recorridos en campo. Se corroboró la cartografía del lugar y se comparó con el mapa del sector “A” de la finca, para observar elementos naturales que puedan ser aprovechados por la ENCA para atraer turistas a la finca.

- Fase final de gabinete: Se llenaron las boletas propuestas por la ARNPG con la metodología del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP). Se realizó un informe final.

3.3.4. MATERIAL Y EQUIPO

- Computadora
- GPS
- Cámara fotográfica
- Mapas
- Impresora
- Hojas, lápiz

3.3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un reconocimiento preliminar en el sector “A” de la finca, para ubicar zonas de senderos con potencial turístico dentro de la misma. La región oriental del sector “A” se ha identificado como el lugar que puede atraer a la mayor cantidad de turistas. Esta zona es atravesada por un cuerpo de agua denominado “El Chucte”, el cual tuvo un caudal de 449,280 litros/día en el mes de marzo (estación seca), sin considerar que en estación lluviosa este caudal se puede incrementar. Una vista general de la cascada puede verse en la siguiente figura:



Figura 53. Quebrada o riachuelo “El Chucte” en sector “A” de la finca.

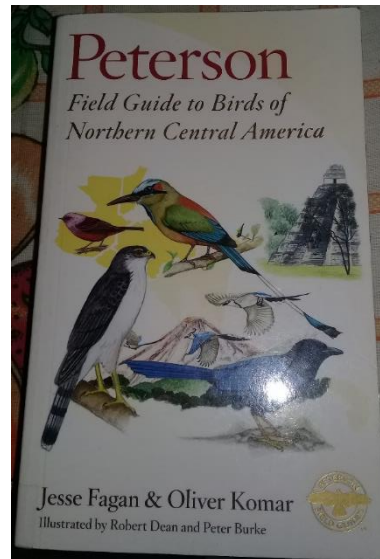


Figura 54. Guía de campo de aves del Norte de Centro América.

Los potenciales turistas podrían salir de la oficina de recepción de visitantes (casco viejo) hasta el Chucte. Por lo que es importante hacer paradas técnicas en puntos estratégicos que muestren el cambio de zona de vida o cualquier razón de interés para la ENCA. El sector “A” también podría ser un potencial sitio para avistamiento de aves, en el cuadro 3 se muestran algunas especies de aves identificadas por personal académico de la escuela.

A. FICHA 1 DATOS GENERALES

Nombre de la finca: La Montañita, sector "A".

Nombre de quien evalúa: Cristian A. Méndez López y Gresia D. Ramos Solórzano

Fecha: 19/08/2019

DATOS GENERALES

-Nombre y cargo del contacto directo: Director de la ENCA

-Teléfono: 6665-1345

-Email:

-Página web-red social: www.enca.edu.gt, Facebook: @ENCAGT, Instagram: enca.gt

-Administrador/ co-administrador: Jorge Augusto Marroquín Trigueros

-Categoría de manejo: Propiedad privada actualmente no se encuentra en ninguna categoría del SIGAP, sin embargo, existe la posibilidad de que la institución planea constituir la finca dentro de la categoría "V" de áreas protegidas (Reserva Natural Privada).

-Estado legal del área: propiedad privada que pertenece a la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). Cuyo representante legal es el Presidente del Consejo Directivo, quien delega al director (a) de la escuela.

-Comunidad más cercana o asociada: Aldea Conacaste, La Montañita, Aguahiel.

-Grupo étnico/idioma: mestizo/español.

- ¿Existe algún tipo de inversión turística? **Sí** **No**
 Describir brevemente:

Se tiene planificado invertir para que los turistas lleguen al lugar.

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

- ¿Qué nivel de interés se tiene en desarrollar la actividad turística?

	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
¿Por qué?				

Atraerá turistas a las instalaciones que construirá como un centro de capacitación forestal en el sector "A" de la finca. Considerando el Plan Maestro de Turismo Sostenible del INGUAT (2015) la finca puede atraer a los siguientes tipos de turistas: turista de sostenibilidad, turista de aventura, milenial, mujeres que viajan solas, turista de fotografía, principalmente. Además de atraer investigadores, técnicos para capacitarse y turismo rural.

- ¿Por parte de quién y cómo surgió la iniciativa de desarrollar turismo?

Profesores del área forestal de la ENCA, autoridades administrativas, departamento técnico administrativo de la ENCA, unidad de proyectos, así como técnicos epesistas de la finca en 2019: Cristian A. Méndez López y Gresia D. Ramos Solorzano.

- ¿Cuál es el objetivo general que se busca alcanzar al desarrollar turismo?

Atraer al público académico, aprovechar la belleza escénica del lugar para que se obtengan ingresos económicos tanto para la finca como para los comunitarios en los poblados cercanos.

Turismo científico; turismo ecológico (visitar la naturaleza) biodiversidad, un área del corredor seco, zona de transición; conocer sistemas integrados en la zona (agroecológico, permacultura).

- ¿Cuáles son las metas a corto plazo (¿1 a 2 años? ¿A mediano plazo (2 a 3 años)? ¿A largo plazo (3 o más años)?

1. Definir áreas y diseño de infraestructura, construir y adecuar la infraestructura básica mínima. Hospedaje, baño, parqueo, alimentación. Diseñar y establecer infraestructura básica. (meta a corto plazo).
2. Caminos (definir estructuras para movilizarse), senderos, puentes, mantenimiento a los caminos, etc. torres de control, puntos para la observación de avifauna, senderos a las diferentes áreas productivas y de conservación (corto y mediano plazo).
3. En las áreas de reserva natural privada evaluar especies de interés biológico. Identificar el valor natural que se va a proteger-conservar o realizar un manejo sostenible (no restrictivo para utilizar los recursos naturales de la finca), como especies que estén presentes en los apéndices de CITES. (estudio florístico) a corto plazo.
4. Realizar un manejo integrado de los recursos naturales, con fines de producción, conservación, restauración, una unidad modelo de manejo de los recursos naturales. (meta a largo plazo).

- ¿Qué tanta disponibilidad o capacidad se tiene para invertir en turismo?

Se tienen los recursos naturales disponibles (leña, poste, tutores). Se debe considerar personal de campo adicional que se tendrá que contratar exclusivamente para la actividad ecoturística, sea este temporal o permanente. Para lo cual se hay que tener cierta asignación presupuestaria para inversión en ejecución de proyectos de infraestructura, inicialmente. Considerando el presupuesto destinado para 2019, este deberá ser mayor o igual a Q. 1, 132,000.00, según sea la prioridad de proyectos de la ENCA para esta finca en el tema ecoturístico.

- ¿Cuentan con algún tipo de financiamiento para el turismo? **Sí** **No**
Si sí, describa:

¿Se cuenta con algún tipo de planificación general y turística? **Sí** **No**

- ¿Se cuenta ya con personal que se pueda dedicar a la atención del turista?
Sí **No** Si sí, describa:

La institución debe capacitar al personal que destinará para realizar las funciones específicas de ecoturismo dentro de la finca, dándole prioridad a los comunitarios locales.

Describe quiénes serán las personas encargadas del turismo en un inicio:

- ✓ Catedráticos y estudiantes forestales de la ENCA.
- ✓ Técnico de asistencia turística (puede ser un profesional de turismo de INGUAT o de una universidad legalmente constituida en Guatemala, técnico del INTECAP, etc.).

B. FICHA 2: OFERTA Y DEMANDA TURÍSTICA ACTUAL Y POTENCIAL

Nombre del área protegida: Finca Reserva Forestal "La Montañita"

Nombre de quién evalúa: Cristian A. Méndez López y Gresia D. Ramos Solórzano

Fecha: 19/08/2019

OFERTA Y DEMANDA TURÍSTICA ACTUAL Y POTENCIAL

- ¿Ha recibido turistas? **Sí** **No**
 Describir brevemente:

- ¿Recibe algún otro tipo de público? ¿Cuál?

Estudiantes de la carrera de Perito Forestal de la ENCA, personal del INAB (Coordinadores de programas de manejo del INAB), representante del CONAP e investigadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- ¿Cuenta con algún tipo de registro de visitantes (RUV u otro)?
 Si sí, describa: **NO**

-Número promedio de visitantes al mes/año: No es frecuente la visita. 90 visitantes al año (de la ENCA)

-Frecuencia de la visita: Regularmente **Esporádicamente** Casi nunca Ocasiones específicas
 Describir:

Son giras estudiantiles las que se desarrollan dentro del sector "A" de la finca.

-Duración promedio de la estadía: 3-5 días.

-Temporada de visita o momentos de visita más alta/baja
 Época alta Época baja **Entre semana** Fin de semana

-Origen

Nacionales (lugar/departamento)

Regionales (lugar/departamento/municipio)

Locales (poblado/ciudad)

Extranjeros (país)

-Edad promedio: 15-18 años; 47 Años (catedráticos)

-Género más frecuente: femenino/masculino (**ambos**)

-Tipo de grupo:

Familias Grupos varios Parejas Negocios Grupo organizado **Estudiantes (viajes escolares)**

Observaciones:

Estudiantes de Perito Forestal de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)

-Principales motivos de visita/actividades que realizan: Prácticas de campo de los cursos que se imparten en la ENCA. Motivos (educativos, actividades de producción), actividades (aforo de ríos, inventarios forestales, siembra de especies forestales, plantación, frutales, estructuras de conservación, etc.).

-Gastos que realizan y cantidad promedio: La ENCA absorbe la mayoría de gastos de los estudiantes que se dirigen a la gira de estudios. El desglose de rubros está aún pendiente.

C. FICHA 3: ANÁLISIS DE POLOS TURÍSTICOS, DATOS DE CONECTIVIDAD Y OFERTA REGIONAL

- Nombre del área protegida: Finca Reserva Forestal “La Montañita”

Nombre de quién evalúa: Cristian A. Méndez López, Gresia D. Ramos Solórzano.

Fecha: 19/08/2019

ANÁLISIS DE POLOS TURÍSTICOS, DATOS DE CONECTIVIDAD Y OFERTA REGIONAL

-Departamento: El Progreso

-Municipio: San Agustín Acasaguastlán

-Distancia en tiempo y kilómetros desde:

La ciudad capital:

3 horas (100 km)

Centro urbano más cercano:

Desde Guastatoya (1.5 horas), desde El Rancho (1 hora), desde Tulumajillo (35-45 minutos)

-Señalización extrema para indicar el camino al área:

No tiene Sí tiene en mal estado Si tiene en regular estado Si tiene en buen estado

-Medios de transporte disponibles/necesarios

Terrestre:

Bus

Carro

Carro de doble tracción (con infraestructura)

A pie

Motocicleta

Equino

Otro

FICHA 3: ANÁLISIS DE POLOS TURÍSTICOS, DATOS DE CONECTIVIDAD Y OFERTA REGIONAL

Nombre del área protegida: Finca Reserva Forestal "La Montañita".

Nombre de quien evalúa: Cristian A. Méndez López, Gresia D. Ramos Solórzano.

Fecha:19/08/2019

Rutas de acceso

Nombre de la carretera	Categoría (carretera principal, ruta secundaria, ruta terciaria-terracería y otros-)	Breve descripción /Estado del camino (asfalto, adoquín, terracería, etc.)	Distancia al sitio turístico		Comentarios
			En kilómetros	En tiempo	
CA-9	Carretera principal	Buen estado (asfalto)	12	1 hora	
CA-14	Carretera principal	Buen estado (asfalto)	8	40 minutos	
Ruta hacia finca "La Montañita"	Ruta terciaria-terracería	Calle reducida (terracería)	8	40 minutos	La calle es muy angosta, hay sectores en los cuales se debe tener precaución de no impactar a otro vehículo o no caer al barranco. Cuando es época de invierno el camino dificulta el transporte desde aldea Tulumajillo hasta finca "La Montañita".

FICHA 3: ANÁLISIS DE POLOS TURÍSTICOS, DATOS DE CONECTIVIDAD Y OFERTA REGIONAL

Nombre del área protegida: Finca Reserva Forestal "La Montañita".					
Nombre de quien evalúa: Cristian A. Méndez López, Gresia D. Ramos Solórzano.					
Fecha:19/08/2019					
Destinos turísticos de la región					
Nombre del destino turístico cercano	Categoría (primera, segunda o tercera categoría nacional)	Breve descripción	Distancia al área protegida		Comentarios
			En kilómetros	En tiempo	
Sierra de las Minas Peña del Ángel	Tercera	Giras con motivos académicos, ciclismo de montaña, hospedaje y turismo de aventura.	35	3 hrs.	
Biotopo del Quetzal	Primera	Giras con motivos académicos y turismo para conocer el ecosistema.	78	1:30 hrs.	
IRTRA- Agua caliente	Segunda	Balneario y juegos acuáticos.	64	1:14 hrs.	
Laguna Lachúa	Primera	Laguna para bañarse, camping, turismo de aventura.	272	5:24 hrs.	
Guastatoya	Tercera	Hay un parque acuático, centro del parque, estadio municipal, iglesia.	23	1 hora	
San Agustín Acasaguastlán	Tercera	Iglesia de época colonial.	20	1 hora	
San Cristóbal Acasaguastlán	Tercera	Iglesia de época colonial.	34	1:20 hrs	
Museo de paleontología de Estanzuela (Zacapa)	Tercera	Cultura	65	2 hrs	
Salto de Chilascó, Salamá	Primera	Cascada y bosque natural	80	2.5 hrs	
RamTzul, Purulhá, Cobán	Primera	Corredor biológico del bosque nuboso	80	2.5 hrs	
Parque acuático Guastatoya	Tercera	Parque de diversiones	27	1.5 hrs	

FICHA 3: ANÁLISIS DE POLOS TURÍSTICOS, DATOS DE CONECTIVIDAD Y OFERTA REGIONAL

Nombre del poblado cercano	Categoría (comunidad o poblado cercano, ciudad/poblado con servicios básicos, ciudad/poblado con estructura turística)	Breve descripción	Distancia a la finca		Comentarios
			En kilómetros	En tiempo	
La Montañita	Comunidad o poblado cercano	poblado cercano	3	25 minutos	La distancia es en vehículo
Conacaste	Comunidad o poblado cercano	Poblado cercano	2	20 minutos	La distancia es el vehículo
Comaja	Comunidad o poblado cercano	Poblado cercano	5	35 minutos	Tiene un puesto de salud que abarca a aldea “La Montañita”, “Conacaste” y “Comaja”
Tulumajillo	Comunidad o poblado cercano	Poblado cercano	8	40 minutos	La distancia es en vehículo
Tulumaje	Comunidad o poblado cercano	Poblado cercano	10	45 minutos	La distancia es en vehículo
El Rancho	Ciudad con servicios básicos	Servicios básicos, poblado mediano más cercano	14	50 minutos	La distancia es en vehículo
San Agustín Acasaguastlán	Ciudad con servicios básicos	Ciudad con servicios básicos, poblado mediano más cercano.	20	1:10 hrs.	La distancia es en vehículo
Guastatoya	Ciudad con servicios básicos y con estructura turística.	Ciudad con todo tipo de servicios.	23	1:30 hrs.	La distancia es en vehículo.

D.FICHA 4: ATRACTIVOS Y ACTIVIDADES

Listado de atractivos, actividades, oportunidades recreativas-naturales y culturales del área protegida	Cultural	Natural	Agrícola	Recreativo	Eventos	Otros	Actual	Potencial	Descripción
Sendero interpretativo entre la cabaña y “El Chucte”				×				×	Salir del Centro de Recepción de Visitantes (Casco viejo) en caminata para observar las plantaciones de pino (<i>Pinus oocarpa</i>), el horno para la producción de carbón, el mirador conocido como “El Encino” de donde se puede observar la depresión del valle del Motagua, las montañas de Jalapa y la vegetación natural del lugar. Al llegar al punto final del recorrido se encuentra una cascada y un río llamados “El Chucte” el cual ofrece la oportunidad de actividades recreativas.
Aviturismo		×						×	Estudiar la diversidad de aves en la región, considerando que la finca se encuentra en la zona de amortiguamiento de Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.
Estudio de la Biodiversidad		×						×	Potencial estudio de diversidad de flora, fauna, funga, belleza escénica, geología del lugar, etc.
Tour de café (proceso de manejo agrícola y el posterior beneficiado del mismo)			×					×	Conocer el proceso del cultivo de café desde la fase de vivero hasta el empaquetado del mismo (esto incluye la construcción de una cafetería para degustar los productos que la finca genera).
Visita al Centro de Capacitación Forestal					×			×	Recibir actualizaciones en temas agrícolas, forestales, pecuarios y otros que considere la ENCA.
Camping				×				×	Vivir una experiencia en las condiciones de campo que viven los comunitarios en los poblados cercanos al sector “A” de finca Reserva forestal “La Montañita”.
Visita a comunidades cercanas (La Montañita, Conacaste, Comaja, Aguahiel)	×							×	Conocer los medios de vida (trabajo en campo, educación, religión, alimentación, salud, etc.). En cuanto al trabajo de campo que puedan conocer los sistemas productivos que tienen los comunitarios (hombres y mujeres) y los relictos de bosque que hay en el área.
Canopy				×				×	Tener una experiencia de altura, observar la belleza escénica del lugar (montañas y vegetación) y observar algunas de las áreas productivas de la finca.
Granja agroecológica									Agroecológico, con pollos, aves, plantas medicinales, árboles forestales; áreas para conservación de suelos, meliponarios, manejo y procesamiento del carbón, manejo de productos no maderables, mariposario, producción de hongos comestibles, orquideario, producción de resinas, suculentas.

FICHA 4: ATRACTIVOS Y ACTIVIDADES

EJE	Elemento	¿Existe?	¿Es atractivo para el turismo?				Breve descripción
			No ¿Por qué?	Poco	Sí, regular	Sí, mucho	
Natural	Especies representativas de flora y fauna	Sí				x	Bosque natural con diversas especies de encino, bosques de ribera, especies de aves indicadoras del bosque seco subtropical (bs-S) como el torobojo (<i>Momotidae</i>), chorchas (<i>Icterus</i> sp.), especies de tillandsias y orquídeas, entre otros.
	Vistas paisajísticas	Sí				x	En el mirador "El Encino" y "las agujas" ofrecen vistas espectaculares de la geomorfología de la zona y la vegetación dominante.
	Río / riachuelo / nacimiento	Sí				x	El Chucte, el Mandarin, El Mango y El Castellano son las fuentes de agua más importantes de la finca.
	Cascada / caída de agua	Sí				x	El Chucte y el Mandarin tienen pequeñas cascadas y pozas de agua en las cuales los turistas pueden realizar actividades de recreación.
	Montañas / cerros	Sí				x	La parte alta de aldea "La Montañita" tiene una conformación montañosa con vegetación natural.
	Barrancos	No	-	-	-	-	-
Cultural	Fiesta / feria / carnavales	Sí				x	Ferias patronales de San Agustín Acasaguastlán (28 de agosto), San Cristóbal Acasaguastlán (25 de julio) y Guastatoya (15 de enero)
	Mercado	NO	-	-	-	-	-
	Actividades religiosas	Sí				x	Estas actividades son realizadas en las iglesias de los municipios de San Agustín Acasaguastlán, San Cristóbal Acasaguastlán y Guastatoya.
	Actos ceremoniales	NO	-	-	-	-	-
	Tradiciones / costumbres / ritos	NO	-	-	-	-	-
Agrícola	Tour de café	NO				X	Conocer el proceso del cultivo de café desde la fase de vivero hasta el empaquetado del mismo (esto incluye la construcción de una cafetería para degustar los productos que la finca genera).
Recreativo	Senderos interpretativos	NO				X	Salir del Centro de Recepción de Visitantes (Casco viejo) en caminata para observar las plantaciones de pino (<i>Pinus oocarpa</i>), el horno para la producción de carbón, el mirador conocido como "El Encino" de donde se puede observar la depresión del valle del Motagua, las montañas de Jalapa y la vegetación natural del lugar. Al llegar al punto final del recorrido se encuentra una cascada y un río llamados "El Chucte" el cual ofrece la oportunidad de actividades recreativas.
	Camping	NO				X	Vivir una experiencia en las condiciones de campo que viven los comunitarios en los poblados cercanos al sector "A" de finca Reserva forestal "La Montañita".
Eventos	Visita al Centro de Capacitación Forestal	NO				X	Recibir actualizaciones en temas agrícolas, forestales, pecuarios y otros que considere la ENCA.

a) FICHA 5: ESTRUCTURA INTERNA/ SERVICIOS

Servicio	Existe			Estado					Descripción
	Sí	No	Potencial	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	
Agua	x					x			Se cuenta únicamente con una ducha y una pila que son abastecidas por el agua que baja de los nacimientos de las montañas cercanas a la finca. El agua no es apta para consumo humano.
Luz	x					x			Se cuenta con servicio de energía eléctrica que abastece a la cabaña del casco viejo y a un salón de block. No hay postes de alumbrado público en el caso viejo. Hay poste de energía eléctrica pero no está en funcionamiento.
Comunicación (red telefónica)		x	x						No se cuenta con una planta de red telefónica, considerar el establecimiento de una antena satelital y la implementación de servicio de internet así como radios de comunicación local (woki toki, entre otros).
Alimentación		x	x						No existe infraestructura (cocina y comedor y área destinada para manejo de residuos) en la finca. Considerar si la ENCA producirá su propio alimento o se abastecerá de los mercados o supermercados cercanos. Se debe considerar la contratación y capacitación técnica de pobladores cercanos a la finca para ser el personal de la cocina.
Hospedaje	x				x				La cabaña no tiene las condiciones adecuadas para hospedar más de cuatro personas, necesita una remodelación puesto a que la madera con la cual fue construida está dañada. El aula no tiene las ventanas en buenas condiciones, el piso necesita mejoras, no hay servicio sanitario, duchas, pila, estufa, etc. los colchones no son adecuados para hospedar a los visitantes, las literas necesitan reparación, no aseo de las áreas cercanas al salón.
Guiaje		x	x						La ENCA debería incluir a los comunitarios de las aldeas cercanas para dar el servicio de guía turístico tanto dentro de la finca como en los atractivos que las comunidades puedan ofrecer para los visitantes.
Organización o servicio de eventos		x	x						Cuando el complejo de cabañas sea construido en el sector conocido como "El Plan", se debe considerar el espacio y calendarización respectiva para llevar a cabo las diversas actividades de actualización en temas agrícolas, pecuarios y forestales, así como realizar actividades de extensión rural u otra que la ENCA considere en su momento.
Transporte	x				x				Existe un pickup con desperfectos mecánicos. El transporte interno no es suficiente para cubrir la demanda de visitantes estudiantiles de la ENCA, tampoco para los potenciales visitantes que lleguen a la finca. Considerar si se debe adquirir más vehículos de doble tracción, motos, cuatrimotos, pequeños buses, bicicletas, etc.
Oficina administrativa		x	x						Actualmente no se tiene una oficina administrativa en la cual se atienda formalmente a los visitantes de la ENCA y personas de otras instituciones o de comunidades cercanas a la finca. Esta oficina puede constituirse también como un centro de recepción de visitantes.
Enfermería		x	x						Actualmente no se cuenta con un botiquín de primeros auxilios. Es importante la presencia de personal con conocimiento en las ciencias médicas para atender cualquier tipo de accidente o enfermedad de tipo común. Esto incluye la construcción de una enfermería ya sea en el casco viejo de la finca o en "El Plan". Considerar también la adquisición de un vehículo exclusivo para la enfermería.

b) FICHA 6: ESTRUCTURA INTERNA / INFRAESTRUCTURA

Infraestructura	Existe			Estado					Descripción
	Sí	No	Potencial	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	
Acceso	x					x			El acceso es de terracería de una vía, además en época lluviosa se dificulta el paso de vehículos.
Parqueo		x	x						La ENCA definirá el procedimiento a seguir para su implementación, si quiere que el sector “A” de la finca sea un destino ecoturístico de la región, debe asignar un presupuesto específico para la construcción de parqueos, garita de cobros, implementación de un centro de visitantes, la construcción o acondicionamiento de un espacio para establecer un museo, mejorar el hospedaje, implementar el servicio de cocina para la alimentación, sitios específicos para realizar camping (acampar), la construcción de senderos que atraviesan la finca de forma transversa y en los márgenes de la misma, construir torres de observación de elementos naturales y biodiversidad, señalar internamente la finca, destinar un área para eventos, identificar un espacio para la realización de actividades al aire libre, establecer áreas de descanso tanto en “El Plan” como en el recorrido de los senderos ecoturísticos, habilitar áreas para servicio sanitario, duchas, un espacio para realizar manejo de desechos (sólidos, líquidos, aguas grises, negras, etc.) y la enfermería.
Garita de cobro		x	x						
Centro de visitantes		x	x						
Museo		x	x						
Alimentación		x	x						
Hospedaje		x	x						
Acampar		x	x						
Senderos		x	x						
Miradores/torres de observación		x	x						
Señalización interna		x	x						
Interpretación (rótulos u otros)		x	x						
Áreas para eventos		x	x						
Espacios para actividades al aire libre		x	x						
Áreas de descanso		x	x						
Sanitarios		x	x						
Duchas		x	x						
Manejo de desechos		x	x						
Enfermería		x	x						

c) Evaluación de atractivos turísticos actuales y potenciales para el sector “A” de finca “La Montañita”

Atractivos y actividades	Descripción	Actual	Potencial	Características para evaluar nivel de atractivo									Nivel atractivo
				Valor escénico y paisajístico	Valor cultural o natural	Nivel de conservación	Representatividad	Interpretación	Recreación	Singularidad	Seguridad	Accesibilidad	
Sendero interpretativo entre la cabaña y “El Chucte”	Salir del Centro de Recepción de Visitantes (Casco viejo) en caminata para observar las plantaciones de pino (<i>Pinus oocarpa</i>), el horno para la producción de carbón, el mirador conocido como “El Encino” de donde se puede observar la depresión del valle del Motagua, las montañas de Jalapa y la vegetación natural del lugar. Al llegar al punto final del recorrido se encuentra una cascada y un río llamados “El Chucte” el cual ofrece la oportunidad de actividades recreativas.		x	x	x			x	x		x	x	M
Aviturismo	Estudiar la diversidad de aves en la región, considerando que la finca se encuentra en la zona de amortiguamiento de Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.		x	x	x		x	x		x	x	x	M
Estudio de la Biodiversidad	Potencial estudio de diversidad de flora, fauna, funga, belleza escénica, geología del lugar, etc.		x	x	x		x	x		x	x	x	M
Tour de café (proceso de manejo agrícola y el posterior beneficiado del mismo)	Conocer el proceso del cultivo de café desde la fase de vivero hasta el empaquetado del mismo (esto incluye la construcción de una cafetería para degustar los productos que la finca genera).		x		x		x	x			x	x	M
Visita al Centro de Capacitación Forestal	Recibir actualizaciones en temas agrícolas, forestales, pecuarios y otros que considere la ENCA.		x					x	x	x	x	x	M
Camping	Vivir una experiencia en las condiciones de campo que viven los comunitarios en los poblados cercanos al sector “A” de finca Reserva forestal “La Montañita”.		x	x	x				x	x	x	x	M
Visita a comunidades cercanas (La Montañita, Conacaste, Comaja, Aguahiel)	Conocer los medios de vida (trabajo en campo, educación, religión, alimentación, salud, etc.). En cuanto al trabajo de campo que puedan conocer los sistemas productivos que tienen los comunitarios (hombres y mujeres) y los relictos de bosque que hay en el área.		x		x			x	x		x	x	M
Canopy	Tener una experiencia de altura, observar la belleza escénica del lugar (montañas y vegetación) y observar algunas de las áreas productivas de la finca.		x	x	x		x	x	x	x	x	x	A
Granja agroecológica	Agroecológico, con pollos, aves, plantas medicinales, árboles forestales; áreas para conservación de suelos, meliponarios, manejo y procesamiento del carbón, manejo de productos no maderables, mariposario, producción de hongos comestibles, orquideario, producción de resinas, suculentas.		x		x		x	x	x	x	x	x	A

d) Evaluación de los servicios turísticos actuales y potenciales del sector “A” de finca “La Montañita”

SERVICIOS	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES	ACTUAL	POTENCIAL	ALTO	MEDIO	BAJO
Agua	Se cuenta únicamente con una ducha y una pila que son abastecidas por el agua que baja de los nacimientos de las montañas cercanas a la finca. El agua no es apta para consumo humano.	X		X		
Luz	Se cuenta con servicio de energía eléctrica que abastece a la cabaña del casco viejo y a un salón de block. No hay postes de alumbrado público en el caso viejo. Hay poste de energía eléctrica pero no está en funcionamiento.	X			X	
Comunicación (red telefónica)	No se cuenta con una planta de red telefónica, considerar el establecimiento de una antena satelital y la implementación de servicio de internet así como radios de comunicación local (woki toki, entre otros).		X		X	
Alimentación	No existe infraestructura (cocina y comedor y área destinada para manejo de residuos) en la finca. Considerar si la ENCA producirá su propio alimento o se abastecerá de los mercados o supermercados cercanos. Se debe considerar la contratación y capacitación técnica de pobladores cercanos a la finca para ser el personal de la cocina.		X			X
Hospedaje	La cabaña no tiene las condiciones adecuadas para hospedar más de cuatro personas, necesita una remodelación puesto a que la madera con la cual fue construida está dañada. El aula no tiene las ventanas en buenas condiciones, el piso necesita mejoras, no hay servicio sanitario, duchas, pila, estufa, etc. los colchones no son adecuados para hospedar a los visitantes, las literas necesitan reparación, no aseo de las áreas cercanas al salón.		X			X
Guiaje	La ENCA debería incluir a los comunitarios de las aldeas cercanas para dar el servicio de guía turístico tanto dentro de la finca como en los atractivos que las comunidades puedan ofrecer para los visitantes.		X		X	
Organización o servicio de eventos	Cuando el complejo de cabañas sea construido en el sector conocido como “El Plan”, se debe considerar el espacio y calendarización respectiva para llevar a cabo las diversas actividades de actualización en temas agrícolas, pecuarios y forestales, así como realizar actividades de extensión rural u otra que la ENCA considere en su momento.		X			X
Transporte	Existe un pickup con desperfectos mecánicos. El transporte interno no es suficiente para cubrir la demanda de visitantes estudiantiles de la ENCA, tampoco para los potenciales visitantes que lleguen a la finca. Considerar si se debe adquirir más vehículos de doble tracción, motos, cuatrimotos, pequeños buses, bicicletas, etc.		X			X
Oficina administrativa	Actualmente no se tiene una oficina administrativa en la cual se atienda formalmente a los visitantes de la ENCA y personas de otras instituciones o de comunidades cercanas a la finca. Esta oficina puede constituirse también como un centro de recepción de visitantes.		X			X
Enfermería	Actualmente no se cuenta con un botiquín de primeros auxilios. Es importante la presencia de personal con conocimiento en las ciencias médicas para atender cualquier tipo de accidente o enfermedad de tipo común. Esto incluye la construcción de una enfermería ya sea en el casco viejo de la finca o en “El Plan”. Considerar también la adquisición de un vehículo exclusivo para la enfermería.		X			X

e) Evaluación de la infraestructura turística actual y potencial del sector “A” de finca “La Montañita”

INFRAESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES	ACTUAL	POTENCIAL	ALTO	MEDIO	BAJO
Acceso	El acceso es de terracería de una vía, además en época lluviosa se dificulta el paso de vehículos.	X		X		
Parqueo	La ENCA definirá el procedimiento a seguir para su implementación, si quiere que el sector “A” de la finca sea un destino ecoturístico de la región, debe asignar un presupuesto específico para la construcción de parqueos, garita de cobros, implementación de un centro de visitantes, la construcción o acondicionamiento de un espacio para establecer un museo, mejorar el hospedaje, implementar el servicio de cocina para la alimentación, sitios específicos para realizar camping (acampar), la construcción de senderos que atraviesan la finca de forma transversa y en los márgenes de la misma, construir torres de observación de elementos naturales y biodiversidad, señalar internamente la finca, destinar un área para eventos, identificar un espacio para la realización de actividades al aire libre, establecer áreas de descanso tanto en “El Plan” como en el recorrido de los senderos ecoturísticos, habilitar áreas para servicio sanitario, duchas, un espacio para realizar manejo de desechos (sólidos, líquidos, aguas grises, negras, etc.) y la enfermería.		X			X
Garita de cobro			X			X
Centro de visitantes			X			X
Museo			X			X
Alimentación			X		X	
Hospedaje		X				X
Acampar			X		X	
Senderos			X			X
Miradores/torres de observación			X			X
Señalización interna			X		X	
Interpretación (rótulos u otros)			X		X	
Áreas para eventos			X			X
Espacios para actividades al aire libre			X		X	
Áreas de descanso			X		X	
Sanitarios		X			X	
Duchas		X			X	
Manejo de desechos			X			X
Enfermería			X			X

f) Evaluación de los aspectos administrativos en el sector “A” de finca “La Montañita”

Elemento a evaluar	Observaciones	Alto	Medio	Bajo
Interés en la actividad turística	Atraerá turistas a las instalaciones que construirá como un centro de capacitación forestal en el sector “A” de la finca. Considerando el Plan Maestro de Turismo Sostenible del INGUAT (2015) la finca puede atraer a los siguientes tipos de turistas: turista de sostenibilidad, turista de aventura, milenial, mujeres que viajan solas, turista de fotografía, principalmente. Además de atraer investigadores, técnicos para capacitarse y turismo rural.	x		
Disponibilidad de inversión	Se tienen los recursos naturales disponibles (leña, poste, tutores). Se debe considerar personal de campo adicional que se tendrá que contratar exclusivamente para la actividad ecoturística, sea éste temporal o permanente. Para lo cual se debe que tener cierta asignación presupuestaria para inversión en ejecución de proyectos de infraestructura, inicialmente. Considerando el presupuesto destinado para 2019, este deberá ser mayor o igual a Q. 1, 132,000.00, según sea la prioridad de proyectos de la ENCA para esta finca en el tema ecoturístico.		x	
Disponibilidad de tiempo	La ENCA actualmente no tiene personal que se dedique exclusivamente para atender los temas ecoturísticos de la finca.		x	
Recurso humano disponible para el turismo	No hay personal disponible por ahora.		x	
Conocimiento del medio turístico	No hay una persona con conocimientos del medio turístico en la finca.		x	
Relación con actores turísticos clave	Debe tener relaciones del tipo turístico con instituciones como: INGUAT, INTECAP, ARNPG, Universidades, entre otros.		x	
Promoción / publicidad	La ENCA tiene una página web y utiliza redes sociales para darse a conocer. En esos medios digitales puede incluirse la información específica de la finca “La Montañita”.		x	

g) Resumen de potencial turístico de productos y aspectos administrativos del sector “A” de finca “La Montañita”

Elemento Evaluado	Alto	Medio	Bajo
Atractivos y actividades			
Sendero interpretativo entre la cabaña y “El Chucte”		x	
Aviturismo		x	
Estudio de la Biodiversidad		x	
Tour de café (proceso de manejo agrícola y el posterior beneficiado del mismo)		x	
Visita al Centro de Capacitación Forestal		x	
Camping		x	
Visita a comunidades cercanas (La Montañita, Conacaste, Comaja, Aguahiel)		x	
Canopy	x		
Granja agroecológica	x		
RESULTADO	22.22%	77.78%	0%
servicios			
Agua	x		
Luz		x	
Comunicación (red telefónica)		x	
Alimentación			x
Hospedaje			x
Guiaje		x	
Organización o servicio de eventos			x
Transporte			x
Oficina administrativa			x
Enfermería			x
RESULTADO	10%	30%	60%
infraestructura			
Acceso	x		
Parqueo			x
Garita de cobro			x
Centro de visitantes			x
Museo			x
Alimentación		x	
Hospedaje			x
Acampar		x	
Senderos			x
Miradores/torres de observación			x
Señalización interna		x	
Interpretación (rótulos u otros)		x	
Áreas para eventos			x
Espacios para actividades al aire libre		x	
Áreas de descanso		x	
Sanitarios		x	
Duchas		x	
Manejo de desechos			x
Enfermería			x
RESULTADO	5.26%	42.11%	52.63%
aspectos administrativos			
Interés en la actividad turística	x		
Disponibilidad de inversión		x	
Disponibilidad de tiempo		x	
Recurso humano disponible para el turismo		x	
Conocimiento del medio turístico		x	
Relación con actores turísticos clave		x	
Promoción / publicidad		x	
RESULTADO	14.3%	85.7%	0%

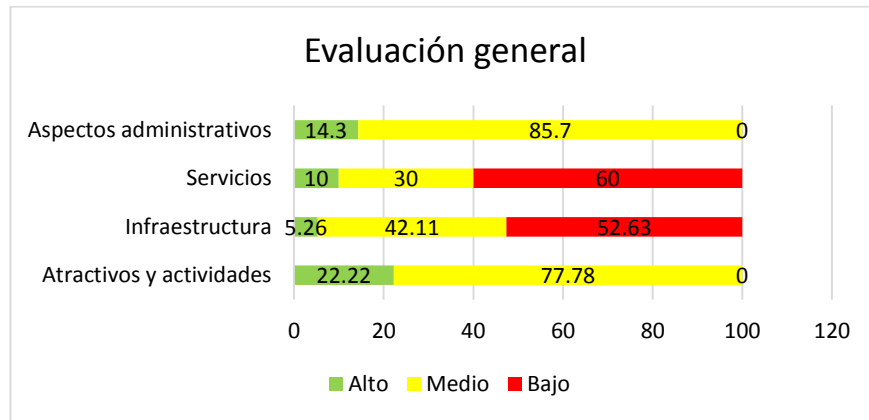


Figura 55. Evaluación general de potencial turístico en sector “A” de finca “La Montañita”.

En el cuadro del resumen de potencial turístico se coloca si en nivel de interés es alto, medio o bajo a la forma de un semáforo. Para lo cual se evalúan atractivos y actividades, servicios, infraestructura y aspectos administrativos (Consejo Nacional de Áreas Protegidas 2015). Una vez evaluados se representan en la gráfica anterior, la cual muestra en color verde lo que la institución tiene a su disposición, en color amarillo lo que debe mejorar y en color rojo (servicios e infraestructura) las inversiones que la ENCA debe considerar para tener la capacidad instalada de los futuros turistas. El mapa generado con la ubicación del potencial turístico de los sitios de interés en el sector “A” se muestra a continuación:

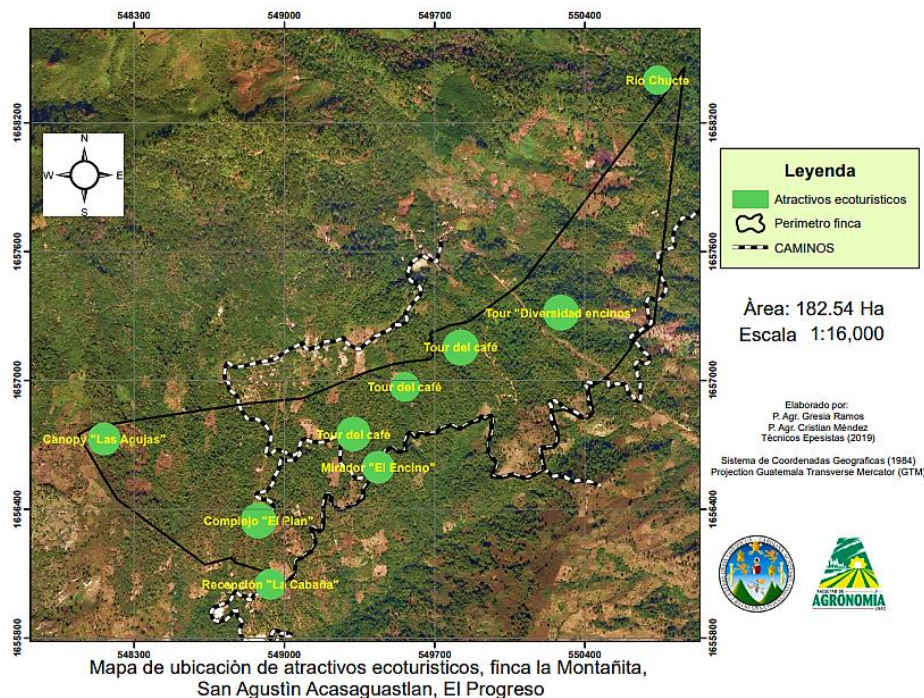


Figura 56. Mapa de ubicación de atractivos ecoturísticos, finca “La Montañita”.

3.3.6. CONCLUSIONES

1. Entre los potenciales turísticos del sector “A” de la finca se encuentra el sendero para llegar al “Chucte”, aviturismo, tour para conocer la diversidad de encinos, tour del café, un mirador en el sector conocido como “El Encino”, canopy desde “Las agujas”, centro de visitantes en el casco viejo, actividades de camping, granja ecológica, entre otros.
2. Los servicios de infraestructura poseen bajo potencial por tanto es necesario considerar las mejoras e implementación de infraestructura respectiva.

3.3.7. RECOMENDACIONES

1. Realizar un plan ecoturístico que evalúe y profundice los datos obtenidos en las presentes fichas técnicas para realizar posteriores estudios de factibilidad económica e implementar infraestructura adecuada para atender a los potenciales visitantes.
2. Realizar monitoreo de fauna para incrementar el acervo científico sobre la diversidad que existe dentro de la finca y en la zona de influencia a la misma.
3. Realizar un estudio florístico de las siguientes formas de vida: árboles, arbustos, hierbas, lianas, plantas parásitas y plantas epífitas.
4. Considerar las tesis de los estudiantes de las distintas universidades, que tomen como punto de referencia la finca, para incrementar la documentación científica.
5. Incluir a las comunidades dentro de la conectividad turística para mejorar la relación social de la ENCA con las mismas.
6. Afianzar la relación con la ARNPG y otras organizaciones que la ENCA considera importante.

3.3.8. ANEXOS

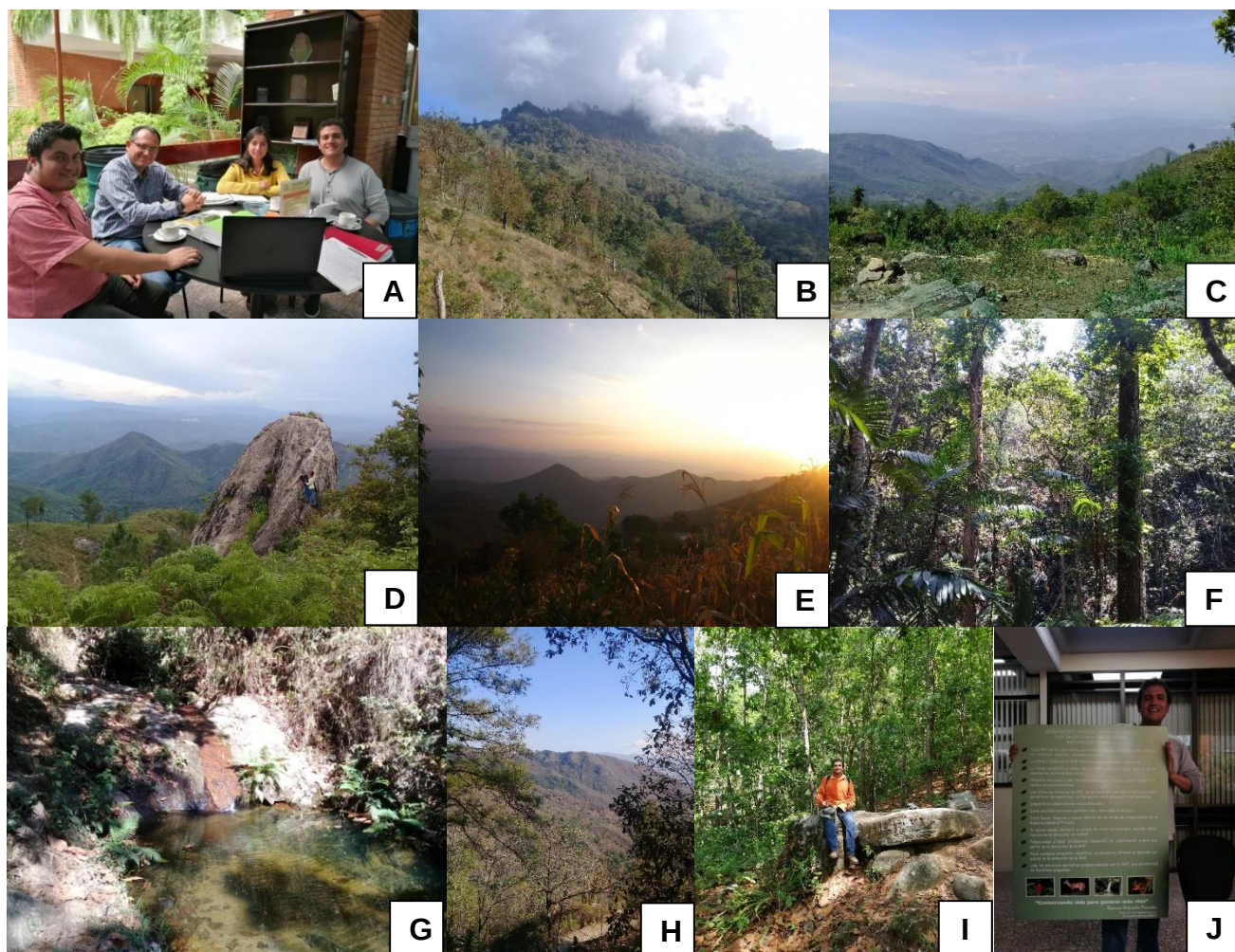


Figura 57. Fase de gabinete y de campo para realizar estudio ecoturístico en finca “La Montañita”. A) Reunión en instalaciones de ARNPG, B) Vista desde lugar conocido como “Las agujas” hacia bosque de aldea “La Montañita”, C) Vista al Valle del Motagua, D) Lugar conocido como “Piedra parada”, E) Atardecer visto desde sector “A” de la finca, F) Vegetación natural en bosques de protección de fuentes de agua, G) Lugar conocido como “Poza redonda” en finca “La Montañita”, H) Vista a las montañas desde cabaña de finca “La Montañita”, I) Lugar conocido como “Piedra de afilar”, J) Ítems mínimos que debe cumplir un estudio ecoturístico.

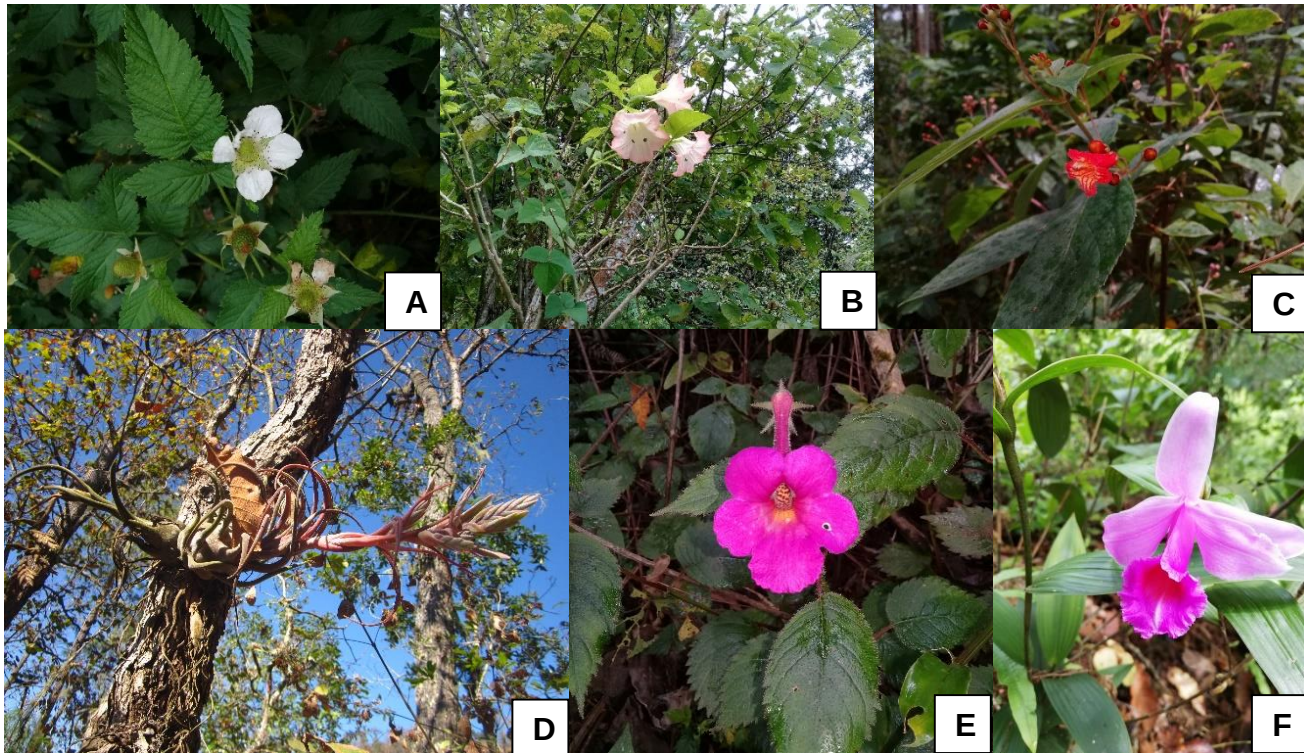


Figura 58. Vegetación presente en sector “A” de finca “La Montañita”. A) Planta de frambuesa silvestre *Rubus* sp. (Rosaceae), B) Planta conocida como florifundia *Brugmansia* sp. (Solanaceae), C) Planta de la familia Gesneriaceae, D) Planta epífita de la familia Bromeliaceae, E) Planta 2 de la familia Gesneriaceae, F) Orquídea del género *Sobralia* sp. (Orchidaceae).

3.4. Servicio 3: Establecimiento de huertos familiares y vivero agroforestal con comunitarios de aldea “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala, C.A.

3.4.1. PRESENTACIÓN

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) quiere mantener una relación social positiva con las comunidades cercanas a los dos sectores de la finca Reserva Forestal “La Montañita”. En ese sentido, en el año 2018 por medio de practicantes de la ENCA realizaron un primer acercamiento con comunitarios de las aldeas “La Montañita” y “Conacaste”. Las principales actividades realizadas en ese momento fueron las siguientes: diagnóstico rural participativo de aldea “La Montañita” con enfoque agropecuario, capacitaciones varias a personal de la finca, realización de huertos familiares con mujeres de la comunidad, reforestación con cedro *Cedrela odorata* L. y capacitación en técnicas de conservación de suelos. También se incluyó el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales con campesinos en la comunidad.

En 2019 se asignó un estudiante de ejercicio profesional supervisado (EPS) para cubrir los temas de extensión rural en la comunidad. Las actividades priorizadas por parte de la comunidad fueron las siguientes: vivero de caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) y entrega de árboles de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) a hombres y mujeres de la comunidad, huertos familiares en la casa de mujeres de la comunidad, con diversas especies de hortalizas proporcionadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y análisis de muestras de suelo para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) con comunitarios.

3.4.2. OBJETIVO

A. General

Realizar actividades de extensión rural con comunitarios de aldea “La Montañita”, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala.

B. Específicos

1. Implementar huertos familiares con comunitarios de la aldea “La Montañita”.
2. Establecer viveros agroforestales con comunitarios de la aldea “La Montañita”.

3.4.3. METODOLOGÍA

Para la realización del vivero agroforestal se siguieron los siguientes pasos:

- Limpieza y selección de semilla
- Charla a los comunitarios de técnicas para establecer un vivero agroforestal
- Preparación de sustratos y entrega de bolsa para vivero
- Siembra
- Monitoreo
- Entrega de árboles

Para la realización de huertos familiares se siguieron los siguientes pasos:

- Búsqueda de semilla
- Preparación y acondicionamiento del terreno para los huertos familiares
- Siembra
- Cuidado y manejo de huertos
- Desmalezado
- Cosecha de algunas hortalizas

3.4.4. MATERIALES Y EQUIPO

- Bolsas para vivero (6 cm * 16 cm * 1 mm)
- Semillas forestales de caoba del sur (*Swietenia humilis* Zucc.) y macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher).
- Azadón.
- Sustrato (materia orgánica y arena pómez)
- Servicio de agua
- Semillas de distintas especies de hortalizas.
- Espacio para construir huertos
- tablones

3.4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Viveros agroforestales

Para la implementación de un huerto agroforestal se tuvo una reunión con comunitarios de la aldea “La Montañita”. Asistieron nueve de los catorce interesados originales en la realización de un vivero. Se utilizó la semilla de caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) para la realización de los viveros, la semilla fue proporcionada por la ENCA.

Cada persona hizo un vivero de 100 plantas, siendo un total de 900 plantas por todos los comunitarios. La bolsa para este proceso técnico fue proporcionada por la ENCA, con dimensiones de (6 cm*16 cm*1 mm). Los comunitarios se comprometieron a tener el sustrato listo para el día de la siembra directa de la semilla y se llevó a cabo un proceso para conocer la supervivencia de la misma. Se proporcionó un 30 % más de las semillas, ya que esta tenía un 70 % de viabilidad (Marroquín 2019). Se limpió la semilla y se repartió a los comunitarios, la siguiente figura muestra el proceso de selección y limpieza:



Figura 59. Limpieza de semilla de caoba.

Se dio una capacitación sobre la realización de viveros forestales con comunitarios de aldea “La Montañita”. Se evaluó la germinación, estado fitosanitario de las plantas y la altura que estas alcanzaron, como se puede ver en las siguientes figuras:



Figura 60. Semilleros forestales de caoba *Swietenia humilis* Zuccarini en estado inicial.

Cuadro 32. Resultados de la segunda revisión del vivero de caoba (*Swietenia humilis* Zucc)

No.	Nombre	Cantidad de bolsas totales con semilla	Cantidad de semillas germinadas	Altura (cm)
1	Marco Antonio	100	40	15
2	Modesto Archila	100	34	13
3	Saúl González	100	36	16
4	Santos	103	39	14
5	Isaías	96	32	14
6	Henry Picón	98	38	14
7	Francisco Contreras	95	45	14

En el cuadro anterior se muestran resultados de la segunda revisión de vivero de caoba. Del total de bolsas entregadas a los comunitarios, no en todas germinaron las semillas de caoba y en otras murieron. Entre las posibles causas que derivaron en una deficiente germinación de la semilla se encuentran las siguientes: la calidad de las semillas y calidad de planta (Rueda-Sanchez et al. 2013) pues esta debe tener la capacidad de adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio en donde se establece. En este caso el sustrato, el exceso de humedad por las altas lluvias, así como la baja temperatura que hubo en esos días impidió el correcto desarrollo de las semillas recién germinadas. Algunas de las pequeñas plantas, cuando salieron de la bolsa, se doblaron por la base, posiblemente asociado al mal del talluelo “Damping-off” por los géneros *Pythium* o *Rhizoctonia* (Cibrian Tovar et al. 2008).

El manejo agronómico se descarta como causa puesto a que se llevó a cabo un taller demostrativo sobre la desinfección de sustrato y forma de sembrar la semilla de caoba. Es importante considerar que las altitudes de esta especie oscilan entre 200 a 900 msnm (Herrera et al. 2016), y la altitud a la cual se realizaron los viveros estaban entre el rango de 1200-1300 msnm. Las siguientes figuras muestran el estado general de las plantas en a la segunda visita de campo:



Figura 61. Segunda visita a semilleros forestales de caoba *Swietenia humilis* Zuccarini.

Respecto a la macadamia, se realizó la entrega de 15 arbolitos a cada uno de los comunitarios que participaron activamente en el proceso de manejo y cuidado del vivero de caoba, siendo un total de 90 árboles en fase de vivero.



Figura 62. Comunitarios beneficiados con plantas de macadamia.

B. Huertos familiares

Se tuvo una charla introductoria con mujeres de aldea “La Montañita” en la cual se indicó la metodología a emplear para la siembra (Cabrera 2019), y el tipo de semillas que se les otorgaría a mujeres interesadas en realizar los huertos familiares. La cantidad de asistentes fue de 9 mujeres, conformándose los siguientes grupos, los cuales se pueden observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 33. Grupos de mujeres de huertos familiares en aldea “La Montañita”.

Grupo 1	Grupo 2
Daeris Fabiola Cruz Rodríguez	Roxana González Archila
Jeasmyn Nereida Gabriel	Jackelin González Archila
Celia Maribel Rodríguez	
Grupo 3	Grupo 4
Olga Aracely Córdova	Aracely Franco Contreras
	Elvira Franco
Fausta Contreras Reyes	Joselin Franco Franco
	Vilma Leticia Cruz
Santos Pérez Tabique	Milvia Elizabeth Franco Contreras
	Floralma Franco



Figura 63. Mujeres que asistieron a la primera charla sobre huertos familiares.

Se realizó la gestión institucional para recibir donación de semillas de hortalizas y de granos básicos para ser utilizados en actividades de extensión en aldea “La Montañita”. Se adjuntan figuras de las cartas de solicitud y de la visita ICTA y MAGA, respectivamente.



Figura 64. Entrega de semilla de maíz y frijol en el ICTA, Bárcena, Villa Nueva.



Figura 65. Entrega de semillas de hortalizas en el MAGA, Bárcena, Villa Nueva.

Las semillas proporcionadas por parte del MAGA fueron las siguientes:

- Zucchini (*Cucurbita pepo* L.)
- Chile pimiento (*Capsicum annuum* L.)
- Cebolla (*Allium cepa* L.)
- Cebollín (*Allium schoenoprasum* L.)
- Remolacha (*Beta vulgaris* L.)
- Rábano (*Rhapanus sativus* L.)
- Berenjena (*Solanum melongena* L.)
- Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Plenck.)
- Mostaza (*Sinapsis alba* L.)
- Espinaca (*Spinacia oleracea* L.)
- Radicchio (*Cichorium intybus* var. *foliosum*)
- Apio (*Apium graveolens* L.)
- Puerro (*Allium ampeloprasum* var. *porrum* (L.) J. GAY.)
- Coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)
- Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Se realizaron charlas generales sobre la preparación de terreno, desinfección del sustrato, siembra de semillas de hortalizas y el manejo de cultivo dentro del huerto. Las siguientes figuras muestran una de las parcelas que se construyeron en la comunidad:



Figura 66. Construcción de huertos familiares con comunitarios de aldea “La Montañita”.

Por el tiempo en el cual se establecieron los huertos, no se pudo obtener un ciclo de cosecha de hortalizas completo, únicamente los rábanos fueron cosechados. Sin embargo, a continuación, se muestran algunas fotografías del estado de las plantas hasta la última visita:



Figura 67. Huertos familiares de comunitarias de la aldea “La Montañita”.

3.4.6. Conclusiones

1. Con los huertos familiares se beneficiaron 12 núcleos familiares, en donde la participación fue protagonizada por mujeres organizadas de la comunidad.
2. Se proporcionaron 15 especies de hortalizas a los comunitarios para realizar huertos familiares.
3. En cuanto a los viveros agroforestales se vieron beneficiados 7 comunitarios que dieron seguimiento a la actividad desde las charlas iniciales hasta el manejo de sus plantas en vivero.

3.4.7. Recomendaciones

1. Es importante seguir realizando actividades de extensión rural con las comunidades. Los comunitarios están dispuestos a adquirir nuevos conocimientos y compartir los conocimientos tradicionales que han sido enseñados a los campesinos y agricultores por parte de sus ancestros.
2. La Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario (EPSUM) debe integrarse a la matriz de trabajo de la comunidad, para que el impacto sea más efectivo.

3.4.8. Bibliografía

1. ADAMA, Israel. 2019a. Malathion 57% EC. Israel. Consultado 11 ene. 2020. <https://www.adama.com/central-america/es/portafolio-de-soluciones/fungicidas/oxicob-50-wp>
2. _____. 2019b. Oxicloruro de cobre (Oxicob 50 WP). Consultado 11 ene. 2020. <https://www.adama.com/colombia/es/crop-protection/insecticide/malathion.html>
3. Aldana, M; Córdón, P; Méndez, H; Morales, E. 2016. Situación del gorgojo del pino en Guatemala: Vulnerabilidad en zona transfronteriza con Honduras. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Facultad de Agronomía.
4. Armendáriz-Toledano, F; Zúñiga, G; García-Román, L; Valerio-Mendoza, O; García-Navarrete, P. 2017. Guía ilustrada para identificar las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. México, Instituto Politécnico Nacional. 116 p. Disponible en: <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnico%20s/Gu%C3%ADa%20Dendroctonus%20spp.pdf>
5. Audesirk, T; Audesirk, G; Byers, BE. 2012. La diversidad de las plantas. México, Pearson. 970 p.
6. Billings, RF; Espino-Mendoza, V. 2005. El gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) en Centroamérica: Cómo reconocer, prevenir y controlar plagas. Tegucigalpa, Honduras, s.e. 17 p.
7. Cabrera, J. 2019. Distanciamientos de siembra de hortalizas: Siembra detallada de hortalizas. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 35 p.
8. CCDA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, El Salvador). 2017. Estrategia regional de salud y sanidad forestal para Centroamérica y República Dominicana 2016-2016. San Salvador, El Salvador, Sistema de Integración Centroamericana (SICA). 96 p.
9. Cibrián, D. 2016. Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales. México, Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?grupo=43&articulo=6043>
10. Cibrián, D; Méndez, JT; Campos, R; Yates, H; Flores, J. 1995. Insectos forestales de México. México, Universidad Autónoma Chapingo. 453 p.

11. Cibrian Tovar, D; García Díaz, S; Macías, BDJ. 2008. Manual de identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. México, s.e. 8-144 p. D Disponible en <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=243>
12. Comisión Nacional Forestal, México. 2010. Manual de sanidad forestal. México. 76 p. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/15/810Manual%20de%20sanidad%20forestal.pdf>
13. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala). 2015. Metodología y formato para elaborar la evaluación de potencial turístico de áreas protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP-. Documento. Guatemala. 37 p.
14. Cordón, P. 2014. Manual de toma de muestras (colecta, preservación y traslado de material vegetal e insectil de especies forestales para análisis de laboratorio). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques -INAB-, Asesor de Plagas Forestales. 17 p.
15. _____. 2019a. Determinación del tamaño, número y forma de parcelas fitosanitarias para especies forestales (comunicación personal). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques -INAB-, Asesor de Plagas Forestales.
16. _____. 2019b. Observación en campo de plagas y enfermedades que atacan plantaciones de pino. (comunicación personal). San Agustín Acasaguastlán, Guatemala, Instituto Nacional de Bosques -INAB-, Asesor de Plagas Forestales.
17. Del-Val. E; Sáenz-Romero, C. 2017. Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: Problemática actual y perspectivas en los bosques templados. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 20(2):53-60. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>
18. Drenkhan, R; Tomešová-Haataja, V; Fraser, S; Bradshaw, RE; Vahalík, P; Mullett, MS; Martín-García, J; Bulman, LS; Wingfield, MJ. 2016. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma* species: A comprehensive review. Forest Pathology 46(5):408-442. <https://doi.org/10.1111/efp.12290>
19. Farjon, A; Perez, J; Styles, B. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. Dickerson, S (ed.). United States of America, The Royal Botanic Gardens, Kew. 159 p.

20. Franco Rivera, EO. 1980. Determinación de las especies de escolítidos que causan daño económico en los bosques de *Pinus* del altiplano de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 98 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0440.pdf

21. GCI (Grupo de Coordinación Interinstitucional, Guatemala). 2018. Estrategia nacional para el abordaje de la deforestación y degradación de los bosques en Guatemala. Guatemala, MARN / MAGA / INAB / CONAP. 97 p. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/10060.pdf>

22. Hernández Estrada, HE. 2006. Aportes técnicos y científicos forestales en plantaciones de pino en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 71 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2296.pdf

23. Herrera, M; Saravia, J; Castillo, J; López, E; Alonzo, W; Morales, M; Hernández, J; Liquez, M; Choxom, E; Ruiz, P. 2016. Manual para la identificación y descripción botánica y de la madera de las especies forestales de Guatemala incluidas en el listado II de CITES. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 140 p.

24. Hilton, L. 2019. Situación general de las plantaciones forestales en el sector «A» de la finca Reserva Forestal «La Montañita», San Agustín Acasaguastlán, Guatemala. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura - ENCA-. 19p.

25. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2014a. Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies en plantaciones forestales de Guatemala. Guatemala. 212 p.

26. _____. 2014b. Procedimiento técnicos de manejo forestal. Guatemala. 57 p. (Serie Técnica).

27. _____. 2018. Manual técnico de planificación de inventarios forestales por medio de Sistemas de Información Geográfica -SIG-. Guatemala. 115 p.

28. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala). 2015. Mapa de cobertura forestal por tipo y subtipo de bosque para la república de Guatemala, 2012. Guatemala, INAB /CONAP. 26 p.

29. Jimenez, E; Maes, JM. 2005. Coleópteros asociados al pino (*Pinus oocarpa*). Revista Nicaragüense de Entomología 65(Suplemento 3:1-77. <http://www.bionica.info/RevNicaEntomo/65-2005-S3.pdf>

30. Macías, SJE; Niño, DA. 2016. Protocolo para monitoreo de descortezadores de coníferas mediante el uso de atrayentes y semioquímicos para México y Centroamérica. México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 48 p. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.04085>
31. Marmolejo, J. 2018. Distribución vertical de hongos en hojas de tres especies de pinos en Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50). <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.253>.
32. Marroquín, J. 2019. Viabilidad de semillas de caoba en finca «La Montañita» (comunicación personal). San Agustín Acasaguastlán, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-, Administrador de Finca.
33. McRoberts, RE; Tomppo, EO; Vibrans, AC; Freitas, JV de. 2013. Design considerations for tropical forest inventories. *Pesquisa Florestal Brasileira* 33(74):189-202. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.430>.
34. Meza, A; Torres, G. 2006. El raleo: Una operación silvicultural fundamental. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 3(8):88-90.
35. Miranda, RP; Enrique, M; Sánchez, R; Hernández, AG; Pérez, E; Javier, V; Padilla, A. 2016. Potential distribution of *Lophodermium* spp . in conifer forests , with climate change scenarios. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(36):81-97.
36. Moore, B; Allard, G. 2009. Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal. Roma, Italy, FAO. 98 p. <http://www.fao.org/3/a-k3837s.pdf>
37. Morales Payes, GR. 2009. Plan de manejo general para las principales plagas que afectan plantaciones de pino de Petén (*Pinus caribaea* Morelet. var. hondurensis), establecidas dentro del Programa de Incentivos Forestales - PINFOR- en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 161 p. <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02752.pdf>
38. Navarro González, ME. 2018. Desarrollo de un modelo para la identificación de áreas con riesgo de ataque del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus adjunctus*) en los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 60 p.

39. Nuñez Zuffo, C; Dávila Arce, ML. 2004. Guía para la identificación de gorgojos descortezadores del pino e insectos asociados. Estelí, Nicaragua, Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco, Centro de Investigación en Protección Vegetal, Proyecto Manejo Integrado del Descortezador del Pino (EAGE-FAITAN). 33 p. <http://www.renida.net.ni/renida/funica/REH10-N972.pdf>
40. Ortiz, P. 2018. Manual para la identificación, prevención y control de plagas y enfermedades forestales. Cantoral, M (ed.). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB) / Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG). 153 p.
41. Ortiz, P; Albanes, R; García, J. 2019. El gorgojo del pino, un insecto pequeño pero muy perjudicial. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación / Universidad de San Carlos de Guatemala. 33 p.
42. Ortiz-García, S; Gernandt, DS; Stone, JK; Johnston, PR; Chapela, IH; Salas-Lizana, R; Alvarez-Buylla, ER. 2003. Phylogenetics of *Lophodermium* from pine. *Mycologia* 95(5):846. <https://doi.org/10.2307/3762013>
43. Otzen, T; Manterola, C. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology* 35(1):227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.
44. Rivera Rojas, M. 2009. Impacto potencial del cambio climático en eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) en Honduras. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 69 p.
45. Rueda-Sánchez, A; Benavides-Solorio, J de D; Saenz-Reyes, JT; Muñoz-Flores, HJ; Prieto-Ruiz, JA; Orozco-Gutiérrez, G. 2013. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(22):59-73.
46. Serech Reyes, GN. 2017. Atracción del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus* spp.) en bosque natural y plantación, en pino colorado (*Pinus oocarpa* Shield.), a través del uso de feromonas y trampas cebadas con frontalina y aguarrás (alfa pineno) ubicada en la finca Santa Catalina, Chinique, Quiché, Guatemala, C.A, y diagnóstico e informe de servicios prestados para el Departamento de Investigación Forestal, de la Dirección de Desarrollo Forestal en el departamento de Quiché, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 159 p.

47. Sosa Chávez, JJA. 2005. Determinación de las especies del gorgojo descortezador *Dendroctonus* spp (Coleoptera: Scolytidae) y la relación con sus hospederos de pino en la finca Saquichaj, en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 118 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2241.pdf.
48. Thunes, KH; Midtgaard, F; Kirkendall, LR; Leveron, O; Espino, V. 2005. Los gorgojos de pino de Honduras: Descripciones de especies, asociaciones de hospederos y métodos de monitoreo y control. Tegucigalpa, Honduras, Grupo Forestal Noruego / Escuela Nacional de Ciencias Forestales / COHDEFOR. 35 p.
49. Vaides, E. 2007. Podas y raleos en plantaciones forestales de coníferas. Guatemala, PRONACOM. 33 p.
50. Véliz Pérez, M; Barrios, AR; Dávila Pérez, CV. 2007. Actualización taxonómica de la flora de Guatemala, Capítulo 1. Pinophyta (Coníferas). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puicb/INF-2006-005.pdf>
51. Wijesinghe, S. 2019. The genus *Cronartium* revisited. Plant Pathology & Quarantine 9(1):219-238.

 Rolando Barrios

3.4.9. Anexos

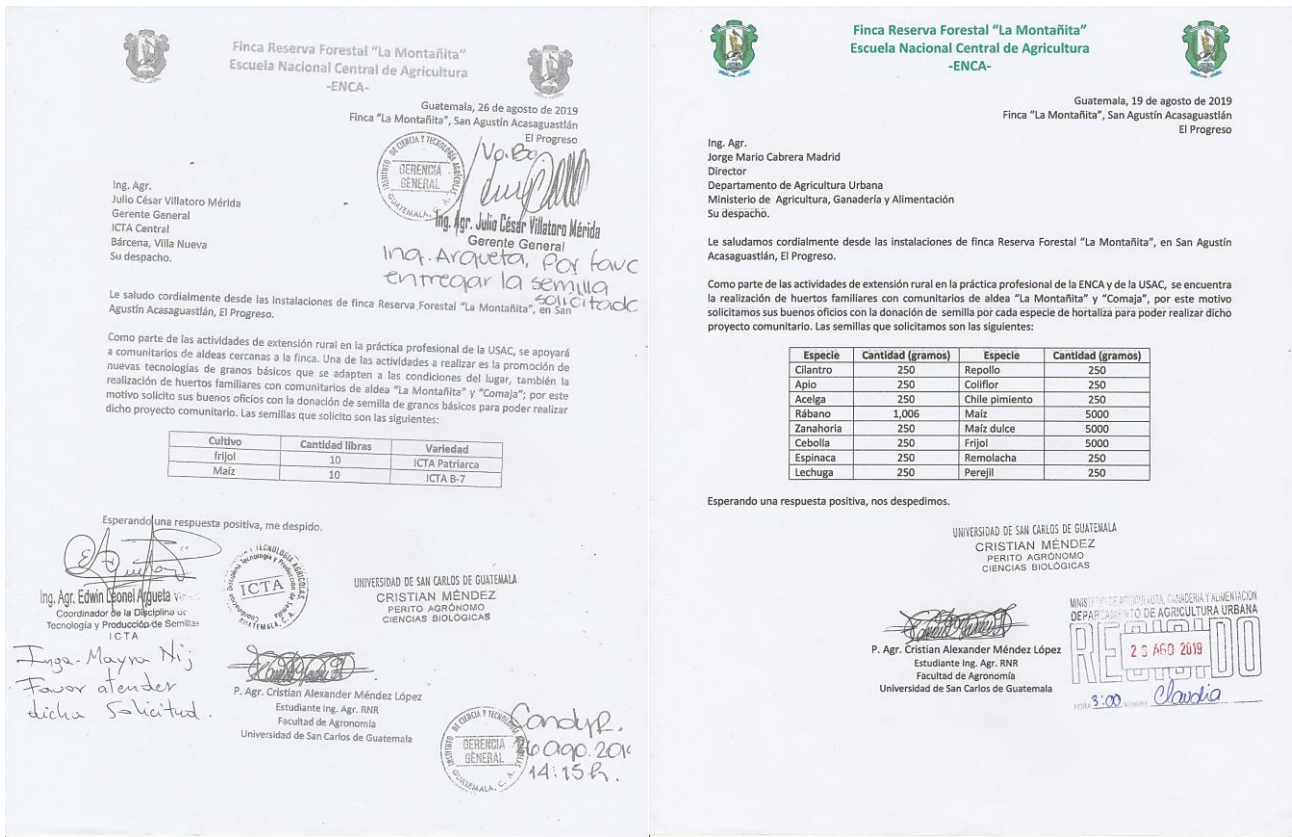


Figura 68. Cartas de solicitud al ICTA y a MAGA para la semilla de huertos familiares.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 3/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

**"CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE
ABEJAS NATIVAS EN LA FINCA RESERVA
FORESTAL "LA MONTAÑITA", SAN AGUSTÍN
ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO,
GUATEMALA, C.A."**

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:

CRISTIAN ALEXANDER MÉNDEZ LÓPEZ

CARNE:

201400422

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: **Ing. Agr. Marco Vinicio Fernández Montoya**
Ing. Agr. César Linneo García Contreras
Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. César Linneo García Contreras
ASESOR ESPECIFICO

Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
DOCENTE- ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo



Ref. SAIEPSA.06.Seg.S.2021

Guatemala, 4 de agosto de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: CRISTIAN ALEXANDER MÉNDEZ LÓPEZ

No. CARNÉ 201400422

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS EN LA FINCA RESERVA FORESTAL “LA MONTAÑITA”, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya
Ing. Agr. César Linneo García Contreras
Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS

cc.archivo
PPR/azud



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

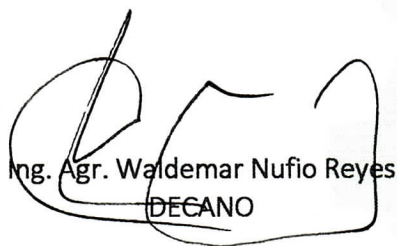
Acreditada Internacionalmente



No. 62.2021

Trabajo de Graduación:	"CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ABEJAS NATIVAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA RESERVA FORESTAL "LA MONTAÑITA", SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Cristian Alexander Méndez López
Carné:	201400422

"IMPRÍMASE"


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

