

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación Ecológica Rápida en Finca El Zur, Escuintla, Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Luis Estuardo González
Martínez para optar al grado académico de Licenciado en Biología

Guatemala

2021

Evaluación Ecológica Rápida en Finca El Zur,
Escuintla, Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación Ecológica Rápida en Finca El Zur, Escuintla, Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Luis Estuardo González
Martínez para optar al grado académico de Licenciado en Biología

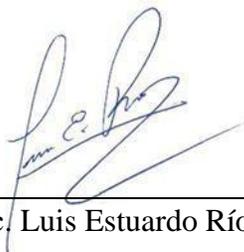
Guatemala

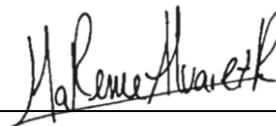
2021

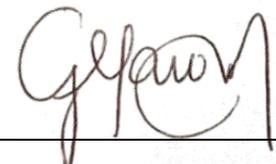
Vo.Bo.:

(f): 
M. Sc. Luis Estuardo Ríos González

Tribunal Examinador:

(f): 
M. Sc. Luis Estuardo Ríos González

(f): 
Licda. María René Álvarez

(f): 
M. Sc. Gabriela Alfaro Marroquín

Fecha de aprobación: Guatemala, 10 de Diciembre 2021

PREFACIO

La cadena volcánica alberga una gran cantidad de ecosistemas con numerosas especies de gran interés para la conservación del patrimonio natural del país. Por lo que es de suma importancia ahondar en el conocimiento de la diversidad nacional, con el fin de encontrar las mejores estrategias que nos lleven a tener una gestión sostenible de nuestros recursos naturales y biodiversidad.

Quiero agradecer atentamente, a todas las personas que me apoyaron incondicionalmente a lo largo mi formación profesional y realización de mi trabajo de graduación de forma satisfactoria.

A Luis Ríos, mi asesor, por tener la paciencia, disposición, enseñanzas invaluable y siempre estar presente en cada duda y semanas de trabajo que me permitieron llevar a cabo un estudio de este tipo. Así como inspirarme a realizar las cosas con excelencia y dedicación. De igual forma, quiero agradecerle especialmente por su dedicación a la formación de los futuros profesionales que desarrollaran un rol esencial para la conservación del país.

A María René Álvarez, por apoyarme desde el inicio hasta el final de la carrera, por inspirarme a adentrarme al mundo de la botánica, por su ayuda en las incontables horas en cada identificación y análisis de la información de mi trabajo de graduación. Del mismo modo, agradezco su dedicación en todas las clases y el conocimiento impartido en mi formación profesional.

A Gabriela Alfaro, por su apoyo incondicional en cada semestre, en cada asignación y cada momento crítico que me permitieron avanzar en la carrera y poder culminar mi formación profesional.

A mis catedráticos por haberme enseñado los principios y conocimiento de un profesional, especialmente a Alejandra Zamora, por enseñarme el mundo y la importancia de la genética, por la dedicación de transmitir el conocimiento y por su apoyo en el análisis de datos de mi tesis; a Daniel Ariano, por enseñarme el valor de la evidencia y pensamiento científico, así como la inspiración a ser un profesional capaz de realizar cambios relevantes en la investigación y conservación de la biodiversidad del país; a Ana Lucía Dubon, Jiichiro Yoshimoto, José Miguel, Jack Schuster y Claire Dallies por inspirarme a siempre estar en la búsqueda del conocimiento en todas las ramas de la biología.

A Ericka Santos y Priscila Juárez, por haberme apoyado incontables veces en cada trámite, proceso y orientarme en muchas situaciones desde el primer semestre hasta el último, que me permitieron formarme como profesional.

A Fernando Aldana, por haberme dejado realizar mi trabajo de graduación en la Finca El Zur y por todas las enseñanzas desde que era un niño sobre la biodiversidad del país y la importancia de la conservación.

A todos mis amigos y compañeros que me acompañaron a lo largo de la carrera y en la elaboración de mi tesis, especialmente a Kat, Chiri, Daniel Gygax, Hellen, Erick, Felipe, Mafer, Flor, Daniel Nuñez, Chico, Chaka, Adriana, Guti, Monge, Ceci, Andrés, Luis Andrés, Guido, Marcelo, Analu Arevalo, Marmol, Joan, Rafa, Jairo, Isa, Ericka, Rodrigo, Jenny, Belém, Ale, María, Karyn, Javier Rodríguez, Bernie, Daniel Aldana y David Aldana. No hubiera sido lo mismo sin ustedes.

A la Universidad del Valle de Guatemala, por la preparación y formación que me permitirán ser un profesional competente y contribuir al conocimiento del país.

A mi familia, mi papá Luis Alejandro, mi mamá Sandra, mi hermana Alejandra, por haberme apoyado en cada momento a lo largo de la carrera, en mis desvelos, momentos de alegría y tristeza, por todo su esfuerzo, dedicación y ejemplo para dar lo mejor de mí, a mis tíos, abuelos y primos.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO	VI
ÍNDICE.....	VIII
LISTA DE CUADROS.....	XIII
LISTA DE FIGURAS.....	XV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Volcanes de Guatemala.....	2
B. Estudios biológicos en la cadena volcánica de Guatemala	2
1. Volcán Chicabal	2
2. Volcán y Laguna de Ipala.....	3
3. Complejo Volcánico Acatenango-Fuego	3
C. Volcán de Agua.....	4
1. Aspectos biofísicos.....	4
a. Clima	4
b. Hidrología.....	4
c. Geología	5
d. Regímenes de viento	5
2. Biodiversidad	6
a. Ecosistemas	6
b. Flora	6
c. Fauna	7
1) Aves.....	7
2) Mamíferos	7
3) Anfibios y reptiles	7
3. Importancia social-cultural.....	7
4. Importancia económica	8
5. Amenazas a la biodiversidad en el contexto histórico de la costa sur de Guatemala.....	8

a.	Impacto del manejo del uso del suelo sobre la biodiversidad	8
b.	Agricultura y ganadería	8
c.	Expansión urbana	9
d.	Fenómenos naturales	9
III.	JUSTIFICACIÓN	10
IV.	OBJETIVOS	12
A.	General	12
B.	Específicos	12
V.	METODOLOGÍA	13
A.	SITIO DE ESTUDIO	13
1.	Finca El Zur.....	13
a.	Ubicación y extensión	13
b.	Situación actual	13
c.	Mapas	14
B.	MUESTREO	16
1.	Mapa.....	16
2.	Línea de tiempo del estudio	17
3.	Flora	18
a.	Caminatas <i>Ad libitum</i>	18
b.	Caracterización forestal.....	18
1)	Medidas relativas.....	18
2)	Medidas dendrométricas	18
3)	Árboles y arbustos.....	18
c.	Identificación de muestras.....	19
4.	Fauna.....	20
a.	Aves.....	20
b.	Mamíferos	21
c.	Anfibios y reptiles	22
5.	Análisis de datos.....	23
a.	Flora	23
1)	Índice de valor de importancia (IVIs)	23
b.	Análisis de diversidad	23
c.	Curva de acumulación de especies de flora y fauna.....	25
d.	Evaluación del estado de conservación de flora y fauna.....	26

1) Grado de amenaza	26
VI. RESULTADOS.....	28
A. Caracterización de biodiversidad	28
1. Flora	28
a. Listado de especies por sitio y estados de conservación	28
b. Fotografías.....	31
c. Riqueza de familias	33
1) General	33
2) Por sitio de muestreo	34
d. Índice de valor de importancia (IVI)	34
1) General	35
2) Por sitio de muestreo	36
2. Fauna	37
a. Aves.....	37
1) Listado general de especies por sitio y estados de conservación	37
2) Fotografías.....	42
3) Riqueza de familias	43
a) General	43
b) Por sitio	44
b. Mamíferos	45
1) Listado de especies general	45
2) Fotografías.....	46
3) Riqueza de familias	48
c. Anfibios y reptiles	49
1) Listado de especies general	49
2) Fotografías.....	50
3) Riqueza de familias	52
3. Análisis de diversidad	53
a. Riqueza de especies por sitio.....	53
b. Índices de diversidad alfa y beta	55
c. Curva de acumulación de especies.....	55
B. Especies clave para el desarrollo de programas de conservación	56
1. Flora	56
2. Fauna	57
a. Aves.....	57

b.	Mamíferos	58
c.	Anfibios y reptiles	59
C.	Principales amenazas sobre la biodiversidad dentro de la finca.....	60
D.	Recomendaciones de manejo de biodiversidad.....	62
1.	Especies recomendadas para reforestación	63
VII.	DISCUSIÓN.....	64
A.	Caracterización de la biodiversidad	64
1.	Flora	64
2.	Fauna.....	66
a.	Aves.....	66
b.	Mamíferos	68
c.	Anfibios y reptiles	70
3.	Análisis de biodiversidad	71
a.	Riqueza de especies por sitio.....	71
b.	Índices de diversidad alfa y beta	72
c.	Curva de acumulación de especies.....	73
B.	Especies clave para el desarrollo de programas de conservación	73
1.	Flora	73
2.	Fauna.....	74
a.	Aves.....	74
b.	Mamíferos	75
c.	Anfibios y reptiles	76
C.	Principales amenazas sobre la biodiversidad	76
1.	Flora	76
2.	Fauna.....	77
a.	Aves.....	77
b.	Mamíferos	78
c.	Anfibios y reptiles	79
D.	Recomendaciones de manejo de biodiversidad.....	80
1.	Flora	80
2.	Fauna.....	80
a.	Aves.....	80
b.	Mamíferos	81
c.	Anfibios y reptiles	81
VIII.	CONCLUSIONES	82

IX. RECOMENDACIONES.....	83
X. LITERATURA CITADA	84
XI. ANEXOS	94

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Listado de especies de plantas por familia, especies, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.....	28
2. Fotografías de algunas especies de plantas registradas en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	31
3. Listado de especies de aves por familia, especies, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.....	37
4. Fotografías de algunas especies de aves registradas en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	42
5. Listado de especies de mamíferos por familia, especies, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	45
6. Fotografías de algunas especies de mamíferos registradas en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	46
7. Listado de especies de anfibios y reptiles por familia, especies, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla....	49
8. Fotografías de algunas especies de anfibios y reptiles registradas en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.....	50
9. Listado de principales amenazas sobre la biodiversidad dentro de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	60
10. Fotografías de reptiles atropellados en el sitio 1 de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	61
11. Recomendaciones de manejo de biodiversidad dentro de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.....	62
12. Listado de especies de flora recomendados para reforestación en la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla	63
13. Listado de volcanes con registro de manejo actual	97
14. Índice de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala	99
15. Índice de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas en el primer sitio de muestreo de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.....	101
16. Índice de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas en el segundo sitio de muestreo de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.....	102

17. Índice de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas en el tercer sitio de muestreo de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala..... 103

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de los límites de la Finca El Zur y los tres sitios de muestreo, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.	14
2. Distribución actual por áreas de uso dentro de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala	15
3. Mapa de los 3 sitios de muestreo en la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.....	16
4. Línea del tiempo del estudio.....	17
5. Datos forestales y características de medición para la caracterización botánica.....	19
6. Diagrama de las parcelas para la caracterización botánica.....	19
7. Distribución de método y esfuerzo de muestreo para aves	20
8. Distribución de método y esfuerzo de muestreo para mamíferos	21
9. Distribución de método y esfuerzo de muestreo para anfibios y reptiles.....	22
10. Curva de acumulación de especies	26
11. Distribución de especies de flora por familia de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	33
12. Distribución de especies de flora por familia por sitio de la Finca El Zur, Escuintla Guatemala.....	34
13. Índice de valor de importancia (IVI) general de las especies de flora de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala	35
14. Índice de Valor de Importancia (IVI) por sitio de muestreo de las especies de flora de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala	36
15. Distribución de especies de aves por familia de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	43
16. Distribución de especies de aves por familia por sitio de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	44
17. Distribución de especies de mamíferos por familia de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	48
18. Distribución de especies de anfibios y reptiles por familia de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	52

19. Total de especies de flora y fauna por cada sitio de muestreo de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala	53
20. Total de especies por cada taxón en los 3 sitios de muestreo de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala	53
21. Total de especies por cada taxón exclusivos para cada sitio de muestreo de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	54
22. Curva de acumulación de especies de los muestreos realizados en los 3 sitios durante época seca y época lluviosa	55
23. Proporción de especies de flora en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	56
24. Proporción de especies de aves en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	57
25. Proporción de especies de mamíferos en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala	58
26. Proporción de especies de anfibios y reptiles en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala	59
27. Quebrada con disponibilidad de agua en el sitio 2	94
28. Vista del sendero en el área de Los Cañones de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.....	94
29. Vista desde el sendero camino a Peña Blanca	95
30. Vista desde Peña Blanca.....	95
31. Vista del bosque en el sitio 3	96
32. Identificación de plantas en el herbario UVA-UVG	96

RESUMEN

El objetivo del estudio fue realizar una Evaluación Ecológica (EER) en la finca El Zur, ubicado en el Volcán de Agua, departamento de Escuintla, Guatemala. Esta evaluación tuvo como objetivos caracterizar las especies de flora, aves, mamíferos, reptiles y anfibios más representativas y con un alto valor de importancia, la identificación de especies clave para el desarrollo de programas de conservación, la identificación de las principales amenazas sobre la biodiversidad y el establecimiento de medidas de mitigación que permitan la preservación y conservación de la biodiversidad presente en la finca. Se realizaron caminatas *Ad libitum* y transectos para la caracterización de flora. Se realizó una búsqueda por área para aves. Se utilizaron cámaras trampa para mamíferos y caminatas por encuentro visual para anfibios y reptiles. Se realizó un análisis del índice de valor de importancia (IVI) y un análisis de diversidad alfa y beta para todos los datos obtenidos de flora y fauna.

Se registraron 255 especies de flora y fauna, siendo estas 72 especies de flora, 151 especies de aves, 15 especies de mamíferos y 17 especies de anfibios y reptiles. Se registraron 190 especies de flora y fauna para el sitio 1, 169 especies para el sitio 2 y 167 especies para el sitio 3. Se obtuvieron 210 especies amenazadas (36 plantas, 145 aves, 15 mamíferos y 14 anfibios y reptiles). Las especies con el índice de valor de importancia (IVI) más alto es *Ficus citrifolia*, seguido por *Oreopanax xalapensis*, *Montanoa hibiscifolia* y *Quercus skinneri*. La finca El Zur tiene un gran potencial para convertirse en un punto estratégico para la conservación e investigación científica debido a su cercanía con el complejo Volcánico Acatenango-Fuego para realizar investigaciones científicas con especies amenazadas.

Con base en los resultados obtenidos, se establecieron 13 amenazas y recomendaciones de manejo sobre la biodiversidad de la finca para la flora y fauna. Las actividades de construcción de viviendas representan una de las mayores amenazas para la biodiversidad general de la finca. La cacería ilegal es la amenaza que mayor efecto podría ocasionar sobre la diversidad mamíferos. Los atropellamientos por exceso de velocidad de desplazamiento en el camino vehicular y senderos recreativos se considera la amenaza que mayor efecto podría ocasionar sobre la diversidad anfibios y reptiles.

ABSTRACT

The objective of the study was to conduct an Ecological Evaluation (EER) in the El Zur farm, located in the Agua Volcano, department of Escuintla, Guatemala. The objectives of this assessment were to characterize the most representative species of flora, birds, mammals, reptiles and amphibians with a high value of importance, identify key species for the development of conservation programs, identify the main threats to biodiversity and establish mitigation measures that allow the preservation and conservation of the biodiversity present. *Ad libitum* walks and transects were conducted to characterize the flora. An area search was conducted for birds. Camera traps were used for mammals and visual encounter walks for amphibians and reptiles. An importance value index (IVI) analysis and an alpha and beta diversity analysis were carried out for all data obtained for flora and fauna.

A total of 255 species of flora and fauna were recorded, being 72 species of flora, 151 species of birds, 15 species of mammals and 17 species of amphibians and reptiles. There were 190 species of flora and fauna recorded for site 1, 169 species for site 2 and 167 species for site 3. 210 threatened species were obtained (36 plants, 145 birds, 15 mammals and 14 amphibians and reptiles). The species with the highest importance value index (IVI) is *Ficus citrifolia*, followed by *Oreopanax xalapensis*, *Montanoa hibiscifolia* and *Quercus skinneri*. El Zur has great potential to become a strategic point for conservation and scientific research due to its proximity to the Acatenango-Fuego volcanic complex for scientific research with endangered species.

Based on the results obtained, 13 threats and management recommendations on the farm's biodiversity for flora and fauna were established. Housing construction activities represent one of the greatest threats to the farm's overall biodiversity. Illegal hunting is the threat that could have the greatest effect on mammal diversity. Roadkill due to speeding on vehicular roads and recreational trails is considered to be the threat that could have the greatest effect on amphibian and reptile diversity.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es uno de los países con mayor índice de biodiversidad del mundo (Maas, Gálvez y Pérez, 2012) considerado como un País Megadiverso y parte de la región mesoamericana como un hotspot de diversidad biológica con altas tasas de endemismo, contando con 2,859 especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios, además de 1,159 especies endémicas de la región, sin embargo, gran parte de esta diversidad se ve amenazada debido a la pérdida de hábitat (Myers *et al*, 2000). Además, es uno de los países con mayor densidad de volcanes activos de la región (Johrendt, 2007). Tan solo en el territorio nacional se cuenta con un total de 37 volcanes, extendiéndose aproximadamente 380 kilómetros de longitud (INGUAT, 2016). Existen alrededor de 31 áreas protegidas en la costa sur, de las cuales 23 son Reservas Naturales Privadas y 4 son Zonas de Veda Definitivas (Castellanos *et al*, 2011).

Una evaluación ecológica rápida (EER) tiene como objetivo la identificación de los elementos y problemas con potencial de afectar la biodiversidad, y las principales acciones que permitan el manejo de los recursos naturales (UNHCR-CARE, 2018). Asimismo, esta permite la selección y monitoreo de las áreas a conservar por medio de la cuantificación y análisis de la flora y fauna para comprender el estado y potencial biológico de un sitio en un periodo corto de tiempo (Zolotoff y Medina, 2005). En muchos parques nacionales, reservas y refugios se ha implementado esta metodología para proporcionar la información básica sobre la biodiversidad con los objetivos de facilitar la implementación de acciones de conservación (Méndez, 2017).

Este estudio pretende resaltar la importancia de la investigación de la flora y fauna de la cadena volcánica de Guatemala, que permitan realizar esfuerzos de conservación del patrimonio natural, haciendo especial énfasis en el estudio biológico de la Finca El Zur, ubicada en el Volcán de Agua, en el departamento de Escuintla, Guatemala.

II. ANTECEDENTES

A. Volcanes de Guatemala

Guatemala se encuentra en la intersección entre la placa del Caribe y la placa de Cocos; formando parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico (Johrendt, 2007). Asimismo, presenta una convergencia con la placa tectónica de Norteamérica, dando origen al sistema de fallas geológicas del Motagua, Polochic y Jocotán-Chamelecón (IARNA-URL, 2018).

La composición topográfica única del país permite que existan una gran diversidad de ecosistemas con características biofísicas específicas, además de formar parte de la Cadena Volcánica Centroamericana con un total de 37 volcanes registrados según el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrografía (INSIVUMEH), a lo que se le atribuye la variación de microclimas, precipitación y la diversidad de ecosistemas en todo el territorio nacional (Godoy, 1999). Esta cadena se extiende desde el volcán Tacaná en la frontera con México hasta el volcán Chingo frontera con El Salvador, este forma parte del cinturón de fuego del Pacífico, considerado como una de las zonas volcánicas más activas del mundo. Esta cadena volcánica forma parte del sistema montañoso de la Sierra Madre y la costa del Pacífico con altitudes que van desde el nivel del mar hasta 4, 220 msnm (Romero y Cajas, 2019).

A partir de 1956 se declara Zonas de Veda Definitivas (ZVD) a los volcanes de todo el país desde sus cráteres hasta los desniveles del 30%, en donde se estableció que no se podrán efectuar actividades agropecuarias, ni explotaciones forestales y se debe favorecer la restauración de sus bosques mediante la regeneración natural (Godoy, 1999). La Zona de Veda Definitiva tiene como objetivo la conservación de la cobertura forestal existente, y promover la regeneración de la vegetación natural (CONAP-ASAECO-Municipalidad de San Martín Sacatepéquez, 2016). Según la Resolución 01-08-2014, en consideración al Acuerdo Presidencial de 1956 se establecen las ZVD en 28 volcanes de la República de Guatemala, siendo: Volcán Acatenango, Fuego, Ixtepeque, Lacandón, Santo Tomás, Tacana, Zunil, Agua, Las Viboras, Santa María, Santiaguillo, Cerro Quemado, Chicabal, Moyuta, Tajumulco, Alzatate, Amayo, Cerro Redondo, Chingo, Cruz Quemada, Culma, Jumay, Jumaytepeque, Pacaya, Siete Orejas, Tuhual, Tecumburro y Tobon.

B. Estudios biológicos en la cadena volcánica de Guatemala

1. Volcán Chicabal

Siendo el objetivo principal conservar la cobertura forestal existente, así como promover la regeneración forestal natural en las zonas degradadas, permite la conservación de la biodiversidad en base a un marco interinstitucional y de inclusión comunitaria en un Plan Maestro (CONAP-ASAECO-Municipalidad de San Martín Sacatepéquez, 2016).

La flora esta compuesta por 218 especies de plantas con algunas especies representativas del área como pinos aliso colorado (*Alnus jorullensis*), canac (*Chiranthodendron pentadactylon*), pino blanco (*Pinus ayacahuite*), palo helice (*Oreopanax xalapensis*), aguacatillo (*Ocotea salvinii*), escabitzé (*Saurauia oreophila*), madrón (*Arbutus xalapensis*).

En cuanto a fauna se han registrado 180 especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios con algunas especies representativas del área como *Colaptes auratus*, *Cardellina versicolor*, *Oreophasis derbianus*, *Tangara cabanisi*, *Dasyopus novemcinctus*, *Cuniculus paca*, *Nasua narica*, *Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Incilius bocourti*, *Plectrohyla avia*, *Plectrohyla matudai*, *Bolitoglossa engelhardti* y *Bolitoglossa morio* (CONAP-ASAECO-Municipalidad de San Martín Sacatepéquez, 2016).

2. Volcán y Laguna de Ipala

A pesar de que existe un documento de referencia sobre la biodiversidad de este volcán, existe muy poca información científica limitando la implementación y ejecución de programas de conservación (CONAP, 2001). La flora esta compuesta por 218 especies de plantas con algunas especies representativas del área como encinos (*Quercus spp.*), guayaba (*Psidium guajava*), ceiba (*Ceiba pentandra*), aceituno (*Simaruba glauca*), morro (*Tecoma stans*), caulote (*Guazuma ulmifolia*), palo de pito (*Erythrina spp.*) y yaje (*Leucaena spp.*).

En cuanto a fauna se han registrado muchas especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios con algunas especies representativas del área como *Boa constrictor*, *Canis latrans*, *Mustela frenata*, *Procyon lotor*, *Dasyprocta punctata*, *Potos flavus*, *Tayassu tajacu* (CONAP, 2001).

3. Complejo Volcánico Acatenango-Fuego

Los volcanes más cercanos al Volcán de Agua son el Volcán Acatenango y Volcán de Fuego los cuales comparten una diversidad de flora y fauna similar. Este forma un complejo volcánico que ha sido ampliamente estudiado y que cuenta con un gran valor turístico, científico y cultural.

Este complejo volcánico es un área que permite la conservación de la biodiversidad de la cadena volcánica central por sus remanentes de bosque latifoliado mixto, así como también por ser una zona de recarga hídrica y una zona de interés turístico, recreativo y agrícola (CATIE-FCA-AF, 2017). La flora del complejo volcánico está compuesta por 300 especies de plantas con algunas especies representativas del área como pinos (*Pinus hartwegii* y *P. pseudostrobus*), ilamos (*Alnus jorullensis* y *A. acuminata*) y encinos (*Quercus spp.*, incluyendo el endémico regional *Quercus acatenangensis*); canac (*Chirantodendron pentadactylon*), aguacatillo (*Ocotea spp.*), moquillo (*Saurauia spp.*) y helechos arborescentes (*Cyathea spp.*); especies epífitas, donde sobresalen al menos 50 géneros de orquídeas (Orchidaceae).

En cuanto a la fauna, esta se compone de 242 especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios con algunas especies representativas del área como pavo de cacho (*Oreophasis derbianus*), el chipe cabeza rosada (*Cardellina versicolor*), el quetzal (*Pharomachrus mocinno*), cayaya (*Penelopina nigra*), loros y pericos (*Psittacara strenuus*, *Amazona albifrons*, *Brotogeris jugularis*); mamíferos como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), coche de monte (*Tayassu tajacu*), armadillo (*Dasyopus novemcinctus*) y pizote (*Nasua narica*); además, se reporta la presencia de felinos como puma (*Puma concolor*), tigrillo (*Leopardus pardalis*) y margay (*Leopardus wiedii*); reptiles como la mazacuata (*Boa constrictor*), mazacuata de tierra fría (*Pituophis lineaticollis*) y gushnayera (*Botriechis bicolor*); anfibios de los géneros *Bolitoglossa*, *Craugastor* y *Agalychnis* (CATIE-FCA-AF, 2017).

C. Volcán de Agua

El volcán de Agua se encuentra ubicado entre el municipio de Ciudad Vieja en el departamento de Sacatepéquez del lado norte y el municipio de Escuintla en el departamento de Escuintla del lado sur (UPIE-MAGA y MAGA-BID, 2001). En la Zona de Amortiguamiento del volcán de Agua se ha registrado un incremento del bosque, con un 5.53% anual (Castellanos *et al*, 2011).

1. Aspectos biofísicos

a. Clima

El clima en la cadena volcánica tiene una gran variedad de climas debido a su variación altitudinal y distribución geográfica. Por lo que solo se menciona el clima en función de este estudio.

El volcán de Agua se considera como frío-húmedo. Este paisaje posee 4 tipos de clima, siendo éstos: semifrío húmedo, cuyos valores oscilan entre 14.3 y 17.0 °C de temperatura media anual; 1,001 a 2,000 milímetros anuales de precipitación y una altitud de 1,800 a 2,300 msnm; templado húmedo con una temperatura media anual entre 17.1 a 20.7 °C; 1,001 a 2,000 milímetros anuales de precipitación y una altitud de 1,000 a 1,800 msnm; templado subhúmedo, con un rango de temperatura media anual de 17.1 a 20.7 °C; 601 a 1,000 milímetros anuales de precipitación y una altitud de 1,000 a 1,800 msnm; semicálido húmedo con temperaturas medias anuales entre los 20.8 a 24.3 °C; 2,001 a 4,000 milímetros anuales de precipitación y una altitud de 600 a 1,000 msnm (MAGA, 2013).

b. Hidrología

El 13.6% de la superficie del departamento de Sacatepéquez está ocupado por el paisaje “piedemonte hidro-volcánico” el cual abarca los volcanes de Agua, Fuego y Acatenango, en los municipios de Antigua Guatemala, Ciudad Vieja, Alotenango, Santa María de Jesús, Jocotenango, San Miguel Dueñas y Santa Catarina Barahona (MAGA, 2013).

En estudios realizados sobre el flujo de aguas subterráneas para el sistema acuífero en el valle aluvial del río Guacalate, desde Antigua Guatemala hasta Alotenango, Sacatepéquez, se determinó que este sistema tiene un área de 30 km², con la influencia de las regiones ubicadas en las faldas de los volcanes de Agua y Acatenango, lo cual representa un potencial importante para la recarga al sistema acuífero (Velásquez, 1995). Además, la zona con alto nivel de recarga hídrica se encuentra en la franja occidental que abarca desde la cordillera Alux hasta el Volcán de Agua (IARNA-URL y TNC, 2013).

Una zona que representa el mayor potencial de recarga de acuíferos subterráneos es la parte norte de Alotenango, en donde se encuentran el volcán de Agua y el volcán Acatenango formando una garganta natural que ocurre por la zona del Valle de Panchoy desembocando en el Océano Pacífico, esto permite que el agua subterránea tenga su confluencia con el río Guacalate y el río Pensativo (Orozco, Herrera y Mujica, 2011; Sotz'il, 2021). Además, en la parte sur del volcán de Agua nace el río Coyol, con el que se produce una confluencia con el río Guacalate (Ferrés y Wolf, 2018).

c. Geología

El Volcán de Agua tiene un estratovolcán holocénico del periodo Cuaternario, cuenta con una altura de 3,753 msnm y con una forma cónica casi perfecta en su punto más alto. Este se encuentra en estado de dormancia (MAGA, 2013). El cráter tiene una altura mayor de 130 mts desde el fondo hasta el lado sur y 12 mts en la parte norte en la cual existe una abertura en el borde de la cresta con un diámetro de 150 mts (Godoy, 1999).

Se considera a este volcán conformado por los siguientes tipos de relieve: estratovolcán y glacis, con una forma de terreno principalmente conformado por laderas y un plano inclinado y está conformado por varios tipos de material parental los cuales son: materiales piroplásticos no consolidados como tefras o ceniza y pómez; además de depósitos superficiales clásticos gravigénicos (MAGA, 2013).

El graben presente en la estructura del valle de la ciudad de Guatemala como depresión de origen tectónico está delimitado en el norte por rocas intrusivas y metamórficas del Cretácico al sur de la falla del Motagua, mientras que en la parte sur lo delimita la cordillera volcánica del Cuaternario en los que se encuentra el Volcán Pacaya y el Volcán de Agua (Pérez, 2009).

En los municipios de San Miguel Dueñas, Ciudad Vieja, Antigua Guatemala, Santa María de Jesús y Alotenango se encuentra una diversidad de material volcánico del Cuaternario, como fragmentos incandescentes recientes, ceniza volcánica y lapilli. La presencia de basaltos, basaltos andesíticos, andesitas, dacitas y riocacitas predomina en el Volcán de Acatenango; se encuentra una mayor presencia de basaltos y basaltos andesíticos en el Volcán de Fuego y en el Volcán de Agua existe una mayor prevalencia de materiales piroplásticos sobre rocas lávicas funcionando como la base de grandes estructuras y la forma cónica casi perfecta (MAGA, 2013).

d. Regímenes de viento

En el país, los vientos predominantes son los vientos alisios del norte que ingresan al territorio nacional con orientación noreste a sursuroeste. Por lo general, los vientos del Pacífico ingresan con orientación sur-norte, característicos por ser cálidos y húmedos en la planicie costera durante el día, descargando la humedad en la cadena volcánica y posteriormente regresan con una baja temperatura y sin humedad (EPIQ, 2002). Sin embargo esto depende de muchos factores como los vientos dominantes, la brisa del mar, gradientes de presión y la fuerza Coriolis (Vásquez, 2001).

2. Biodiversidad

a. Ecosistemas

“En Guatemala existen diferentes sistemas para clasificar los ecosistemas. Entre ellos destacan los siete biomas definidos por Villar (1998), las 14 ecorregiones identificadas por Dinerstein (Olson, 2001), las 15 zonas de vida según el sistema de Holdridge y los 66 ecosistemas (41 naturales y 25 intervenidos por actividades de origen humano) elaborado por INAB (2001)” (Maas, Gálvez y Pérez, 2012).

Los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez comparten un total de 6 zonas de vida siendo el bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT), bosque muy húmedo tropical (bmh-T), bosque pluvial montano tropical (bp-MT), sin embargo, existen 2 zonas de vida únicamente presentes en el departamento de Escuintla siendo el bosque seco tropical (bs-T) y el bosque húmedo tropical (bh-T) (IARNA-URL, 2018).

Según la clasificación de Holdridge, el Volcán de Agua se encuentra en la zona de vida Bosque húmedo premontano tropical. Y la cumbre de los volcanes Acatenango, Fuego y Agua se encuentra formado predominantemente por Bosque pluvial montano tropical (IARNA-URL, 2018).

b. Flora

La composición de una comunidad vegetal es determinada por múltiples factores físicos y biológicos, que a su vez presenta una adaptación a diferentes gradientes altitudinales, condiciones climáticas y heterogeneidad topográfica (Turner y Gardner, 2001). Debido a la complejidad del relieve del territorio guatemalteco ha propiciado que exista una gran diversidad de ecosistemas y diversidad biológica característica en cada uno de estos (Romero y Cajas, 2019).

A diferencia de los volcanes de Fuego y Acatenango, el volcán de Agua no presenta una actividad eruptiva actual, por lo que existe una gran cobertura forestal desde sus faldas hasta las partes cercanas a la cumbre en donde existe únicamente un pajón, bosques de pino y arbustos. La diversidad de plantas en cimas volcánicas de Guatemala difiere debido a la variación de condiciones biofísicas. Se ha registrado que los volcanes Santo Tomás, Agua y Zunil presentan la mayor diversidad vegetal de la cadena volcánica del país. Sin embargo, el volcán Santo Tomás y el volcán de Agua comparten un nivel de diversidad similar, a pesar de estar grandemente distanciados, comparten su cercanía al Este y no son afectados en su totalidad por los vientos fríos del Norte. Y en volcanes con una actividad eruptiva constante como el volcán de Fuego, los cuales emiten gases tóxicos, lava, ceniza y otros compuestos, inhiben el desarrollo de especies vegetales (Godoy, 1999; Turner y Gardner, 2001).

Las asociaciones vegetales son determinadas por la altitud a la que se encuentren, en una altitud de 1, 200 a 2,500 msnm predominan las selvas medianas siempre verdes con una gran cantidad de helechos y epifitas, de 1,300 a 2,500 predominan encinares y pinares, siendo los bosque más comunes en el occidente del país, de 3, 000 msnm predominan pinares, zacatonales y praderas subalpinas y de por arriba de los 4, 000 msnm se predominan de bosque poco denso, con zonas

boscosas dispersas siendo características de cumbres volcánicas y montañosas (Romero y Cajas, ; Véliz *et al*, 2013).

c. Fauna

1) Aves

En la Finca El Zur existen 202 especies de aves registradas hasta la actualidad, algunas familias son: Tinamidae, Cracidae, Odontophoridae, Trochilidae, Accipitridae, Strigidae, Momotidae, Picidae, Falconidae, Psittacidae y muchas otras familias del orden Passeriformes (eBird, 2020). Muchas de estas especies son consideradas de gran interés para la conservación, y muchas de estas están dentro de los listados de varias instituciones para la protección, manejo y control de especies amenazadas. Algunas de estas especies son: *Ortalis leucogastra*, *Penelopina nigra*, *Dendrotyx leucophrys*, *Lampornis viridipallens*, *Ictinia mississippiensis*, *Spizaetus tyrannus*, *Cochlearius cochlearius*, *Micrastur semitorquatus*, *Falco peregrinus*, *Psittacara strennus*, *Chiroxiphia linearis*, *Vermivora cyanoptera*, *Hylocichla mustelina*, entre otras (UICN, 2020; CITES, 2020, LEA, 2006).

2) Mamíferos

Actualmente no se han realizado estudios sobre la diversidad de mamíferos específicamente en el volcán de Agua. Sin embargo se tiene información de la sobre la diversidad en la cadena volcánica. Debido a la alta variación de altitudes y ecosistemas, la cadena volcánica guatemalteca posee alrededor de 100 especies, equivalente a la mitad de todas las especies de mamíferos terrestres del país. De estas la mayoría abarcan roedores y musarañas. (Romero y Cajas,2019; McCarthy y Pérez, 2006; Reid, 2009). Estas especies habitan en regiones de gran importancia para la conservación de mamíferos pequeños, en donde existen 49 especies en Guatemala y 23 en la cadena volcánica y en las montañas del norte (Ordoñez y Bradley, 2019; McCarthy y Pérez, 2006; Ordoñez y Matson, 2012). En cuanto a musarañas, existen 13 especies en el país y cinco de estas son endémicas de los bosques de las montañas y volcanes de Guatemala (Matson y Woodman, 2019; Romero y Cajas,2019).

3) Anfibios y reptiles

En el volcán de Agua se encuentran especies endémicas de reptiles y anfibios. En cuanto a reptiles se pueden mencionar a la *Abronia anzueto*, específicamente en la parte sur del volcán. Además, en el departamento de Escuintla se encuentran muchas especies representativas de la vertiente del Pacífico y la boca costa como *Staurotypus salvinii*, *Gymnophthalmus speciosus*, *Norops macrophallus*, *Mabuya unimarginata*. Y en cuanto a anfibios se pueden mencionar a la *Pseudoeurycea goebeli* y *Bolitoglossa pacaya* (Köhler, 2011).

3. Importancia social-cultural

El volcán de Agua y ciertas regiones de los departamentos de Escuintla, Sacatepéquez, Suchitepéquez y Chimaltenango son áreas predominantemente ocupadas por el pueblo maya Kaqchikel. La cosmovisión de este pueblo se basa en el concepto de “Utz Káslemal” o bienestar de la vida el cual incluye a la tierra, las plantas, cuerpos de agua, los animales y los volcanes como seres vivientes (Sotz’il, 2021).

En un contexto histórico, la capital fue inicialmente fundada en 1524 en el valle de Iximché, en la capital de los Kaqchikeles, posteriormente fue trasladada a Xepau (Olintepeque) y luego a Chixot

(Comalapa). Finalmente, Santiago fundada en 1527 fue construida entre el volcán de Agua y el Caserío San Miguel Escobar en Ciudad Vieja (Del Cid, Aguilar y Sandoval, 2012). Además, el volcán de Agua tuvo un gran impacto en el traslado de la ciudad capital, ya que el 11 de septiembre 1,541 colapsó la laguna que se alojaba en su cráter, inundando gran parte de ciudad capital en ese tiempo conocida como Ciudad Vieja (MAGA, 2013).

4. Importancia económica

En las faldas cercanas a Santa María de Jesús hay muchas siembras de verduras y de árboles frutales como peras, manzanilla, cerezas, habas, frijol, cartuchos, arveja, manzanas, entre otros (INGUAT, 2018). Además, el Volcán de Agua forma parte de los sitios con potencial turístico en el municipio de Santa María (Del Cid, Aguilar y Sandoval, 2012). Según INGUAT en 2016 el volcán de Agua forma parte de los 13 volcanes más visitados turísticamente en el país. Y según el Plan Maestro de Turismo Sostenible de Guatemala el volcán de Agua forma parte de los atractivos con jerarquía 4, que incluye a los sitios con características singulares y representativos de la región Centroamericana (INGUAT, 2015-2025).

La cadena volcánica por su altura y ubicación proveen características óptimas para el posicionamiento estratégico de estaciones de telecomunicación a nivel nacional. Volcanes como el de Agua y el Siete Orejas tienen instaladas docenas o cientos de antenas de transmisión de televisión, radio, telefonía celular, entre otros. Por el uso del espacio dentro de estas zonas podría representar un ingreso para la administración del área protegida o zona de veda (Velásquez, 2011).

5. Amenazas a la biodiversidad en el contexto histórico de la costa sur de Guatemala

a. Impacto del manejo del uso del suelo sobre la biodiversidad

Las actividades agrícolas a gran escala han sido caracterizadas por cubrir grandes extensiones de tierra, principalmente en la costa sur de Guatemala. (CONAP, 2018). El impacto que genera el proceso de siembra y cosecha representa una reducción del área boscosa, destrucción de la biodiversidad y el uso de químicos que pueden afectar la función receptora del suelo en el proceso de fertilización y control de plagas (Contreras, 2009).

b. Agricultura y ganadería

La cosecha de caña de azúcar abarca un total de 343,905 hectáreas, representando un 43.55% de las actividades agrícolas en la costa sur (CONAP, 2018). El desarrollo de este cultivo se debe a los tipos de suelos que se encuentran en la zona cañera del sur de Guatemala, compuesto por 6 órdenes, 26 subgrupos y 37 familias. Los principales órdenes como Molisoles, Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles son suelos con altos contenidos de materia orgánica, baja densidad y permeables, permitiendo que los cultivos logren su crecimiento óptimo (Vásquez, 2001).

Las plantaciones de palma siendo un cultivo intensivo y extensivo conlleva varios problemas al ambiente como la erosión del suelo, deforestación, contaminación del agua principalmente por las descargas indiscriminadas del efluente molido de la palma de aceita o POME por sus siglas en

ingles. Estas descargas en los ríos y arroyos causan agotamiento del oxígeno por el alto contenido de materia orgánica (CONAP, 2017). Además, estas plantaciones consumen una gran cantidad de agua proveniente de los cuerpos de agua cercanos o pozos subterráneos. Se necesitan 1,500 litros de agua para tratar una tonelada de racimos de fruto de palma, de los cuales un 50% resulta en POME y el resto se pierde en vapor (Thani *et al*, 1999; Wu *et al*, 2010 en CONAP, 2017).

Las plantaciones de hule, a diferencia de los otros monocultivos, el hule permite una fácil regeneración de vegetación secundaria y en la mayoría de las plantaciones se ha observado una gran cantidad de remanentes boscosos como bosque ripario que permite la conectividad de ciertas poblaciones de flora y fauna (Cuellar, Díaz y León, 2014). Sin embargo, en el proceso de plantación si existe un gran impacto sobre la biodiversidad por la deforestación que se realiza y debido a sus grandes extensiones también se considera como una amenaza para la flora y fauna de la costa sur.

La ganadería teniendo su mayor concentración del inventario nacional de ganadería bovina en la región de la costa sur y que posteriormente tuvo un desplazamiento al norte del país por la ampliación del cultivo de caña de azúcar ha causado una de las mayores presiones sobre el bosque natural y la expansión de la frontera agrícola (Departamento de Estado de los Estados Unidos-Programa Centroamérica Resiliente y The Nature Conservancy, 2019).

c. Expansión urbana

El crecimiento de las áreas urbanas es considerado una de las mayores amenazas para la biodiversidad (CONAP, CATIE y PNUD, 2019). Desde la segunda mitad del siglo veinte ha causado cambios en la composición de comunidades biológicas por el cambio de uso del suelo a nivel mundial (Concepción, Moretti, Altermatt y Obrist, 2015). Además se prevé que exista una tendencia de la expansión urbana en regiones de baja capacidad económica y adyacentes a los hotspots de diversidad biológica, lo que limitaría la protección y gestión de los servicios ecosistémicos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2012).

d. Fenómenos naturales

A pesar de que el volcán no ha estado activo desde tiempos históricos, siendo su última erupción hace más de 10, 000 años, tiene el peligro potencial de originar lahares, como la conocida inundación de Ciudad Vieja el 11 de septiembre de 1541 que tuvo como consecuencia la pérdida de 600 personas (Schilling, Vallance, Matías y Howell, 2001). En el Volcán de Agua, los lahares no ocurren muy a menudo, sin embargo es un potencial riesgo para la biodiversidad presente en el volcán. Con base a diversos estudios se sabe que los lahares rara vez permiten la sobrevivencia, principalmente de fauna (Del Moral y Grishin, 1999).

III. JUSTIFICACIÓN

La cadena volcánica es considerada de gran importancia para la protección y conservación de la biodiversidad de país debido a su alto grado de endemismo (CATIE-FCA-AF. 2017). A nivel Centroamericano, se considera a Guatemala como un país con una gran diversidad con sus 14 ecorregiones, más del 15% de especies de flora endémicas, además de tener la mayor diversidad de salamandras apulmonadas en el mundo y poseer cuatro sitios Ramsar para la protección de humedales a nivel internacional.

Una gran cantidad de estos ecosistemas cuentan con numerosas especies debido a los patrones de dispersión biogeográficos, sobre los cuales se han conformado la fauna y flora de la región, constituida por la migración entre especies de la parte Neotropical y la Neártica y dando lugar a que se tenga un elevado endemismo, prueba de ello es que solo para Guatemala, se tiene que un 15% de todas las especies reportadas son endémicas.

En el año 2010, Guatemala fue incorporado al Grupo de Países Megadiversos Afines, además de ya haber sido reconocido como uno de los 19 países con mayores índices de biodiversidad a nivel mundial (USAC, 2013). Sin embargo, esta biodiversidad se ve amenazada por el avance de la frontera agrícola, incremento de zonas urbanas, y cambio climático y en muchas de las tierras volcánicas de la Boca costa que tienen remanentes de los bosques montanos centroamericanos y bosques húmedos de la Sierra Madre de Chiapas que han ido desapareciendo en los últimos años (EPIQ, 2002).

En la actualidad, la mayoría de los ecosistemas nacionales se encuentran amenazados a pesar de que desde el mismo contexto de la Constitución Política de la Republica de Guatemala, tal como lo contempla el Artículo 97, la defensa del ambiente, su protección y su explotación racional debería ser una prioridad del Estado (Monzón, 2008). Y de acuerdo con el Artículo 64, se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación (Herrera y Vásquez, 1998). Sin embargo, la realidad es diferente y por lo tanto es de suma importancia ahondar en el conocimiento de la diversidad nacional, con el fin de encontrar las mejores estrategias que nos lleven a tener una gestión sostenible de nuestro patrimonio natural.

Con base en lo previamente mencionado en Guatemala como consecuencia a la falta de interés de las autoridades, falta de recursos y conflicto de intereses por disputas territoriales. En conjunto con muchos otros problemas sociales y políticos, generan un vacío de información sobre la comunidad vegetal y animal de la cadena volcánica debido a que los volcanes siendo establecidas como Zonas de Veda Definitiva, no todos cuentan con plan de manejo apropiado o una entidad con la capacidad necesaria para implementar las acciones administrativas pertinentes, para asegurar su conservación. Asimismo la falta de la certeza jurídica de la tierra y ausencia de respaldo legal para la administración y protección de sus recursos naturales, a excepción del Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas el cual está dentro de la categoría de Parque Nacional (Tipo I), según la Dirección de Desarrollo del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP, 2021).

Además, se incluyen 29 volcanes dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), de las cuales solo el Volcán Chicabal cuenta con un plan maestro. Además, existe un Plan Maestro del Área de usos múltiples Volcán y Laguna de Ipala (CONAP, 2001); y un Plan Maestro del Parque Regional Municipal Astillero Municipal Volcán de Acatenango (CATIE; Municipalidad de Acatenango, 2013). Sin embargo, no se encuentran vigentes (SIGAP, 2021). Por lo que no se

cuenta con información técnica y científica sobre el estado de la biodiversidad que permita plantear y ejecutar programas de conservación o acciones que contribuyan a la protección del ambiente.

El Volcán de Agua no cuenta con un plan maestro activo, el cual sirve como documento rector para el ordenamiento territorial, gestión y el desarrollo integral de las áreas protegidas. Este tipo de documentos es esencial para la aplicación de planes de sostenibilidad de los ecosistemas y de los recursos naturales y culturales (Chávez, 2015; CONAP, 2005). Además, en especies de fauna es esencial comprender las presiones ambientales y amenazas por actividades humanas para lograr un entendimiento completo de la ecología de las especies de plantas, aves, mamíferos, reptiles y anfibios, entre otros (Shaffer, 1978; Chan, 2003; Rovito *et al*, 2009). A pesar de que existen varios reportes de los comunitarios de animales y plantas de interés para la conservación como pumas, tigrillos, venados, chacha, ciprés, encino, orquídeas y tilandsias, entre otros (Sotz'il, 2021). La mayoría provienen del lado norte del volcán, y no existen estudios o información de estos grupos taxonómicos en la parte sur.

La diversidad biológica es de gran importancia para el país, debido a su valor ecológico, genético, cultural, social, económico, científico, educativo y recreativo, sin embargo, existe una gran falta de información sistematizada y de conocimiento taxonómico en la región de la Cadena Volcánica. Por lo tanto una evaluación ecológica rápida, sirve para obtener información de las especies presentes de una localidad en un corto periodo de tiempo permite identificar los elementos de biodiversidad indispensables para la formación de estrategias de conservación del patrimonio natural del país.

IV. OBJETIVOS

A. General

Realizar una Evaluación Ecológica Rápida de la Finca El Zur en Escuintla, Guatemala.

B. Específicos

1. Caracterizar las especies de flora, aves, mamíferos, reptiles y anfibios más representativas y con un alto valor de importancia de la Finca El Zur.
2. Identificar especies clave para el desarrollo de programas de conservación dentro de la Finca.
3. Identificar las principales amenazas sobre la biodiversidad dentro de la Finca El Zur.
4. Establecer medidas de mitigación que permitan la preservación y conservación de la biodiversidad presentes en la Finca.

V. METODOLOGÍA

A. SITIO DE ESTUDIO

1. Finca El Zur

Es un proyecto de zonas residenciales que busca conservar el 70% del terreno y tiene como objetivo principal conservar la riqueza natural y ofrecer un entorno con áreas residenciales diseñadas para minimizar impactos y se maneja un plan de reforestación con especies nativas en las partes originalmente sembradas con caña y café. Para lograr esto se tiene planeado la construcción de un vivero de 4 manzanas para la producción de plantas y árboles nativos (El Zur, 2013).

a. Ubicación y extensión

Anteriormente, era una finca cafetalera llamada El Rosario Vista Hermosa. El Zur está ubicado en el Km 47 en el departamento de Escuintla, en las faldas del Volcán de Agua, a 40 minutos de la ciudad de Guatemala. Tiene una extensión de 21 caballerías, desde su cima hasta sus laderas. Cuenta con más de 8 kilómetros de senderos de naturaleza y más de 40 kilómetros de senderos de ciclismo de montaña y cuenta con un área destinada para la conservación llamada Reserva El Camaleón con una extensión de 10 kilómetros llegando a una altura de 2,500 msnm (El Zur, 2013).

b. Situación actual

En todo el proyecto siempre se ha respetado y mantenido el objetivo de conservar y proteger la fauna y flora local sin hacer fuertes modificaciones al paisaje natural. La finca actualmente se encuentra bajo la administración del grupo Multivistas. Este grupo se dedica al desarrollo de proyectos inmobiliarios (El Zur, 2013).

c. Mapas

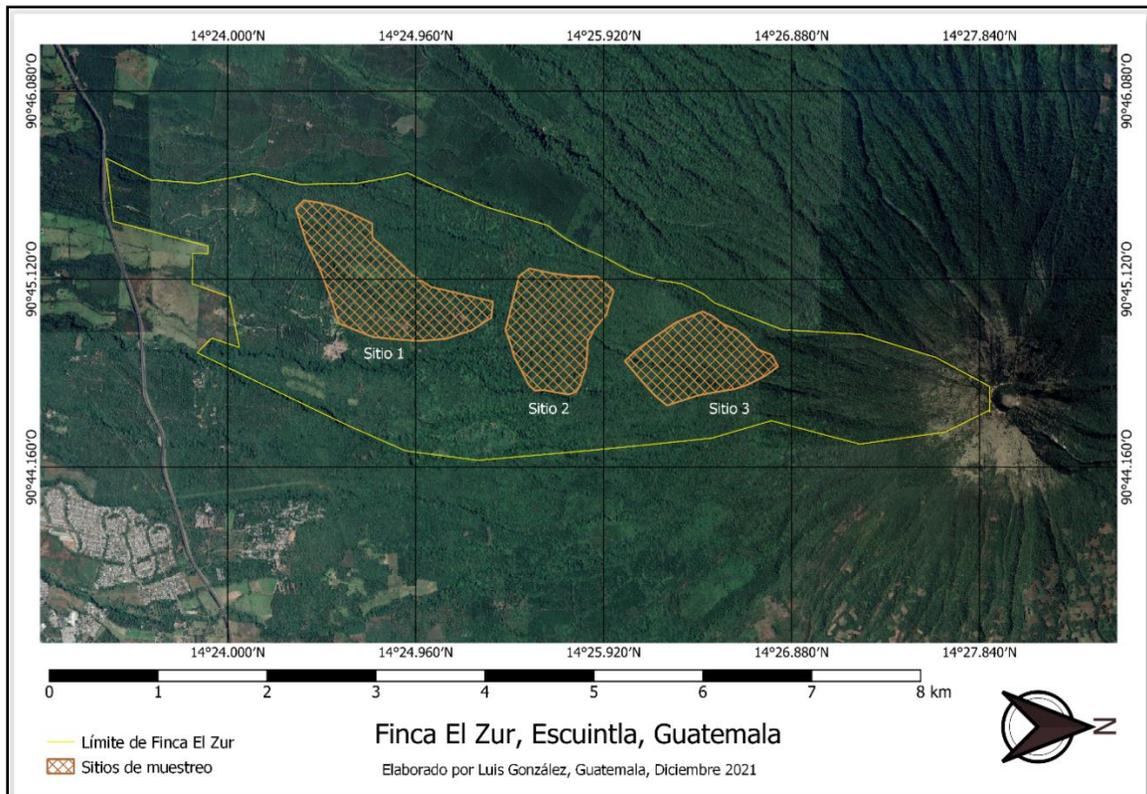


FIGURA 1. Mapa de los límites de la Finca El Zur y los tres sitios de muestreo, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

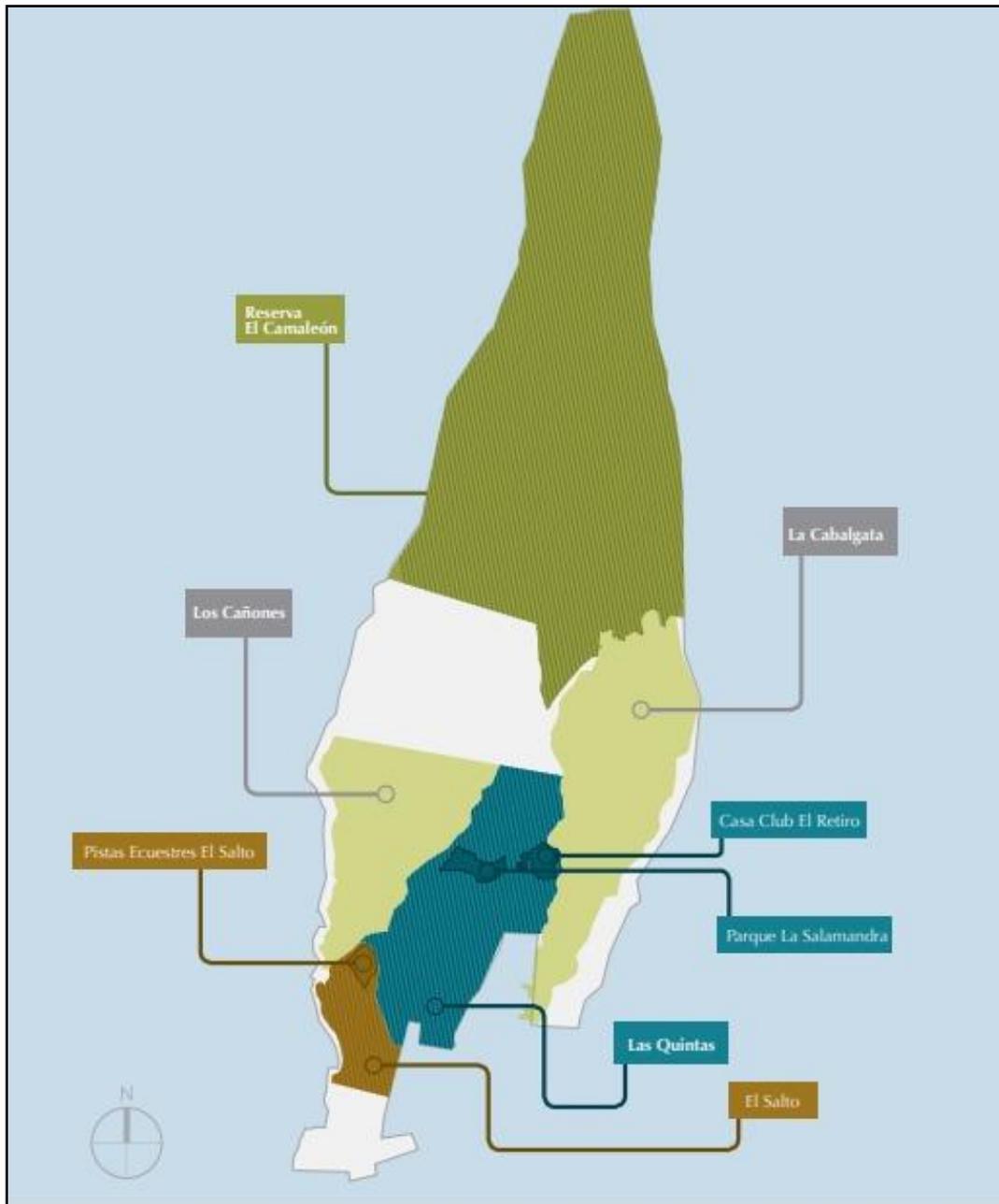


FIGURA 2. Distribución actual por áreas de uso dentro de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

(El Zur, 2013)

B. MUESTREO

1. Mapa

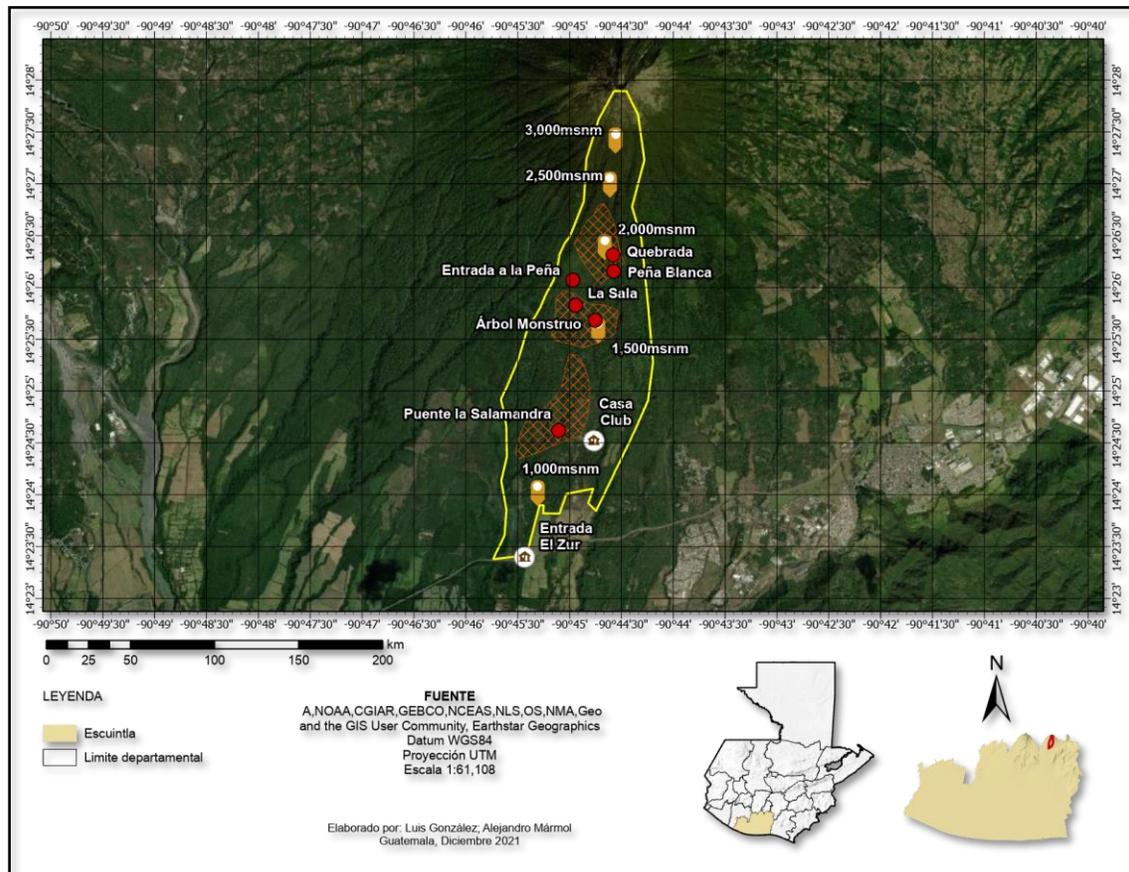


FIGURA 3. Mapa de los 3 sitios de muestreo en la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

En la **Figura 3** se puede observar los diferentes sitios que se utilizaron para los muestreos. Se establecieron 3 sitio de muestreo a 1,000 msnm (Sitio 1), a 1,500 msnm (Sitio 2) y a 2,000 msnm (Sitio 3). Estos se seleccionaron debido a que son las partes que tendrán una menor modificación del terreno a lo largo del proyecto, además de ser las zonas que tienen la única accesibilidad con caminos para carro y senderos que permitan el acceso al bosque. Asimismo estos fueron seleccionados por la densidad boscosa, frecuencia de visitas por parte de los propietarios y modificaciones en el paisaje.

2. Línea de tiempo del estudio

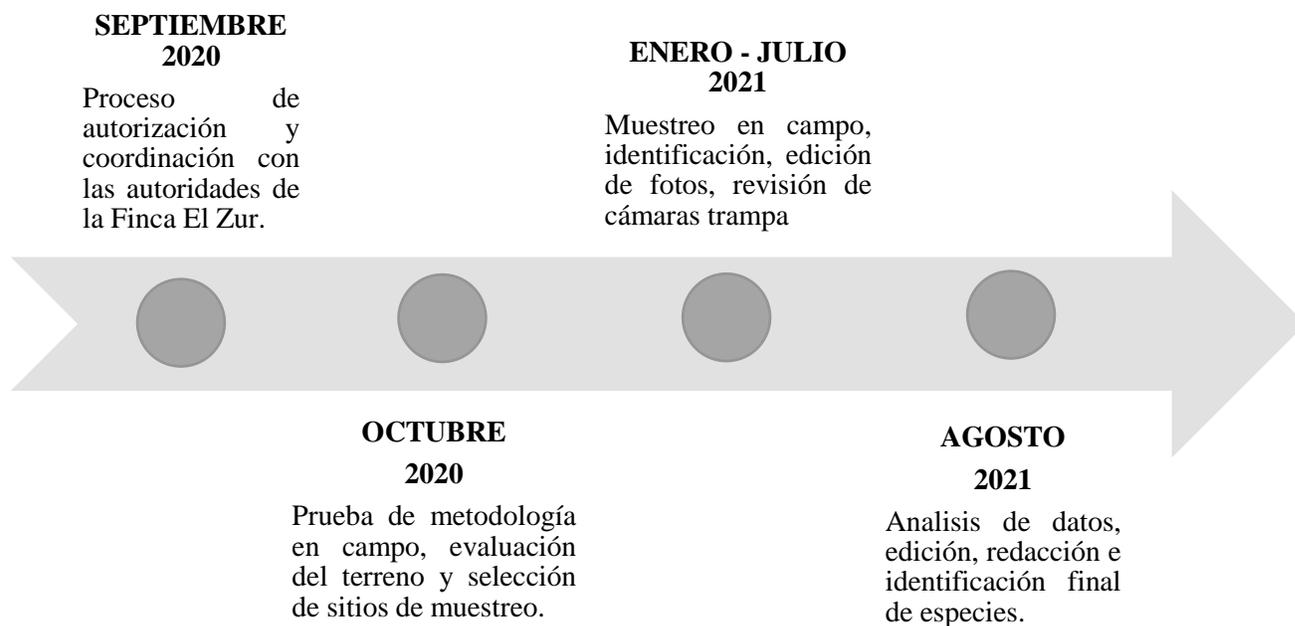


FIGURA 4. Línea del tiempo del proceso de trabajo de gabinete, muestreo en campo y análisis de datos.

3. Flora

El estudio de la flora se realizó utilizando dos metodologías. Para el estrato del sotobosque (arbustos y plantas que no fueran árboles) y otro para el estrato forestal. Las mismas que se detallan a continuación:

a. Caminatas *Ad libitum*

Estas consisten en caminatas no sistemáticas, que sirven para generar listados de especies preliminares de un área poco estudiada y permiten conocer la riqueza de un sitio. Estas fueron realizadas de manera aleatoria de enero a julio debido a la diferencia de temporadas de floración de ciertas plantas.

b. Caracterización forestal

1) Medidas relativas

Se tomaron la fecha, hora y localidad con puntos georreferenciados cuando se realizaron los muestreos. Por lo que se utilizó un GPS para tener registro de la altitud, largo y ancho de cada transecto. Esto es necesario para tener una demarcación y orientación adecuada, además se utilizó una brújula como herramienta de ubicación de apoyo para la delimitación de cada parcela (Pinelo, 2004).

2) Medidas dendrométricas

Los parámetros que se midieron en estos transectos fueron la altura de la planta, abundancia y DAP (Diámetro a la Altura del Pecho), se utilizaron un clinómetro y una cinta diamétrica para realizar dichas mediciones (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

3) Árboles y arbustos

Se realizó un análisis de composición vegetal utilizando el método de transectos debido a que es utilizado por la rapidez con la que se pueden obtener los datos y el ajuste de tamaño lo cual permite una medición variable y adaptable al grupo de plantas a estudiar y la topografía del lugar. Se realizaron un total de 30 transectos de 10 x 50 m² para la medición de árboles con DAP mayor a 10 cm, y para la medición de arbustos se realizaron registros de las especies que se encontraban tanto dentro como fuera del transecto (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

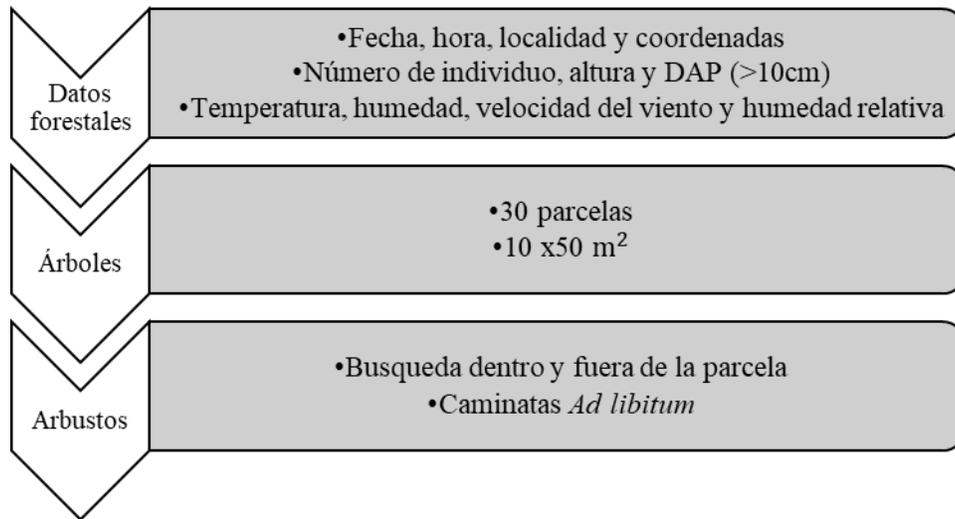


FIGURA 5. Datos forestales y características de medición para la caracterización botánica

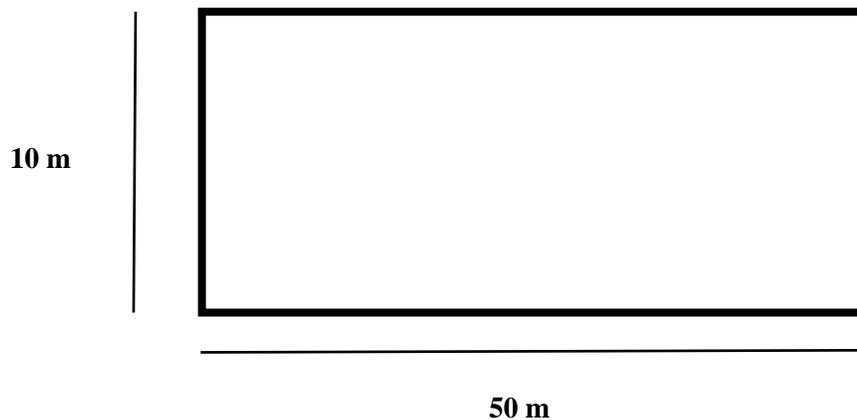


FIGURA 6. Diagrama de las parcelas para la caracterización botánica

c. Identificación de muestras

Las plantas colectadas en campo durante la realización de las parcelas y las caminatas *Ad libitum* fueron trasladadas al Herbario UVAL de la Universidad del Valle de Guatemala su posterior identificación. Se utilizaron las guías de identificación de Trees of Guatemala (Parker, 2008) y Flora of Guatemala (Standley y Steyemark, 1884-1963). Además, las muestras fueron depositadas dentro de las colecciones del Herbario como referencia al espécimen de la finca.

4. Fauna

Con el objetivo de tener una mejor comprensión de la fauna de la finca, se aplicaron diferentes metodologías para generar los listados preliminares de los siguientes taxones: aves, mamíferos, anfibios y reptiles.

a. Aves

El muestreo se realizó de enero a julio de 2021, con el objetivo de recorrer la mayor cantidad de distancia en los senderos de la finca se utilizó el método de búsqueda por área, el cual se basa en registrar todas las especies vistas y oídas en una zona previamente definida durante un tiempo establecido de 20 minutos por hectárea (Dun *et al*, 2006; Magrath, Weston, Olsen y Antos, 2010).

La observación comenzó a las 6:30 am y finalizó a las 10: 30 am por dos días consecutivos. Además, se realizaron observaciones y registros de especies nocturnas como búhos y tapacaminos durante el monitoreo de anfibios y reptiles. Este método permitió estudiar la riqueza de la finca. Asimismo, debido a la topografía variada del lugar, cantidad de tiempo y disponibilidad de recursos para realizar el monitoreo, este permitió concentrar el esfuerzo de muestreo en zonas con mayor abundancia y la búsqueda de especies elusivas que pueden ser de importancia para la conservación.

Las especies observadas fueron identificadas con la ayuda del libro: Peterson Field Guide to Birds of Northern Central America (Fagan y Komar, 2016) y el libro: A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America (Howell y Webb, 2005), además se hará un registro de las especies y número de individuos en la plataforma de eBird del laboratorio de ornitología de la Universidad de Cornell (eBird, 2020).

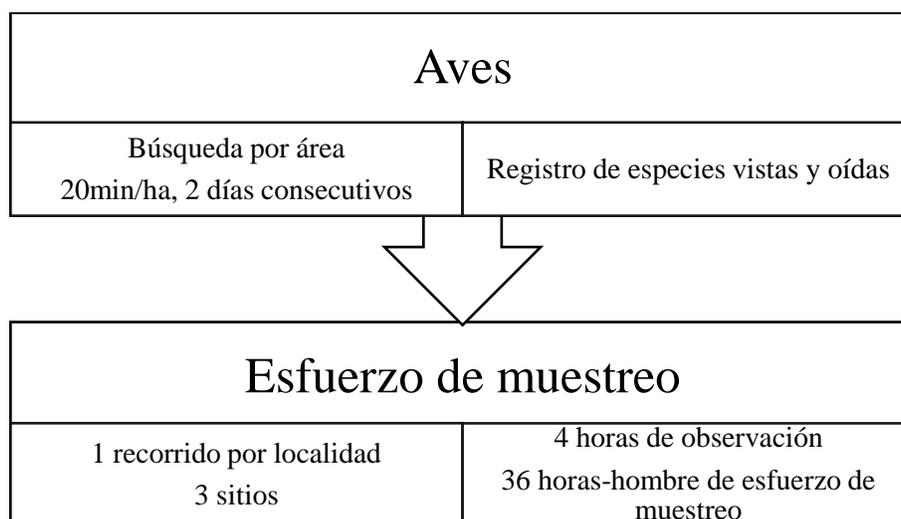


FIGURA 7. Distribución de método y esfuerzo de muestreo para aves.

b. Mamíferos

Para este taxón se evaluaron solo mamíferos de tamaño mediano y grande, debido a la cantidad de tiempo y disponibilidad de recursos para realizar los muestreos. Se utilizó el método de cámaras trampa ya que esta es una herramienta útil para el monitoreo de comunidades de vertebrados terrestres. (Larsen, T, 2016). No se utilizó ningún tipo de cebo o sustancia atrayente en el sitio de la cámara ya que estos pueden causar sesgos como resultado de la alteración del comportamiento de las especies (Lizcano, 2018; Ibáñez, 2015). Los individuos fueron identificados con el libro: A Field Guide to the Mammals of Central America & Southeast Mexico (Reid, 2009).

En cuanto a la instalación y registro de cámaras trampa en campo se tomaron en cuenta: fecha, hora, número de cámara y coordenadas. Se utilizaron un total de 7 cámaras por visita, y se realizaron 6 visitas para la colocación de las cámaras, dando un total de 42 colocaciones de cámaras utilizadas para el muestreo. Estas tuvieron un tiempo de grabación de 7 días, colocadas con una separación de 400 metros de distancia debido a la topografía y dificultad del terreno. Se realizó un esfuerzo de muestreo de 1764 trampas-noche (Hurtado &Soto, 2017; Chávez *et al*, 2013; Díaz y Payan, 2012; Pereira, 2014).

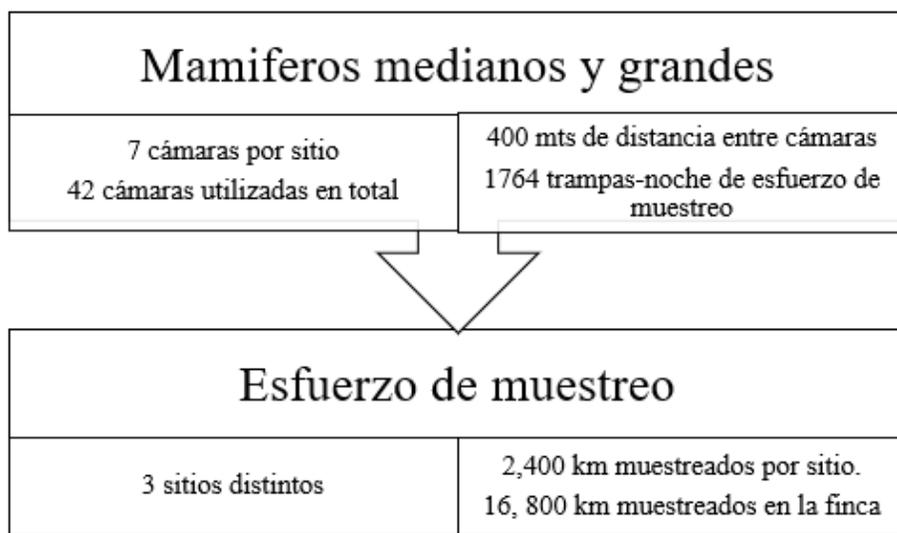


FIGURA 8. Distribución de método y esfuerzo de muestreo

c. Anfibios y reptiles

Se utilizó el método de encuentro visual, cual consistió en desplazarse a través de un área registrando todos los anfibios y reptiles observados, estas rutas de recorrido tuvieron un esfuerzo de muestreo estandarizado por unidad de tiempo en cada hábitat. Los muestreos fueron realizados de 9:30 a 10:30 pm. El esfuerzo de muestreo fue de 48 horas-hombre durante los 7 meses de muestreo. Este método permitió obtener la riqueza de especies (Aguirre, 2011). Los individuos observados fueron identificados en campo con el uso de registro fotográfico y los libros: Amphibians of Central America (Köhler, 2011) y Reptiles of Central America (Köhler, 2008).

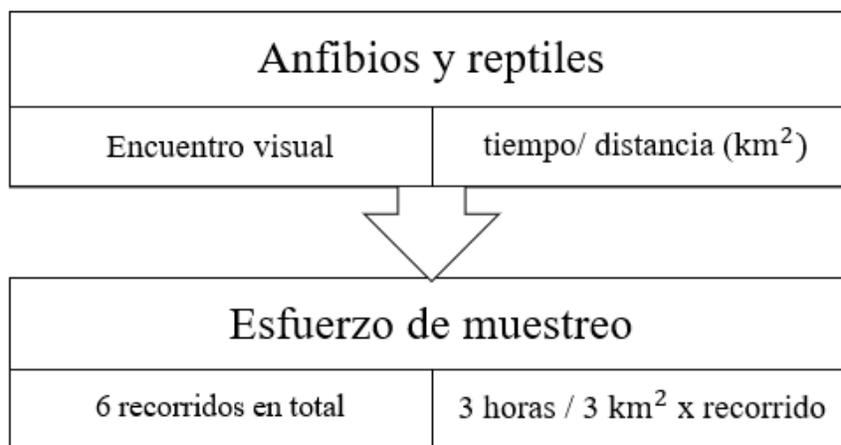


FIGURA 9. Distribución de método y esfuerzo de muestreo

5. Análisis de datos

a. Flora

1) Índice de valor de importancia (IVIs)

Este índice de valor de importancia simplificado permite dar una medida relativa del potencial competitivo que presenta una localidad, las comunidades de diferentes especies asociadas a los cultivos, dominancia y composición del bosque (Cachay, 2010). Se logra calcular mediante la suma de tres parámetros, la dominancia, densidad y frecuencia (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Soler, Berroterán, Gil y Acosta, 2012).

El índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$IVIs = D_r + F_r + D_o$$

Siendo:

- D_r = densidad relativa, consiste en el número de individuos por especie/número total de individuos x 100
- F_r = frecuencia relativa, consiste en el número de veces que aparece la especie en cada uno de los subtransectos/sumatoria del área basal total x 100
- D_o = dominancia relativa, consiste en la sumatoria del área basal de todos los individuos de cada especie/sumatoria del área basal total x 100

(García *et al*, 2010; Cachay, 2010).

b. Análisis de diversidad

Se realizaron diferentes análisis para poder determinar la diversidad de los datos obtenidos durante el estudio. Se obtuvo la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si los datos tienen una distribución normal. Además se utilizaron índices de diversidad alfa, beta y un análisis de varianza de 1 vía (ANOVA) el cual permite analizar si existen diferencias en grupos de datos ante una variable de respuesta, como la localidad y la época para el presente estudio.

La diversidad alfa permite evaluar la diversidad de especies a nivel local, analizando el promedio del número de especies en los diferentes sitios. Para calcularla se utilizaron los índices de Shannon y Simpson.

El índice de diversidad de Shannon es utilizado para analizar la heterogeneidad de una comunidad en base al número de especies y su abundancia relativa

El índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i$$

Siendo:

- **i** = cada especie
- **S** = número total de especies
- **π** = abundancia relativa de cada especie en la comunidad.
- **ln** = logaritmo natural

(Pla, 2006).

El índice de Simpson permite analizar la probabilidad de que dos individuos seleccionados de forma aleatoria de una muestra correspondan a la misma especie.

El índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$\lambda = \sum \left(\frac{n^2}{N^2} \right) = \sum P_i^2$$

Siendo:

- **n** = número total de individuos de una especie.
- **N** = número total de individuos de todas las especies.
- **P_i** = abundancia proporcional de la especie

(Villareal *et al*, 2006).

La diversidad beta se determinó utilizando los índices de similitud de Sorensen y el índice de Jaccard. Esta permite evaluar el cambio en la composición de las comunidades biológicas, analizando de manera cuantitativa el número de comunidades totalmente diferentes (Baselga y Rodríguez, 2019).

El índice de similitud de Sorensen permite analizar la relación de la abundancia de especies compartidas con la abundancia total de dos sitios de muestreo.

El índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{Scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Siendo:

- **aN** = número total de individuos en el sitio A
- **bN** = número total de individuos en el sitio B
- **pN** = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

(Villareal *et al*, 2006).

El índice de Jaccard, el cual es un coeficiente que permite analizar la semejanza entre comunidades. Este se basa en la relación de presencia-ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas y en el número total de especies

El índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$IS_J = \left[\frac{c}{(a + b + c)} \right] 100$$

Siendo:

- **a** = el número de especies exclusivas de la comunidad A.
- **b** = el número de especies exclusivas de la comunidad B
- **c** = el número de especies comunes para ambas comunidades

(Kent y Coker, 1992; Badii, Landeros y Cerna, 2008).

c. Curva de acumulación de especies de flora y fauna

Las curvas de acumulación tienen gran utilidad para contrastar la riqueza de especies en varias localidades, la cual consiste en evaluar la frecuencia de adicionar una especie, no avistada previamente y como esta decrece con el tiempo (Angulo *et al*, 2006). Este método permite conocer el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de muestreo en un sitio (Espinosa, 2003).

Su análisis consiste en que al inicio de la gráfica comienza siendo elevada, por lo general de tipo exponencial, pero a medida que se continúa con el muestreo se encuentran especies más raras y la cantidad de especies se normaliza. Esto sirve como estimador para medir si la cantidad de esfuerzo efectuado es efectivo para estudiar la biodiversidad de un área (Jiménez, 2000).

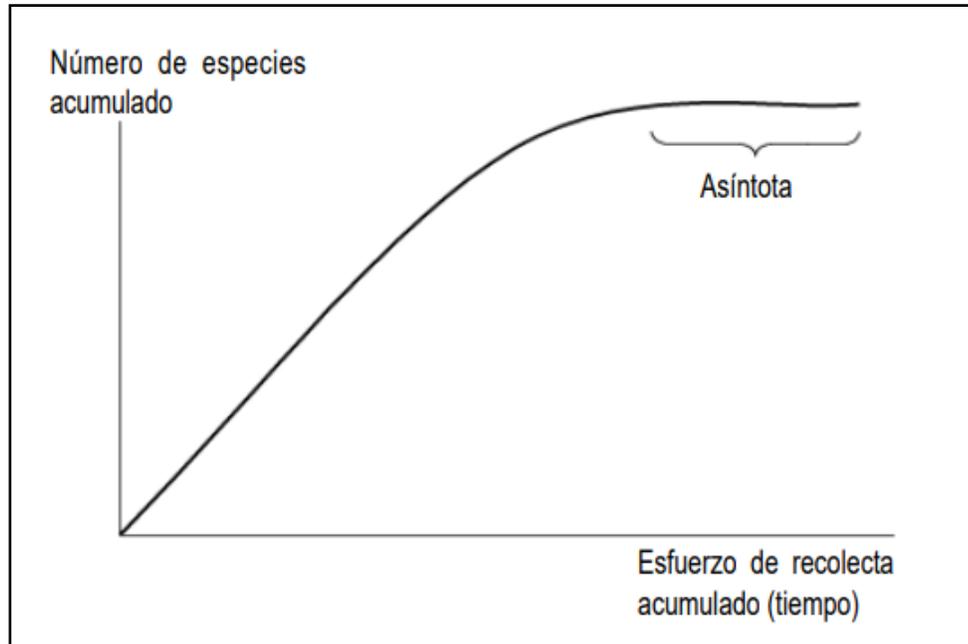


FIGURA 10. Curva de acumulación de especies.

(Espinosa, 2003).

d. Evaluación del estado de conservación de flora y fauna

1) Grado de amenaza

Se determinó el grado de amenaza de cada especie de flora y fauna realizando una búsqueda exhaustiva de las especies incluidas en el CITES (Convenio Internacional de Tráfico de Especies), la Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y LEA (Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas).

- **CITES**

Este listado incluye 9 categorías para la clasificación de amenaza para cada especie.

- **Apéndice I:** Incluye especies en peligro de extinción afectadas por el comercio.
- **Apéndice II:** Incluye especies que no están en peligro de extinción, pero podrían llegar a estarlo si no se crea una reglamentación del comercio de estas.
- **Apéndice III:** Incluye especies que cualquiera de las partes firmantes del convenio manifiesta que se encuentra sometida a reglamentación para prevenir la explotación y comercio.

- **IUCN**

Este listado incluye 9 categorías para la clasificación de amenaza para cada especie.

- **NE:** no evaluados
- **DD:** datos insuficientes
- **LC:** preocupación menor
- **NT:** casi amenazado
- **VU:** vulnerable
- **EN:** en peligro
- **CR:** en peligro crítico
- **EW:** extinto en estado silvestre
- **EX:** extinto

- **LEA**

Este listado incluye 3 categorías para la clasificación de amenaza para cada especie.

- **Categoría 1:** Incluye especies que se encuentran en peligro de extinción.
- **Categoría 2:** Incluye especies de distribución restringida a un solo tipo de hábitat (endémicas).
- **Categoría 3:** Incluye especies que no están en peligro de extinción, pero podrían llegar a estarlo si su aprovechamiento no se regula.

VI. RESULTADOS

A. Caracterización de biodiversidad

1. Flora

a. Listado de especies por sitio y estados de conservación

CUADRO 1. Listado de especies de plantas por familia, especie, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
1	Acanthaceae	<i>Justicia aurea</i> Schltldl.	-	-	-	X		
2		<i>Aphelandra heydeana</i> J.D.Sm.	-	-	-	X		
3		<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	-	-	-	X		
4	Actinidiaceae	<i>Saurauia oreophila</i> Hemsl.	-	VU	2	X	X	X
5		<i>Saurauia kegeliana</i> Schltldl.	-	-	-	X	X	X
6	Anacardiaceae	<i>Spondias radlkoferi</i> Donn. Sm.	-	LC	-		X	X
7	Araceae	<i>Spathiphyllum</i> sp.	-	-	-	X		
8		<i>Anthurium</i> sp.	-	-	-	X		
9		<i>Monstera</i> sp.	-	-	3	X	X	X
10	Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch	-	LC	-	X	X	X
11		<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Dec ne & Planch.	-	-	-	X	X	X
12		<i>Oreopanax sanderianus</i> Hemsl.	-	-	-	X	X	X
13	Arecaceae	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.	-	LC	1	X	X	X
14		<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	-	LC	-	X		
15	Asparagaceae	<i>Yucca gigantea</i> Lem.	-	-	-	X		
16	Aspleniaceae	<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	-	-	-	X	X	X
17	Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.	-	-	-	X		
18	Cactaceae	<i>Disocactus eichlamii</i> (Weing.) Britton & Rose	II	EN	2	X	X	X
19	Clusiaceae	<i>Clusia flava</i> Jacq.	-	LC	-			X
20	Compositae	<i>Montanoa hibiscifolia</i> Benth	-	-	-		X	X
21	Cordiaceae	<i>Cordia dentata</i> Poir.	-	LC	-	X	X	X
22	Costaceae	<i>Costus barbatus</i> Suess*	-	CR	-		X	

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
23	Cucurbitaceae	<i>Sechium compositum</i> (Donn.Sm.) C.Jeffrey	-	-	-	X	X	
24	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	-	LC	-	X	X	X
25	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris</i> sp.	-	-	-	X	X	X
26	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea tuerckheimii</i> Donn.Sm.	-	LC	-	X	X	
27	Euphorbiaceae	<i>Acalypha macrostachya</i> Jacq.	-	LC	-	X	X	
28		<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	-	LC	-	X	X	X
29	Fagaceae	<i>Quercus skinneri</i> Benth	-	NT	3	X	X	X
30		<i>Quercus lancifolia</i> Schttld. & Cham.	-	LC	3	X	X	X
31	Gramineae	<i>Chusquea liebmannii</i> E.Fourn. *	-	-	-		X	X
32		<i>Chusquea pittieri</i> Hack.	-	-	-		X	X
33		<i>Chusquea longifolia</i> Swallen	-	-	-		X	X
34		<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C.Wendl.	-	-	-	X		
35	Heliconiaceae	<i>Heliconia collinsiana</i> Griggs	-	-	-	X	X	
36	Juglandaceae	<i>Alfaroa costaricensis</i> Standl.	-	LC	-		X	X
37	Lamiaceae	<i>Aegiphila falcata</i> Donn.Sm.	-	-	-		X	
38	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	-	-	-	X	X	X
39	Leguminosae	<i>Inga micheliana</i> Harms	-	LC	-	X		
40		<i>Inga paterno</i> Harms	-	LC	-	X		
41		<i>Inga sapindoides</i> Willd.	-	LC	-	X	X	
42		<i>Bauhinia unguolata</i> L.	-	LC	-	X		
43		<i>Acacia hirtipes</i> Saff. Saff.	-	-	-	X		
44		<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	-	LC	-		X	X
45	Magnoliaceae	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	-	LC	-	X		
46	Malvaceae	<i>Heliocarpus mexicanus</i> (Turcz.) Sprague	-	LC	-		X	X
47		<i>Chiranthodendron pentadactylon</i> Larreat.	-	LC	1			X
48	Margaviaceae	<i>Marcgravia</i> sp. L.	-	-	-	X		
49	Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	II	LC	2		X	X
50		<i>Trichilia hirta</i> L.	-	LC	-		X	X
51	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	-	LC	-	X	X	X
52		<i>Ficus glaucescens</i> (Liebm.) Miq.	-	-	-	X		
53		<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	-	LC	-	X	X	X
54	Myrtaceae	<i>Eucalyptus paniculata</i> Sm.*	-	NT	-	X		
55	Onagraceae	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims.	-	-	-			X

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	ICUN	LEA	1	2	3
56	Orchidaceae	<i>Guarianthe skinneri</i> (Bateman) Dressler & W.E.Higgins	II	-	3	X		
57		<i>Epidendrum ciliare</i> L.	II	-	3	X		
58	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schtdl.	-	LC	-	X	X	
59		<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	-	LC	-	X		X
60	Primulaceae	<i>Parathesis columnaris</i> Lundell	-	-	-	X	X	X
61	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	-	-	-	X		
62		<i>Cosmibuena matudae</i> (Standl.) L.O. Williams**	-	-	-	X	X	X
63		<i>Hoffmannia cauliflora</i> Hemsl.	-	CR	-		X	X
64		<i>Psychotria trichotoma</i> M.Martens & Galeotti	-	LC	-		X	X
65		<i>Psychotria marginata</i> Sw.*	-	-	-		X	X
66	Salicaceae	<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.		LC				X
67	Symplocaceae	<i>Symplocos</i> sp.	-	-	-		X	X
68	Tiliaceae	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC) Baill	-	-	-		X	X
69	Urticaceae	<i>Urera alceifolia</i> (Poir.) Gaudich.	-	-	-	X	X	X
70		<i>Cecropia peltata</i> L.	-	LC	-	X	X	X
71		<i>Urera caracasana</i> (Jacq) Griseb	-	LC	-	X	X	X
72	Verbenaceae	<i>Lippia umbellata</i> Cav.	-	-	-	X	X	X
Especies por sitio						50	45	42

En el Cuadro 1, se describen las 72 especies de plantas identificadas por familia y especie. Se registraron 36 especies arbóreas y 36 especies entre arbustivas, herbáceas, epifitas, helechos y orquídeas. Según la IUCN se obtuvieron 30 especies en categoría de preocupación menor (LC), 2 especies en estado crítico (CR), 1 especie en peligro (EN) y 2 especies casi amenazadas (NT). De las 72 especies de flora, 36 no se encuentran evaluadas en la IUCN. En cuanto a CITES, se obtuvieron 4 especies en categoría (II). Sin embargo, 68 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y según la LEA, 2 especies se encuentran en categoría (1), 3 especies en categoría (2) y 4 especies en categoría (3), 64 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

b. Fotografías

CUADRO 2. Fotografías de algunas especies de plantas registradas en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.



Guarianthe skinneri (Bateman)
Dressler & W.E.Higgins



Heliconia collinsiana Griggs



Chamaedorea pinnatifrons (Jacq.)
Oerst.



Marcgravia sp.



Disocactus eichlamii (Weing.)
Britton & Rose



*Chiranthodendron
pentadactylon* Larreat.



Ficus citrifolia Mill.



Cosmibuena matudae (Standl.)
L.O. Williams**



Montanoa hibiscifolia Benth



Cojoba arborea (L.) Britton & Rose



Xylosma flexuosa (Kunth) Hemsl.



Yucca gigantea Lem.



Oreopanax xalapensis (Kunth) Decne & Planch



Fotografías por: Luis González

En el Cuadro 2 se observan algunas de las especies más representativas de la flora para la Finca El Zur. Las especies son *Guarianthe skinneri*, *Heliconia collinsiana*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *Marcgravia sp.*, *Disocactus eichlamii*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Ficus citrifolia*, *Cosmibuena matudae*, *Montanoa hibiscifolia*, *Cojoba arborea*, *Xylosma flexuosa*, *Yucca gigantea* y *Oreopanax xalapensis*.

c. Riqueza de familias

1) General

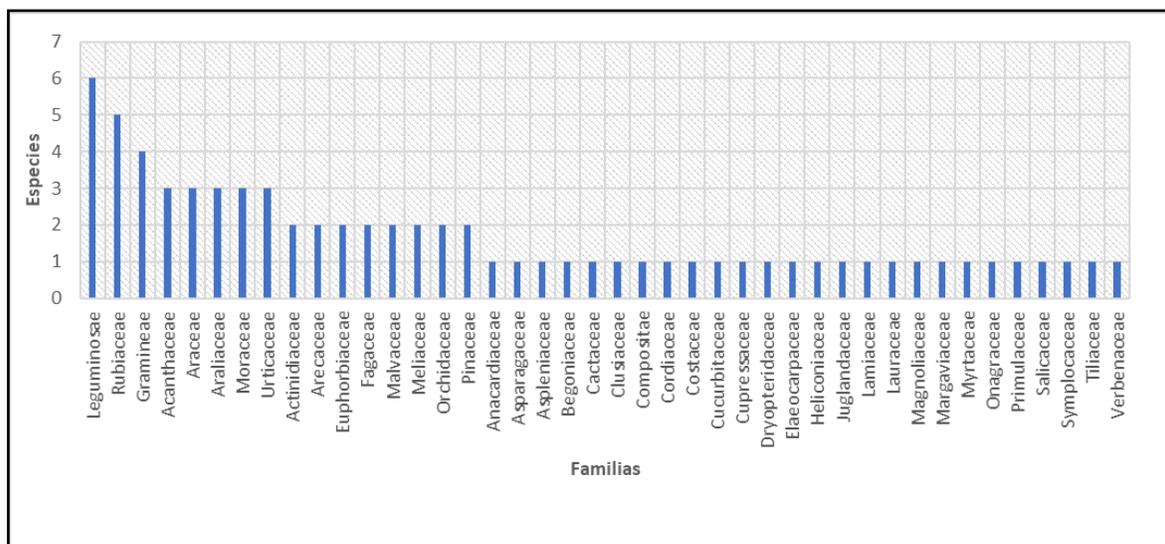


FIGURA 11. Distribución de especies de flora por familia de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 11, la familia más abundante fue Leguminosae, seguido de Rubiaceae y Gramineae. Las especies más abundantes para la familia Leguminosae son: *Inga micheliana*, *Inga paterno*, *Inga sapindoides*, *Bauhinia unguolata*, *Acacia hirtipes* y *Cojoba arborea*. Para la familia Rubiaceae son: *Coffea arabica*, *Cosmibuena matudae*, *Hoffmannia cauliflora*, *Psychotria trichotoma*, y *Psychotria marginata*. Y por último para la familia Gramineae son: *Chusquea liebmannii*, *Chusquea pittieri*, *Chusquea longifolia* y *Bambusa vulgaris*.

2) Por sitio de muestreo

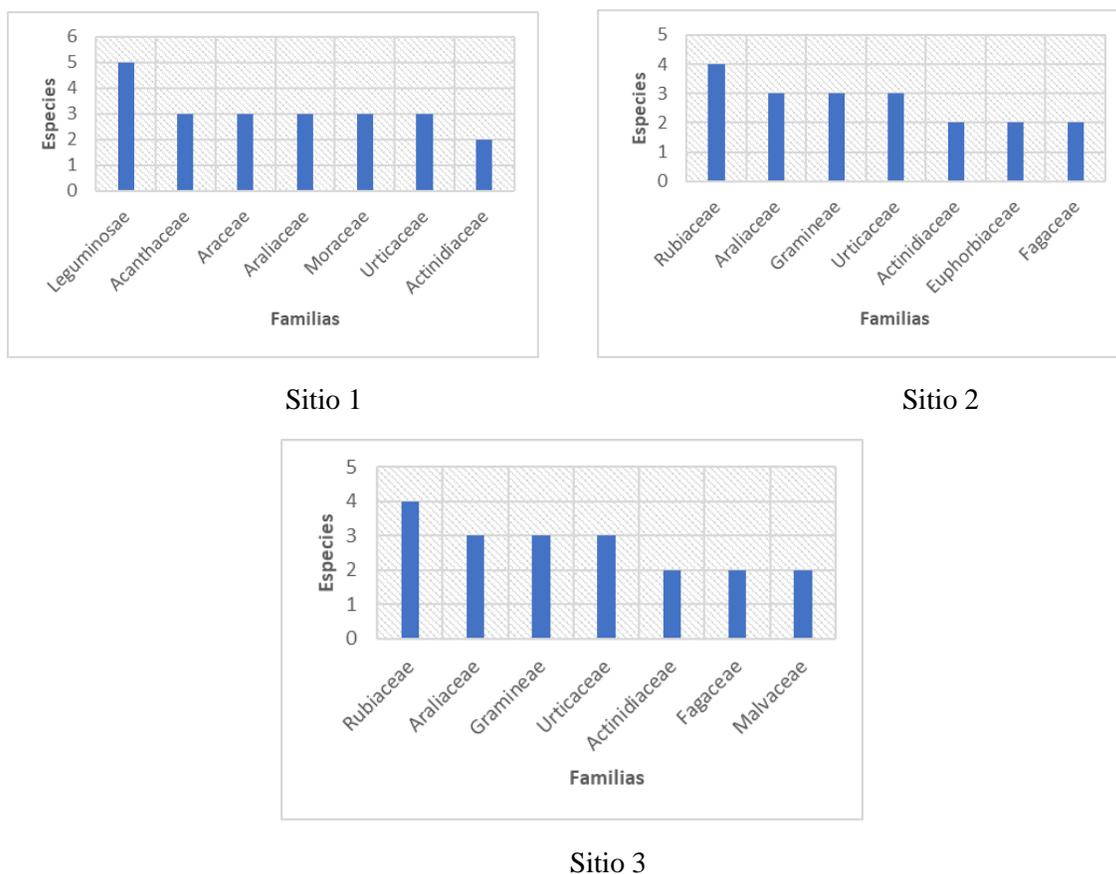


FIGURA 12. Distribución de especies de flora por familia por sitio de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 12, la familia más abundante para el sitio 1 fue Leguminosae, para el sitio 2 y 3 fue Rubiaceae. Las especies más comunes de cada familia por sitio son: Sitio 1) *Inga micheliana*, *Inga paterno*, *Inga sapindoides* y *Acacia hirtipes*. Sitio 2 y 3) *Cosmibuena matudae*, *Hoffmannia cauliflora*, *Psychotria trichotoma* y *Psychotria marginata*.

d. Índice de valor de importancia (IVI)

Se calcularon los índices de valor de importancia (IVI) del total de árboles muestreados en las parcelas (Cuadro 12 en Anexos). De los IVI de mayor valor de importancia se obtuvieron los árboles más importantes para la finca.

1) General

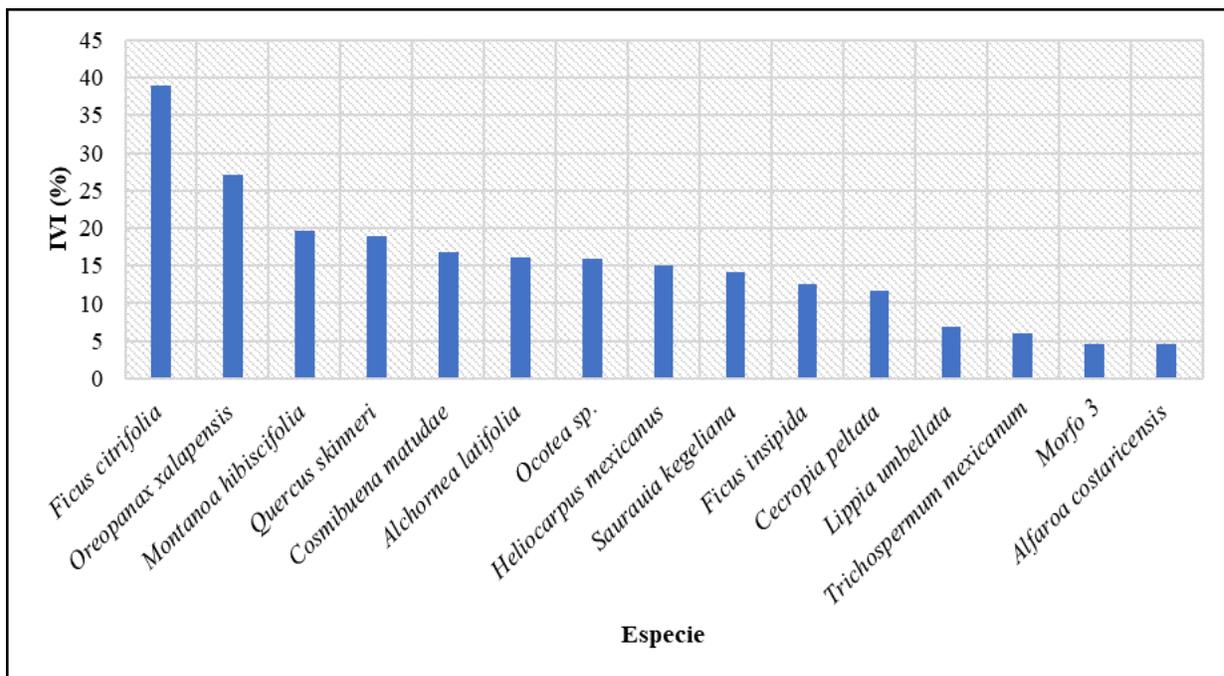


FIGURA 13. Índice de valor de importancia (IVI) general de las especies de flora de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 13, la especie con el índice de valor de importancia más alto es *Ficus citrifolia* (39%) seguido por *Oreopanax xalapensis* (27.07%), *Montanoa hibiscifolia* (19.69%) y *Quercus skinneri* (19%). Las especies con un valor medio son *Cosmibuena matudae* (16.75%), *Alchornea latifolia* (16.15%) *Ocotea sp.* (15.87%), *Heliocarpus mexicanus* (15.09%), *Saurauia kegeliana* (14.17%), *Ficus insipida* (13.54%) y *Cecropia peltata* (11.66%). Las especies con un valor bajo son *Lippia umbellata* (6.88%), *Trichospermum mexicanum* (6.02%), Morfo 3 (4.66%) y *Alfaroa costaricensis* (4.60%).

2) Por sitio de muestreo

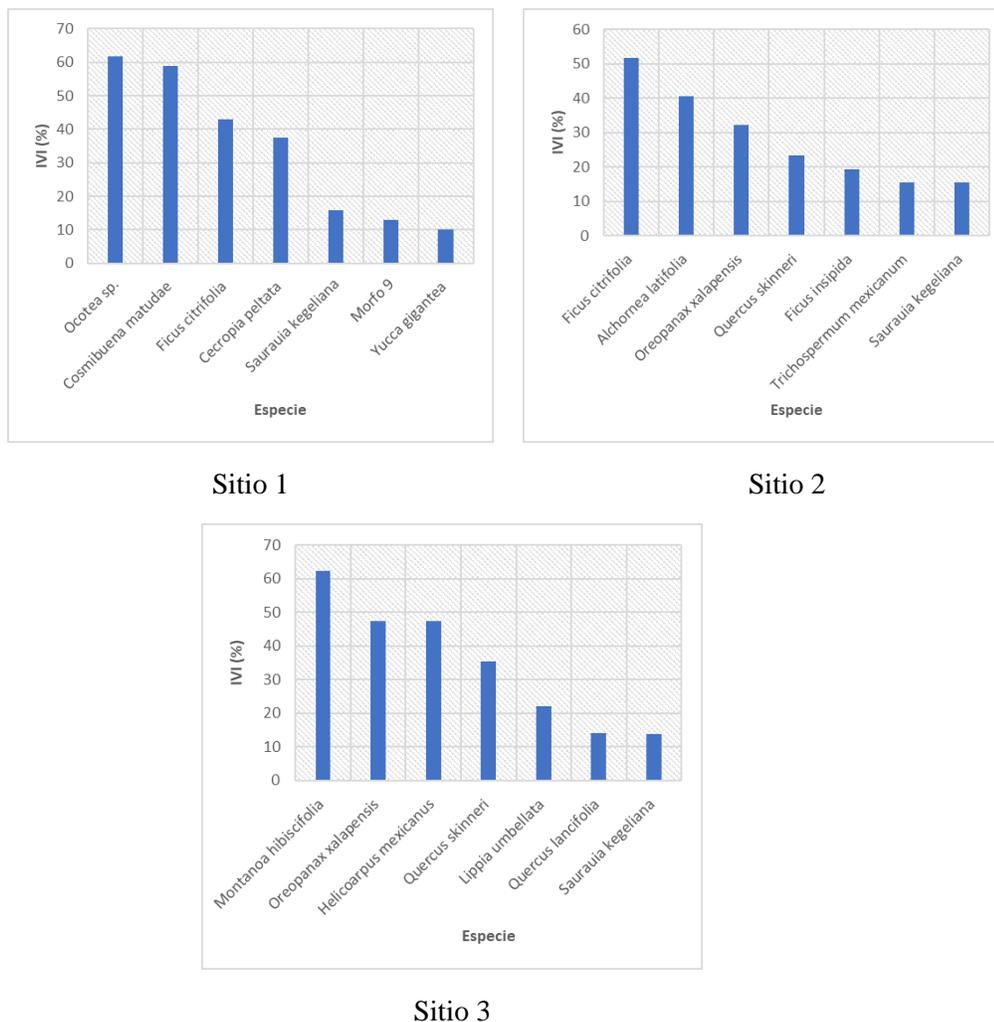


FIGURA 14. Índice de valor de importancia (IVI) por sitio de muestreo de las especies de flora de la Finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 14, la especie con el índice de valor de importancia más alto para el sitio 1 es *Ocotea sp.* (61.73%), seguido por *Cosmibuena matudae* (58.83%), para el sitio 2 es *Ficus citrifolia* (51.75%) seguido por *Alchornea latifolia* (40.68%) y para el sitio 3 es *Montanoa hibiscifolia* (62.36%). Las especies con un valor medio para el sitio 1 son *Ficus citrifolia* (43.02%) y *Cecropia peltata* (37.49%), para el sitio 2 son *Oreopanax xalapensis* (32.11%) y *Quercus skinneri* (23.5%) y para el sitio 3 son *Oreopanax xalapensis* (47.34%), *Heliocarpus mexicanus* (47.29%) y *Quercus skinneri* (35.33%). Las especies con un valor bajo para el sitio 1 son *Saurauia kegeliana* (15.83%), Morfo 9 (13.06%) y *Yucca gigantea* (10.19%), para el sitio 2 son *Ficus insipida* (19.38%), *Trichospermum mexicanum* (15.59%) y *Saurauia kegeliana* (15.42%) y para el sitio 3 son *Lippia umbellata* (22.08%), *Quercus lancifolia* (14.10%) y *Saurauia kegeliana* (13.76%).

2. Fauna

a. Aves

1) Listado general de especies por sitio y estados de conservación

CUADRO 3. Listado de especies de aves por familia, especie, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	UICN	LEA	1	2	3
1	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	-	LC	3	X	X	X
2	Cracidae	<i>Ortalis leucogastra</i>	-	LC	-	X		
3		<i>Penelopina nigra</i>	III	VU	2		X	X
4	Odontophoridae	<i>Dendrortyx leucophrys</i>	-	LC	3	X		
5		<i>Dactylortyx thoracicus</i>	-	LC	-		X	X
6		<i>Odontophorus guttatus</i>	-	LC	-		X	X
7	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	-	LC	3	X	X	X
8		<i>Columbina inca</i>	-	LC	-	X		
9		<i>Columbina passerina</i>	-	LC	-	X		
10		<i>Columbina talpacoti</i>	-	LC	-	X		
11		<i>Leptotila verreauxi</i>	-	LC	-	X	X	X
12		<i>Zentrygon albifacies</i>	-	LC	-	X	X	X
13		<i>Zenaida asiatica</i>	-	LC	-	X		
14	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	-	LC	-	X	X	
15		<i>Tapera naevia</i>	-	LC	-	X		
16		<i>Piaya cayana</i>	-	LC	-	X	X	X
17	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	-	LC	-	X	X	
18		<i>Antrostomus arizonae</i>	-	LC	-		X	
19	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	-	LC	-	X	X	X
20		<i>Chaetura vauxi</i>	-	LC	-	X	X	X
21	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>	II	LC	-		X	
22		<i>Lampornis viridipallens</i>	II	LC	3		X	X
23		<i>Archilochus colubris</i>	II	LC	-	X	X	
24		<i>Basilinna leucotis</i>	II	LC	-		X	
25		<i>Pampa rufa</i>	-	LC	3	X	X	
26		<i>Campylopterus hemileucurus</i>	II	LC	-	X	X	
27		<i>Saucerottia cyanocephala</i>	-	LC	-	X	X	X
28		<i>Saucerottia beryllina</i>	II	LC	-		X	

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
29		<i>Saucerottia cyanura</i>	II	LC	3		X	X
30		<i>Amazilia rutila</i>	II	LC	-		X	X
31	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	-	LC	-	X	X	X
32		<i>Cathartes aura</i>	-	LC	-	X	X	X
33	Accipitridae	<i>Spizaetus tyrannus</i>	II	LC	3	X	X	
34		<i>Buteo plagiatus</i>	II	LC	-	X		
35		<i>Buteo platypterus</i>	II	LC	-	X	X	
36		<i>Buteo albonotatus</i>	II	LC	3	X		
37	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	II	LC	3	X	X	X
38		<i>Ciccaba virgata</i>	II	LC	3	X	X	
39	Trogonidae	<i>Trogon caligatus</i>	-	LC	-	X	X	
40		<i>Trogon collaris</i>	-	LC	3	X	X	X
41	Momotidae	<i>Hylomanes momotula</i>	-	LC	3	X	X	
42		<i>Aspatha gularis</i>	-	LC	3	X	X	X
43		<i>Momotus lessonii</i>	-	LC	-	X	X	X
44		<i>Eumomota superciliosa</i>	-	LC	-	X		
45	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	-	LC	3	X	X	X
46	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	-	LC	-	X	X	
47		<i>Dryobates villosus</i>	-	LC	-		X	X
48		<i>Dryocopus lineatus</i>	-	-	-		X	
49		<i>Colaptes rubiginosus</i>	-	-	-	X	X	X
50		<i>Colaptes auratus</i>	-	-	-	X		
51	Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	II	LC	3		X	X
52		<i>Herpetotheres cachinnans</i>	II	LC	3	X		
53		<i>Falco sparverius</i>	II	LC	3	X		
54	Psittacidae	<i>Eupsittula canicularis</i>	II	VU	3	X	X	
55		<i>Psittacara strenuus</i>	II	-	3	X	X	
56	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	-	LC	-	X	X	
57	Furnariidae	<i>Sclerurus mexicanus</i>	-	LC	3	X	X	
58		<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	-	LC	-		X	
59		<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	-	LC	3		X	X
60		<i>Anabacerthia variegaticeps</i>	-	LC	3	X	X	
61		<i>Clibanornis rubiginosus</i>	-	LC	3	X	X	
62		<i>Synallaxis erythrothorax</i>	-	LC	-	X		

No.	FAMILIAS	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
63	Pipridae	<i>Chiroxiphia linearis</i>	-	LC	-	X		
64	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	-	LC	-	X	X	
65	Tyrannidae	<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	-	LC	3	X		
66		<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	-	LC	-	X	X	
67		<i>Zimmerius vilissimus</i>	-	LC	-	X	X	X
68		<i>Contopus cooperi</i>	-	NT	3		X	
69		<i>Contopus pertinax</i>	-	LC	-	X	X	X
70		<i>Contopus sordidulus</i>	-	LC	-	X	X	
71		<i>Contopus cinereus</i>	-	-	-		X	
72		<i>Empidonax flaviventris</i>	-	LC	-	X	X	
73		<i>Empidonax minimus</i>	-	LC	-	X	X	X
74		<i>Empidonax flavescens</i>	-	LC	-	X	X	
75		<i>Myiarchus tuberculifer</i>	-	LC	-	X	X	
76		<i>Pitangus sulphuratus</i>	-	LC	-	X	X	
77		<i>Megarynchus pitangua</i>	-	LC	-	X	X	
78		<i>Myiozetetes similis</i>	-	LC	-	X	X	
79		<i>Myiodynastes luteiventris</i>	-	LC	-	X	X	
80		<i>Tyrannus melancholicus</i>	-	LC	-	X		
81	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	-	LC	-	X	X	X
82		<i>Pachysylvia decurtata</i>	-	LC	-		X	
83		<i>Vireo flavifrons</i>	-	LC	-	X	X	
84		<i>Vireo solitarius</i>	-	LC	-	X	X	
85		<i>Vireo olivaceus</i>	-	LC	-	X		
86		<i>Vireolanius melitophrys</i>	-	LC	3			X
87	Corvidae	<i>Cyanocorax melanocyaneus</i>	-	LC	-	X	X	X
88	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	-	LC	-	X	X	X
89		<i>Progne chalybea</i>	-	LC	-	X		
90	Poliophtilidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	-	LC	-	X		
91	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	-	LC	-	X	X	X
92		<i>Troglodytes rufociliatus</i>	-	LC	3		X	X
93		<i>Campylorhynchus zonatus</i>	-	LC	-	X		
94		<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	-	LC	-	X		
95		<i>Pheugopedius maculipectus</i>	-	LC	-		X	X
96		<i>Thryophilus rufalbus</i>	-	LC	-		X	X
97		<i>Cantorchilus modestus</i>	-	LC	-	X	X	X
98		<i>Henicorhina leucosticta</i>	-	LC	3	X		

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
99		<i>Henicorhina leucophrys</i>	-	LC	3		X	X
100	Mimidae	<i>Melanotis hypoleucus</i>	-	LC	-		X	X
101	Turdidae	<i>Myadestes occidentalis</i>	-	LC	3	X	X	X
102		<i>Catharus aurantirostris</i>	-	LC	-	X	X	X
103		<i>Catharus dryas</i>	-	LC	3	X	X	X
104		<i>Catharus ustulatus</i>	-	-	-	X		
105		<i>Hylocichla mustelina</i>	-	LC	2	X	X	
106		<i>Turdus assimilis</i>	-	LC	3	X	X	X
107		<i>Turdus grayi</i>	-	LC	-	X	X	X
108		Fringillidae	<i>Chlorophonia occipitalis</i>	-	LC	3	X	X
109	<i>Euphonia hirundinacea</i>		-	LC	-	X		
110	<i>Coccothraustes abeillei</i>		-	LC	3		X	X
111	<i>Spinus psaltria</i>		-	LC	-	X	X	
112	Passerellidae	<i>Chlorospingus flavopectus</i>	-	LC	-	X	X	X
113		<i>Arremon brunneinucha</i>	-	LC	-	X	X	X
114		<i>Melospiza leucotis</i>	-	LC	-	X		
115		<i>Melospiza biarcuata</i>	-	LC	-	X	X	X
116		<i>Atlapetes albinucha</i>	-	LC	-	X	X	X
117	Icteridae	<i>Amblycercus holosericeus</i>	-	LC	-	X		
118		<i>Icterus pectoralis</i>	-	LC	-	X	X	
119		<i>Icterus gularis</i>	-	LC	-	X		
120		<i>Icterus galbula</i>	-	LC	-	X	X	
121		<i>Molothrus aeneus</i>	-	LC	-	X		
122		<i>Dives dives</i>	-	LC	-	X	X	
123		<i>Quiscalus mexicanus</i>	-	LC	-	X		
124	Parulidae	<i>Seiurus aurocapilla</i>	-	LC	-	X	X	
125		<i>Helmitheros vermivorum</i>	-	LC	3		X	
126		<i>Mniotilta varia</i>	-	LC	-	X	X	X
127		<i>Leiothlypis peregrina</i>	-	LC	-	X	X	
128		<i>Setophaga magnolia</i>	-	LC	-	X	X	
129		<i>Setophaga petechia</i>	-	LC	-	X		
130		<i>Setophaga pensylvanica</i>	-	LC	-		X	
131		<i>Setophaga townsendi</i>	-	LC	-	X	X	X
132		<i>Setophaga virens</i>	-	LC	-		X	X

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
133		<i>Basileuterus lachrymosus</i>	-	LC	3	X		
134		<i>Basileuterus belli</i>	-	LC	3			X
135		<i>Basileuterus culicivorus</i>	-	LC	-	X		
136		<i>Cardellina pusilla</i>	-	LC	-	X	X	
137		<i>Myioborus miniatus</i>	-	LC	-	X	X	X
138	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	-	LC	-	X	X	
139		<i>Piranga leucoptera</i>	-	LC	-	X	X	X
140		<i>Pheucticus ludovicianus</i>	-	LC	-	X	X	
141		<i>Passerina caerulea</i>	-	LC	-	X		
142		<i>Amaurospiza concolor</i>	-	LC	-		X	
143	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	-	LC	-		X	
144		<i>Thraupis abbas</i>	-	LC	-	X	X	X
145		<i>Poecilostreptus cabanisi</i>	-	VU	2	X	X	
146		<i>Cyanerpes cyaneus</i>	-	LC	-	X	X	X
147		<i>Volatinia jacarina</i>	-	LC	-	X		
148		<i>Sporophila morelleti</i>	-	LC	-	X		
149		<i>Tiaris olivaceus</i>	-	LC	-	X		
150		<i>Saltator atriceps</i>	-	LC	-	X	X	X
151		<i>Saltator grandis</i>	-	LC	-	X	X	
	Especies por sitio					120	112	59

En el Cuadro 3, se describen las 151 especies de aves identificadas por familia y especie. Según la IUCN se obtuvieron 141 especies en categoría de preocupación menor (LC), 3 especie en estado vulnerable (VU) y 1 especie casi amenazadas (NT). De las 151 especies de aves, 6 no se encuentran evaluadas en la IUCN. En cuanto a CITES, se obtuvieron 18 especies en categoría (II) y 1 especie en categoría (III). Sin embargo, 132 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y según la LEA, 3 especies se encuentran en categoría (2) y 37 especies en categoría (3), 111 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

2) Fotografías

CUADRO 4. Fotografías de algunas especies de aves registradas en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.



Thraupis abbas



Saltator grandis



Cyanerpes cyaneus



Melanerpes aurifrons



Myiozetetes similis



Myiodynastes luteiventris



Momotus lessonii



Coccothraustes abeillei



Chlorophonia occipitalis



Myadestes occidentalis



Piaya cayana



Falco sparverius

Fotografías por: Luis González

En el Cuadro 4 se observan algunas de las especies más representativas de aves para la Finca El Zur. Las especies son *Thraupis abbas*, *Saltator grandis*, *Cyanerpes cyaneus*, *Melanerpes aurifrons*, *Myiozetetes similis*, *Myiodynastes luteiventris*, *Momotus lessonii*, *Coccothraustes abeillei*, *Chlorophonia occipitalis*, *Myadestes occidentalis*, *Piaya cayana* y *Falco sparverius*.

3) Riqueza de familias

a) General

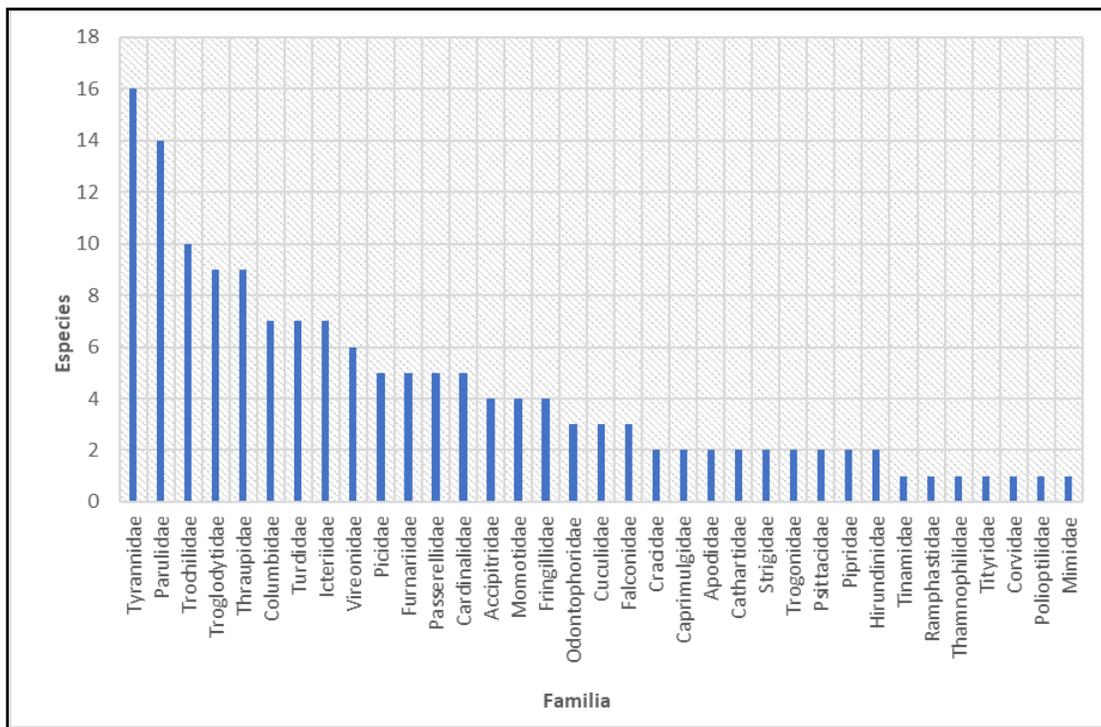


FIGURA 15. Distribución de especies de aves por familia de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 15, la familia más abundante fue Tyrannidae, seguido de Parulidae y Trochilidae. Las especies más abundantes para la familia Tyrannidae son: *Rhynchocyclus brevirostris*, *Tolmomyias sulphureus*, *Zimmerius vilissimus*, *Contopus cooperi*, *Contopus pertinax*, *Contopus sordidulus*, *Contopus cinereus*, *Empidonax flaviventris*, *Empidonax minimus*, *Empidonax flavescens*, *Myiarchus tuberculifer*, *Pitangus sulphuratus*, *Megarynchus pitangua*, *Myiozetetes similis*, *Myiodynastes luteiventris* y *Tyrannus melancholicus*. Para la familia Parulidae son: *Seiurus aurocapilla*, *Helmitheros vermivorum*, *Mniotilta varia*, *Leiostyris petersi*, *Setophaga magnolia*, *Setophaga petechia*, *Setophaga pensylvanica*, *Setophaga townsendi*, *Setophaga virens*, *Basileuterus lachrymosus*, *Basileuterus belli*, *Basileuterus culicivorus*, *Cardellina pusilla* y *Myioborus miniatus*. Y por último para la familia Trochilidae son: *Colibri thalassinus*, *Lampornis viridipallens*, *Archilochus colubris*, *Basilinna leucotis*, *Pampa rufa*, *Campylopterus hemileucurus*, *Saucerottia cyanocephala*, *Saucerottia beryllina*, *Saucerottia cyanura* y *Amazilia rutila*.

b) Por sitio

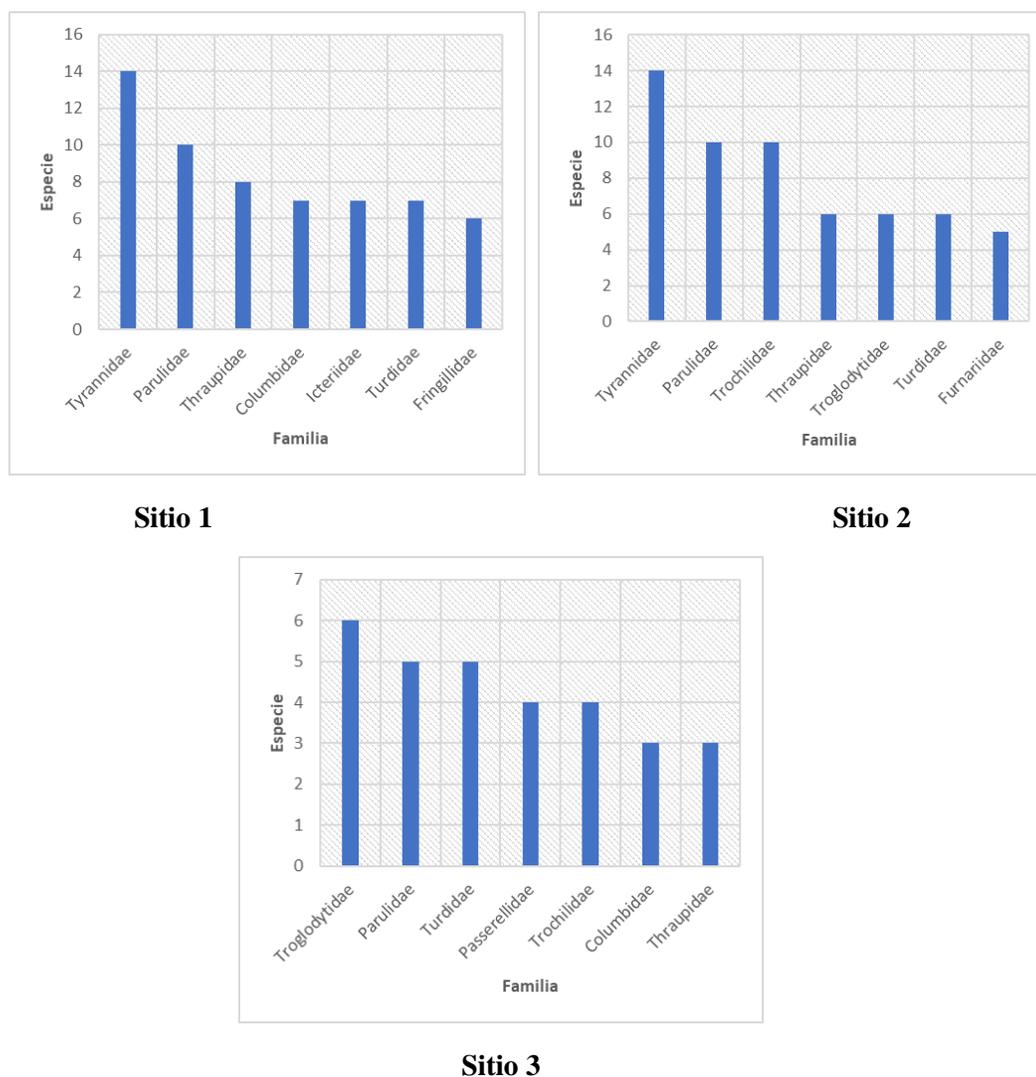


FIGURA 16. Distribución de especies por familia por sitio de muestreo de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 16, la familia más abundante para el sitio 1 fue Tyrannidae y Parulidae, para el sitio 2 son Tyrannidae, Parulidae y Trochilidae y para el sitio 3 son Troglodytidae, Parulidae y Turdidae. Las especies exclusivas de cada familia por sitio son: Sitio 1) *Rhynchocyclus brevirostris* y *Tyrannus melancholicus*. Para el sitio 2 son *Contopus cooperi*, *Contopus cinereus* Y para el sitio 3 son *Zimmerius vilissimus*, *Contopus pertinax* y *Empidonax minimus*.

b. Mamíferos

1) Listado de especies general

CUADRO 5. Listado de especies de mamíferos por familia, especie, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	UICN	LEA	1	2	3
1	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	-	LC	3	X	X	X
2		<i>Canis latrans</i>	-	LC	3			X
3	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	III	LC	3			X
4	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	III	LC	3	X	X	
5	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	-	LC	3	X		
6	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	III	LC	-	X	X	X
7	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	-	LC	-	X	X	X
8	Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>	I	NT	2		X	
9		<i>Puma yagouaroundi</i>	I	LC	2		X	
10	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	-	LC	-	X		
11	Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	-	LC	-			X
12		<i>Potos flavus</i>	III	LC	-			X
13		<i>Nasua narica</i>	III	LC	-			X
14	Sciuridae	<i>Sciurus deppei</i>	-	LC	3	X	X	X
15		<i>Sciurus aureogaster</i>	-	LC	3	X	X	X
Especies por sitio						8	8	10

En el Cuadro 5, se describen las 15 especies de mamíferos identificados por familia y especie. Según la IUCN se obtuvieron 14 especies en categoría de preocupación menor (LC) y 1 especie casi amenazadas (NT). En cuanto a CITES, se obtuvieron 2 especies en categoría (I) y 5 especies en categoría (III). Sin embargo, 8 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y según la LEA, 2 especies se encuentran en categoría (2) y 7 especies en categoría (3), 6 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

2) Fotografías

CUADRO 6. Fotografías de algunas especies de mamíferos registrados en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.



Puma yagouaroundi



Leopardus wiedii



Odocoileus virginianus



Canis latrans



Urocyon cinereoargenteus



Nasua narica



Cuniculus paca



Dasyprocta punctata



Didelphis marsupialis *Dasypus novemcinctus* *Sylvilagus floridanus*
 Fotografías por: Luis González

En el Cuadro 6 se observan algunas de las especies más representativas de mamíferos para la Finca El Zur. Las especies son *Puma yagouaroundi*, *Leopardus wiedii*, *Odocoileus virginianus*, *Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Nasua narica*, *Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Didelphis marsupialis*, *Dasypus novemcinctus* y *Sylvilagus floridanus*.

3) Riqueza de familias

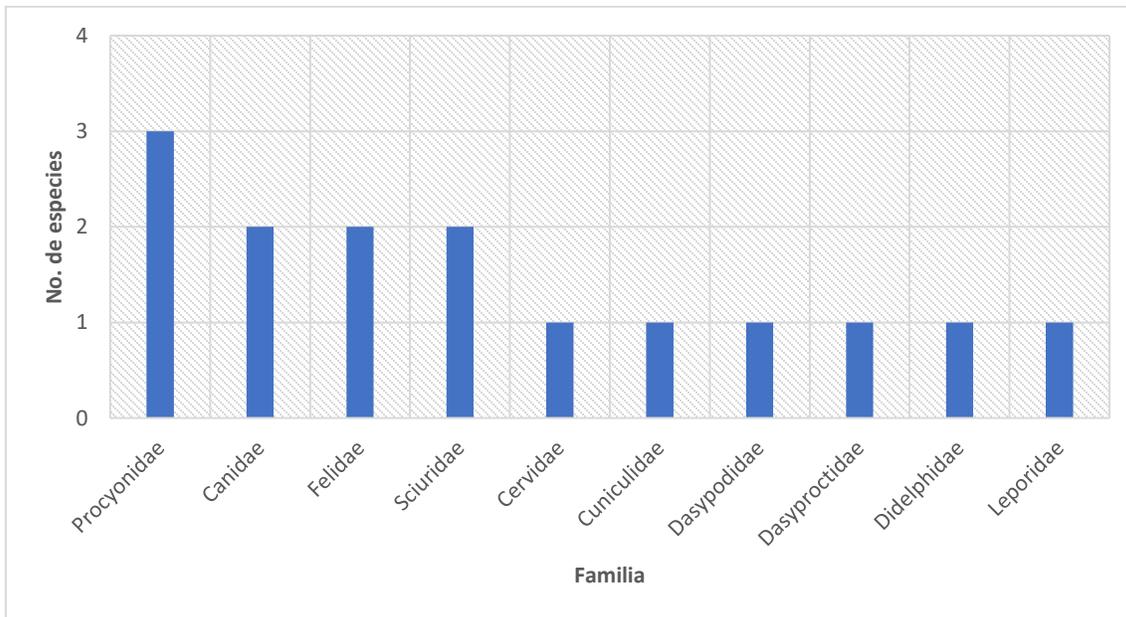


FIGURA 17. Distribución de especies de mamíferos por familia de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 17, la familia más abundante fue Procyonidae, seguido de Canidae, Felidae y Sciuridae. Las especies más abundantes para la familia Procyonidae son: *Bassariscus sumichrasti*, *Potos flavus* y *Nasua narica*. Para la familia Canidae son: *Urocyon cinereoargenteus* y *Canis latrans*. Para la familia Felidae son: *Leopardus wiedii* y *Puma yagouaroundi*. Y por último para la familia Sciuridae son: *Sciurus deppei* y *Sciurus aureogaster*.

c. Anfibios y reptiles

1) Listado de especies general

CUADRO 7. Listado de especies de anfibios y reptiles por familia, especie, grado de conservación y sitio de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

No.	FAMILIA	ESPECIE	Grado de conservación			Sitio de muestreo		
			CITES	IUCN	LEA	1	2	3
1	Boidae	<i>Boa imperator</i>	II	LC	3	X		
2	Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i>	-	-	-	X		
3	Craugastoridae	<i>Craugastor rupinius</i>	-	LC	3	X		
4		<i>Craugastor loki</i>	-	LC	-	X	X	
5		<i>Craugastor stuarti</i>	-	VU	-		X	
6	Dactyloidae	<i>Anolis sp.</i>	-	-	-	X		
7		<i>Norops petersi</i>	-	NT	3	X		
8		<i>Norops crassulus</i>	-	LC	-		X	
9	Dipsadidae	<i>Ninia diademata</i>	-	LC	-	X		
10		<i>Rhadinella godmani</i>	-	LC	-		X	
11		<i>Sibon nebulatus</i>	-	LC	-	X		
12		<i>Geophis rhodogaster</i>	-	LC	-	X	X	
13	Elapidae	<i>Micrurus nigrocintus</i>	-	LC	-	X		
14	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	II	LC	-	X		
15	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus sp.</i>	-	-	-			X
16	Phyllomedusidae	<i>Agalychnis moreletii</i>	II	LC	2	X		X
17	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa kaqchikelorum</i>	-	EN	3		X	X
		Especies por sitio				12	4	3

En el Cuadro 7, se describen las 17 especies de anfibios y reptiles identificados por familia y especie. Según la IUCN se obtuvieron 11 especies en categoría de preocupación menor (LC), 1 especie como vulnerable (VU), 1 especie casi amenazada (NT) y 1 especie en peligro (EN). De las 17 especies de anfibios y reptiles, 3 no se encuentran evaluadas en la IUCN. En cuanto a CITES, se obtuvieron 3 especies en categoría (II). Sin embargo, 8 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y según la LEA, se encontró 1 especie en categoría (2) y 4 especies en categoría (3), 12 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

2) Fotografías

CUADRO 8. Fotografías de algunas especies de anfibios y reptiles registrados en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.



Agalychnis moreletii



Craugastor stuarti



Craugastor rupinius



Craugastor loki



Rhinella horribilis



Norops crassulus



Norops petersi



Bolitoglossa kaqchikelorum





Micrurus nigrocinctus

Rhadinella godmani

Sibon nebulatus



Geophis rhodogaster

Fotografías por: Luis González

En el Cuadro 8 se observan algunas de las especies más representativas de anfibios y reptiles para la Finca El Zur. Las especies son *Agalychnis moreletii*, *Craugastor stuarti*, *Craugastor rupinius*, *Craugastor loki*, *Rhinella horribilis*, *Norops crassulus*, *Norops petersi*, *Bolitoglossa kaqchikelorum*, *Micrurus nigrocinctus*, *Rhadinella godmani*, *Sibon nebulatus* y *Geophis rhodogaster*.

3) Riqueza de familias

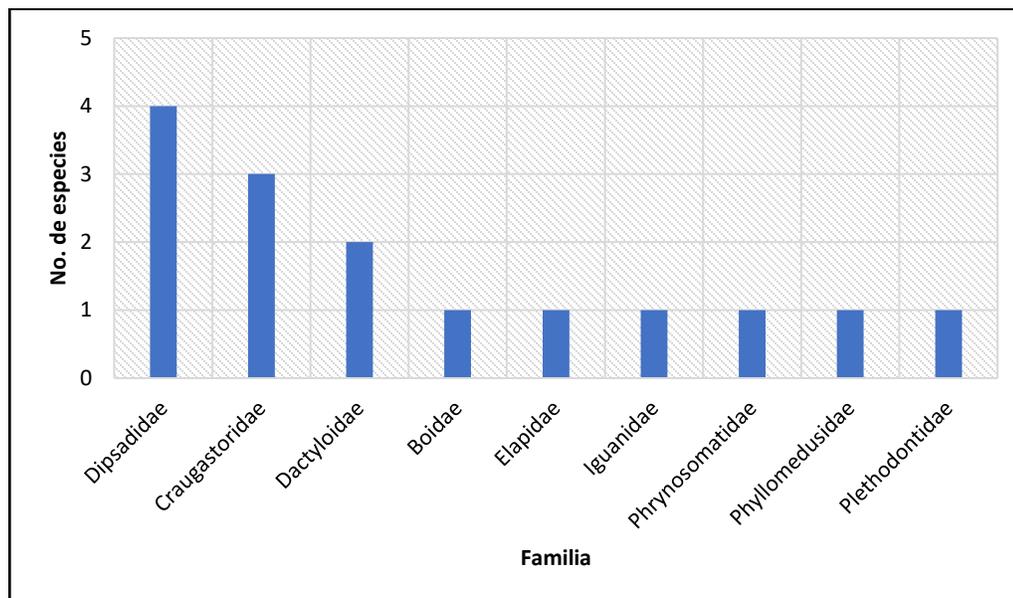


FIGURA 18. Distribución de especies de anfibios y reptiles por familia de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 18, la familia más abundante fue Dipsadidae, seguido de Craugastoridae y Dactyloidae. Las especies más abundantes para la familia Dipsadidae son: *Ninia diademata*, *Rhadinella godmani*, *Sibon nebulatus* y *Geophis rhodogaster*. Para la familia Craugastoridae son: *Craugastor rupinius*, *Craugastor loki* y *Craugastor stuarti*. Y por último para la familia Dactyloidae son: *Anolis sp.*, *Norops petersi* y *Norops crassulus*.

3. Análisis de diversidad

a. Riqueza de especies por sitio

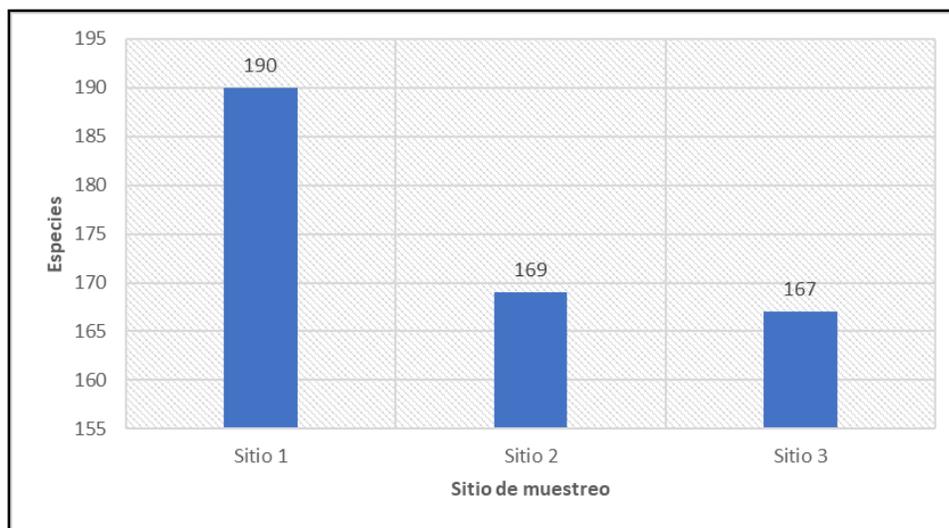


FIGURA 19. Total de especies de flora y fauna por cada sitio de muestreo de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 19, el sitio con mayor especies de flora y fauna es el sitio 1, seguido por el sitio 2 y el sitio 3. Es importante mencionar que muchas de las especies se comparten en los 3 sitios de muestreo, por lo que la riqueza de cada sitio por taxón es diferente dependiendo de la localidad.

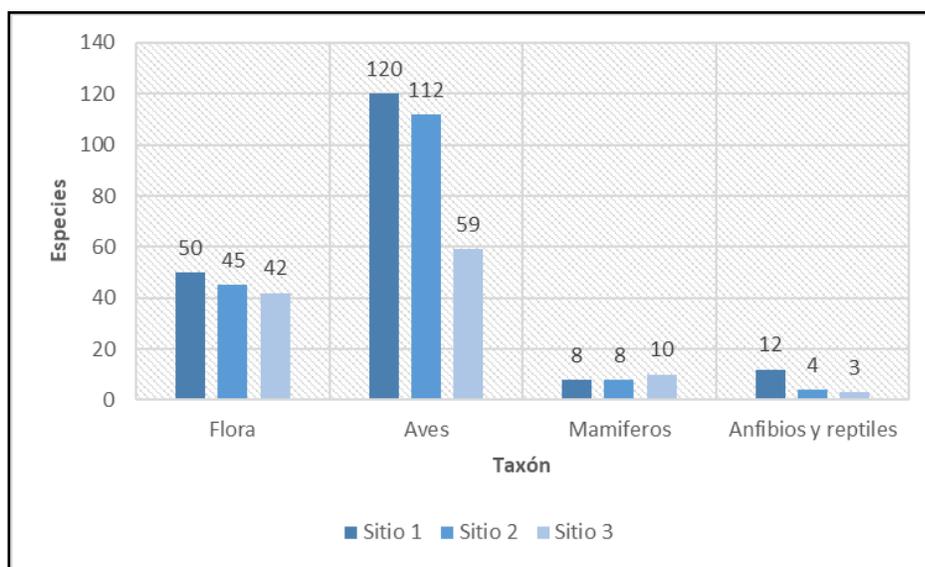


FIGURA 20. Total de especies por cada taxón en los 3 sitios de muestreo de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 20, en el sitio 1 se encontraron 50 especies de flora, 120 especies de aves, 8 especies de mamíferos y 12 especies de anfibios y reptiles. Para el sitio 2 se encontraron 45 especies de flora, 112 especies de aves, 8 especies de mamíferos y 4 especies de anfibios y reptiles. Y para el sitio 3 se encontraron 42 especies de flora, 59 especies de aves, 10 especies de mamíferos y 3 especies de anfibios y reptiles. Por lo que el sitio 1 presenta la mayor riqueza para flora, aves y anfibios y reptiles. El sitio 2 presenta una riqueza media para flora, aves, mamíferos y anfibios y reptiles y para el sitio 3 se presenta la riqueza más baja para flora, aves, y anfibios y reptiles, a excepción de mamíferos.

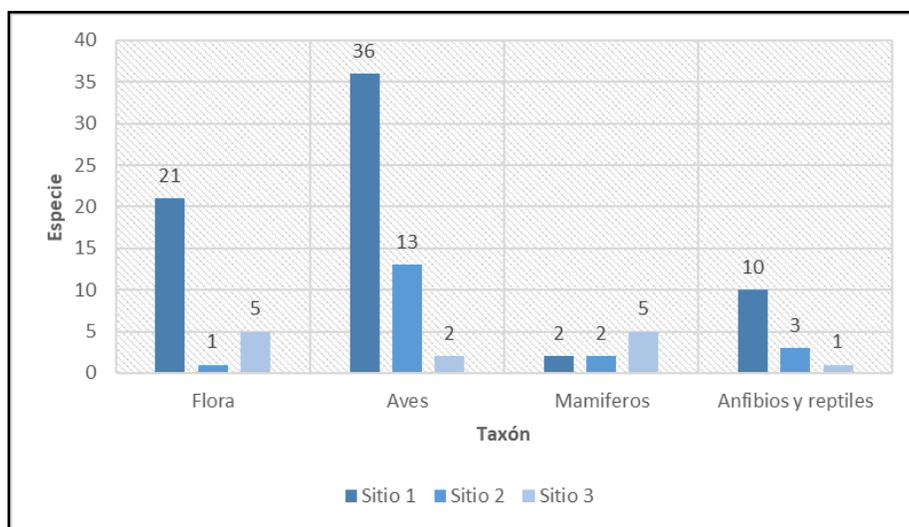


FIGURA 21. Total de especies por cada taxón exclusivos para cada sitio de muestreo de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

En la Figura 21, se encontraron 21 especies de flora, 36 especies de aves, 2 especies de mamíferos y 10 especies de anfibios y reptiles exclusivas para el sitio 1. Además, se encontró 1 especie de flora, 13 especies de aves, 2 especies de mamíferos y 3 especies de anfibios y reptiles exclusivas para el sitio 2. Y por último se encontraron 5 especies de flora, 2 especies de aves, 5 especies de mamíferos y 1 especie de reptil exclusiva para el sitio 3. Por lo que el sitio 1 presenta la mayor riqueza para flora, aves y mamíferos. El sitio 2 presenta una riqueza media para y una riqueza baja para flora, mamíferos y anfibios y reptiles y para el sitio 3 se presenta una riqueza baja para flora, aves y anfibios y reptiles, a excepción de mamíferos.

b. Índices de diversidad alfa y beta

Para el análisis estadístico, se realizó un tratamiento de los datos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, no existe diferencia significativa entre los datos de ambas épocas para los 3 sitios de muestreo con un valor p de $0.5392 > 0.05$. En el caso de la diversidad beta se utilizó la prueba de Mantel para determinar la significancia de los datos.

En el caso de la diversidad alfa, tanto en el índice de Shannon ($p=0.187 > 0.05$) como el índice de Simpson ($p=0.05 > 0.05$) mostraron que no existe diferencias significativas entre las épocas de muestreo. Para la prueba de similitud de Sorensen encontró una correlación positiva entre la diferencia de la abundancia de especies en los 3 sitios de muestreo en época lluviosa y época seca ($r=1$). Sin embargo, esta no es significativa ($p=0.16$). Para la prueba de Jaccard se encontró una correlación positiva significativa ($r=0.79$, $p=0.001$), por lo que si existe una diferencia entre la cantidad de especies para los 3 sitios tanto en época seca como en época lluviosa. Se puede determinar que si existe una leve diferencia de la composición de las especies en los sitios de muestreo.

Con base en los diferentes resultados obtenidos de los índices de Sorensen y Jaccard se puede decir que la relación entre los 3 sitios de muestreo en términos de la composición de las comunidades biológicas es diferente. Sin embargo esta diferencia es muy leve, lo cual se podría deber a la naturaleza del estudio en la cual la recolección de datos es limitada y permite únicamente representar la biodiversidad presente en de manera general.

c. Curva de acumulación de especies

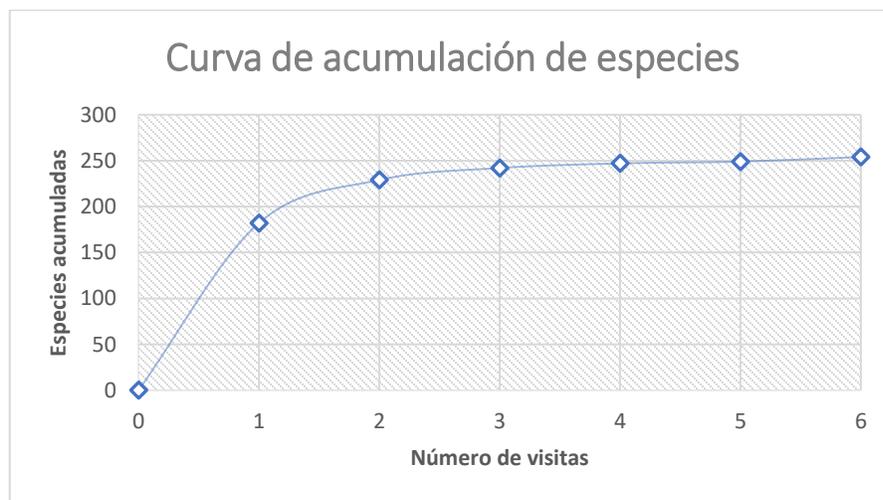


FIGURA 22. Curva de acumulación de especies de los muestreos realizados en los 3 sitios durante época seca y época lluviosa.

Durante todo el estudio se lograron registrar 255 especies de flora y fauna para la Finca El Zur. De las cuales una gran mayoría fueron observadas en los primeros muestreos. En total se realizaron 6 visitas, siendo 3 durante la época seca y 3 durante la época lluviosa. Por lo que se realizó el monitoreo en cada sitio por cada época.

B. Especies clave para el desarrollo de programas de conservación

1. Flora

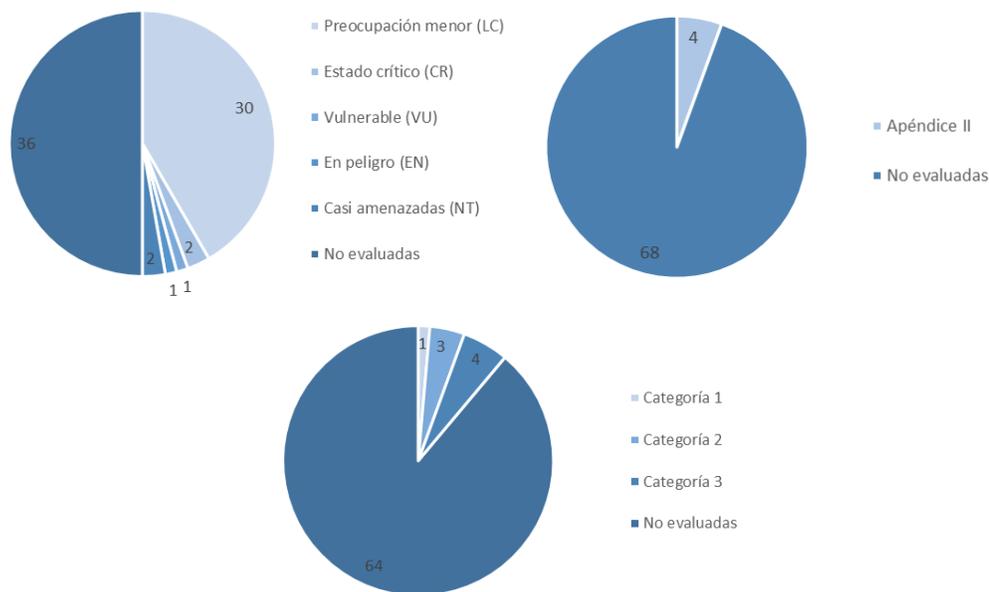


FIGURA 23. Proporción de especies de flora en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

Con base en el análisis del estado de conservación de las especies de flora registradas, se obtuvieron 35 especies en la IUCN, 4 especies en CITES y 9 especies en la LEA, los cuales se distribuyen en las siguientes categorías: 30 especies en preocupación menor (LC), 2 especies en estado crítico (CR), 1 especie en estado vulnerable (VU), 1 especie como en peligro (EN) y 2 especies como casi amenazadas (NT) según la IUCN. De las 72 especies de flora registradas, 36 especies no se encuentran evaluadas en la IUCN. Para CITES se registraron 4 especies en categoría (II). De las 72 especies de flora registradas, 68 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y finalmente para la LEA se registraron 2 especie en categoría (1), 3 especies en categoría (2) y 4 especies en categoría (3). De las 72 especies de flora registradas, 64 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

2. Fauna

a. Aves

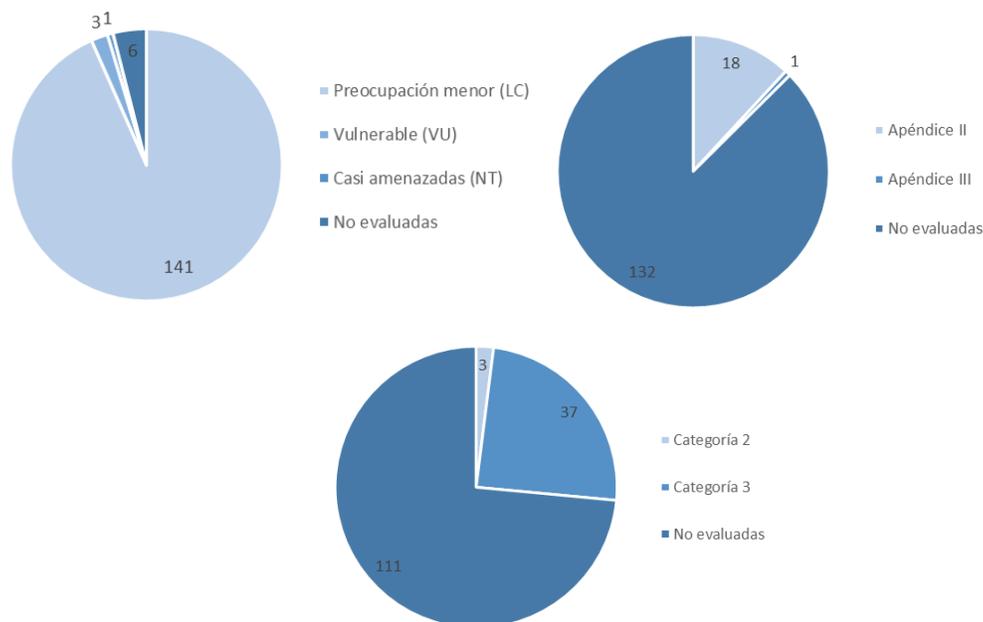


FIGURA 24. Proporción de especies de aves en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

Según el análisis del estado de conservación de las especies de aves registradas, se obtuvieron 145 especies en la IUCN, 19 especies en CITES y 40 especies en la LEA, los cuales se distribuyen en las siguientes categorías: 141 especies en preocupación menor (LC); 3 especies en estado vulnerable (VU) y 1 especie en categoría de casi amenazada. De las 151 especies de aves registradas, 6 especies no se encuentran evaluadas en la IUCN. Para CITES se registraron 18 especies en categoría (II) siendo 1 especie en categoría (III). De las 151 especies de aves registradas, 132 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y para la LEA se registraron 3 especies en categoría (2) y 37 especies en categoría (3). De las 151 especies de aves registradas, 111 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

b. Mamíferos

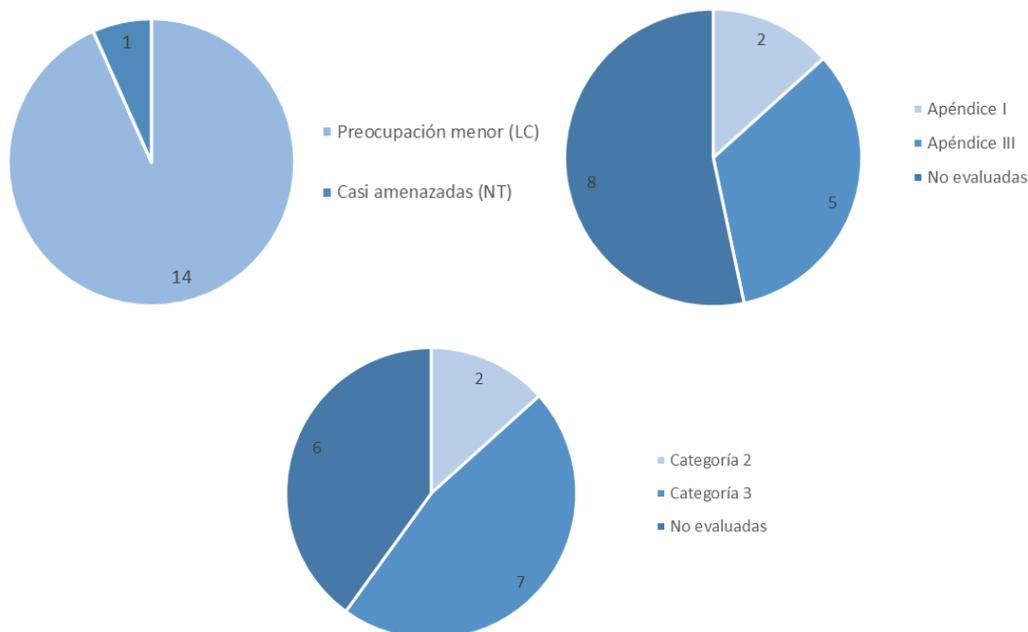


FIGURA 25. Proporción de especies de mamíferos en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

Con base en el análisis del estado de conservación de las especies de mamíferos registrados, se obtuvieron 15 especies en la IUCN, 7 especies en CITES y 9 especies en la LEA, los cuales se distribuyen en las siguientes categorías: 14 especies en preocupación menor (LC) y 1 especie en estado de casi amenazada (NT) según la IUCN. De las 15 especies de mamíferos registrados, todas se encuentran evaluadas en la IUCN. Para CITES se registraron 2 especies en categoría (I) y 5 especies en categoría (III). De las 15 especies de mamíferos registrados, 8 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y para la LEA se registraron 2 especie en categoría (2) y 7 especies en categoría (3). De las 15 especies de mamíferos registrados, 6 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

c. Anfibios y reptiles

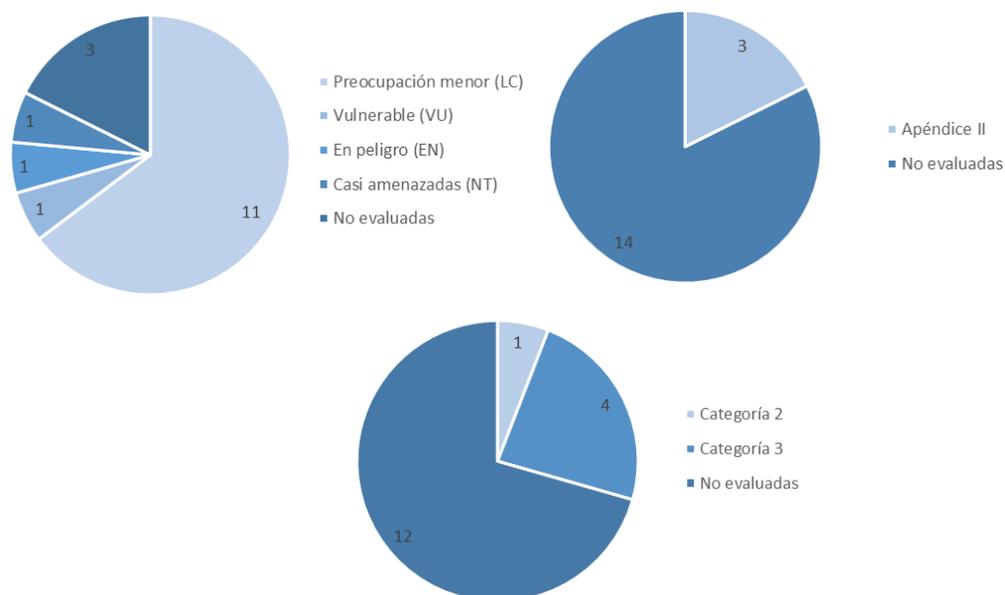


FIGURA 26. Proporción de especies de anfibios y reptiles en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y en el Listado de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) de la finca El Zur, Escuintla, Guatemala.

Con base en el análisis del estado de conservación de las especies de anfibios y reptiles registrados, se obtuvieron 14 especies en la IUCN, 3 especies en CITES y 5 especies en la LEA, los cuales se distribuyen en las siguientes categorías: 11 especies en preocupación menor (LC), 1 especie como vulnerable (VU), 1 especie como casi amenazada (NT) y 1 especie en peligro (EN) según la IUCN. De las 17 especies de reptiles y anfibios registrados, 3 especies no se encuentran evaluadas en la IUCN. Para CITES se registraron 3 especies en categoría (II). De las 17 especies de reptiles y anfibios registrados, 8 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Y para la LEA se registró 1 especie en categoría (2) y 4 especies en categoría (3). De las 17 especies de reptiles y anfibios registrados, 12 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

C. Principales amenazas sobre la biodiversidad dentro de la finca

Con base en las observaciones en campo y las operaciones por parte de los propietarios de la finca se determinaron una serie de amenazas específicas para la flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles.

CUADRO 9. Listado de principales amenazas sobre la biodiversidad dentro de la finca de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

Grupo	Amenazas
Flora	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción o eliminación de la flora para la construcción de viviendas, áreas recreativas, caminos y/o senderos. • Introducción de especies invasoras o exóticas de flora maderable y/o no maderable en zonas de jardinería. • Desplazamiento de especies nativas por parte de especies invasivas como el bambú (<i>Chusquea spp.</i>) y platanillo (<i>Heliconia collinsiana</i>).
Aves	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de sitios de anidación y forrajeo por actividades de poda del sotobosque, matorrales o tala de árboles. • Cacería ilegal de especies de tamaño mediano y grande. • Falta de control de mascotas en senderos y áreas recreativas.
Mamíferos	<ul style="list-style-type: none"> • Cacería ilegal. • Pérdida de madrigueras, guaridas y sitios de forrajeo por actividades de poda del sotobosque, matorrales o tala de árboles. • Falta de control de mascotas en senderos y áreas recreativas.
Anfibios y reptiles	<ul style="list-style-type: none"> • Atropellamientos por exceso de velocidad de desplazamiento en el camino vehicular y senderos para ciclismo de montaña. • Aplicación de agroquímicos como herbicidas, fertilizantes y/o insecticidas cercano a vegetación natural y/o cuerpos de agua. • Exterminación de especies de serpientes. • Falta de control de mascotas en senderos y áreas recreativas.

En el Cuadro 9, se describen las principales amenazas sobre la biodiversidad para flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles dentro de la finca El Zur.

CUADRO 10. Fotografías de reptiles atropellados en el sitio 1 de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.



Boa imperator



Ninia diademata

En el Cuadro 10, se muestran los 2 casos de atropellamiento de fauna dentro de la finca. La especie *Boa imperator* fue encontrada en el camino principal cerca del área de El Salto (**Figura 2**). Por otro lado, la especie *Ninia diademata* fue encontrada en el sendero cercano al puente La Salamandra.

D. Recomendaciones de manejo de biodiversidad

Con base en las amenazas sobre la biodiversidad de la finca se determinaron una serie de recomendaciones específicas para la flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles.

CUADRO 11. Recomendaciones de manejo de biodiversidad dentro de la finca de la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

Grupo	Recomendaciones
Flora	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar medidas de control o regulación de las especies que serán eliminadas para la construcción de viviendas, áreas recreativas, caminos y/o senderos. • Implementar medidas de control o regulación de las especies invasoras o exóticas de flora maderable y/o no maderable en zonas de jardinería. • Reforestar con especies nativas recomendadas en el presente estudio (Cuadro 12) en las zonas de jardinería, el área de terrenos y en zonas en donde se hayan realizado cambios de uso de suelo. • Implementar medidas de control o regulación del desplazamiento de especies nativas por parte de especies invasivas como el bambú (<i>Chusquea spp.</i>) y platanillo (<i>Heliconia collinsiana</i>).
Aves	<ul style="list-style-type: none"> • Reforestar con especies nativas recomendadas en el presente estudio (Cuadro 12) en las zonas de jardinería, el área de terrenos y en zonas en donde se hayan realizado cambios de uso de suelo. • Establecer puntos de control y vigilancia en puntos estratégicos en toda la finca para prevenir el ingreso de cazadores furtivos dentro de la finca. • Fortalecer el cumplimiento de normas de ingreso de mascotas con su respectiva correa y evitar su ingreso a senderos destinados a la protección de la biodiversidad.
Mamíferos	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer puntos de control y vigilancia en puntos estratégicos en toda la finca para prevenir el ingreso de cazadores furtivos dentro de la finca. • Fortalecer el cumplimiento de normas de ingreso de mascotas con su respectiva correa y evitar su ingreso a senderos destinados a la protección de la biodiversidad.
Anfibios y reptiles	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer las normas del límite de velocidad de desplazamiento en el camino vehicular y senderos para ciclismo de montaña. • Disminuir o evitar la aplicación de agroquímicos como herbicidas, fertilizantes y/o insecticidas cercano a vegetación natural y/o cuerpos de agua. • Capacitar al personal de la importancia de la biodiversidad presente en la finca, identificación de especies de serpientes venenosas y el tratamiento adecuado de accidentes ofídicos. • Fortalecer el cumplimiento de normas de ingreso de mascotas con su respectiva correa y evitar su ingreso a senderos destinados a la protección de la biodiversidad.

En el Cuadro 11, se describen las recomendaciones para el manejo de la biodiversidad para flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles dentro de la finca El Zur.

1. Especies recomendadas para reforestación

Se estableció un listado de especies de flora maderables y no maderables que se recomiendan para realizar una reforestación dentro de la finca.

CUADRO 12. Listado de especies de flora recomendados para reforestación en la finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla.

No.	Familia	Especie
1	Actinidiaceae	<i>Saurauia kegeliana</i>
2	Actinidiaceae	<i>Saurauia oreophila</i>
3	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>
4	Araliaceae	<i>Oreopanax sanderianus</i>
5	Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>
6	Arecaceae	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>
7	Arecaceae	<i>Chamaedorea tepejilote</i>
8	Costaceae	<i>Costus barbatus</i>
9	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea tuerckheimii</i>
10	Fagaceae	<i>Quercus lancifolia</i>
11	Fagaceae	<i>Quercus skinneri</i>
12	Juglandaceae	<i>Alfaroa costaricensis</i>
13	Leguminosae	<i>Cojoba arborea</i>
14	Malvaceae	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>
15	Malvaceae	<i>Heliocarpus mexicanus</i>
16	Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i>
17	Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i>
18	Rubiaceae	<i>Cosmibuena matudae</i>
19	Rubiaceae	<i>Hoffmannia cauliflora</i>
20	Rubiaceae	<i>Psychotria marginata</i>
21	Rubiaceae	<i>Psychotria trichotoma</i>

En el Cuadro 12, se describen 21 especies recomendadas para la reforestación dentro de la finca El Zur. Se recomiendan algunas familias como Actinidiaceae, Araliaceae, Arecaceae, Costaceae, Elaeocarpaceae, Fagaceae, Juglandaceae, Leguminosae, Malvaceae, Meliaceae y Rubiaceae.

VII. DISCUSIÓN

La Finca El Zur, cuenta con un gran valor ecológico para la parte sur del Volcán de Agua y provee un refugio natural para muchas especies de flora y fauna de la región. Se logró realizar una evaluación ecológica rápida la cual permitió caracterizar la flora y fauna más representativa y con un alto valor de importancia. Además, se logró la identificación de especies clave para mejorar su manejo y conservación. De igual forma se establecieron las principales amenazas para la biodiversidad dentro de la finca. En relación con lo previamente mencionado, se encontraron 72 especies de plantas, 151 de aves, 15 de mamíferos y 17 de anfibios y reptiles.

A. Caracterización de la biodiversidad

1. Flora

Se registró un total de 72 especies de flora (**Cuadro 1**) correspondientes a 42 familias, siendo las familias con mayor número de especies Leguminosae, Rubiaceae y Gramineae (**Figura 11**). En cuanto a la finca en general esto representa que muchas especies son características de bosques perturbados y o de bosques en recuperación. Además, se observaron muchas especies de crecimiento rápido y bosques húmedos en los 3 sitios como *Saurauia spp.*, *Chamaedorea spp.*, *Monstera spp.* y *Symplocos sp.*

En cuanto al sitio 1, se encontraron 50 especies de plantas (**Cuadro 1**), siendo el sitio con mayor riqueza. Esto se puede atribuir a que este sitio tiene muchos parches de vegetación heterogéneos, con remanentes del bosque original y especies introducidas. Además es importante mencionar que este sitio tiene uno de los senderos más utilizados por el personal y propietarios del proyecto, por lo que han sido introducidas muchas especies exóticas invasivas o que han sido intencionalmente sembradas con fines de jardinería decorativa como: *Yucca gigantea*, *Anthurium sp.*, *Bambusa vulgaris*, *Bauhinia unguolata*, *Cupressus lusitanica*, *Magnolia champaca*, *Eucalyptus paniculata* y *Pinus oocarpa*. Asimismo, es importante considerar que en este sitio se realiza un movimiento y modificación constante del paisaje desde sus inicios como finca cafetalera, por lo cual se observaron especies comunes en este tipo de plantaciones como: *Coffea arabica*, *Inga micheliana*, *Inga paterno* e *Inga sapindoides*. Esto en conjunto con algunas plantas indicadoras de perturbación como: *Aphelandra heydeana*, *Aphelandra scabra*, *Urera alceifolia* y *Cecropia peltata*, se puede decir que este es el sitio con mayor impacto negativo de toda la finca. Esto a diferencia de los sitios 2 y 3 que son bosques menos perturbados, con menor heterogeneidad, y principalmente porque está delimitado por una gran cantidad de especies de bambú como *Chusquea pittieri* y *Chusquea longifolia*. Estas especies de bambú se caracterizan por especies agresivas y que pueden llegar a desplazar otras especies de plantas.

Se lograron encontrar 2 especies de orquídeas *Guarianthe skinneri* y *Epidendrum ciliare* en el sitio 1, sin embargo, se tienen registros de propietarios y trabajadores de la finca que se han observado otras especies de orquídeas como *Trichopilia tortilis*, *Rossioglossum grande*, *Chysis laevis*, *Maxillaria variabilis* y *Nidema boothii*. Todas estas especies son de gran importancia para la conservación ya que son especies altamente amenazadas por su comercio ilícito y tráfico ilegal.

En cuanto al sitio 2, se encontraron 45 especies de plantas (**Cuadro 1**), siendo el segundo sitio con mayor riqueza. Esto se puede atribuir a que este sitio tiene muchas especies características de un bosque de transición y de crecimiento rápido con especies de crecimiento lento *Oreopanax xalapensis*, *Dendropanax arboreus*, *Sloanea tuerckheimii*, *Alfaroa costaricensis*, *Heliocarpus*

mexicanus, *Cedrela tonduzii* y *Trichilia hirta*. Además como se observa en la (**Figura 12**) a diferencia del sitio 1, la mayoría de las especies presentes pertenecen a la familia Rubiaceae, las cuales son características de bosques cerrados, húmedos y con un nivel de perturbación moderado. Sin embargo, también se puede observar que hay varias especies de las familias Araliaceae, Gramineae y Urticaceae, cuyas especies son características de bosques de regeneración rápida y con cierto grado de perturbación. Por lo tanto se puede decir que el bosque en este sitio se encuentra en recuperación y con una transición a bosque maduro.

En cuanto al sitio 3, se encontraron 42 especies de plantas (**Cuadro 1**), siendo el segundo sitio con menor riqueza. Esto se puede atribuir a que este sitio tiene muchas similares por ser un bosque más homogéneo y con menor grado de perturbación. Esto se puede pudo determinar por las especies encontradas como *Clusia flava*, la cual es característica de bosque antiguos por ser de lento crecimiento; además se registraron otras especies que comparten las mismas características como una mayor abundancia de *Cedrela tonduzii*, *Trichilia hirta*, *Alfaroa costaricensis* y *Chiranthodendron pentadactylon*. Es importante mencionar que la finca cuenta con una zona boscosa más densa, con menor impacto y recurrencia humana, el cual se encuentra por arriba de los 2,000 msnm, justo en el límite de camino de carro y senderos. Por lo tanto se puede decir que el bosque en este sitio, de igual forma que el sitio 2, debido a la distribución de especies por familia (**Figura 12**) se encuentra en recuperación y con una transición a bosque maduro.

Según a el Índice de Valor de Importancia (IVIS) para el bosque en general (**Figura 13**) se encontró que las especies con un mayor peso ecológico son *Ficus citrifolia* con un IVI de 39% y *Oreopanax xalapensis* con un IVI de 27.07%, sin embargo, es importante mencionar que para *Ficus citrifolia* se encontró un individuo con un DAP extremadamente grande, por lo que su IVI podría deberse a esta medición realizada en el sitio 2. En esta misma figura se puede observar que existen otras especies de gran relevancia para la finca como *Montanoa hibiscifolia*, *Quercus skinneri*, *Cosmibuena matudae* y *Alchornea latifolia*, todas con un IVI mayor a 16%. Estas especies pueden indicar que existe una distribución heterogénea de especies características de crecimiento rápido y especies de crecimiento lento. Por lo que se podría decir que no es un bosque completamente maduro, pero si en transición a convertirse en uno. Asimismo se podría considerar en estado de recuperación o de sucesión secundaria intermedia.

Según el Índice de Valor de Importancia (IVIS) para el sitio 1 (**Figura 14**) se encontró que las especies con un mayor peso ecológico son *Ocotea sp.* con un IVI de 61.73%, *Cosmibuena matudae* con un IVI de 58.83%, *Ficus citrifolia* con un IVI de 43.02% y *Cecropia peltata* con un IVI de 37.49%. Estas especies se encuentran por lo general en bosques heterogéneos y con cierto grado de perturbación, por lo que se podría indicar que este sitio presenta muchas especies típicas de un bosque perturbado.

Según el Índice de Valor de Importancia (IVIS) para el sitio 2 (**Figura 14**), se encontró que las especies con un mayor peso ecológico son *Ficus citrifolia* con un IVI de 51.75%, *Alchornea latifolia* con un IVI de 40.68% y *Oreopanax xalapensis* con un IVI de 32.11%. En cuanto a *Ficus citrifolia*, como se mencionó previamente este IVI puede verse afectado por el individuo con un DAP extremadamente grande.

Según el Índice de Valor de Importancia (IVIS) para el sitio 3 (**Figura 14**), se encontró que las especies con un mayor peso ecológico son *Montanoa hibiscifolia* con un IVI de 62.36%., *Oreopanax xalapensis* con un IVI de 47.34%. y *Heliocarpus mexicanus* con un IVI de 47.29%.

Estas especies son características de bosques de crecimiento y recuperación rápida, por lo que se puede decir que el bosque de este sitio aún se encuentra en etapa de recuperación.

La mayoría de las especies encontradas pertenecen a la familia Rubiaceae, Gramineae, Acanthaceae, Araceae, Araliaceae, Leguminosae, Moraceae y Urticaceae; muchas de estas especies atraen una gran cantidad de insectos, además de que se caracterizan por ser plantas con una gran cantidad de frutos y flores. Esto coincide en parte con la gran cantidad de especies de aves que se observan en la **Figura 15**, las cuales pertenecen a la familia Tyrannidae, Parulidae y Trochilidae, estas son familias de aves que se alimentan principalmente de insectos, frutos pequeños y el néctar de muchas especies con flor. Además, como se observan en la **Figura 16**, muchas de estas especies comparten familias a pesar de ser sitios distintos, existe una gran disponibilidad de alimento para muchas aves con diferentes gremios alimenticios.

Para el muestreo de flora es importante mencionar que no se pudo cubrir un área de muestreo más grande debido a varios factores: 1) La topografía del lugar tiene riscos y barrancos con una pendiente muy pronunciada, este también fue uno de los factores determinantes para realizar los transectos forestales y para las caminatas *Ad libitum* por conveniencia. 2) La disponibilidad de tiempo y personas para realizar los transectos y las caminatas, ya que durante los viajes de muestreo en campo se realizaron otras actividades como observación de aves, colocación de cámaras trampa, y muestreos para anfibios y reptiles. 3) Las condiciones climáticas y la vegetación densa dificultaron el proceso de medición forestal ya que no se podían observar las hojas en la copa de los árboles por la lluvia o neblina, además que en ciertas partes fue de difícil acceso por gran abundancia de malezas, lianas y arbustos. Por lo que es necesario realizar más esfuerzo de muestreo para la evaluación forestal ya que al ser una finca de 21 caballerías, con muchas zonas poco exploradas y con una topografía tan variada, muchos de los transectos realizados fueron escogidos a conveniencia, por lo que es probable que las especies con un valor de importancia alto cambien. No se lograron identificar 15 especies debido a que la muestra colectada no contaba con flor, fruto o alguna otra característica distintiva.

2. Fauna

a. Aves

Se registró un total de 151 especies de aves (**Cuadro 3**) correspondientes a 35 familias, siendo las familias con mayor número de especies Tyrannidae, Parulidae y Trochilidae (**Figura 15**).

Con base en las especies encontradas para toda la finca se puede determinar que la composición de la avifauna es característica de un paisaje heterogéneo con una mayor proporción de hábitats conservados que hábitats perturbados. Es importante mencionar que la diversidad de aves presente en la finca se podría atribuir a un conjunto de factores como la conservación de remanentes de bosque, la conectividad de especies cercanas a la finca y el gradiente altitudinal.

Según diversos estudios la diferencia altitudinal en una localidad puede proveer de una gran diversidad de hábitats necesarios para albergar a muchas especies de aves con diferentes requerimientos ecológicos (Mallet, Parrini, Pimentel y Bessa, 2010). Por lo que debido a la geografía del Volcán de Agua existe una diferencia del gradiente altitudinal de la finca, proveyendo varios nichos ecológicos para las aves. Asimismo, es esencial mencionar la mayoría de las especies

son residentes, por lo que utilizan los diferentes hábitats de la finca de forma constante a lo largo del año.

En cuanto al sitio 1 se registraron 120 especies (**Cuadro 3**) siendo el sitio con mayor riqueza. La mayoría de las especies de este sitio pertenecen a las familias Tyrannidae, Parulidae y Thraupidae (**Figura 16**), siendo la mayoría de estas especies insectívoras y frugívoras. Esto se podría deberse a que la diversidad de aves puede verse muy influenciada por la heterogeneidad del paisaje o hábitat (McMahon, Purvis y Whelan, 2008). Y debido a que este es el sitio con mayor heterogeneidad de la finca con diferentes hábitats como cafetales, áreas abiertas, una mayor cantidad de caminos y senderos, además de una gran variedad de arbustos y vegetación secundaria, muchas especies encuentran diferentes nichos y sitios de forrajeo en esta zona.

En cuanto al sitio 2 se registraron 112 especies (**Cuadro 3**). La mayoría de las especies de este sitio pertenecen a las familias Tyrannidae, Parulidae y Trochilidae (**Figura 16**), siendo la mayoría de estas especies insectívoras, frugívoras y nectaríferas. Este sitio posee muchas características relevantes de mencionar en relación a las especies observadas. Por ejemplo, se registraron muchas especies de hábitats perturbados reportados en el sitio 1 como *Crotophaga sulcirostris*, *Megarynchus pitangua*, *Pitangus sulphuratus* y *Myiozetetes similis* pero además se encontraron algunas especies de buen estado de conservación de hábitats como *Xiphorhynchus erythropygius*, *Troglodytes rufociliatus*, *Henicorhina leucophrys*, *Coccothraustes abeillei* y *Lampornis viridipallens*. Estas observaciones se deben principalmente a que este sitio se encuentra entre el sitio 1, en donde se ha modificado gran parte del paisaje y el sitio 3, en donde se ha mantenido gran parte de la vegetación natural y existe muy poca intervención humana, por lo que muchas especies encuentran condiciones de heterogeneidad del sitio 1 y la homogeneidad del sitio 3.

Es importante destacar que tanto para el sitio 1 como para el sitio 2 la similitud en la distribución de las familias más abundantes como en el caso de la familia Tyrannidae se podría deber a que las características ecológicas de ambos sitios. La mayoría de las especies de la familia Tyrannidae tienen la capacidad de adaptarse a diversos microhábitats y tienden a ser selectivas del hábitat que utilizan dependiendo de la intensidad de luz disponible (Rosa, Anjos y Moura, 2013). Por lo que ocupan muchas áreas abiertas, a excepción de las que tenga preferencia por condiciones con baja luz.

En cuanto al sitio 3, se registraron 59 especies (**Cuadro 3**). siendo este el segundo sitio con menor riqueza. La mayoría de las especies de este sitio pertenecen a las familias Troglodytidae, Parulidae y Turdidae (**Figura 16**). Esto se podría atribuir a que en este sitio existe un bosque más homogéneo, con una cobertura forestal más densa y con una vegetación más prístina, sin tanta intervención humana (Tucker *et al*, 2019). Por lo que permite que habiten una mayor cantidad de especies de aves especialistas de bosque (Porro, Chiatante y Bogliani, 2020). Sin embargo, otro factor a considerar es que durante los viajes de muestreo en este sitio el clima fue poco favorable debido a la lluvia y la neblina por ser el sitio a mayor altitud.

Durante el estudio se observaron muchas especies interesantes como *Crypturellus cinnamomeus*, *Penelopina nigra*, *Dendrortyx leucophrys*, *Dactylortyx thoracicus*, *Odontophorus guttatus*, *Campylopterus hemileucurus*, *Lampornis viridipallens*, *Spizaetus tyrannus*, *Hylomanes momotula*, *Xiphorhynchus flavigaster*, *Chiroxiphia linearis*, *Vireolanius melitophrys*, *Coccothraustes abeillei*, *Basileuterus lachrymosus*, *Basileuterus belli* y *Poecilostreptus cabanisi*. La mayoría de estas especies son consideradas de atractivo turístico o de gran interés para muchos observadores de aves

a nivel nacional e internacional. Además, muchas de estas especies cumplen un rol ecológico muy importante para una gran cantidad de nichos ecológicos.

De estas especies interesantes es de gran relevancia mencionar a *Poecilostreptus cabanisi* debido a que es una especie amenazada a nivel global, con una distribución restringida a la vertiente oeste de las montañas del Pacífico de Guatemala y Chiapas, siendo la especie de árbol *Ficus cookii* la más dominante en su hábitat (Eisermann, Arbeiter, López, Avendaño y Lux, 2011). Esta especie de árbol es muy similar a las especies de este género reportadas para este estudio, como *Ficus insipida*, *Ficus glaucescens* y *Ficus citrifolia*. Estas especies fueron reportadas únicamente para el sitio 1 y 2, por lo que podría contribuir a la presencia de *P. cabanisi*.

En el caso del muestreo de aves, se realizaron búsquedas por área en lugar de otros métodos tradicionales como puntos de conteo. Esto debido principalmente a que la topografía de la finca no permite una distancia adecuada para poder establecer puntos fijos con una separación mínima de 250 metros. Por lo que el método de búsqueda de área funcionó de manera eficiente para movilizarse en los diferentes senderos y caminos de la finca. Además, este método permitió obtener una gran cantidad de datos en un periodo corto de tiempo. A pesar de que el esfuerzo de muestreo fue de 36 horas-hombre durante todo el estudio, sumado a los avistamientos ocasionales mientras se realizaban otras actividades de muestreo de flora y fauna, como en el caso de los búhos durante el muestreo de anfibios y reptiles, se lograron registrar 150 especies, siendo más de la mitad de lo reportado ya que se cuenta con un registro de 202 especies en total (eBird, 2021).

b. Mamíferos

Se registró un total de 15 especies de mamíferos (**Cuadro 5**) correspondientes a 10 familias, siendo las más abundantes Procyonidae, Canidae, Felidae y Sciuridae (**Figura 17**).

En cuanto a depredadores, se registró la presencia de *Urocyon cinereoargenteus* en los 3 sitios, a diferencia de *Canis latrans* únicamente registrado para el sitio 2 y *Leopardus wiedii* y *Puma yagouaroundi* que fueron registrados únicamente para el sitio 2. Según diversos estudios una gran diversidad de mamíferos del orden Carnívora es considerada oportunista llegando a alimentarse de aves, artrópodos, peces, reptiles, una amplia variedad de frutos, sin embargo, la alimentación varía por condiciones espaciales y temporales con relación a la disponibilidad de alimento (Zuñiga, Muñoz y Fierro, 2008). Una observación relevante es el de *Canis latrans*, se conoce que esta especie puede habitar en una gran variedad de hábitats como pastizales, desiertos, montañas y zonas urbanas (Bekoff y Gese, 2003), sin embargo, fue registrado únicamente en el sitio 3. Esto pese a su relativa tolerancia a la urbanización muchos coyotes aún evitan áreas de alto uso humano, incluso dentro de su territorio (Gehrt, 2007). Por lo que es posible que los coyotes eviten desplazarse en las partes bajas de la finca, como el sitio 1 y 2 debido a que estas son las áreas con mayor frecuencia de actividades humanas.

En el caso de felinos *Leopardus wiedii* se encuentra en bosques entre el nivel del mar hasta los 2,000 metros de altitud, por lo que puede habitar una gran variedad de bosques, bosques fragmentados y zonas antrópicas. Es de hábito principalmente arbóreo, por lo que no es común encontrarlo por el suelo (Arispe *et al.*, 2005). Esto podría haber influido en la detección de este felino en la cámaras trampa, ya que únicamente se tiene 1 solo registro en el sitio 2. Además, en el caso de *Puma yagouaroundi*, se conoce que se encuentra comúnmente en hábitats de elevación baja

y zonas perturbadas (Cuervo, Hernandez y Cadena, 1986). Una observación relevante es el registro tanto de *L. wiedii* y *P. yagouaroundi* en el sitio 2, siendo el único sitio en donde se registraron estas especies. Esto según diversos estudios indican que son depredadores equivalentes ecológicamente hablando, sin embargo los registros de *L. wiedii* ocurren generalmente de noche y su desplazamiento es arbóreo, mientras que los registros de *P. yagouaroundi* ocurren comúnmente de día y su desplazamiento es terrestre (Giordano, 2016). En el presente estudio se registraron dichas especies en la misma cámara trampa y en la misma noche, esto podría deberse a que estos individuos comparten el mismo sitio de forrajeo y es posible que hayan sido atraídos a la misma cámara trampa que se ubicaba a 300 metros del campamento por la comida y/o el ruido.

Dentro de las especies que fueron registradas en las partes más altas de la finca esta *Odocoileus virginianus*, la cual fue observada únicamente en el sitio 3. Esta especie según varios estudios puede adaptarse a muchos hábitats como bosques de pino-encino, planicies, áreas elevadas, y especialmente en Centroamérica en bosques secundarios, matorrales y ecotonos (Méndez, 1984). Y a pesar de que esta especie fue únicamente reportada en el sitio 3, está ha sido observada por el personal de la finca en los sitios 1 y 2. Se ha observado que el *O. virginianus* tiene un rango de hogar de 59 hasta 234 hectáreas (Duarte y González, 2010), por lo que esta especie podría estar distribuida en toda la finca. Sin embargo, esta ausencia de registros en los sitios 1 y 2 podría deberse a fuerte presencia humana en las áreas de recreación en el sitio 1 y la presencia de cazadores furtivos en el sitio 2.

Se registraron 8 especies para el sitio 1, 8 especies para el sitio 2 y 10 especies para el sitio 3. Eso a diferencia de los otros grupos como aves y plantas, además de ser uno de los principales factores de esto es debido que en el sitio 2 y 3 existe una menor frecuencia de movimiento de personas, una menor perturbación y contaminación auditiva, además muchas especies son de bosques en regeneración, la mayoría de los frutos son muy pequeños y hay una menor disponibilidad de recursos como árboles grandes para buscar refugio. La mayoría de los mamíferos que se observaron en el sitio 2 y 3 son de tamaño mediano y grande como *Urocyon cinereoargenteus*, *Canis latrans*, *Odocoileus virginianus*, *Nasua narica*, *Leopardus wiedii* y *Puma yagouaroundi*. Todas estas especies son de gran importancia para la biodiversidad del país.

En cuanto al muestreo de mamíferos, la colocación las cámaras trampa a una distancia de 400 metros entre cámara permitió cubrir una gran cantidad de terreno a lo largo de toda la finca. Sin embargo, es importante mencionar que la mayoría de las cámaras fueron colocadas en senderos y caminos recorridos por los propietarios y personal de la finca, por lo que podría haberse perdido información valiosa de ciertas especies presentes. Por ejemplo, existen algunos registros de los locales como de *Dicotyles tajacu* o comúnmente llamado Coche de Monte, del cual no se logró obtener ningún registro en las cámaras trampa. A pesar de que el esfuerzo de muestreo fue de 1764 trampas-noche durante todo el estudio, sumado a los avistamientos ocasionales mientras se realizaban otras actividades de muestreo de flora y fauna, se lograron registrar 15 especies, de las cuales 2 fueron registradas por observación mientras se realizaban monitoreos de herpetofauna. Asimismo, es importante mencionar el registro de un micoleón (*Potos flavus*) alimentándose del fruto seco del árbol de kanak (*Chiranthodendron pentadactylon*), del cual se conoce muy poca información, por lo que podría ser uno de los pocos registros de esta especie alimentándose de este tipo de fruto.

c. Anfibios y reptiles

Se registró un total de 17 especies de anfibios y reptiles (**Cuadro 7**) correspondientes a 9 familias, siendo las familias con mayor número de especies Dipsadidae, Craugastoridae y Dactyloidae (**Figura 18**).

En cuanto a las especies por sitio, la mayoría de las especies fueron encontradas en el sitio 1, esto como se mencionó junto con otros grupos como aves y plantas a excepción de mamíferos se debe a la alta heterogeneidad de hábitats y nichos. Por ejemplo, en el sitio 1 y 2 fueron los únicos sitios en donde se encontraron los *Craugastor spp.* principalmente por la alta cantidad de hojarasca y temperaturas no tan bajas como en el sitio 3. Además, es importante mencionar que también se observaron especies que fueron únicamente observadas como *Bolitoglossa kaqchikelorum*, la cual se observó en más de 6 ocasiones entre el sitio 2 y 3, esto principalmente a la alta humedad, y además que estos dos sitios tienen cuerpos de agua más accesibles que el sitio 1 debido a la topografía.

Se registraron algunas especies de gran interés como *Bolitoglossa kaqchikelorum*, *Norops petersi* y *Craugastor stuarti*, las cuales tienen una distribución que aún sigue siendo estudiada, muchas de estas tienen distribución en la vertiente del Atlántico, sin embargo, fueron encontradas en la finca que está en la vertiente del Pacífico. Por lo que se pueden realizar más monitoreos de estas especies que tienen un gran potencial de investigación para la comunidad científica.

Además, durante los monitoreos de campo se encontró un individuo albino de *Geophis rhodogaster*, el cual podría ser uno de los pocos, sino el primer registro para el país. El albinismo es la ausencia de la pigmentación integumentaria y retinal, la cual resulta en una coloración blanca o amarillenta y ojos rojos. Esta coloración aberrante es extremadamente rara en la naturaleza, ya que los individuos que presentan este tipo de coloración rara vez sobreviven o se reproducen (Deshmukh *et al.*, 2020).

Durante el monitoreo se observaron varios individuos de la rana de ojos negros (*Agalychnis moreletii*) principalmente en el sitio 1, pero además se encontraron indicios de la presencia de esta especie en el sitio 3. En ambos sitios se encontraron huevos depositados en hojas suspendidas sobre cuerpos de agua. Estas ranas pueden llegar a poner de 25 a 75 huevos, iniciando su época reproductiva que abarca desde mayo hasta agosto (Álvarez y Karina, 2020). Los individuos de esta rana registrados en la finca podrían ser de suma importancia para las poblaciones de *A. moreletii* de la vertiente del Pacífico de Guatemala, ya que debido a las grandes modificaciones del paisaje que han sufrido la zona, muchos anfibios y reptiles han disminuido sus poblaciones de forma drástica.

Asimismo, es importante mencionar otro registro interesante como la observación de la salamandra *Bolitoglossa kaqchikelorum* viviendo dentro del bambú localizado en el sitio 3. En otros estudios se ha evidenciado la presencia de salamandras del género *Bolitoglossa spp.* en áreas con abundancia de bambú del género *Chusquea spp.* (García, Good, Parra y Wake, 2000; Boza *et al.*, 2012). Sin embargo, se conoce muy poco sobre la ecología de las salamandras en hábitats compuestos predominantemente por bambú. Por lo que podría realizarse un estudio específicamente para determinar la abundancia de esta especie de salamandra dentro de la finca.

A pesar de que el esfuerzo de muestreo para anfibios y reptiles fue de 48 horas-hombre durante todo el estudio, sumado a los avistamientos ocasionales mientras se realizaban otras actividades de muestreo de flora y fauna, se lograron registrar 17 especies. Otro factor importante a considerar es

que en varios muestreos realizados durante la noche, ocurrieron muchas lluvias torrenciales por lo que dificultaba la detección de las especies, además de que muchas especies de anfibios y reptiles buscan refugio o limitan su movilización durante lluvias demasiado fuertes (Dittmer, Eifler y Eifler, 2015). Además, existen algunas especies interesantes que a pesar de no haber sido registradas en el estudio, podrían estar presentes en la finca, como *Abronia frosti* y *Bothriechis bicolor*, así como otras especies comunes para la zona como *Bothrops asper* y *Leptophis mexicanus* (Köhler, 2008).

3. Análisis de biodiversidad

a. Riqueza de especies por sitio

Del total de la flora y fauna reportadas para el presente estudio, el sitio con mayor riqueza es el sitio 1 con 190 especies, seguido por el sitio 2 con 169 especies y por último el sitio 3 con 167 especies (**Figura 19**). Sin embargo, muchas especies de los 3 sitios de muestreo son las mismas, variando la riqueza de cada sitio por taxón.

Como se observa en la **Figura 20**, el sitio 1 presenta la mayor riqueza para flora, aves, anfibios y reptiles pero una baja riqueza para mamíferos. En cuanto al sitio 2, este presenta una riqueza intermedia para flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles. Y para el sitio 3, este presenta la riqueza más baja para los 3 sitios en la mayoría de los taxones a excepción de mamíferos. Esta diferencia como se mencionó para cada grupo se podría atribuir en el caso de flora, aves, anfibios y reptiles, a que los sitios 1 y 2 son las zonas con mayor heterogeneidad de hábitats, permitiendo una mayor diversidad de nichos para muchas especies pioneras para la flora (Sierra, Abril, Marín, Suaza y Garcés, 2020). Por lo que de manera consecuente, la diversidad de aves, anfibios y reptiles podría estar aprovechando esta heterogeneidad de hábitats como refugio. En caso contrario, para los mamíferos se observó que la mayoría de los mamíferos pequeños como se encontraban principalmente en el sitio 1, mientras que los mamíferos medianos y grandes se encontraban en el sitio 1 y 2. Los mamíferos pequeños por lo general prefieren hábitats fragmentados y con cierto nivel de perturbación (Diffendorfer, Gaines y Holt, 1995). Y en el caso de los mamíferos grandes, en hábitats muy fragmentados y con poca cobertura forestal se observa poca diversidad (Geleta y Bekele, 2016), por lo que podría explicar la presencia de estas especies en los sitios 2 y 3, en donde el hábitat se encuentra más conservado.

Con relación a lo anterior, se observaron algunas especies presentes exclusivamente para cada sitio para los taxones evaluados (**Figura 21**). En el caso de flora se observaron 21 especies para el sitio 1 como *Justicia aurea*, *Aphelandra heydeana*, *Aphelandra scabra*, *Spathiphyllum sp.*, *Anthurium sp.*, *Chamaedorea tepejilote*, *Yucca gigantea*, *Begonia sp.*, *Bambusa vulgaris*, *Inga micheliana*, *Inga paterno*, *Bauhinia unguolata*, *Acacia hirtipes*, *Magnolia champaca*, *Marcgravia sp.*, *Ficus glaucescens*, *Eucalyptus paniculata*, *Guarianthe skinneri*, *Epidendrum ciliare*, *Pinus maximinoi* y *Coffea arabica*; 1 especie para el sitio 2 siendo esta *Costus barbatus* y 5 especies para el sitio 3 siendo estas *Spondias radlkoferi*, *Clusia flava*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Fuchsia arborescens* y *Xylosma flexuosa*.

Para aves se obtuvieron 36 especies exclusivas para el sitio 1, algunas de las especies más relevantes para este sitio son *Tapera naevia*, *Dendrortyx leucophrys*, *Basileuterus lachrymosus*, *Basileuterus culicivorus*, *Synallaxis erythrothorax*, *Chiroxiphia linearis*, *Henicorhina leucosticta* y

Rhynchocyclus brevirostris; 13 especies para el sitio 2 siendo estas *Antrostomus arizonae*, *Amaurospiza concolor*, *Xiphorhynchus flavigaster*, *Helmitheros vermivorum*, *Setophaga pensylvanica*, *Dryocopus lineatus*, *Thraupis episcopus*, *Colibri thalassinus*, *Basilinna leucotis*, *Saucerottia beryllina*, *Contopus cooperi*, *Contopus cinereus* y *Pachysylvia decurtata* y 2 especies para el sitio 3 siendo estas *Basileuterus belli* y *Vireolanius melitophrys*.

En cuanto a mamíferos se obtuvieron 2 especies exclusivas para el sitio 1 como *Dasyopus novemcinctus* y *Sylvilagus floridanus*; 2 especies para el sitio 2 siendo estas *Leopardus wiedii* y *Puma yagouaroundi* y 5 especies para el sitio 3 siendo estas *Canis latrans*, *Odocoileus virginianus*, *Bassariscus sumichrasti*, *Potos flavus* y *Nasua narica*.

En anfibios y reptiles se obtuvieron 10 especies exclusivas para el sitio 1 siendo estas *Boa imperator*, *Rhinella horribilis*, *Craugastor rupinius*, *Anolis sp.*, *Norops petersi*, *Ninia diademata*, *Sibon nebulatus*, *Geophis rhodogaster*, *Micrurus nigrocintus* y *Ctenosaura similis*; 3 especies para el sitio 2 siendo estas *Craugastor stuarti*, *Norops crassulus* y *Rhadinella godmani* y 1 especie para el sitio 3 siendo esta *Sceloporus sp.*

b. Índices de diversidad alfa y beta

En cuanto a la diversidad alfa, se determinó en base el índice de Shannon ($p=0.187>0.05$) y el índice de Simpson ($p=0.05>0.05$), que no existe una diferencia significativa entre la diversidad de especies por época y sitios. Por lo que se puede establecer que la riqueza de especies es similar en los 3 sitios de muestreo.

Para la diversidad beta, se determinó en base al índice de similitud de Sorensen ($r=1$, $p=0.16>0.05$), que existe una diferencia en la abundancia de especies. Sin embargo, esta diferencia no es significativa para los 3 sitios de muestreo en ambas épocas. En cuanto a el índice de Jaccard ($r=0.79$, $p=0.001<0.05$), se obtuvo una diferencia leve en la cantidad de especies por sitio y época. Es importante aclarar que a pesar de que en el índice de Jaccard se haya encontrado una leve diferencia, esta no sea muy representativa para la diversidad de la finca.

A pesar de que se encontraron diferencias en la composición de hábitats y especies por sitio para cada grupo en específico, según los resultados obtenidos de los índices de diversidad alfa y beta, a nivel general de la finca no existe una diferencia relevante de la diversidad de especies de flora y fauna. Esto se podría deber a que no existen factores que causen una diferencia considerable en la diversidad total. Según diversos estudios, factores edáficos como la estructura y composición del suelo, factores climáticos y degradación antropogénica pueden causar diferencias en la diversidad de especies de un sitio (Espinosa, Cabrera, Luzuriaga y Escudero, 2011).

Un factor determinante con relación a los resultados obtenidos de los índices de diversidad alfa y beta es que debido al tipo de estudio la cantidad de datos recolectados permite establecer una cuantificación y análisis de la diversidad de flora y fauna para determinar su estado y potencial biológico en términos generales (Zolotoff y Medina, 2005). Por lo tanto, para poder obtener un análisis comparativo con un grado de certeza más alto, es necesario aumentar la cantidad de muestreo para cada taxon en un mayor periodo de tiempo (Baselga y Rodríguez, 2019).

c. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies permite analizar la cantidad o registro de especies en relación con el esfuerzo de muestreo realizado en campo, que tiende a representar de manera proporcional que a mayor esfuerzo, mayor será el número de especies (Jiménez, 2000). Como se observa en **Figura 22** en los primeros monitoreos realizados durante la época seca se lograron registrar hasta 250 especies de flora y fauna.

La mayoría de las especies encontradas en los primeros muestreos en la época seca fueron especies comunes para la finca y a medida que se continuó con el esfuerzo de muestreo se fueron registrando especies raras o poco comunes. Además, es importante mencionar que debido a que los cambios de las condiciones ambientales tanto en época seca y lluviosa afectan la distribución espacial de muchas especies de flora y fauna, el registro de especies varió considerablemente en muchas especies de flora que solo florecen en época seca, en especies de aves migratorias, en la concentración de mamíferos cerca de cuerpos de agua y en anfibios y reptiles que aumentan su rango espacial especialmente en época lluviosa.

B. Especies clave para el desarrollo de programas de conservación

1. Flora

En cuanto a los estados de conservación de la flora encontrada (**Figura 23**), se obtuvieron 35 especies en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), 4 especies en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y 9 especies en la Lista de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Debido a su valor monetario y ser consideradas maderas de uso maderable, uso doméstico en muchas zonas rurales o por su sensibilidad a ambientes perturbados, muchas de estas especies pueden encontrarse en peligro según diversos tratados y acuerdos a nivel nacional e internacional.

Se obtuvieron 30 especies en preocupación menor (LC) siendo estas: *Spondias radlkoferi*, *Oreopanax xalapensis*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *Chamaedorea tepejilote*, *Clusia flava*, *Cupressus lusitanica*, *Sloanea tuerckheimii*, *Acalypha macrostachya*, *Alchornea latifolia*, *Quercus lancifolia*, *Alfaroa costaricensis*, *Inga micheliana*, *Inga paterno*, *Inga sapindoides*, *Bauhinia unguolata*, *Cojoba arborea*, *Magnolia champaca*, *Heliocarpus mexicanus*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Cedrela tonduzii*, *Trichilia hirta*, *Ficus insipida*, *Ficus citrifolia*, *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoi*, *Psychotria trichotoma*, *Xylosma flexuosa*, *Cecropia peltata* y *Urera caracasana*; 2 especies en estado crítico (CR) siendo estas *Costus barbatus* y *Hoffmannia cauliflora*; 1 especie en estado vulnerable (VU) siendo esta *Saurauia oreophila*; 1 especie como en peligro (EN) siendo esta *Disocactus eichlamii* y 2 especies como casi amenazadas (NT) siendo estas *Quercus skinneri* y *Eucaliptus paniculata* 69 según la IUCN. De las 72 especies de flora registradas, 36 especies no se encuentran evaluadas en la IUCN.

Según CITES se registraron 4 especies en categoría (II) siendo estas *Disocactus eichlamii*, *Cedrela tonduzii*, *Guarianthe skinneri* y *Epidendrum ciliare*. De las 72 especies de flora registradas, 68 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Según la LEA se registraron 2 especie en

categoría (1) siendo estas: *Chamaedorea pinnatifrons* y *Chiranthodendron pentadactylon*; 3 especies en categoría (2) siendo estas: *Saurauia oreophila*, *Disocactus eichlamii* y *Cedrela tonduzii*; 4 especies en categoría (3) siendo estas: *Quercus skinneri*, *Quercus lancifolia*, *Guarianthe skinneri* y *Epidendrum ciliare*. De las 72 especies de flora registradas, 64 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

Por lo que considerando que varias especies se encuentran en diversos convenios y tratados de conservación se consideran a las siguientes especies como las especies de mayor interés para considerar su protección: *Saurauia oreophila*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *Disocactus eichlamii*, *Costus barbatus*, *Quercus skinneri*, *Quercus lancifolia*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Cedrela tonduzii*, *Guarianthe skinneri*, *Epidendrum ciliare* y *Hoffmannia cauliflora*.

2. Fauna

a. Aves

En cuanto a los estados de conservación de las aves encontradas (**Figura 24**), se obtuvieron 145 especies en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), 19 especies en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y 40 especies en la Lista de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Se obtuvieron 141 especies en preocupación menor (LC); 3 especies en estado vulnerable (VU) siendo estas: *Penelopina nigra*, *Eupsittula canicularis* y *Poecilostreptus cabanisi* y 1 especie en categoría de casi amenazada siendo esta *Contopus cooperi*. De las 151 especies de aves registradas, 6 especies no se encuentran evaluadas en la IUCN.

Según CITES se registraron 18 especies en categoría (II) siendo estas: *Colibri thalassinus*, *Lampornis viridipallens*, *Archilochus colubris*, *Basilinna leucotis*, *Campylopterus hemileucurus*, *Saucerottia beryllina*, *Saucerottia cyanura*, *Amazilia rutila*, *Spizaetus tyrannus*, *Buteo plagiatus*, *Buteo platypterus*, *Buteo albonotatus*, *Glaucidium brasilianum*, *Ciccaba virgata*, *Micrastur semitorquatus*, *Herpetotheres cachinnans*, *Falco sparverius*, *Eupsittula canicularis* y *Psittacara strenuus* y 1 especie en categoría (III) siendo esta *Penelopina nigra*. De las 151 especies de aves registradas, 132 especies no se encuentran evaluadas en CITES.

Según la LEA se registraron 3 especie en categoría (2) siendo estas: *Penelopina nigra*, *Hylocichla mustelina* y *Poecilostreptus cabanisi*; 37 especies en categoría (3) siendo estas: *Crypturellus cinnamomeus*, *Dendrortyx leucophrys*, *Patagioenas flavirostris*, *Lampornis viridipallens*, *Pampa rufa*, *Saucerottia cyanura*, *Spizaetus tyrannus*, *Buteo albonotatus*, *Glaucidium brasilianum*, *Ciccaba virgata*, *Trogon collaris*, *Hylomanes momotula*, *Aspatha gularis*, *Aulacorhynchus prasinus*, *Micrastur semitorquatus*, *Herpetotheres cachinnans*, *Falco sparverius*, *Eupsittula canicularis*, *Psittacara strenuus*, *Sclerurus mexicanus*, *Xiphorhynchus erythropygius*, *Anabacerthia variegaticeps*, *Clibanornis rubiginosus*, *Rhynchocyclus brevirostris*, *Contopus cooperi*, *Vireolanius melitophrys*, *Troglodytes rufociliatus*, *Henicorhina leucosticta*, *Henicorhina leucophrys*, *Myadestes occidentalis*, *Catharus dryas*, *Turdus assimilis*, *Chlorophonia occipitalis*,

Coccothraustes abeillei, *Helmitheros vermivorum*, *Basileuterus lachrymosus* y *Basileuterus belli*. De las 151 especies de aves registradas, 111 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

Por lo que considerando que varias especies se encuentran en diversos convenios y tratados de conservación se consideran a las siguientes especies como las especies de mayor interés para considerar su protección: *Crypturellus cinnamomeus*, *Penelopina nigra*, *Dendrortyx leucophrys*, *Patagioenas flavirostris*, *Colibri thalassinus*, *Lampornis viridipallens*, *Archilochus colubris*, *Basilinna leucotis*, *Pampa rufa*, *Campylopterus hemileucurus*, *Saucerottia beryllina*, *Saucerottia cyanura*, *Amazilia rutila*, *Spizaetus tyrannus*, *Buteo plagiatus*, *Buteo platypterus*, *Buteo albonotatus*, *Glaucidium brasilianum*, *Ciccaba virgata*, *Trogon collaris*, *Hylomanes momotula*, *Aspatha gularis*, *Aulacorhynchus prasinus*, *Micrastur semitorquatus*, *Herpetotheres cachinnans*, *Falco sparverius*, *Eupsittula canicularis*, *Psittacara strenuus*, *Sclerurus mexicanus*, *Xiphorhynchus erythropygius*, *Anabacerthia variegaticeps*, *Clibanornis rubiginosus*, *Rhynchocyclus brevirostris*, *Contopus cooperi*, *Vireolanius melitophrys*, *Troglodytes rufociliatus*, *Henicorhina leucosticta*, *Henicorhina leucophrys*, *Myadestes occidentalis*, *Catharus dryas*, *Hylocichla mustelina*, *Turdus assimilis*, *Chlorophonia occipitalis*, *Coccothraustes abeillei*, *Helmitheros vermivorum*, *Basileuterus lachrymosus*, *Basileuterus belli* y *Poecilostreptus cabanisi*.

Algunas de estas especies amenazadas como *Penelopina nigra*, *Spizaetus tyrannus* y *Psittacara strenuus*, son especies que pueden ser gravemente afectados por cambios en el ecosistema y perturbación del hábitat. A pesar de que la mayoría de las especies se encuentre en preocupación menor hay especies que en un futuro cercano debido a cambio climático, avance de la frontera agrícola y avance de la urbanización en el departamento de Suchitepéquez y Escuintla puedan llegar a depender de áreas boscosas como la finca.

b. Mamíferos

En cuanto a los estados de conservación de los mamíferos encontrados (**Figura 25**), se obtuvieron 15 especies en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), 7 especies en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y 9 especies en la Lista de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Se obtuvieron 14 especies en preocupación menor (LC) siendo estas: *Urocyon cinereoargenteus*, *Canis latrans*, *Odocoileus virginianus*, *Cuniculus paca*, *Dasyopus novemcinctus*, *Dasyprocta punctata*, *Didelphis marsupialis*, *Puma yagouaroundi*, *Sylvilagus floridanus*, *Bassariscus sumichrasti*, *Potos flavus*, *Nasua narica*, *Sciurus deppei* y *Sciurus aureogaster*. Además se registró 1 especie en estado de casi amenazada (NT) siendo esta *Leopardus wiedii* según la IUCN. De las 15 especies de mamíferos registrados, todas se encuentran evaluadas en la IUCN.

Según CITES se registraron 2 especies en categoría (I) siendo estas: *Leopardus wiedii* y *Puma yagouaroundi*; 5 especies en categoría (III) siendo estas: *Odocoileus virginianus*, *Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Potos flavus* y *Nasua narica*. De las 15 especies de mamíferos registrados, 8 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Según la LEA se registraron 2 especie en categoría (2) siendo estas: *Leopardus wiedii* y *Puma yagouaroundi*, 7 especies en categoría (3) siendo estas: *Urocyon cinereoargenteus*, *Canis latrans*, *Odocoileus virginianus*, *Cuniculus paca*, *Dasyopus*

novemcinctus, *Sciurus deppei* y *Sciurus aureogaster*. De las 15 especies de mamíferos registrados, 6 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

Por lo que considerando que varias especies se encuentran en diversos convenios y tratados de conservación se consideran a las siguientes especies como las especies de mayor interés para considerar su protección: *Odocoileus virginianus*, *Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Leopardus wiedii*, *Puma yagouaroundi*, *Potos flavus* y *Nasua narica*.

c. Anfibios y reptiles

En cuanto a los estados de conservación de la aves encontrada (**Figura 26**), se obtuvieron 14 especies en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), 9 especies en el Convenio Internacional de Tráfico de Especies (CITES) y 5 especies en la Lista de Especies Amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Se obtuvieron 11 especies en preocupación menor (LC) siendo estas: *Boa imperator*, *Craugastor rupinius*, *Craugastor loki*, *Norops crassulus*, *Ninia diademata*, *Rhadinella godmani*, *Sibon nebulatus*, *Geophis rhodogaster*, *Micrurus nigrocintus*, *Ctenosaura similis* y *Agalychnis moreletii*; 1 especie como vulnerable (VU) siendo *Craugastor stuarti*; 1 especie como casi amenazada (NT) siendo esta *Norops petersi* y 1 especie en peligro (EN) siendo esta *Bolitoglossa kaqchikelorum* según la IUCN. De las 17 especies de reptiles y anfibios registrados, 3 especies no se encuentran evaluadas en la IUCN. Según CITES se registraron 3 especies en categoría (II) siendo estas: *Boa imperator*, *Ctenosaura similis* y *Agalychnis moreletii*. De las 17 especies de reptiles y anfibios registrados, 8 especies no se encuentran evaluadas en CITES. Según la LEA se registró 1 especie en categoría (2) siendo esta: *Agalychnis moreletii*; 4 especies en categoría (3) siendo estas: *Boa imperator*, *Craugastor rupinius*, *Norops petersi* y *Bolitoglossa kaqchikelorum*. De las 17 especies de reptiles y anfibios registrados, 12 especies no se encuentran evaluadas en la LEA.

Por lo que considerando que varias especies se encuentran en diversos convenios y tratados de conservación se consideran a las siguientes especies como las especies de mayor interés para considerar su protección: *Boa imperator*, *Craugastor stuarti*, *Norops petersi*, *Ctenosaura similis*, *Agalychnis moreletii* y *Bolitoglossa kaqchikelorum*.

C. Principales amenazas sobre la biodiversidad

1. Flora

Actualmente existen muchas especies de flora maderable y no maderable registradas en el tráfico de vida silvestre como orquídeas, tilandsias, bromelias y chamaedoreas. Algunas de estas especies pertenecen al género *Cedrela spp.*, *Cupressus spp.*, *Pinus spp.* y *Quercus spp.* (Flores y CONAP, 2020). Algunas especies de estos géneros fueron reportados en el presente estudio como *Cedrela tonduzii*, *Cupressus lusitanica*, *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoi*, *Quercus skinneri* y *Quercus lancifolia*.

Se establecieron 3 amenazas principales para la flora presente en la finca (**Cuadro 9**), las cuales son críticas para la conservación tanto de las especies maderables como no maderables. Debido a que uno de los ejes principales de la finca se basa en el proyecto de construcción de viviendas, áreas comunes de recreación y senderos, se planea remover o eliminar una cantidad considerable de especies ubicados en los terrenos cercanos al sitio 1. Por lo que estas actividades de construcción de viviendas representan una de las mayores amenazas para la flora. De acuerdo a varios estudios la fragmentación del paisaje genera parches de vegetación remanente rodeada por una matriz de vegetación o de uso de tierra dominante lo cual puede ocasionar una alteración de la geometría espacial, aislamiento, pérdida de conectividad y otros efectos sobre las poblaciones de flora y fauna a nivel de paisaje (Dirzo, Aguirre y López, 2009; Sánchez, Galindo y Díaz, 2008).

De forma similar, la introducción de especies invasoras o exóticas en las áreas comunes de recreación y en los terrenos, podría tener repercusiones sobre la diversidad de flora local. Estas especies invasoras desplazan no solo a las especies nativas de flora, sino también a muchas especies de fauna por algunos factores como competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades, modificación del hábitat, alteración de la cadena trófica, condiciones biofísicas e inclusive llegando a alterar los regímenes de fuego (IMTA, Conabio, GECI, Aridamérica y The Nature Conservancy, 2007).

2. Fauna

a. Aves

Desde el año 1990 hasta el 2020 se han registrado 143 especies de aves residentes y migratorias en colecciones de fauna privadas como resultado del tráfico de vida silvestre que existe en Guatemala, la mayoría siendo de la familia Psittacidae como *Eupsittula canicularis* (Flores y CONAP, 2020), la cual fue reportada en el presente estudio.

Se establecieron 3 amenazas principales para las aves presente en la finca (**Cuadro 9**). De manera similar a las amenazas de la flora, las actividades de remoción y/o eliminación de la flora tendría efectos significativos sobre la diversidad de aves, principalmente por la pérdida de sitios de anidación y forrajeo. Esto sumado a las actividades rutinarias de poda del sotobosque y matorrales en las áreas comunes de recreación y los terrenos, podrían representar una pérdida de microhábitats para algunas especies del sitio 1.

Una de las amenazas que resaltan por tener efectos más directos e inmediatos es la cacería y comercio ilegal. Actualmente, varios estudios indican que los mamíferos y aves componen los principales grupos de estas actividades ilícitas, teniendo un mayor impacto en áreas con puntos de acceso cercanos a zonas urbanas (Benitez *et al*, 2017). Esta representa una amenaza actual ya que en las cámaras trampa se logró identificar un grupo de cazadores en el sitio 2.

De las especies que podrían estar en mayor grado de amenaza por esta actividad son: *Crypturellus cinnamomeus*, *Ortalis leucogastra*, *Penelopina nigra*, *Dendrortyx leucophrys*, *Dactylortyx thoracicus* y *Odontophorus guttatus*. Las especies de los órdenes Galliformes y Tinamiformes, se encuentran de los más comunes como animales cotizados para la cacería de aves (Stafford, Preziosi y Sellers, 2017).

Es importante destacar que se observó una falta de control de las mascotas adentro de los senderos del sitio 1 y de las áreas comunes, siendo principalmente perros. La presencia de perros domésticos en áreas abiertas o senderos recreacionales puede afectar una alteración en el patrón del uso del hábitat, ya que estos al no tener ninguna correa o algún entrenamiento por comando de voz, pueden llegar a cazar la fauna local por instinto natural (Lenth, Knight y Brennan, 2008).

b. Mamíferos

En la actualidad existen 39 especies de mamíferos registrados como los más comunes en el tráfico de vida silvestre como *Urocyon cinereoargenteus*, *Potos flavus*, *Dasyprocta punctata*, *Nasua narica*, *Dicotyles tajacu* y *Cuniculus paca* (Flores y CONAP, 2020), los cuales fueron reportados en el presente estudio.

Se establecieron 3 amenazas principales para las aves presente en la finca (**Cuadro 9**). De estas, la cacería ilegal es la amenaza que mayor efecto podría ocasionar sobre la diversidad local. Se obtuvieron registros en las cámaras trampa de la presencia de varios grupos de cazadores en ambas épocas únicamente en el sitio 2.

Por lo general existe una tendencia a que los cazadores furtivos buscan especies que puedan proveer un sustento alimenticio considerable (Montes *et al*, 2017), por lo que especies como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) sería la especie de interés para los cazadores que ingresen a la finca. Otra especie que podría ser de especial interés para los cazadores es el tepezcuintle (*Cuniculus paca*), el cual esta entre los mamíferos silvestres más consumidos en el Neotropico (Valsecchi, El Bizri y Figueira, 2014). Además, se encontraron muchos indicios de trampas para madrigueras, los cuales podría ser específicamente para cazar mamíferos medianos como *Cuniculus paca*, *Dasypus novemcinctus*, *Dasyprocta punctata*, *Didelphis marsupialis* y *Sylvilagus floridanus*.

De igual forma que para las aves, la presencia de perros puede afectar el patrón del uso del hábitat de muchas especies de mamíferos, especialmente cuando no cuentan con correo o entrenamiento por comando de voz. Algunas de las presas más comunes incluyen ardillas (*Sciurus spp.*), conejos (*Sylvilagus spp.*) y ratones (*Peromyscus spp.* y *Onychomys spp.*), entre muchas otras especies como venados cuando son razas de gran tamaño (Lenth, Knight y Brennan, 2008).

En cuanto a algunas especies interesantes se encuentra *Leopardus wiedii* la cual se encuentra como Casi Amenazada (NT) según la IUCN, además de su inclusión en varios convenios relacionados a la conservación a nivel internacional debido a la destrucción del hábitat, cacería principalmente por el alto valor de la piel, rareza natural y bajo potencial reproductivo (Romero, Aliaga y Arispe, 2009).

c. Anfibios y reptiles

Según Flores y CONAP en 2020, existen alrededor de 80 especies registradas como las más comunes en el tráfico de vida silvestre como *Boa imperator*, la cual fue reportada para este estudio. Se establecieron 3 amenazas principales para las aves presente en la finca (**Cuadro 9**). De estas, los atropellamientos por exceso de velocidad de desplazamiento en el camino vehicular y senderos recreativos se considera la amenaza que mayor efecto podría ocasionar sobre la diversidad local.

Las 2 especies que fueron encontradas atropelladas (*Boa imperator* y *Ninia diademata*) fueron encontradas en medio del camino principal y en los senderos, estos fueron posiblemente aplastados por un vehículo o por alguna bicicleta que iba a una velocidad no adecuada para moverse por el área. Según diversos estudios los caminos pueden tener impactos negativos en muchas especies de vertebrados y especialmente en algunos reptiles y anfibios que son más susceptibles a atropellamientos debido a que muchos de estos se quedan inmóviles en respuesta a un vehículo en movimiento (Heigl, Horvath, Laaha y Zaller, 2017).

Por otra parte la aplicación de agroquímicos como herbicidas, fertilizantes y/o insecticidas cercano a vegetación natural y/o cuerpos de agua podría representar una amenaza crítica para la diversidad de anfibios y reptiles de la finca. Existen una gran cantidad de agroquímicos que pueden afectar drásticamente las poblaciones de anfibios, ya que debido a que muchas especies tienen una respiración cutánea, algunos químicos pueden llegar a acumularse en el tejido del animal, provocándole la muerte por falta de oxígeno, entre muchos otros efectos negativos en su ciclo reproductivo (Hall y Henry, 1992). Para Guatemala se ha reportado en el séptimo lugar de los 20 países con el mayor número de especies amenazadas de anfibios con relación a la contaminación por pesticidas y otros químicos similares (Khan y Law, 2005). Por lo tanto, es de suma importancia evaluar la necesidad y los sitios de aplicación de estos agroquímicos o considerar una sustitución por químicos más amigables con el ambiente.

Por último, siendo una de las amenazas más comunes para los reptiles y especialmente para las serpientes es la respuesta negativa derivada del desconocimiento, la cual en la mayoría de los casos resulta en el deceso del individuo encontrado (Lynch, 2012). Esta amenaza no necesariamente se puede atribuir exclusivamente al personal de la finca, ya que la finca al tener como uno de sus ejes principales la conservación de la biodiversidad, el personal tiene la obligación de velar por la protección de la flora y fauna. Sin embargo, existe un ingreso constante de muchos trabajadores temporales que podrían no estar cumpliendo estas normas, así como el ingreso de cazadores que podrían amenazar las poblaciones de serpientes de la finca.

Como se mencionaba previamente con aves y mamíferos, la presencia de perros puede afectar el patrón del uso del hábitat de muchas especies de fauna (Lenth, Knight y Brennan, 2008). Según algunos estudios, los perros en áreas silvestres pueden llegar a alimentarse de frutos, mamíferos, aves, reptiles y anfibios (Ritchie *et al*, 2014). Por lo que la presencia de los perros, principalmente en los senderos recreativos podría representar una amenaza considerable para las poblaciones de anfibios y reptiles que se distribuyen en estas áreas.

D. Recomendaciones de manejo de biodiversidad

1. Flora

Como se observa en el **Cuadro 11**, las recomendaciones de manejo están enfocadas a las principales amenazas presentes en la finca. Actualmente, en la finca ya se han introducido varias especies invasoras/exóticas comúnmente utilizadas en áreas de jardinería. En muchos casos la erradicación de especies invasoras/exóticas es extremadamente difícil de realizar (D'Antonio y Meyerson, 2002). Por lo que de manera preventiva y de regulación se recomienda implementar un control de estas especies que podrían expandirse más allá del área destinada.

De forma similar el desplazamiento de especies nativas por especies invasivas como el bambú (*Chusquea spp.*) y el platanillo (*Heliconia collinsiana*) pueden ocasionar impactos considerables sobre la biodiversidad de la finca. En diversos estudios se ha observado que debido al crecimiento rápido del bambú, este puede llegar a cubrir grandes extensiones en poco tiempo, ocasionando un desplazamiento progresivo de la flora local (Buziquia, Lopes, Almeida y Almeida, 2019). El género *Chusquea spp.* es uno de los más grandes y diversos, con uno de los más grandes rangos latitudinales y altitudinales (Clark, 1989) por lo que puede adaptarse a muchos diferentes hábitats. De manera similar con el platanillo (*H. collinsiana*), se recomienda implementar un control de estas especies que podrían expandirse y desplazar la flora local.

Siendo una de las amenazas con mayor impacto sobre la biodiversidad la remoción o eliminación de la flora para la construcción de viviendas, áreas recreativas, caminos y/o senderos, es imperativo evaluar los planes de restauración por parte de los propietarios de la finca para garantizar que se lleven a cabo las acciones de mitigación adecuadas que generen el menor impacto sobre la biodiversidad. Por lo que en base al análisis de IVI y de las especies con mayor grado de amenaza se estableció un listado de especies recomendadas para la reforestación de la finca (**Cuadro 12**) ya que son especies que podrían contribuir a la transición y recuperación del bosque.

2. Fauna

a. Aves

De igual forma que en el caso de amenazas para la flora, la remoción o eliminación de la flora para la construcción de viviendas, áreas recreativas, caminos y/o senderos puede ocasionar efectos negativos sobre la diversidad de aves. Por lo que algunas de las especies recomendadas para la reforestación de la finca (**Cuadro 12**) podrían contribuir a muchas especies de aves. Por ejemplo, algunas especies como *Oreopanax xalapensis*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *Alfaroa costaricensis*, *Cojoba arborea*, *Cedrela tonduzii*, *Chamaedorea tepejilote*, *Quercus lancifolia*, *Quercus skinneri*, *Chiranthodendron pentadactylon* y *Hoffmannia cauliflora* podrían proveer no solo de alimento a las especies de aves frugívoras e insectívoras, sino que también de anidación.

Otra recomendación para esta amenaza es el mantenimiento de árboles muertos, tocones o árboles que hayan caído al suelo y estén en proceso de descomposición provee un nicho ecológico no solo para las aves sino para muchas especies fitófagas, insectívoras y descomponedores. Especialmente para muchas especies de la familia Picidae como carpinteros y de la familia Furnariidae como los trepatroncos (De La Peña y Krüger, 1987).

Debido a que el sitio 1 tiene la mayor modificación del paisaje y con relación a la riqueza de aves encontrada en este sitio siendo la familia Tyrannidae la más abundante del estudio, muchas especies de esta familia podrían contribuir al proceso de restauración natural. Según algunos estudios muchas especies de esta familia pueden funcionar como agentes de restauración ecológica en hábitats perturbados a pesar de que su dieta sea principalmente insectívora, algunas especies abarcan una dieta frugívora como *Tolmomyias sulphurescens* y *Megarynchus pitangua* (Rosa, Anjos y Moura, 2013). Ambas especies fueron registradas durante el estudio en el sitio 1 y 2. Por lo que estas especies podrían contribuir al proceso de restauración natural en las áreas con mayor perturbación dentro de la finca.

En cuanto a la cacería ilegal de especies de tamaño mediano y grande, se recomienda aumentar los puestos de vigilancia con la finalidad de mejorar el control de ingreso a la finca. De esta forma se podría evitar que los cazadores furtivos sigan afectando a algunas especies de aves de la familia Tinamidae y Odontophoridae. De manera similar, estos puestos de vigilancia podrían contribuir al control de mascotas en senderos y áreas recreativas, garantizando que se estos estén con su debida correa y por consecuente no generen impactos negativos sobre la avifauna.

b. Mamíferos

Debido a que las amenazas para los mamíferos de la finca están relacionados a la perdida de diversidad por cacería ilegal, saqueo de madrigueras, guaridas y la falta de control de mascotas en senderos y áreas recreativas, el establecer puntos de control y vigilancia en puntos estratégicos podría contribuir a la conservación de las especies de mamíferos de la finca evitando la entrada de los cazadores y accidentes con mascotas.

c. Anfibios y reptiles

A forma de evitar los atropellamientos por exceso de velocidad de desplazamiento en el camino vehicular y senderos recreativos, se podrían fortalecer las normas del límite de velocidad por medio de patrullajes constantes tanto en el camino principal como en los senderos. Estos patrullajes podrían complementarse con los puestos de vigilancia, atendiendo de igual forma la falta de control de mascotas en senderos y áreas recreativas. Asimismo, se podrían colocar rótulos que sirvan de recordatorio del límite de velocidad permitido.

En cuanto a la aplicación de agroquímicos como herbicidas, fertilizantes y/o insecticidas, se recomienda fuertemente el disminuir o evitar la aplicación de estos, especialmente en cuerpos de agua, ya que estos son esenciales para la reproducción de muchas especies de anfibios. Por otro lado, para la protección y conservación de reptiles como las serpientes se recomienda llevar a cabo capacitaciones al personal sobre la importancia de la biodiversidad y especialmente la identificación de especies venenosas y el tratamiento adecuado en caso de un accidente ofídico.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se registraron 255 especies de flora y fauna, siendo estas 72 especies de flora (42 familias), 151 especies de aves (35 familias), 15 especies de mamíferos (10 familias) y 17 especies de anfibios y reptiles (10 familias).
2. Para el total de la finca la familia Leguminosae fue la más abundante para flora, Tyrannidae para aves, Procyonidae para mamíferos y Dipsadidae para anfibios y reptiles.
3. Las especies con el índice de valor de importancia (IVI) más alto es *Ficus citrifolia*, seguido por *Oreopanax xalapensis*, *Montanoa hibiscifolia* y *Quercus skinneri*.
4. Se registraron 35 especies de maderables y 36 especies entre arbustivas, herbáceas, epifitas, helechos y orquídeas
5. Se registraron 190 especies de flora y fauna para el sitio 1, 169 especies para el sitio 2 y 167 especies para el sitio 3.
6. Para el sitio 1 se registraron 50 especies de flora, 120 especies de aves, 8 especies de mamíferos y 12 especies de anfibios y reptiles.
7. Para el sitio 2 se registraron 45 especies de flora, 112 especies de aves, 8 especies de mamíferos y 4 especies de anfibios y reptiles.
8. Para el sitio 3 se registraron 42 especies de flora, 59 especies de aves, 10 especies de mamíferos y 3 especies de reptiles y anfibios.
9. Tras el análisis de estadístico, se puede determinar que existe una leve diferencia en la diversidad encontrada en los 3 sitios, sin embargo, es necesario recolectar una mayor cantidad de datos para establecer con un mayor grado de certeza si esta diferencia es representativa para la diversidad total de la finca.
10. Se obtuvieron 210 especies amenazadas (36 plantas, 145 aves, 15 mamíferos y 14 anfibios y reptiles).
11. Se obtuvieron 35 especies de flora, 145 especies de aves, 15 especies de mamíferos y 14 especies de anfibios y reptiles en la Lista Roja de la IUCN.
12. Se obtuvieron 4 especies de flora, 19 especies de aves, 7 especies de mamíferos y 9 especies de anfibios y reptiles en CITES.
13. Se obtuvieron 9 especies de flora, 40 especies de aves, 9 especies de mamíferos y 5 especies de anfibios y reptiles en la LEA.
14. Se establecieron 13 amenazas y recomendaciones de manejo sobre la biodiversidad de la finca para la flora y fauna.
15. Se establecieron 21 especies de árboles recomendados para reforestación dentro de la finca.
16. La finca El Zur tiene un gran potencial para convertirse en un punto estratégico para la conservación e investigación científica debido a su cercanía con el complejo Volcánico Acatenango-Fuego para realizar investigaciones científicas con especies amenazadas.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un plan de manejo para mejorar la administración y desarrollo del proyecto para las zonas de viviendas ya que estas podrían afectar muchos anfibios y reptiles cercanos al camino principal y las casas que sean construidas cerca de la casa club, parque la salamandra y sus alrededores.
2. Se recomienda realizar un control y monitoreo de las especies invasoras/exóticas que se encuentran en las áreas de jardinería.
3. Se recomienda realizar un control y monitoreo del crecimiento de ciertas plantas como las diferentes especies de bambú *Chusquea pittieri*, *Chusquea longifolia* y *Bambusa vulgaris*, ya que estas podrían desplazar a otras especies de plantas y animales principalmente cerca desde La Sala hasta el área de Peña Blanca y los senderos cercanos.
4. Se recomienda realizar un plan de germinación y siembra de las especies de árboles sugeridos en el **Cuadro 12**.
5. Se recomienda realizar patrullajes más constantes en los senderos de La Sala, Árbol Monstruo y el Puente del Tronco, debido al registro de cazadores que ingresan principalmente por esa ruta.
6. Se recomienda la elaboración de estanques o pozas artificiales para generar un reservorio de agua para que las aves, mamíferos, anfibios y reptiles puedan utilizarlo durante la época seca.
7. Se recomienda un monitoreo más extenso de mastofauna y herpetofauna, ya que se registraron muchas especies de gran importancia para la conservación e interés científico a nivel regional e internacional.
8. Se recomienda la inclusión de otros taxones como insectos, mariposas y arañas para contribuir al análisis de la composición de la biodiversidad presente en la finca.
9. Se recomienda realizar capacitaciones para la protección y conservación de reptiles como las serpientes al personal sobre la importancia de la biodiversidad y especialmente la identificación de especies venenosas y el tratamiento adecuado en caso de un accidente ofídico.
10. Se recomienda realizar puntos de control y establecer medidas de comportamiento dentro de los senderos como la prohibición de bocinas con música a un volumen alto, permitir el ingreso únicamente a las mascotas que cuenten con su respectiva correa, el mantenimiento de una velocidad baja en el camino vehicular y en los senderos que pertenecen al área de Los Cañones, La Cabalgata y Principalmente dentro de la Reserva El Camaleón, ya que estas acciones pueden afectar negativamente la biodiversidad de la finca.
11. Se recomienda ampliar el esfuerzo de muestreo para todos los grupos ya que este es un estudio de corta duración, sin embargo, con la gran cantidad de especies se puede considerar a la finca como uno de los pocos refugios para muchas especies silvestres de fauna y muchas otras especies de flora que en la actualidad se ven gravemente amenazadas.

X. LITERATURA CITADA

Aguirre, G. 2011. *Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna*. 84 págs.

Álvarez, C., & Karina, L. 2020. *Diversidad genética poblacional de Hylidae en Centroamérica, los casos de la rana de ojos negros (Hylidae: Agalychnis moreletii Duméril, 1853), la rana verde de ojos rojos (Hylidae: Agalychnis callidryas Cope, 1862) y la rana de arroyo de Copán (Hylidae: Ptychohyala hypomykter McCranie & Wilson, 1993)*.

Angulo, A., Rueda, V., Rodríguez, V., & La Marca, E. 2006. *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Conservación Internacional.

Aragón, E. et al. 2010. *Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. Rev. Mexicana de Biodiversidad*. (81): 771-787

Arispe, R., Rumiz, D. & Venegas, C. 2005. *Segundo censo de jaguares (Panthera onca) y otros mamíferos con trampas cámara en la Estancia San Miguelito. Wildlife Conservation Society. Bolivia*. 23 págs.

Badii, M., Landeros, J., & Cerna, E. 2008. *Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. Revista Daena*. 29 págs.

Baselga, A., & Rodríguez, C. 2019. *Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas?* Nova acta científica compostelana, 8 págs.

Bekoff, M & Gese, E. 2003. *Coyote (Canis latrans). National Wildlife Research Center-Staff Publications*. 224 págs.

Benitez, A., Alkemade, R., Schipper, A., Ingram, D., Verweij, P., Eikelboom, J., & Huijbregts, M. 2017. *The impact of hunting on tropical mammal and bird populations. Science*, 356(6334), 180-183.

Buziquia, S., Lopes, P., Almeida, A., & de Almeida, I. 2019. *Impacts of bamboo spreading: a review. Biodiversity and conservation*, 28, 3695-3711.

Boza, E., Rovito, S., Chaves, G., Garcia, A., Artavia, L., Bolanos, F., & Wake, D. 2012. *Salamanders from the eastern Cordillera de Talamanca, Costa Rica, with descriptions of five new species (Plethodontidae: Bolitoglossa, Nototriton, and Oedipina) and natural history notes from recent expeditions. Zootaxa*, 3309(1), 36-61.

Brambila, J. 2006. *Métodos y técnicas de manejo y conservación para anfibios y reptiles en campo: análisis, evaluación y aprovechamiento sustentable en México. Métodos para Estimar Variables*.

Cachay, C. 2010. *IVIs y caracterización dondroológica de las especies forestales en el sector Cordillera escalera" Tarapoto*.

Castellanos, E., Regalado, O., Pérez, G., Montenegro, R., Ramos, V. e Incer, D. 2012. *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006*.

Universidad del Valle de Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Bosques y Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 99 págs.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); Municipalidad de Acatenango. 2013. *Plan Maestro del Parque Regional Municipal Astillero Municipal Volcán de Acatenango*. Guatemala. Fondo de Conservación de los Bosques Tropicales. 138 págs.

CATIE-FCA-AF. 2017. *Plan de monitoreo biológico en el complejo volcánico Acatenango-Fuego*. Guatemala. 28 págs.

CITES. 2020. <https://cites.org/esp/disc/what.php> Fecha de consulta 02/10/2020

Clark, L. 1989. *Systematics of Chusquea Section Swallenochloa, Section Verticillatae, Section Serpentes, and Section Longifoliae (Poaceae-Bambusoideae)*. Systematic Botany Monographs, 1-127.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). 2005. Ley de Áreas Protegidas y su Reglamento. Decreto número 4-89 y sus Reformas Decretos No. 18-89, 110-96 y 117-97 del Congreso de la República de Guatemala.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza (FONACON). 2019. *Caracterización biofísica de la Zona de Veda Definitiva del Volcán Tajumulco, San Marcos, Guatemala*. Guatemala. Asociación nacional de corporaciones autónomas de servicios (ANCASS). 15 págs.

Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). 2010. *Listados actualizados de las especies de fauna y flora, incluidas en los apéndices de la CITES, distribuidas en Centroamérica y República Dominicana*. 61 págs.

CONAP. 2001. *Plan Maestro del Área de usos múltiples Volcán y Laguna de Ipala-Agua Blanca*. 85 págs.

CONAP. 2009. *Lista de especies amenazadas de Guatemala*. 2ªed. 124 págs.

CONAP. 2010. *Reglamento de especies exóticas e invasoras de Guatemala*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 134 págs.

CONAP-ASAECO-Municipalidad de San Martín Sacatepéquez. 2016. *Plan Maestro de la Zona de Veda Definitiva Volcán Chicabal, San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango*. 133 págs.

CONAP. 2020. <https://conap.gob.gt/direccion-de-desarrollo-del-sistema-guatemalteco-de-areas-protegidas-sigap/> Fecha de consulta 06/11/2020

CONAP. 2017. *Riesgos de la agroindustria de palma africana para las áreas protegidas y diversidad biológica en Guatemala*. Guatemala.

CONAP. 2018. *Informe de los efectos de la quema de caña de azúcar y uso de madurantes sobre la biodiversidad*. Guatemala.

CONAP, CATIE y PNUD. 2019. *VI Informe Nacional de Cumplimiento a los Acuerdos del Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Guatemala.

- Concepción, E., Moretti, M., Altermatt, F., Nobis, M., & Obrist, M. (2015). *Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale*. *Oikos*, 124(12), 1571-1582.
- Contreras, A. 2009. *Impactos ambientales de la producción de agrocombustibles en base a caña de azúcar en la costa sur de Guatemala*. Dirección General de Investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 60 págs.
- Chávez, C., Bárcenas, H., Medellín, A., Zarza, H., & Ceballos, G. 2013. *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso*. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Chan, L. 2003. *Seasonality, microhabitat and cryptic variation in tropical salamander reproductive cycles*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 78(4), 489-496.
- Cuellar, A., Díaz, C. y León, C. 2014. *Estructura de la comunidad de aves en diferentes sistemas de producción de caucho (Hevea brasiliensis) en Caqueta, Colombia*. *Revista Colombia Amazónica* N°7. 16 pg.
- Cuervo, A., Hernández, J. & Cadena, C. 1986. *Lista actualizada de los mamíferos de Colombia: anotaciones sobre su distribución*. Caldasia.
- D'Antonio, C., & Meyerson, L. 2002. *Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis*. *Restoration ecology*, 10(4), 703-713.
- De La Peña, M., & Krüger, E. 1987. *Características ecológicas y algunos ambientes que frecuentan las aves argentinas*. Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNL.
- Del Cid, A., Aguilar, J. y Sandoval, D. 2012. *Denominación común para los habitantes de La Antigua Guatemala y municipios circunvecinos, vinculados a la actividad turística*. Universidad Rafael Landívar. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. 85 págs.
- Del Moral, R. y Grishin, S. 1999. *Volcanic disturbances and ecosystem recovery*. *Ecosystems of the World*. 19 pág.
- Deshmukh, R., Deshmukh, S., Badhekar, S., Rewatkar, J., Pachare, V., & Kawale, S. 2020. *First records of albinism or leucism in six species of snakes from central India*. *Reptiles & Amphibians*, 26(3), 174-179.
- Departamento de Estado de los Estados Unidos, Programa Centróamerica Resiliente y The Nature Conservancy. 2019. *Manual de buenas prácticas para una ganadería bovina sostenible en Guatemala*.
- Díaz, A. y E. Payán. 2012. *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.
- Diffendorfer, J., Gaines, M., & Holt, R. 1995. *Habitat Fragmentation and Movements of Three Small Mammals (Sigmodon, Microtus, and Peromyscus)* *Ecological Archives E076-002*. *Ecology*, 76(3), 827-839.
- Dirzo, R., Aguirre, A. y López, J. 2009. *Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados*. *Investigación Ambiental*. 1:1722.

Dittmer, D., Eifler, M., & Eifler, D. 2015. *Reptiles, Rarely Seen Amphibians, and Rainfall: The Trifecta of Optimal Herping in the Outback*. *Reptiles & Amphibians*, 22(3), 111-125.

Duarte, J., & González, S. 2010. *Neotropical cervidology: biology and medicine of Latin American deer*. Jaboticabal: Funep/IUCN.

Dunn, E., Bart, J., Collins, B., Craig, B., Dale, B., Downes, C., ... & Zorn, P. 2006. *Monitoring bird populations in small geographic areas*. Occasional Paper of the Canadian Wildlife Service, (SPEC. ISS.), 59 págs.

eBird. 2020. <https://ebird.org/home> Fecha de consulta 29/10/2020

El Zur. *El Zur*. <http://www.elzur.com/Brochure/ElZur.pdf> Fecha de consulta 20 de noviembre 2020

Eisermann, K., Arbeiter, S., Lopez, G., Avendano, C., & Lux, J. 2011. *Distribution, habitat use, and implications for the conservation of the globally threatened Azure-rumped Tanager Tangara cabanisi in Guatemala*. *Bird Conservation International*, 21(4), 423-437.

EPIQ. 2002. *Análisis de Biodiversidad de Guatemala*. FIPA-USAID. 102 págs.

Espinosa, T. 2003. *¿Cuántas especies hay?. Los estimadores no paramétricos de Chao*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Espinosa, C., Cabrera, O., Luzuriaga, A., & Escudero, A. 2011. *What factors affect diversity and species composition of endangered Tumbesian dry forests in Southern Ecuador?*. *Biotropica*, 43(1), 15-22.

Fagan, J. y Komar, O. 2016. *Peterson Field Guide to Birds of Northern Central America*. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. 438 págs.

Ferrés, D. y Wolf, R. 2018. *Informe técnico: volcán de Fuego*. Acción contra el Hambre-Cooperación Española. 170 págs.

Flores E. y CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2020. *Estrategia Nacional contra el Tráfico Ilegal de Vida Silvestre en Guatemala 2020-2029*. Publicación técnica No. 7-2020. Guatemala.

Franke, I., Nolzco, S., & León, F. 2014. *Evaluación de la avifauna en la zona Altoandina I. Aspectos Generales y Métodos de evaluación*. Recuperado de http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2014/02/evaluacion-de-la-avifauna-en-la-zona_22.html.

García, M., Good, D., Parra, G., & Wake, D. 2000. *Biodiversity of Costa Rican salamanders: implications of high levels of genetic differentiation and phylogeographic structure for species formation*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(4), 1640-1647.

García, L. et al. 2010. *Estructura, composición vegetal y descomposición de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino (reforestado y en sucesión espontánea), en Peñas Blancas, Calárca (Quindío), Colombia*. *Actual Biol.* 32(93): 147-164

Gehrt, S. 2007. *Ecology of coyotes in urban landscapes*. Universidad de Nebraska. 9 págs.

Geleta, M., & Bekele, A. 2016. *Survey of medium and large-sized mammals in Wacha Protected Forest, Western Ethiopia*. *Journal of Agricultural Science*, 6(3), 71-79.

- Giordano, A. 2016. *Ecology and status of the jaguarundi (Puma yagouaroundi): A synthesis of existing knowledge*. Mammal Review.
- Godoy, Juan. 1999. *Los volcanes de Guatemala: identificación y priorización para su manejo dentro de la estrategia de desarrollo del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP)*. CONAP, Guatemala. 54pp
- González-García, F. 2011. *Métodos para contar aves terrestres*. Manual de técnicas para el estudio de la fauna, 1, 128-147.
- Hall, R., & Henry, P. 1992. *Assessing effects of pesticides on amphibians and reptiles status and needs*. Herpetological Journal, 2(3), 65-71.
- Heigl, F., Horvath, K., Laaha, G., & Zaller, J. 2017. *Amphibian and reptile road-kills on tertiary roads in relation to landscape structure: using a citizen science approach with open-access land cover data*. BMC ecology, 17, 1-11.
- Herrera de Noack, Jeanette; A. Sobenes de Vásquez. 1998. *Manual de legislación ambiental de Guatemala*. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable. Guatemala. 114 págs.
- Holdridge, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida (No. 83)*. Agroamérica.
- Howell, S. y Webb, S. 2005. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. 851 págs.
- Hurtado J. y Soto C. 2017. *Manual para el Monitoreo Participativo de Vertebrados Terrestres a través de Cámaras Trampa en Costa Rica. Proyecto MAPCOBIO-SINAC-JICA*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Herzog, S. K., Kessler, M., & Cahill, T. M. 2002. *Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data*. The Auk, 119(3), 749-769.
- IARNA-URL y TNC. 2013. *Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala*. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Rafael Landívar y The Nature Conservancy. Guatemala. 140 pág.
- IARNA-URL. 2018. *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 122 págs.
- Ibáñez Barrera, M. 2015. *Uso de trampas huella en la conservación de poblaciones de mamíferos en América Latina*. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.
- IMTA, Conabio, GECI, Aridamérica & The Nature Conservancy. 2007. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad*. Prioridades en México, Jiutepec, Morelos
- INAB. 2001. *Mapa de ecosistemas vegetales de Guatemala*. Guatemala.
- IUCN Red List. 2019. <https://www.iucnredlist.org/> Fecha de consulta 25/09/2020
- INGUAT. 2016. *Guía de Volcanes de Guatemala*. Guatemala.
- INGUAT. 2018. *Manual de buenas prácticas de turismo de aventura en Guatemala en la modalidad de ascensión a volcanes*. Guatemala.

- INGUAT. 2015-2025. *Plan Maestro de Turismo sostenible de Guatemala*. Guatemala.
- Jiménez, A. 2000. *Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos*. Rev Iber Aracnol, 8, 151-161.
- Jiménez, Jorge. 2009. *Los helechos del Corredor del Bosque Nuboso de Baja Verapaz, Guatemala*. 1ª ed. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. 192 págs.
- Johrendt, B. 2007. *The Impacts of Volcanoes on Guatemala and its People*. UW-L Journal of Undergraduate Research X.
- Kent, M. & Coker, P. 1992. *Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach*. CRC Press. Florida, U.S.A. 363 pp.
- Khan, M., & Law, F. 2005. *Adverse effects of pesticides and related chemicals on enzyme and hormone systems of fish, amphibians and reptiles: a review*. Proceedings of the Pakistan academy of sciences, 42(4), 315-323.
- Kraker, C., Calderón, A., & Cabrera, A. 2019. *Perspectivas de investigación sobre los mamíferos silvestres de Guatemala: Research Perspectives on the Wild Mammals of Guatemala*. Asociación Guatemalteca de Mastozoólogos.
- Komar, Oliver, et al. 2006. *Evaluación ecológica rápida en el área protegida trinacional Montecristo en territorio Guatemalteco y Hondureño*. San Salvador. Salva NATURA. 295 págs.
- Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America*. Alemania. Herpeton. 376 págs.
- Köhler, G. 2011. *Reptiles of Central America*. Herpeton. 2a ed. 376 págs.
- Larsen, T. 2016. *Core standardized methods for rapid biological field assessment*. Conservation International.
- LEA. 2006. *Lista de especies amenazadas de Guatemala*. Guatemala. CONAP
- Lenth, B., Knight, R., & Brennan, M. 2008. *The effects of dogs on wildlife communities*. Natural Areas Journal, 28(3), 218-227.
- Lizcano, D. J. 2018. *Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres*. Mammalogy Notes, 5(1), 31-35.
- López, M. et al. 2009. *Servicios ecosistémicos. Departamento de ecología y recursos naturales*. Facultad de Ciencias. UNAM. 51-60
- Lynch, J. 2012. *El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 36(140), 435-449.
- MAGA. 2013. *Estudio semidetallado de los suelos del Departamento de Sacatepequéz, Guatemala*. Guatemala. DIGEGR y IGAC.
- Magrath, M., Weston, M., Olsen, P., & Antos, M. 2010. *Survey guidelines for Australia's threatened birds*. Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage, and the Arts. 271 págs.

- Mallet, F., Parrini, R., Pimentel, L., & Bessa, R. 2010. *Altitudinal distribution of birds in a mountainous region in southeastern Brazil*. *Zoologia (Curitiba)*, 27, 503-522.
- Mass, R., Gálvez, J. y Pérez, G. 2012. *Biodiversidad: nuestra dote despreciada. Guatemala. Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente*. Universidad Rafael Landívar.
- McMahon, B., Purvis, G., & Whelan, J. 2008. *The influence of habitat heterogeneity on bird diversity in Irish farmland*. In *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* (Vol. 108, No. 1, pp. 1-8). Royal Irish Academy.
- McNabola, A., Broderick, B. M., & Gill, L. W. (2009). *A principal components analysis of the factors effecting personal exposure to air pollution in urban commuters in Dublin, Ireland*. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 44(12), 1219-1226.
- Méndez, E. 1984. *White-tailed deer populations and habitats of Mexico and Central America*. Pp. 513-524 in *White-tailed Deer: Ecology and Management*. (L.K. Halls, ed.). Stackpole Books, Harrisburg, PA.
- Méndez, Y. 2017. *Evaluación Ecológica Rápida (EER) de la fauna representativa en la Reserva Natural Absoluta Nicolás Wessberg*. Centro Científico Tropical, Reserva Biológica Bosque Nuboso Monteverde. 30 págs.
- Montes, R., Ek, P., Aguilar, W., Magaña, J., & Montes, F. 2017. *Deer hunting *Odocoileus virginianus*, *Mazama americana* (*Artiodactyla: Cervidae*) in three communities of Yucatan*. *Abanico veterinario*, 8(1), 91-101.
- Monzón, Dora. 2008. *Análisis de los problemas ambientales que causan la extinción de la flora silvestre guatemalteca y su regulación legal*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 136 págs.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz. El País.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G., & Kent, J. 2000. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Olson, D. et al. 2001. *Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth*. *Bio Science* 51(11):933-938.
- Orozco, E., Herrera, I., & Mujica, A. 2011. *Modelo matemático de flujo del sistema acuífero del valle aluvial de antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(2), 75-79.
- Sánchez, L., Galindo, J. y Díaz, F. 2008. *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., CONABIO, Universidad Veracruzana. México, D.F.
- Secretaría sobre el Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2012. *Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica*. Montreal. 16 págs.
- Schilling, S., Vallance, J., Matías, O. & Howell, M. 2001. *Lahar hazards at Agua Volcano, Guatemala*. US Geological Survey Open-File Report. 14 pág.

- Shaffer, H. 1978. *Relative predation pressure on salamanders (Caudata: Plethodontidae) along an altitudinal transect in Guatemala*. Copeia, 268-272.
- Sierra, J., Abril, M., Marín, D., Suaza, D., & Garcés, M. 2020. *Especies pioneras, persistentes y ensayos de germinación en bosques montanos de la cordillera central, Colombia*. Ciencia en Desarrollo, 11(2), 7-24.
- Soler, E., Berroterán, P., Gil, J., & Acosta, R. 2012. *Índice valor de importancia, diversidad y similitud florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela*. Agronomía Trop, 62(1-4), 25-37.
- Sotz'il. 2021. *Plan integral de Desarrollo comunitario-PIDCO*. Comisión Indígena de Centro América.
- Stafford, C., Preziosi, R., & Sellers, W. 2017. *A cross-site analysis of Neotropical bird hunting profiles*. Tropical Conservation Science, 10, 1940082917736894.
- Pereira, R. 2014. *Protocolo de uso de cámaras trampa para programas de monitoreo en áreas del SNAP*. Montevideo. Museo Nacional de Historia Natural.
- Pérez, C. 2009. *Estructura geológica del valle de la ciudad de Guatemala interpretada mediante un modelo de cuenca por distensión*. Revista Geológica de América Central.
- Pinelo, G. 2004. *Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo*. Petén. Guatemala. WWF
- Pla, L. 2006. *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Interciencia, 31(8), 583-590.
- Porro, Z., Chiatante, G., & Bogliani, G. 2020. *Associations between forest specialist birds and composition of woodland habitats in a highly modified landscape*. Forest Ecology and Management, 458, 117732.
- Reid, A. 2009. *A Field Guide to the mammals of Central America & Southeast Mexico*. 2a ed. Oxford University Press.
- Ritchie, E., Dickman, C., Letnic, M., Vanak, A., & Gommper, M. 2014. *Dogs as predators and trophic regulators*. Free-ranging dogs and wildlife conservation, 55-68.
- Romero, J. y Cajas, J. 2019. *Mamíferos silvestres de la cadena volcánica central de Guatemala*. Guatemala.
- Romero, A., Aliaga, E. y Arispe, R. 2009. *Leopardus wiedii (Schinz, 1821)*. Libro rojo de los vertebrados de Bolivia. Bolivia.
- Rosa, G., Anjos, L., & Moura, M. 2013. *Occupancy of different types of forest habitats by tyrant flycatchers (Passeriformes: Tyrannidae)*. Biota Neotropica, 13, 190-197.
- Rovito, S., Parra, G., Vásquez, C., Papenfuss, T. & Wake, D. 2009. *Dramatic declines in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(9), 3231-3236.

- Reynolds, R.T., J.M. Scott y R.A. Nussbaum. 1980. *A variable circular-plot method for estimating bird numbers*. The Condor 82:309–313.
- Thani, I., Hussin, R., Wan Ibrahim, W.R. y Sulaiman, M.S. 1999. *Industrial processes & the UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)*. 2001. Guidelines for the prevention of biodiversity loss causes by alien invasive species. Suiza.
- Tucker, M., Alexandrou, O., Bierregaard Jr, R., Bildstein, K., Böhning-Gaese, K., Bracis, C., ... & Mueller, T. 2019. *Large birds travel farther in homogeneous environments*. Global Ecology and Biogeography, 28(5), 576-587.
- Turner, Monica y R. Gardner. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Nueva York. Springer-Verlag. 482 págs.
- UNHCR-CARE. 2018. *Framework for Assessing, Monitoring and Evaluating the environment in refugee-related operations, Module III Rapid Environment Assessment*. 30 págs.
- USAC. 2013. *Análisis de la Realidad Nacional: Diversidad biológica en Guatemala*. Revista de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA) y Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID). 2001. *Mapa fisiográfico-geomorfológico de la Republica de Guatemala*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 117 págs.
- Valsecchi, J., El Bizri, H., & Figueira, J. 2014. *Subsistence hunting of Cuniculus paca in the middle of the Solimões River, Amazonas, Brazil*. Brazilian Journal of Biology, 74, 560-568.
- Vásquez, V. 2001. *Estudio climático-sinóptico del comportamiento del viento en superficie para la costa sur de Guatemala*. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Vargas, G. 1985. *La sucesión vegetal primaria en una región de vulcanismo reciente en el Volcán Arenal y sus alrededores, Costa Rica*. Departamento de Geografía, Universidad de Costa Rica. 172-182
- Velásquez, E. 1995. *Estudio hidrogeológico preliminar del Alto Guacalate*. Guatemala. 45 p.
- Velásquez, L. 2011. *Modulo pedagógico “Los Volcanes en Áreas Protegidas”, dirigido a estudiantes del Instituto Nacional de Educación Básica INEB, de Guazacapán, Santa Rosa*. Universidad de San Carlos de Guatemala. 205 págs.
- Villar, L. 1998. *La flora silvestre de Guatemala*. Guatemala. Editorial Universitaria
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña, A. 2006. *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 185-226.
- Wu, T., Mohammad, A., Jahim, J., & Anuar, N. 2010. *Pollution control technologies for the treatment of palm oil mill effluent (POME) through end-of-pipe processes*. Journal of environmental management.

Zolotoff, J., & Medina, A. 2005. *Evaluación Ecológica Rápida (EER) Los Playones-Playa Madera Municipio de San Juan del Sur*. Departamento de Rivas, 51 págs.

Zuñiga, A., Muñoz, A. & Fierro, A. 2008. *Dieta de Lycalopex griseus en la depresión intermedia del Sur de Chile*. Gayana

XI. ANEXOS

FIGURA 27. Quebrada con disponibilidad de agua en el sitio 2.



FIGURA 28. Vista del sendero en el área de Los Cañones de la Finca.

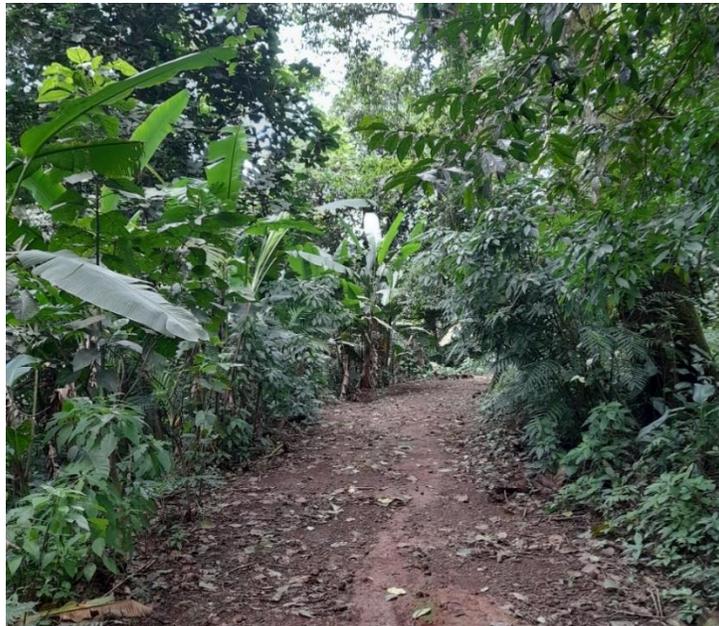


FIGURA 29. Vista desde el sendero camino a Peña Blanca.



FIGURA 30. Vista desde Peña Blanca

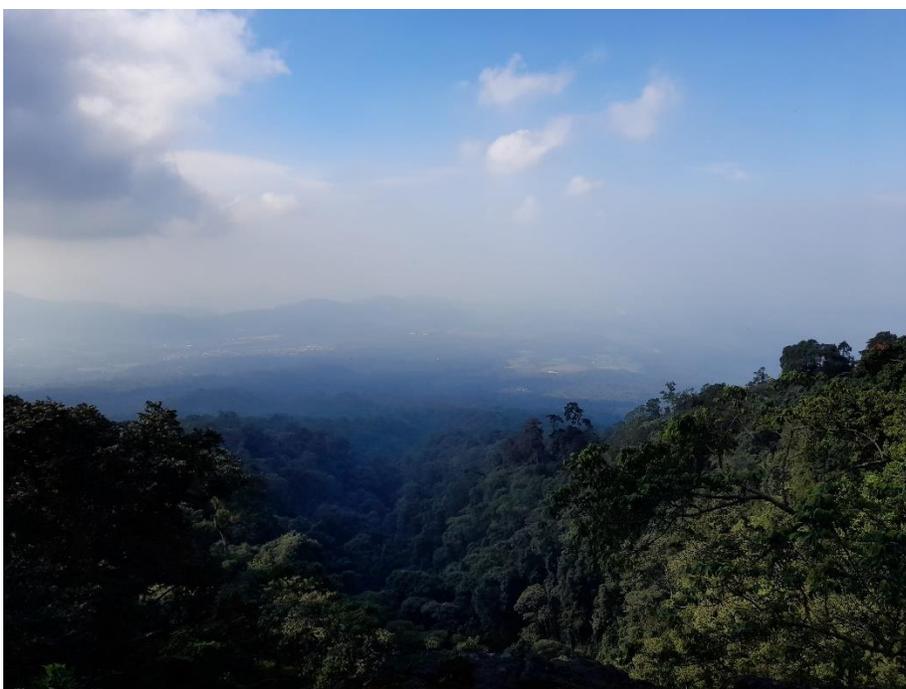


FIGURA 31. Vista del bosque en el sitio 3



FIGURA 32. Identificación de plantas en el herbario UVAL-UVG



CUADRO 13. Listado de volcanes con registro de manejo actual (SIGAP, 2021).

No.	Nombre	Categoría de Manejo	Región Administrativa	Municipio	Valor unitario (ha)	Administrador
1	Volcán Acatenango	ZVD	Metropolitana	Acatenango, Yepocapa, Sn Andrés Itzapa; Alotenango, Ciudad Vieja, San Miguel Dueñas	5,265.92	CONAP
2	Volcán de Agua	ZVD	Metropolitana	Escuintla, Palín; Santa María de Jesús, Alotenango, Antigua Guatemala, Ciudad Vieja	5,436.93	CONAP
3	Volcán Alzatate	ZVD	Suroriente	Jalapa, San Carlos Alzatate	683.19	CONAP
4	Volcán Amayo	ZVD	Suroriente	Jutiapa, Quesada	524.01	CONAP
5	Volcán Cerro Quemado	ZVD	Altiplano Occidental	Quetzaltenango	1,101.26	CONAP
6	Volcán Cerro Redondo	ZVD	Suroriente	Barberena	48.18	CONAP
7	Volcán Chicabal	ZVD	Altiplano Occidental	San Martín Sacatepéquez	934.52	CONAP
8	Volcán Chingo	ZVD	Suroriente	Atescatempa, Jeréz	467.16	CONAP
9	Volcán Cruz Quemada	ZVD	Suroriente	Santa María Ixhuitán	255.69	CONAP
10	Volcán Culma	ZVD	Suroriente	Jutiapa	24.13	CONAP
11	Volcán Fuego	ZVD	Metropolitana	Alotenango; Yepocapa; Escuintla, Siquinalá	6,698.44	CONAP
12	Volcán Ixtepeque	ZVD	Suroriente	Agua Blanca, Asunción Mita, Santa Catarina Mita	583.72	CONAP
13	Volcán Jumay	ZVD	Suroriente	Jalapa	1,074.09	CONAP
14	Volcán Jumaytepeque	ZVD	Suroriente	Nueva Santa Rosa	918.46	CONAP
15	Volcán Lacandón	ZVD	Altiplano Occidental	Colomba, Ostuncalco, San Martín Sacatepéquez	3,684.42	CONAP
16	Volcán Las Víboras	ZVD	Suroriente	Atescatempa, Asunción Mita	163.60	CONAP
17	Volcán Moyuta	ZVD	Suroriente	Moyuta	402.59	CONAP
18	Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas	Parque Nacional	Costa Sur	Amatitlán; San Vicente Pacaya	1,049.5182	INAB
19	Volcán Pacaya	ZVD	Metropolitana	Amatitlán, Villa Canales	1,172.1000	CONAP
20	Volcán Santa María	ZVD	Altiplano Occidental	Quetzaltenango	3,149.72	CONAP
21	Volcán Santiaguito	ZVD	Altiplano Occidental	Quetzaltenango	1,566.73	CONAP

No.	Nombre	Categoría de Manejo	Región Administrativa	Municipio	Valor unitario (ha)	Administrador
22	Volcán Santo Tomás	ZVD	Altiplano Occidental	Nahualá; Zunil; San Francisco Zapotitlán, Pueblo Nuevo	5,702.13	CONAP
23	Volcán Siete Orejas	ZVD	Altiplano Occidental	Concepción Chiquirichapa, La Esperanza, Quetzaltenango, San Juan Ostuncalco, San Martín Sac.	5,266.20	CONAP
24	Volcán Tacaná	ZVD	Altiplano Occidental	Tacaná, Sibinal	2,871.12	CONAP
25	Volcán Tahual	ZVD	Suroriente	Monjas; El Progreso, Jutiapa	850.96	CONAP
26	Volcán Tajumulco	ZVD	Altiplano Occidental	San Rafael Pie de la Cuesta, Tajumulco, San Marcos, San Pablo	11,569.56	CONAP
27	Volcán Tecuamburro	ZVD	Suroriente	Taxisco, Guazacapán, Pueblo Nuevo, Chiquimulilla	908.03	CONAP
28	Volcán Tobón	ZVD	Suroriente	San Pedro Pinula, Jalapa	289.24	CONAP
29	Volcán Zunil	ZVD	Altiplano Occidental	Zunil; Santa Catarina Ixtahuacán, Nahualá	5,201.31	CONAP

CUADRO 14. Índices de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

No.	Especie	Frecuencia Relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
1	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	3.06122449	33.4092114	2.53411306	39.004549
2	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch	9.18367347	3.27408378	14.619883	27.0776403
3	<i>Montanoa hibiscifolia</i> Benth	4.59183673	5.94574048	9.16179337	19.6993706
4	<i>Quercus skinneri</i> Benth	7.14285714	6.80025847	5.06822612	19.0113417
5	<i>Cosmibuena matudae</i> (Standl.) L.O. Williams	4.59183673	2.80669263	9.35672515	16.7552545
6	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	4.59183673	5.51903277	6.04288499	16.1537545
7	<i>Ocotea</i> sp.	4.08163265	5.16418396	6.62768031	15.8734969
8	<i>Heliocarpus mexicanus</i> (Turcz.) Sprague	4.59183673	3.87872143	6.62768031	15.0982385
9	<i>Saurauia kegeliana</i> Schltl.	6.63265306	2.0889535	5.45808967	14.1796962
10	<i>Ficus insipida</i> Willd.	2.04081633	9.72161527	0.7797271	12.5421587
11	<i>Cecropia peltata</i> L.	4.59183673	1.61716031	5.45808967	11.6670867
12	<i>Lippia umbellata</i> Cav.	2.55102041	1.9972888	2.33918129	6.88749049
13	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC) Baill	1.53061224	2.3515696	2.14424951	6.02643135
14	Morfo 3	2.55102041	0.36143071	1.75438596	4.66683708
15	<i>Alfaroa costaricensis</i> Standl.	1.02040816	2.80248174	0.7797271	4.602617
16	<i>Quercus lancifolia</i> Schltl. & Cham.	2.04081633	1.30272732	0.97465887	4.31820252
17	Morfo 9	2.55102041	0.14329591	1.36452242	4.05883873
18	<i>Spondias radlkoferi</i> Donn. Sm.	1.53061224	0.55301874	1.75438596	3.83801695
19	Morfo 2	1.53061224	1.1254241	0.97465887	3.63069521
20	Morfo 8	1.53061224	0.8236429	0.97465887	3.32891401
21	Morfo 12	1.53061224	0.91222726	0.7797271	3.2225666
22	<i>Trichilia hirta</i> L.	1.02040816	1.26920677	0.7797271	3.06934203
23	<i>Yucca gigantea</i> Lem.	2.04081633	0.24272564	0.7797271	3.06326906
24	Morfo 15	1.02040816	0.944024	0.97465887	2.93909103
25	<i>Inga sapindoides</i> Willd.	1.53061224	0.40873155	0.97465887	2.91400266
26	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	1.02040816	1.43452247	0.38986355	2.84479419
27	Morfo 10	1.53061224	0.11888462	1.16959064	2.81908751
28	<i>Symplocos</i> sp.	1.53061224	0.06978965	0.7797271	2.38012899
29	<i>Inga micheliana</i> Harms	1.02040816	0.31977375	0.97465887	2.31484078
30	Morfo 6	1.53061224	0.15708439	0.58479532	2.27249196
31	Morfo 5	1.53061224	0.0779322	0.58479532	2.19333977

No.	Especie	Frecuencia Relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
32	Morfo 4	1.53061224	0.07279284	0.58479532	2.18820041
33	Morfo 1	1.02040816	0.17450074	0.58479532	1.77970423
34	Morfo 11	1.02040816	0.12262991	0.58479532	1.7278334
35	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne & Planch.	1.02040816	0.0886342	0.58479532	1.69383769
36	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	0.51020408	0.54868565	0.58479532	1.64368505
37	<i>Urera caracasana</i> (Jacq) Griseb	1.02040816	0.11858833	0.38986355	1.52886004
38	<i>Clusia flava</i> Jacq.	1.02040816	0.08923839	0.38986355	1.4995101
39	<i>Eucalyptus paniculata</i> Sm.	0.51020408	0.42956891	0.38986355	1.32963654
40	<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.	0.51020408	0.09619237	0.38986355	0.99626
41	Morfo 7	0.51020408	0.07673543	0.38986355	0.97680306
42	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	0.51020408	0.1075996	0.19493177	0.81273545
43	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	0.51020408	0.09858182	0.19493177	0.80371767
44	<i>Inga paterno</i> Harms	0.51020408	0.08847786	0.19493177	0.79361372
45	Morfo 13	0.51020408	0.07892007	0.19493177	0.78405593
46	Morfo 14	0.51020408	0.05352365	0.19493177	0.7586595
47	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	0.51020408	0.05238286	0.19493177	0.75751871
48	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims.	0.51020408	0.04615049	0.19493177	0.75128635
49	<i>Saurauia oreophila</i> Hemsl.	0.51020408	0.01536074	0.19493177	0.7204966

CUADRO 15. Índices de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas en el primer sitio de muestreo de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

No.	Especie	Frecuencia Relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
1	<i>Ocotea</i> sp.	12.9032258	28.3502338	20.4819277	61.73538732
2	<i>Cosmibuena matudae</i> (Standl.) L.O. Williams	14.516129	15.408125	28.9156627	58.83991673
3	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	8.06451613	27.730084	7.22891566	43.02351581
4	<i>Cecropia peltata</i> L.	12.9032258	8.32232623	16.2650602	37.49061227
5	<i>Saurauia kegeliana</i> Schltldl.	6.4516129	5.1681297	4.21686747	15.83661007
6	Morfo 9	8.06451613	0.78666302	4.21686747	13.06804661
7	<i>Yucca gigantea</i> Lem.	6.4516129	1.33251036	2.40963855	10.19376182
8	Morfo 3	4.83870968	0.76709913	2.40963855	8.015447363
9	<i>Inga micheliana</i> Harms	3.22580645	1.75548753	3.01204819	7.99334217
10	<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	1.61290323	3.01216348	1.80722892	6.43229562
11	<i>Eucalyptus paniculata</i> Sm.	1.61290323	2.35823879	1.20481928	5.175961293
12	<i>Urera caracasana</i> (Jacq) Griseb	3.22580645	0.65102384	1.20481928	5.081649565
13	Morfo 1	1.61290323	0.87364359	1.20481928	3.691366096
14	Morfo 12	1.61290323	1.23913967	0.60240964	3.454452531
15	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	1.61290323	0.59069811	0.60240964	2.806010978
16	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	1.61290323	0.54119249	0.60240964	2.756505357
17	<i>Inga paterno</i> Harms	1.61290323	0.48572401	0.60240964	2.701036874
18	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	1.61290323	0.28757035	0.60240964	2.502883216
19	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne & Planch.	1.61290323	0.14693151	0.60240964	2.362244377
20	<i>Saurauia oreophila</i> Hemsl.	1.61290323	0.08432709	0.60240964	2.299639949
21	Morfo 5	1.61290323	0.06333901	0.60240964	2.278651875
22	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	1.61290323	0.04534923	0.60240964	2.260662097

CUADRO 16. Índices de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas en el segundo sitio de muestreo de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

No.	Especie	Frecuencia Relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
1	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	1.42857143	49.6725551	0.65359477	51.7547213
2	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	11.4285714	9.65280378	19.6078431	40.6892183
3	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch	12.8571429	2.26324255	16.9934641	32.1138495
4	<i>Quercus skinneri</i> Benth	11.4285714	3.58052352	8.49673203	23.505827
5	<i>Ficus insipida</i> Willd.	2.85714286	15.2193243	1.30718954	19.3836567
6	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC) Baill	4.28571429	4.11906707	7.18954248	15.5943238
7	<i>Saurauia kegeliana</i> Schlttdl.	5.71428571	1.21686207	8.49673203	15.4278798
8	<i>Spondias radlkoferi</i> Donn. Sm.	4.28571429	0.96868121	5.88235294	11.1367484
9	<i>Alfaroa costaricensis</i> Standl.	2.85714286	4.90889586	2.61437908	10.3804178
10	Morfo 2	4.28571429	1.9713205	3.26797386	9.52500864
11	Morfo 10	4.28571429	0.20824122	3.92156863	8.41552413
12	<i>Inga sapindoides</i> Willd.	4.28571429	0.71594422	3.26797386	8.26963237
13	Morfo 15	2.85714286	1.65357562	3.26797386	7.77869233
14	<i>Symplocos</i> sp.	4.28571429	0.12224526	2.61437908	7.02233863
15	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	2.85714286	2.5127448	1.30718954	6.6770772
16	Morfo 11	2.85714286	0.21480156	1.96078431	5.03272873
17	Morfo 6	2.85714286	0.20627288	1.30718954	4.37060528
18	Morfo 4	2.85714286	0.0796724	1.30718954	4.2440048
19	Morfo 7	1.42857143	0.13441167	1.30718954	2.87017264
20	Morfo 3	1.42857143	0.06172413	1.30718954	2.7974851
21	<i>Cecropia peltata</i> L.	1.42857143	0.1772524	0.65359477	2.2594186
22	Morfo 13	1.42857143	0.13823833	0.65359477	2.22040453
23	Morfo 14	1.42857143	0.09375333	0.65359477	2.17591953
24	Morfo 5	1.42857143	0.0594676	0.65359477	2.1416338
25	Morfo 1	1.42857143	0.02690625	0.65359477	2.10907245
26	Morfo 12	1.42857143	0.02147238	0.65359477	2.10363858

CUADRO 17. Índices de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies arbóreas en el tercer sitio de muestreo de la Finca El Zur, Volcán de Agua, Escuintla, Guatemala.

No.	Especie	Frecuencia Relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
1	<i>Montanoa hibiscifolia</i> Benth	14.0625	24.0772101	24.2268041	62.3665142
2	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch	14.0625	8.02609425	25.257732	47.3463262
3	<i>Heliocarpus mexicanus</i> (Turcz.) Sprague	14.0625	15.7068394	17.5257732	47.2951126
4	<i>Quercus skinneri</i> Benth	9.375	19.2599468	6.70103093	35.3359777
5	<i>Lippia umbellata</i> Cav.	7.8125	8.08799882	6.18556701	22.0860658
6	<i>Quercus lancifolia</i> Schttld. & Cham.	6.25	5.27537983	2.57731959	14.1026994
7	<i>Saurauia kegeliana</i> Schltld.	7.8125	1.83376814	4.12371134	13.7699795
8	Morfo 8	4.6875	3.33533277	2.57731959	10.6001524
9	<i>Trichilia hirta</i> L.	3.125	5.13963874	2.06185567	10.3264944
10	<i>Ficus insipida</i> Willd.	3.125	4.1828161	1.03092784	8.33874394
11	Morfo 12	1.5625	2.73037261	1.03092784	5.32380044
12	<i>Clusia flava</i> Jacq.	3.125	0.36136988	1.03092784	4.51729771
13	Morfo 3	1.5625	0.7550688	1.54639175	3.86396056
14	<i>Xylosma flexosa</i> (Kunth) Hemsl.	1.5625	0.38952993	1.03092784	2.98295777
15	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne & Planch.	1.5625	0.25054046	1.03092784	2.84396829
16	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims.	1.5625	0.1868859	0.51546392	2.26484982
17	Morfo 6	1.5625	0.15924006	0.51546392	2.23720398
18	Morfo 5	1.5625	0.13138411	0.51546392	2.20934802
19	Morfo 4	1.5625	0.11058337	0.51546392	2.18854729