

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**“EFECTO DE TRES TIPOS DE AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS Y SUS
BOSQUES ASOCIADOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS MEDIANTE
EL USO DE FOTO-TRAMPEO EN EL DISTRITO DE RENACIMIENTO,
CHIRIQUÍ”**

PRESENTADO POR:

CLARIXA RÍOS-CEDEÑOS

4-798-1100

ASESORA PRINCIPAL

M.Sc. OLGA SAMANIEGO

CO-ASESORAS

M.Sc. GÉMINIS A. VARGAS

M.Sc. OSIRIS D. MURCIA

ASESORES EXTERNOS

Dr. ROLAND KAYS

M.Sc. JOSUÉ ORTEGA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO A LA ESCUELA DE BIOLOGÍA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO
EN BIOLOGÍA**

DAVID, CHIRIQUÍ,

2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, que simboliza la culminación de mi trayectoria hacia el título de licenciatura en biología. A mi madre, por esfuerzo, motivación y palabras de aliento que han sido mi impulso para continuar. También quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas cuyas enseñanzas han dejado una profunda huella en mí.

A cada una de las profesoras que formaron parte de esta etapa universitaria por contribuir a mi crecimiento como estudiante y futura profesional, además de ser un ejemplo a seguir.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo incondicional, les deseo mucho éxito en su vida profesional. Y a todos aquellos que omito de forma involuntaria, pero que de igual manera les reitero mi gratitud.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de finalizar este proyecto, proporcionándome bienestar físico, mental y emocional durante todo el proceso. A mi madre, por ser mi soporte, animándome a luchar por mis objetivos y ofreciéndome ayuda en los momentos agradables y en los no tan favorables.

Deseo expresar un agradecimiento particular a las maestras Olga Samaniego, Osiris Murcia y Géminis Vargas. Su compromiso, paciencia, observaciones y recomendaciones durante las revisiones han sido esenciales en este trabajo, y su orientación ha sido un apoyo inestimable, sobre todo en los momentos de mayor dificultad y duda. A mis consultores externos, el M.Sc. Josué Ortega y el Dr. Roland Kays, por sus contribuciones significativas al avance del proyecto de investigación y por dedicar parte de su tiempo a llevarlo a cabo.

Aprecio al profesor Luis Vargas por mostrarme lo interesante que puede ser la biología, por su compromiso y su habilidad para compartir saber.

A mis amigos: Ovidio Jaramillo, por su guía y ayuda; también, Ameth Aguirre, por motivarme a lograr mis metas; Dana Santamaría, por estar siempre presente en momentos difíciles y por ser un apoyo continuo; Javier Rivera, por inspirarme a triunfar en mi carrera; Osnar Suira, por su apoyo constante y ánimo durante este proyecto de investigación; y Joseph O'Brien Vega, por su respaldo incondicional.

Agradezco igualmente a los propietarios de las fincas de las comunidades de Santa Clara, Monte Lirio, Río Sereno, Piedra de Candela y Jurutungo, que participaron activamente en la fase 1 del proyecto: Finca Guayacán, Finca Rancho Stampida, Finca Don Eugenio, Finca La

Llorona, Finca Eleta, Finca Candelita, Finca Nugüo, Finca Ríos, Finca Calle Larga y Finca La Huaca, todas situadas en el distrito de Renacimiento.

Agradezco a los colaboradores en campo, en particular a nuestro guía, el Sr. Ramón Batista, y a la Sra. Libnis González; igualmente, agradezco a la señora Nereida Mojica, Yaneth Yángüéz y Lourdes Yángüéz por su apoyo en cuestiones logísticas. De igual manera, a mis colegas Henry Velásquez, Steven Pérez, Edgar Gonzales, Liliam Concepción, Melany Pinzón; a los integrantes del Proyecto ECOGRAFE Panamá y al Centro de Reproducción y Conservación de la Biodiversidad Animal (CRECOBIAN) de la Universidad Autónoma de Chiriquí, y especialmente a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por el financiamiento y seguimiento de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLA	viii
ÍNDICE DE FIGURA	xi
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xvii
CAPÍTULO I. MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1. Introducción	1
1.2. Aspectos generales del problema	3
1.3. Hipótesis	4
1.4. Objetivo general	5
1.5. Objetivos específicos	5
1.6. Alcance del trabajo	5
1.7. Limitaciones	6
1.8. Justificación	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes	9
2.2. Generalidades sobre los agroecosistemas cafetaleros	10
2.3. Tipología de plantaciones de café (Moguel & Toledo 1999)	11
2.4. Tipificación de los bosques en Panamá	15
2.5. Sistema de Holdridge (1967) de las zonas de vida	15
2.6. Generalidades de los bosques nubosos	17
2.7. Los agroecosistemas cafetaleros en bosques nubosos	18
2.8. Fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros	18
2.9. Mamíferos de Panamá	19
2.10. Amenaza que enfrenta la fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros	21

2.11.	Rol de los mamíferos en agroecosistemas cafetaleros	21
2.12.	Patrones de alimentación de los mamíferos	22
2.13.	Reproducción de los mamíferos en agroecosistemas cafetaleros	22
2.14.	Tasa de detección en agroecosistemas cafetaleros	23
2.15.	Uso de cámara trampa en el estudio de mamíferos	23
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		24
3.1.	Área de estudio	24
3.2.	Métodos de recolección de datos	26
3.2.1.	Depuración y selección de fotografías	30
3.2.2.	Análisis estadístico	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
4.1.	Resultados y discusión	34
4.2.	Curva de acumulación de especies de mamíferos en estratos de agroecosistemas cafetaleros	35
4.3.	Diversidad, dominancia, tasa de detección.	38
4.3.1.	Policultivo de café bajo sombra en agroecosistemas cafetaleros	38
4.3.2.	Monocultivo de café parcialmente bajo sombra en agroecosistemas cafetaleros	39
4.3.3.	Monocultivo bajo sol en agroecosistemas cafetaleros	40
4.4.	Áreas boscosas y zona de amortiguamiento en agroecosistemas cafetaleros	42
4.5.	Tasa de detección por estrato	48
4.5.1.	En el policultivo de café en sombra	48
4.5.2.	En el monocultivo de café parcialmente bajo sombra.	49
4.5.3.	El monocultivo de café al sol	51
4.5.4.	En el área boscosa, zona de amortiguamiento.	52
4.6.	Prueba chi-cuadrado de bondad de ajuste para comparar la tasa de detección por especie entre los sistemas agrocafetaleros.	56
4.7.	Diversidad, dominancia, curva de acumulación y tasa de detección por finca. Factores microclimáticos en estrato de agroecosistemas cafetaleros.	57
4.8.	Estado de conservación de los mamíferos detectados en los agroecosistemas cafetaleros de Renacimiento, Chiriquí.	86
CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES FINALES		94

5.1. Conclusiones	94
5.2. Recomendaciones	97
Referencias bibliográficas	98
Anexo	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices de diversidad de mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros	44
Tabla 2. Órdenes y familia de mamíferos y su número de eventos independientes, Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.	45
Tabla 3. Valores máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa en los agroecosistemas y bosques estudiados, Renacimiento, Chiriquí, Panamá, 2024.	46
Tabla 4. Tasa de detección de mamíferos (%) por estrato	54
Tabla 5. Índices de diversidad detectados en las diez fincas	81
Tabla 6. Órdenes, familias y especies de mamíferos en diez fincas muestreadas	82
Tabla 7. Tasa de detección (%) de mamíferos por finca en Renacimiento, Chiriquí (2024).	83
Tabla 8. Lista de especies de mamíferos registradas en los agroecosistemas y bosques asociados de Renacimiento, Chiriquí (2024), según orden, familia y estado de conservación.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de plantaciones de café según Moguel y Toledo (1999).	14
Figura 2. Mapa de ubicación de la estaciones de muestreo en los tipos de agroecosistemas cafetaleros y los bosques asociados en Renacimiento, Chiriquí. 2024	26
Figura 3. Colocación de cámaras trampa en área	30
Figura 4. Curva de acumulación de especies basada en la diversidad, de los agroecosistemas cafetaleros.....	36
Figura 5. Curva de acumulación de especies basada en riqueza, de los agroecosistemas cafetaleros.....	37
Figura 6. Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato policultivo de café bajo sombra	49
Figura 7. Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato monocultivo de café parcialmente bajo sombra	51
Figura 8. Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato monocultivo de café al sol.....	52
Figura 9. Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato de áreas boscosas, zona de amortiguamiento.....	53
Figura 10. Grafica de venn por especies de mamíferos en los cuatro estratos en los agroecosistemas cafetaleros	55
Figura 11. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca La Llorona	60
Figura 12. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Nuguo	62
Figura 13. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Eleta	64
Figura 14. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca La Huaca	66

Figura 15. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Calle Larga	69
Figura 16. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Candelita	71
Figura 17. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Guayacán	73
Figura 18. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Stampida.....	75
Figura 19. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca El Río	77
Figura 20. Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Don Eugenio ...	79
Figura 21. Curva de acumulación de especies basada en la diversidad, de las diez fincas muestreadas	80
Figura 22. Curva de acumulación de especies basada en riqueza de las diez fincas muestreadas	80
Figura 23. Equipo de campo.....	121
Figura 24. Mamíferos observados en camaras trampa	122
Figura 25. Mamíferos observados en camaras trampa	122
Figura 26. Capturas fotográficas obtenidas mediante cámaras trampa	123
Figura 27. Evidencia de la presencia de <i>Conepatus semistriatus</i>	123
Figura 28. Evidencia de la presencia de <i>Pecari tajacu</i> (pecarí de collar).....	124
Figura 29. Evidencia de la presencia de <i>Cuniculus paca</i> (conejo pintado).....	124
Figura 30. Evidencia de la presencia de <i>Dasyprocta punctata</i> (ñeque)	125
Figura 31. Evidencia de la presencia de <i>Tamandua mexicana</i> (tamandúa)	125
Figura 32. Evidencia de la presencia de <i>Sciurus granatensis</i> (ardilla de cola roja)..	126
Figura 33. Evidencia de la presencia del género <i>Marmosa</i> sp. (zarigüeya ratón).....	126
Figura 34. Policultivo de café bajo sombra, mostrando alta cobertura arbórea y diversidad estructural del estrato.....	127
Figura 35. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra.	127

Figura 36. Monocultivo de café al sol..... 128

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de influencia de las estructuras de tres tipos de agroecosistemas cafetaleros y sus bosques asociados en la biodiversidad y la tasa de detección de mamíferos, utilizando cámaras trampa. Las cámaras se distribuyeron en 10 fincas cafetaleras; cada estación se situó a una distancia entre 250 m y 500 m, sumando un total de 36 estaciones de monitoreo, operando durante cuatro meses (12 de octubre de 2023 a 9 de marzo de 2024, un total de 3256 noches/trampa). Las estaciones se ubicaron con transectos aleatorios; se utilizaron dispositivos data loggers para la descripción de las condiciones microclimáticas de humedad y temperatura de cada sitio. Los datos resultantes se procesaron mediante los programas Wildlife Insights y RStudio, lo que permitió identificar un total de 3256 imágenes de eventos independientes, correspondientes a una riqueza de 9 órdenes, 17 familias y 28 especies de mamíferos.

Los resultados revelaron variabilidad en la diversidad de especies según el tipo de agroecosistema o bosques. En el estrato de policultivo de café bajo sombra (A), se registraron 1003 eventos independientes y se identificaron 21 especies. En el monocultivo de café parcialmente bajo sombra (B), con 719 eventos independientes, y se identificaron 22 especies, destacando la dominancia de ciertas especies. En el monocultivo de café a pleno sol (C), con 1211 eventos independientes, se registraron 19 especies, presentando una dominancia aún más pronunciada de ciertas especies.

Por último, en el estrato de áreas boscosas (D), se registraron 819 eventos independientes, alcanzando 21 especies, y destacando una mayor equidad en la distribución de las especies. Este estudio también permitió identificar especies de mamíferos en peligro de extinción, como *Panthera onca* (jaguar), clasificado como “en peligro” en el Apéndice I del

Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, y *Tapirus bairdii*, clasificado como “en peligro crítico” y también incluido en el Apéndice I de CITES. Además, se documentaron especies como *Leopardus pardinoides* (oncilla), *Puma concolor* (puma), *Herpailurus yagouaroundi* (yaguarundí), *Pecari tajacu* (saíno), *Leopardus pardalis* (ocelote), igualmente incluido en el Apéndice I, *Cuniculus paca* (conejo pintado), figura en el apéndice III, *Cebus imitator* (mono carablanca), *Mazama temama* (venado de montaña) y *Sylvilagus dicei* (conejo de montaña), todas afectadas por la pérdida de hábitat y los cambios ambientales. Los distintos tipos de agroecosistemas cafetaleros presentaron una menor biodiversidad en comparación con los bosques naturales; los resultados indicaron que todavía conservan una variedad significativa de especies. Los índices de diversidad Shannon-H y Simpson indican que los sistemas de policultivo de café bajo sombra (Shannon-H = 2.207; Simpson = 0.827) y los bosques asociados (Shannon-H = 2.300; Simpson = 0.878) tienen ecosistemas más equilibrados y diversos. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles que favorezcan la heterogeneidad del hábitat y la creación de microhábitats es crucial para la conservación de la biodiversidad en estos ecosistemas. La fragmentación del hábitat y la presencia humana deben ser abordadas para asegurar la viabilidad de las especies en peligro y a su vez la realización de estudios detallados sobre la diversidad y los patrones según las actividades antropogénicas y su influencia en las estructuras de la comunidad de mamíferos estudiados.

Palabras claves: Agroecosistemas cafetaleros, biodiversidad, mamíferos, cámaras trampa, diversidad, fragmentación. Bosques nubosos, tasa de detección

SUMMARY

The main goal of this work was to evaluate the influence of the structures of these coffee agroecosystems and their associated forests on biodiversity, and detection rate of mammals using camera traps. The cameras were distributed across 10 coffee farms, each station located at a distance between 250 m and 500 m, totaling 36 monitoring stations operating for four months (October 12, 2023 to March 9, 2024, a total of 3256 trap-nights). The stations were located using random transects; data loggers were used to describe the microclimatic conditions of humidity and temperature in each agroecosystem and its associated forests. The data obtained were processed using the Wildlife Insights and RStudio programs, which allowed the identification of a total of 3256 independent images corresponding to a richness of 9 orders, 17 families, and 28 mammal species. The results revealed variability in species diversity depending on the type of agroecosystem or forest. In the shade-grown coffee polyculture stratum (A), 1,003 independent events were recorded and 21 species were identified. In the partially shade-grown coffee monoculture (B), with 719 independent events, 22 species were identified, highlighting the dominance of certain species. In the full-sun coffee monoculture (C), with 1,211 independent events, 19 species were recorded, showing an even more pronounced dominance of certain species. Finally, in the forested areas stratum (D), 819 independent detections were recorded, reaching 21 species and showing greater evenness in species distribution. This study also identified endangered mammal species such as *Panthera onca* (jaguar), classified as “endangered” in Appendix I of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, and *Tapirus bairdii* (Baird’s tapir), classified as “critically endangered” and also included in Appendix I of CITES. Additionally, species such as *Leopardus pardinoides* (oncilla), *Puma concolor* (puma), *Herpailurus yagouaroundi*

(jaguarundi), *Pecari tajacu* (collared peccary), *Leopardus pardalis* (ocelot), also included in Appendix I, *Cuniculus paca* (paca), listed in Appendix III, *Cebus imitator* (white-faced capuchin), *Mazama temama* (Central American red brocket deer), and *Sylvilagus dicei* (Dice's cottontail), all affected by habitat loss and environmental change, were documented. The different types of coffee agroecosystems showed lower biodiversity compared to natural forests; however, the results indicated that they still retain a significant variety of species. The Shannon-H and Simpson diversity indices indicate that shade-grown coffee polyculture systems (Shannon-H = 2.207; Simpson = 0.827) and associated forests (Shannon-H = 2.300; Simpson = 0.878) have more balanced and diverse ecosystems, underscoring the importance of heterogeneity in these systems. The implementation of sustainable agricultural practices that promote habitat heterogeneity and the creation of microhabitats is crucial for biodiversity conservation in these ecosystems. Habitat fragmentation and human presence must be addressed to ensure the viability of endangered species, as well as the execution of detailed studies on diversity and patterns according to anthropogenic activities and their influence on the structure of the mammal community studied.

Keywords: Coffee agroecosystems, biodiversity, mammals, camera traps, diversity, fragmentation, cloud forests, detection rate.

CAPÍTULO I. MARCO INTRODUCTORIO

1.1. Introducción

Los agroecosistemas cafetaleros son muy afamados en Panamá, especialmente en las tierras altas de la provincia de Chiriquí, donde generan empleo y mejoran la economía local. Sin embargo, se ha prestado poca atención a cómo estos paisajes intervenidos, con diferentes niveles de complejidad estructural, pueden afectar la diversidad y abundancia de mamíferos. Este tipo de agroecosistemas puede ofrecer una variedad de hábitats que sustentan a una diversa gama de especies, pero también pueden alterar significativamente el comportamiento y la distribución y de la fauna endémica (Perfecto *et al.*, 2014).

El entendimiento de la diversidad biológica y el marco de acción de la biología de la conservación se fundamentan en gran medida en la investigación y la identificación de especies según el entorno. Los mamíferos juegan roles ecológicos cruciales como depredadores, herbívoros o dispersores de semillas; por lo que su presencia y la detección independiente pueden ser indicativos de la salud del ecosistema (Cortés-Marcial & Briones-Salas, 2014). El paisaje juega un papel crucial, ya que la complejidad del hábitat se ve afectada por factores ambientales como el clima, la topografía y las actividades humanas. Por otro lado, se observa una disminución en el número de especies a medida que aumenta la latitud o la altitud (Vargas-Contreras & Hernández-Huerta, 2001).

Se han llevado a cabo investigaciones relevantes, en el que la utilización las de cámaras trampa ha permitido evaluar la comunidad de mamíferos de diferentes hábitats, en los bosques del centro de Panamá (Meyer *et al.*, 2015). Gran parte de los estudios se han enfocado en ambientes naturales, como los bosques, proporcionando información valiosa sobre la ecología de los mamíferos (Fuentes *et al.*, 2024); también se cuenta con información de estudio en

paisajes modificados, como plantaciones maderables (Monteza-Moreno *et al.*, 2024), pero se carece de información de otros monocultivos como los cafetales. Este vacío en el conocimiento subraya la necesidad de que esta investigación aborde la interacción de los mamíferos con entornos alterados, como los agroecosistemas cafetaleros, mediante el uso de cámaras trampa como una herramienta para entender la presencia, los datos de detección independiente y la diversidad de especies en entornos agrícolas.

Las cámaras trampa son efectivas para monitorear una amplia gama de mamíferos en distintos entornos, ya que provocan el menor impacto y estrés posible para el animal, incluidos los agroecosistemas (Mosquera-Guerra *et al.*, 2018).

En Panamá se ha demostrado que las cámaras trampa son cruciales para capturar imágenes de mamíferos, desde pequeños roedores hasta grandes carnívoros, proporcionando así información valiosa para la conservación y manejo de estas especies (Fuentes *et al.*, 2024; Moreno Ortiz & Castillo, 2018; Meyer *et al.*, 2015). Esta herramienta también permite evaluar la presencia de especies paraguas, el impacto de las actividades antrópicas, el uso del espacio por parte de los mamíferos y la interacción entre las especies (Sulaksono *et al.*, 2023).

Todos estos estudios antes citados han sido posibles mediante el uso de fototrampeo, herramienta utilizada para obtener datos precisos sobre la presencia y comportamiento de los mamíferos, lo que indica que esta investigación propone esta metodología en entornos modificados y de esta manera, conocer la tasa de detección, diversidad y la riqueza de mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros y sus bosques asociados.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad de mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros y sus bosques asociados mediante el uso de cámaras trampa del distrito de Renacimiento. Este estudio no solo fortalecerá la comprensión científica sobre la ecología de los mamíferos en paisajes agrícolas, sino que también evitará prácticas que afectan

la conservación y manejo sostenible de los agroecosistemas cafetaleros en Panamá. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados para diseñar estrategias de manejo que incentiven al mantenimiento equilibrado de la biodiversidad y que sean compatibles con las prácticas agrícolas locales (Sánchez *et al.*, 2012).

Aunque la información específica sobre mamíferos en cafetales se limita en Panamá, estudios como los mencionados anteriormente han proporcionado una visión interna importante sobre la interacción entre la agricultura del café y la fauna local, resaltando la utilidad de las cámaras trampa como herramienta efectiva de monitoreo. La investigación llena un vacío en el entendimiento científico, proporcionando una base para la toma de decisiones en la gestión de recursos naturales (Granados *et al.*, 2003).

1.2. Aspectos generales del problema

La investigación sobre la diversidad de mamíferos en agroecosistemas cafetaleros es fundamental debido a la creciente necesidad de equilibrar la producción agropecuaria con la conservación de la biodiversidad. En Panamá, particularmente en el distrito de Renacimiento, Chiriquí, existe una notable escasez de estudios que analicen a este grupo focal en los agroecosistemas cafetaleros. Esta falta de información es preocupante, ya que el monitoreo es crucial para entender los impactos de las prácticas agrícolas en la biodiversidad.

El uso de cámaras trampa ha emergido como una técnica eficiente para el monitoreo de mamíferos, permitiendo recopilar datos sobre la detección independiente y diversidad en diferentes contextos (Burton *et al.*, 2015). Sin embargo, la expansión de la industria cafetalera ha llevado a transformaciones significativas en los agroecosistemas, lo que ha generado preocupaciones sobre la fragmentación y pérdida de los corredores biológicos. Este fenómeno no solo afecta el tamaño de las poblaciones de mamíferos, sino que también aumenta la deriva

genética y ponen en riesgo la viabilidad de estas especies a largo plazo (Meyer *et al.*, 2015; Samaniego & Ortega, 2022). La expansión agrícola, la conversión y el fraccionamiento de los bosques en Panamá, junto con otros factores antropogénicos, son responsables de la reducción de hábitats adecuados para la fauna, lo que favorece a la pérdida de biodiversidad (Meyer *et al.*, 2015). Además, las diferentes prácticas de cultivo, como los policultivos de café bajo sombra, que son un poco más amigables al ambiente frente al monocultivo a sol, tienen implicaciones directas en la diversidad de mamíferos y su capacidad de adaptación (Rice & Drenning, 2003; Fonseca, 2006). Los bosques nubosos, que son vitales para la conservación de la biodiversidad, están amenazados por la presión agrícola y el cambio climático (Oosterhoorn & Kappelle, 2000). La fauna que habita en estos agroecosistemas, que incluye mamíferos con roles ecológicos esenciales como el control de plagas y la dispersión de semillas, se ve afectada por estas dinámicas. Por ello, es crucial implementar manejos agrícolas sustentables que incrementen la salud del ecosistema y la diversidad biológica (Granados *et al.*, 2003). El objetivo de este estudio es evaluar el efecto en tres tipos de agroecosistemas cafetaleros y los bosques asociados en la diversidad, riqueza y el índice de detección de los mamíferos, en el distrito de Renacimiento en Chiriquí. Con miras a conocer la relación entre los distintos manejos de fincas cafetaleras y la conservación de la biodiversidad, resaltando la importancia de llevar a cabo estudios en este campo para promover un desarrollo agrícola sostenible en Panamá.

1.3. Hipótesis

El tipo de estructura de los agroecosistemas cafetaleros mantiene un efecto sobre la riqueza, diversidad y tasa de detección de los mamíferos en el distrito de Renacimiento, Chiriquí.

1.4. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres tipos de agroecosistemas cafetaleros y bosques asociados en mamíferos, a través del análisis de la diversidad y tasa de detección mediante el uso de cámaras trampa en el distrito de Renacimiento, Chiriquí.

1.5. Objetivos específicos

- Determinar los índices de diversidad y la curva de acumulación de especies de mamíferos en tres tipos de estratos de agroecosistemas cafetaleros y los bosques asociados.
- Analizar la tasa de detección de especies en los tres tipos de estratos cafetaleros, sus bosques asociados y por finca cafetalera.

1.6. Alcance del trabajo

El proyecto representa una contribución al conocimiento científico al ser el primer estudio de este tipo en el área; el proyecto genera datos y hallazgos novedosos sobre la diversidad y tasa de detección de los mamíferos en agroecosistemas cafetaleros. Estos datos podrían contribuir a llenar vacíos en la comprensión de cómo la actividad agrícola afecta a la fauna silvestre en estos entornos. Además, la implementación exitosa de técnicas de monitoreo de fauna mamífera, con el uso de cámaras trampa, en agroecosistemas cafetaleros específicos podría sentar las bases para futuros estudios en la región y en áreas similares.

Esto podría conducir al desarrollo de metodologías de monitoreo adaptadas a entornos agrícolas, lo que sería valioso para la conservación de la biodiversidad. Los datos recopilados podrían proporcionar información crucial para la toma de decisiones en la gestión de recursos naturales y la preservación de la biodiversidad. A su vez, los resultados del estudio podrían

incorporarse a nuevas políticas públicas y diseños agrícolas sustentables que minimicen el impacto negativo en la fauna silvestre.

Los hallazgos de esta investigación permitirán sensibilizar a agricultores, comunidades locales y responsables de la toma de decisiones sobre la importancia de conservar la fauna silvestre en paisajes agrícolas. Esto podría fomentar una mayor comprensión y apoyo para la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles.

1.7. Limitaciones

Es importante reconocer varias limitaciones que pueden influir en los resultados y las interpretaciones de los datos:

- La topografía y la accesibilidad del terreno en alguna finca.
- La baja calidad de las imágenes obtenidas en algunas cámaras dificultó la identificación de algunas especies.
- Las condiciones climáticas propias del lugar y la época.
- Daños y hurto de las cámaras trampa.

1.8. Justificación

La biodiversidad en los agroecosistemas es crucial para el mantenimiento de funciones ecológicas esenciales, como el manejo de plagas y rol de polinización (Fonseca, 2006). Los mamíferos, en particular, juegan roles fundamentales en la regulación de las poblaciones de especies y en la dispersión de semillas, lo que favorece la regeneración natural, mantienen procesos ecológicos claves y la resiliencia del ecosistema para la estabilidad finalmente del bosque (Moreno *et al.*, 2016).

No obstante, resulta necesario tener en cuenta las limitaciones y desafíos inherentes con este tipo de investigación, como las dificultades en el acceso a ciertas áreas debido a la

topografía del terreno y los posibles problemas con el equipamiento. Newey *et al.* (2015) señalan que las cámaras trampa más económicas presentan inconvenientes prácticos en todas las etapas de su uso, desde el despliegue y el funcionamiento hasta la gestión de información, lo que puede disminuir la calidad y la oportunidad en la recolección de datos.

Debido a la poca información disponible, resulta necesario llevar a cabo estudios que evalúen el efecto de los agroecosistemas cafetaleros sobre la diversidad y los patrones en mamíferos de la zona. Este estudio puede proporcionar información crucial para la implementación de estrategias de conservación efectivas que promuevan la coexistencia de la producción agrícola y la biodiversidad (Forrester *et al.*, 2016).

Al utilizar cámaras trampa, se genera un avance significativo en el monitoreo de mamíferos, permitiendo la recolección de datos sin interferir en el comportamiento natural de las especies. Esta técnica, validada en investigaciones previas, es particularmente adecuada para documentar la fauna en hábitats complejos y puede revelar patrones de actividad y distribución difíciles de observar mediante métodos tradicionales. Este estudio no solo se centra en la diversidad biológica, sino que también analiza cómo los agroecosistemas pueden ser manejados de manera sostenible, beneficiando tanto a los productores como a la fauna silvestre.

La información obtenida en esta investigación permitirá a los tomadores de decisiones y a las comunidades locales adoptar prácticas que favorezcan la coexistencia de la agricultura y la vida silvestre. Es relevante desde la perspectiva científica y también desde un enfoque práctico, buscando promover la sostenibilidad en el manejo de agroecosistemas y la conservación de la biodiversidad en la zona.

Este trabajo se realizó bajo el programa de Nuevos Investigadores de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, bajo el código asignado APY-NI-2022-049 y con los permisos correspondientes de investigación de la Unidad de Acceso a Recursos

Genéticos del Ministerio de Ambiente, en el marco de las actividades del Centro de Reproducción y Conservación de la Biodiversidad (CRECOBIAN) de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La investigación sobre la diversidad de mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros ha cobrado relevancia en los últimos años debido a la necesidad de equilibrar la producción agrícola con la protección de la biodiversidad. En Panamá, los estudios sobre la fauna en sistemas agroforestales son escasos (Monteza-Moreno *et al.*, 2024), y más aún en los bosques nubosos del distrito de Renacimiento, Chiriquí. Este marco teórico aborda la importancia de los agroecosistemas cafetaleros, los bosques nubosos y el monitoreo de mamíferos mediante fototrampeo.

El uso de cámaras trampa para monitorear la fauna es una técnica que ha ganado popularidad debido a la excelente forma de registrar la presencia de especies sin intervención humana directa, permitiendo obtener datos sobre la detección independiente, diversidad y patrones de actividad de los mamíferos (Burton *et al.*, 2015). Estudios en otras regiones de América Latina, como los que mencionan a Albanesi *et al.* (2016) y Cortés-Marcial & Briones-Salas (2014), han demostrado la eficacia de esta metodología para evaluar la diversidad de mamíferos en diferentes ecosistemas.

Investigaciones como las de Perfecto *et al.* (2014) y Granados *et al.* (2003) destacan la complejidad de las interacciones ecológicas en estos sistemas y la importancia de la diversidad arbórea para la conservación de la fauna. Estos estudios proporcionan una base sólida para entender cómo diferentes tipos de manejo del café pueden afectar la biodiversidad de mamíferos en el área de estudio.

2.2. Generalidades sobre los agroecosistemas cafetaleros

Los agroecosistemas cafetaleros en Panamá, especialmente en las tierras altas de la provincia de Chiriquí, han experimentado una transformación notable en los últimos años. La expansión de la industria cafetalera ha llevado a la modificación de vastas áreas de bosques para dar paso a cultivos de café, lo que ha generado importantes cambios en la ecología de la región (Sánchez *et al.*, 2012).

El distrito de Renacimiento, ubicado en la provincia de Chiriquí, se ha convertido en un centro neurálgico de la producción de café a nivel internacional. Sin embargo, este aumento en la actividad cafetalera ha traído consigo la modificación y fragmentación de los hábitats naturales, lo que plantea serias preocupaciones sobre el impacto en la biodiversidad local (Samaniego & Ortega, 2021). La transformación del paisaje, que va desde agroecosistemas de café con sombra hasta cultivos sin sombra, ha generado una serie de desafíos para la conservación de la fauna, especialmente de los mamíferos (Sánchez *et al.*, 2012).

La fragmentación del hábitat debido al desarrollo humano ha sido identificada como una de las principales amenazas para la biodiversidad en los agroecosistemas cafetaleros (Sánchez-Brenes & Monge-Meza, 2024). Esta fragmentación reduce los tamaños de poblaciones de mamíferos y aumenta la deriva genética y la endogamia, lo que puede tener graves implicaciones para la viabilidad a largo plazo de estas poblaciones (Meyer *et al.*, 2015). Además, la intensificación de los monocultivos de café puede llevar a la pérdida de biodiversidad y a la homogeneización de los ecosistemas, lo que afecta negativamente a especies claves (como a depredadores) en el mantenimiento de la salud del ecosistema (Perfecto *et al.*, 2014).

2.3. Tipología de plantaciones de café (Moguel & Toledo 1999)

Como se muestra en la Figura 1, los agroecosistemas cafetaleros propuestos por Moguel & Toledo (1999) se dividen en diferentes categorías. *Los cultivos tradicionales* incluyen sistemas como el café bajo sombra, en el que el café se cultiva bajo árboles que proporcionan sombra natural. Este enfoque no solo promueve la biodiversidad, sino que también favorece la salud del suelo, ya que los árboles de sombra ayudan a regular la temperatura, retener la humedad y propician la presencia de fauna beneficiosa para el control natural de plagas (Rice & Drenning, 2003). Dentro de estos sistemas de café bajo sombra, se encuentran los siguientes:

Rústico: Es aquel en el que el café se cultiva de manera más natural, generalmente sin la intervención de prácticas agrícolas intensivas, y a menudo en terrenos de menor alteración humana (Rice & Drenning, 2003). Este tipo de sistema conserva las especies nativas y fomenta un entorno más cercano al ecosistema original, lo que ayuda a preservar la biodiversidad (Fonseca, 2006).

Policultivo tradicional: son sistemas agrícolas donde el café se cultiva junto con otros cultivos agrícolas y plantas nativas. Este enfoque resguarda la diversidad biológica y procesos ecológicos claves, como la polinización y el control natural de plagas (Fonseca, 2006). En este tipo de cultivo, los árboles de sombra se seleccionan cuidadosamente para crear un entorno que no solo beneficie al café, sino que también sostenga a otras especies. Este método fomenta la resiliencia del sistema y puede mejorar la calidad del café al ofrecer un hábitat más equilibrado (Fonseca, 2006).

Policultivo comercial: este modelo combina el cultivo de café con otros productos agrícolas maximizando la producción y los ingresos. En este sistema, el café puede cultivarse

junto con cultivos que tienen un ciclo de crecimiento diferente, lo que permite a los agricultores diversificar sus fuentes de ingresos (Fonseca, 2006). Aunque este enfoque puede ser rentable, es importante que se gestione adecuadamente para evitar la sobreexplotación de recursos y mantener la sostenibilidad del ecosistema (Fonseca, 2006).

Cultivo moderno de café: Emplea métodos más intensivos y especializados, con el objetivo de optimizar la producción en un menor tiempo. En estos sistemas, el monocultivo es común, lo que implica un sistema menos diverso donde el café es la especie predominante y otros cultivos en menor medida. Este enfoque es más intensivo en insumos, requiriendo mayores cantidades de fertilizantes y pesticidas para mantener la producción (Rice & Drenning, 2003). Aunque puede generar altos rendimientos, este tipo de cultivo conlleva riesgos, como una mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades debido a la falta de diversidad, además de un mayor impacto ambiental (Fonseca, 2006). Dentro de estos sistemas se encuentran los siguientes:

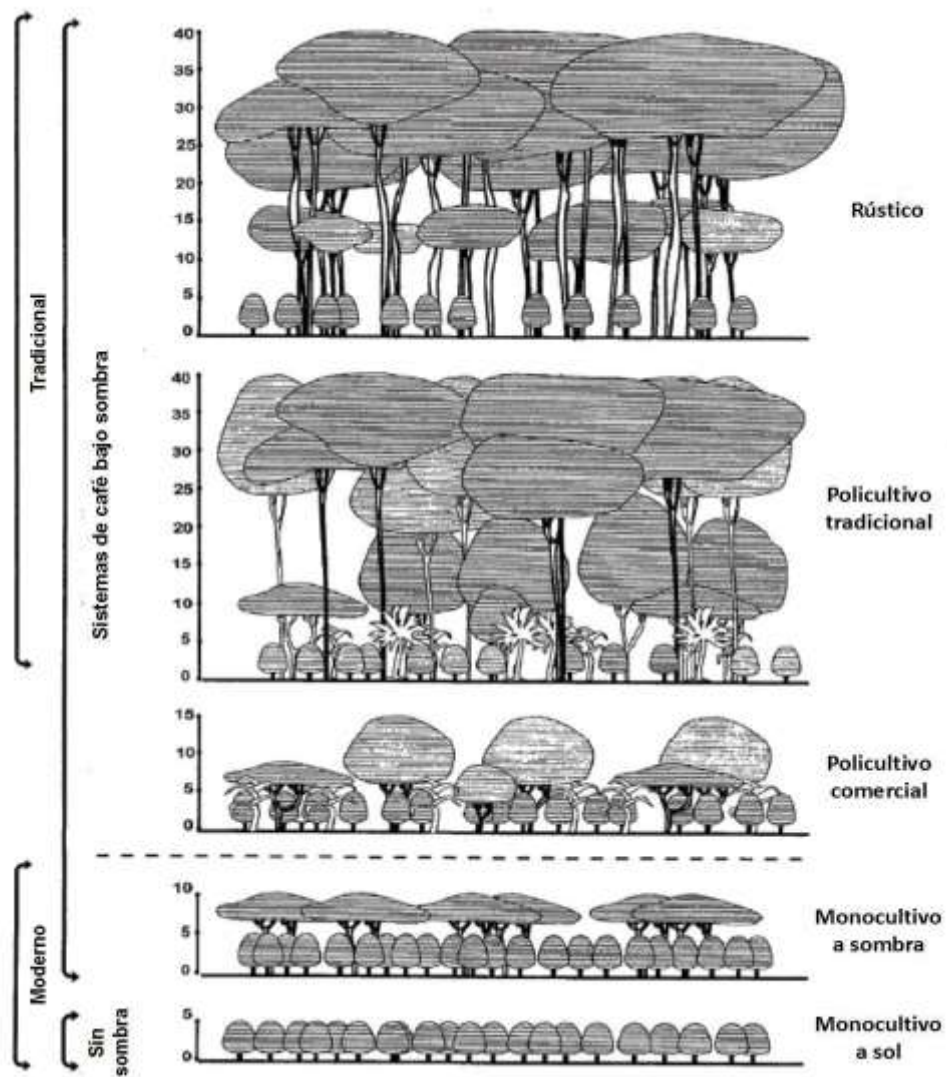
Monocultivo a sombra: Aunque se considera un sistema de café bajo sombra y tradicional, se caracteriza por referirse a la práctica agrícola en la que se cultiva una sola especie, como el café, bajo la cobertura de árboles o plantas que proporcionan sombra. Este sistema busca reducir la exposición directa al sol, lo que puede beneficiar el desarrollo de las plantas cultivadas al mantener la humedad del suelo, regular la temperatura y ofrecer un hábitat para la fauna beneficiosa, como polinizadores (Rice & Drenning, 2003). Aunque se basa en un solo cultivo, el uso de sombra ayuda a mitigar algunos de los impactos negativos asociados con el monocultivo, como la erosión del suelo y la disminución de la biodiversidad (Bolaños *et al.*, 2024).

Monocultivo a sol: Es un cultivo de una sola especie en condiciones de pleno sol, sin la presencia de árboles o plantas que proporcionen sombra. Este sistema puede maximizar la

exposición a la luz solar, lo que a menudo resulta en rendimientos más altos a corto plazo (Rice & Drenning, 2003). Sin embargo, el monocultivo a sol conlleva riesgos significativos, como el aumento de la vulnerabilidad a plagas y enfermedades debido a la falta de diversidad, el agotamiento de nutrientes del suelo y el efecto adverso en la biodiversidad del ecosistema circundante. Además, este enfoque puede requerir un mayor uso de insumos químicos, como pesticidas y fertilizantes, para mantener la producción (Bolaños *et al.*, 2024).

Figura 1

Tipología de plantaciones de café según Moguel y Toledo (1999).



2.4. Tipificación de los bosques en Panamá

En Panamá existen dos categorías principales de bosques: el bosque latifoliado mixto maduro y el bosque latifoliado mixto secundario (MiAmbiente, 2023).

Bosque latifoliado mixto maduro: Este tipo de bosque está compuesto predominantemente por árboles maduros, que se caracterizan por tener diámetros grandes y copas extensas. Estos bosques suelen tener una antigüedad superior a los 40 años, aunque pueden haber sido sometidos a tala selectiva. En estos bosques, el sotobosque es menos denso.

Bosque latifoliado mixto secundario: Está dominado por especies pioneras. Los árboles en estos bosques tienden a tener diámetros menores y copas menos grandes en comparación con el bosque maduro (MiAmbiente, 2023). En el 2021, se reportó que el 68 % del territorio de Panamá estaba cubierto por bosques y otras áreas boscosas, lo que refleja un incremento del 3 % en comparación con el año 2019 (MiAmbiente, 2022).

2.5. Sistema de Holdridge (1967) de las zonas de vida

Según la clasificación de Holdridge (1967), el área donde se llevó a cabo el estudio se encuentra dentro de dos zonas de vida: bosque muy húmedo premontano (bmh-P), bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

Los bosques muy húmedos premontanos (bmh-P) se desarrollan en zonas de transición entre los bosques tropicales y los montanos, generalmente entre los 800 y 1,000 msnm, donde predominan condiciones de alta humedad con precipitaciones anuales entre 2000 y 4000 mm y temperaturas que oscilan entre 18 y 24 °C (Cascante, 2001). Estos ambientes sostienen una vegetación densa y diversa, con árboles de rápido crecimiento, abundancia de epífitas como orquídeas y bromelias, y una alta productividad primaria que favorece la presencia de múltiples grupos de fauna (Quirós & Finegan, 1996). En Panamá, este tipo de bosque constituye una de

las zonas de vida más extensas, especialmente en áreas protegidas como el Parque Internacional La Amistad, donde desempeña un papel clave en la regulación hídrica, la protección de suelos y el almacenamiento de carbono. Su estructura compleja y dinámica ecológica han sido ampliamente documentadas, resaltando su importancia en programas de conservación y manejo forestal sostenible (Ministerio de Ambiente, 2022).

El Bosque Húmedo Montano Bajo (bmh-MB), presente aproximadamente entre los 1500 y 2000 m s. n. m., se caracteriza por una elevada humedad, neblina frecuente y una estructura vegetal compleja que favorece el incremento de una diversidad considerable de especies de fauna y flora. Esta zona forma parte de las áreas de mayor conservación dentro de Panamá, según la clasificación ecológica utilizada en los diagnósticos forestales nacionales (Ministerio de Ambiente, 2022).

El Parque Internacional La Amistad (PILA), en Panamá, se sitúa en las cordilleras de Talamanca y Central. Este parque incluye diversos tipos de bosques, como bosques muy húmedos, pluviales y nubosos. Además de su biodiversidad, estos bosques desempeñan un rol fundamental para el mantenimiento del ciclo hídrico y el régimen climático de la región, considerándose una de las áreas de mayor endemismo en la región de Talamanca (Morales *et al.*, 2007). La vegetación de estos bosques está dominada por árboles del género Fabaceae, que alcanzan alturas de entre 25 y 40 metros en el rango altitudinal de 800–1500 m s. n. m.; estudios en la vertiente pacífica del PILA describen una composición vegetal representativa de estos ecosistemas, con especies dominantes adaptadas a las condiciones de humedad y temperatura del área (Morales *et al.*, 2007).

2.6. Generalidades de los bosques nubosos

Los bosques nubosos son ecosistemas únicos que se caracterizan por la presencia constante de neblina y alta humedad, lo que crea condiciones ambientales particulares que favorecen una alta biodiversidad. Estos bosques actúan como reguladores climáticos y proveedores de servicios ecosistémicos esenciales, como la captación de agua y la conservación del suelo (Oosterhoorn & Kappelle, 2000).

En el distrito de Renacimiento, los bosques nubosos están bajo presión debido al aumento constante de la frontera agrícola y el cambio climático. La fragmentación de estos bosques puede tener efectos negativos sobre la fauna, particularmente sobre las especies de mamíferos que dependen de hábitats continuos y bien conservados. Estudios como los de Meyer *et al.* (2020) han demostrado la importancia de estos bosques para la conectividad ecológica y la conservación de grandes mamíferos.

Los bosques nubosos desempeñan un papel crítico en la conservación de la biodiversidad debido a su alta heterogeneidad y la presencia de microhábitats específicos que facilitan la coexistencia de una gran variedad de especies. Los bosques nubosos son esenciales para la conservación de mamíferos, ya que albergan una rica biodiversidad, incluyendo especies endémicas y amenazadas (Monge *et al.*, 2001).

Además de su valor biológico, los bosques nubosos son fundamentales para la regulación hídrica y la prevención de desastres naturales, como deslizamientos de tierra y erosión del suelo. Su conservación es vital no solo para la fauna silvestre, sino también para las comunidades humanas que dependen de los servicios ecosistémicos que estos bosques proporcionan.

2.7. Los agroecosistemas cafetaleros en bosques nubosos

Al integrar la agricultura con el entorno forestal, especialmente mediante prácticas agroecológicas que fomentan el cultivo del café bajo la sombra de árboles nativos, se crea un hábitat diverso que beneficia a muchas especies. Este sistema permite que aves, polinizadores, mamíferos y otros animales coexistan en el área, promoviendo la biodiversidad (Valencia *et al.*, 2015). Sin embargo, la expansión agrícola y la deforestación representan amenazas serias; de manera que, al reducir la cobertura forestal, se pierden hábitats esenciales para muchas especies, lo que puede llevar a la disminución de poblaciones e incluso a la extinción local de algunas (Anzules, 2024). Además, el cambio climático altera los patrones de lluvia y temperatura, afectando la disponibilidad de recursos y el equilibrio de estos ecosistemas. Por lo tanto, aunque los agroecosistemas cafetaleros pueden proporcionar beneficios, es crucial implementar prácticas sostenibles que protejan tanto la producción agrícola como la fauna que depende de estos bosques.

2.8. Fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros

La fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros de los bosques nubosos de Panamá incluye una variedad de grupos animales, incluyendo invertebrados, aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Los invertebrados, como insectos y arañas, son esenciales para la polinización y el control de plagas, mientras que las aves, como colibríes y tangaras, contribuyen al control biológico de insectos y la dispersión de semillas. Los mamíferos, que van desde pequeños roedores hasta especies más grandes como lo son los carnívoros, que también juegan un papel importante en la ecología.

Entre los mamíferos mayormente relevantes, como el ocelote (*Leopardus pardalis*), el puma (*Puma concolor*), armadillos y zarigüeyas, son comunes en estos ecosistemas (UICN,

2015; UICN, 2016). El uso de cámaras trampa es un instrumento útil porque genera información detallada sobre la distribución y los patrones de actividad de estas especies, lo que es crucial para su protección (Chávez *et al.*, 2013).

La fauna y su conservación en los agroecosistemas cafetaleros resulta esencial para la sostenibilidad y la producción de café, ya que un ecosistema saludable favorece tanto la calidad como la cantidad de la producción. La distribución de los mamíferos varía según el tipo de manejo y la estructura del hábitat, lo que implica que, en sistemas de café bajo sombra, la mayor cobertura arbórea y la heterogeneidad del hábitat favorecen una mayor diversidad y la diversidad de especies. Por otro lado, los sistemas de café expuestos al sol tienden a albergar menos especies debido a la menor disponibilidad de refugios y recursos (Perfecto *et al.*, 2014). Estudios previos en Panamá y otras regiones tropicales han demostrado que la conectividad del paisaje y la presencia de corredores biológicos son cruciales para mantener poblaciones viables de mamíferos (Meyer *et al.*, 2020). Estos corredores permiten el movimiento y la dispersión de especies, reduciendo los efectos negativos de la fragmentación del hábitat.

2.9. Mamíferos de Panamá

Los mamíferos son un grupo de vertebrados que se caracterizan por tener diversos rasgos distintivos que los diferencian de otros grupos de animales. Una de las características más destacadas de los mamíferos es las glándulas mamarias presentes en las hembras, que les permiten alimentar a sus crías con leche producida por estas glándulas. De hecho, el nombre “mamífero” proviene de esta característica distintiva (Nowak, 1999). La clasificación de los mamíferos por tamaño y peso refleja la diversidad morfológica y ecológica de los mamíferos en la región, destacando la adaptación de estas especies a una variedad de hábitats y nichos ecológicos. Desde los pequeños roedores que ocupan nichos especializados en la vegetación

densa hasta los grandes felinos que dominan como depredadores en los bosques y áreas abiertas, la presencia de estos mamíferos refleja la salud y la complejidad de los ecosistemas de Chiriquí.

En la provincia de Chiriquí, en Panamá, se pueden encontrar una gran variedad de mamíferos; entre ellos se encuentran especies como la zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*), la paca (*Cuniculus paca*), el coyote (*Canis latrans*) y el ñeque centroamericano (*Dasyprocta punctata*) (UICN, 2015; Lira-Torres & Briones-Salas, 2012). Estas especies forman parte de la rica diversidad biológica que caracteriza a la región de Chiriquí y desempeñan roles importantes en los ecosistemas locales.

Los mamíferos también se pueden clasificar según su tamaño y peso. En la provincia de Chiriquí, Panamá, esta diversidad de mamíferos abarca desde pequeños roedores hasta grandes carnívoros. Entre los mamíferos más destacados de la región se encuentran depredadores de gran tamaño como el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*), el yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*). Estas especies representan la cúspide de la cadena alimentaria y desempeñan un papel crucial en el equilibrio de los ecosistemas de Chiriquí (UICN, 2015; Lira-Torres & Briones-Salas, 2012).

Los herbívoros también juegan un papel crucial en el equilibrio de los ecosistemas. Entre los herbívoros más importantes en la región, destaca el tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*); es una especie en peligro crítico de extinción con poblaciones en drástico declive debido a la pérdida de hábitat, el fraccionamiento de bosques y la caza furtiva (García *et al.*, 2016). Este herbívoro de gran tamaño gran dispersor de semillas y controlador de la vegetación, ya que consume una gran variedad de plantas, incluidas frutas y hojas, contribuyendo así a la regeneración del bosque. El cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*) es un dispersor de semillas que influye en la distribución de la vegetación y juega un papel importante. También el saíno (*Pecari tajacu*) desempeña un papel similar en el control de la vegetación y la dispersión de

semillas. Aunque sus poblaciones no están en peligro inmediato, también pueden verse disminuidas por la caza y la pérdida de su hábitat (Briceño-Méndez *et al.*, 2022).

2.10. Amenaza que enfrenta la fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros

La principal amenaza para la fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros es la pérdida y fragmentación del hábitat. La intensificación de las prácticas agrícolas y la conversión de bosques nubosos en áreas de cultivo han reducido significativamente los hábitats disponibles para muchas especies de mamíferos.

Además, el uso de pesticidas y fertilizantes químicos puede tener efectos tóxicos sobre la fauna, afectando su salud y su capacidad reproductiva (Sánchez *et al.*, 2012). La caza furtiva y la persecución de especies consideradas plagas también representan amenazas adicionales para la biodiversidad en estos sistemas.

2.11. Rol de los mamíferos en agroecosistemas cafetaleros

La fauna silvestre en los agroecosistemas cafetaleros desempeña roles ecológicos importantes, como la dispersión de semillas, el control de plagas, y la polinización. La presencia de mamíferos depredadores, por ejemplo, puede ayudar a regular las poblaciones de roedores que podrían dañar los cultivos (Granados *et al.*, 2003).

Además, la diversidad de mamíferos puede contribuir a la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas agrícolas, promoviendo un equilibrio natural que reduce la necesidad de intervenciones químicas. Fomentar prácticas agrícolas amigables con la fauna puede resultar en agroecosistemas cafetaleros más sostenibles y productivos a largo plazo.

2.12. Patrones de alimentación de los mamíferos

Los patrones de consumo de alimentos de los mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros se afectan por la disponibilidad de recursos y la composición del hábitat. En cultivos de café bajo sombra, la diversidad de plantas y la presencia de insectos y pequeños vertebrados proporcionan una fuente de alimento diversa para los mamíferos (Perfecto *et al.*, 2014).

Los mamíferos frugívoros, como ciertos murciélagos y primates, juegan un papel importante en la distribución de semillas, contribuyendo a la restauración de la vegetación. Los carnívoros, por su parte, ayudan a controlar las poblaciones de herbívoros y otros pequeños animales, manteniendo el equilibrio ecológico en los agroecosistemas cafetaleros (Albanesi *et al.*, 2016).

Esta interacción entre la fauna y el entorno agrícola resalta la importancia de entender los hábitos alimenticios de los mamíferos en estos sistemas. Además, proporciona una perspectiva integral sobre cómo la biodiversidad puede ser promovida o afectada por las prácticas de manejo de los agroecosistemas, informando así las decisiones de conservación y manejo de la tierra (Pedroso *et al.*, 2024).

2.13. Reproducción de los mamíferos en agroecosistemas cafetaleros

Funciones vitales de los mamíferos como la reproducción, en los agroecosistemas cafetaleros, se ve afectada por distintos factores ambientales y de hábitat. Estudios preliminares han demostrado que la presencia de áreas con cobertura arbórea densa, como ocurre en los cafetales bajo sombra, proporciona refugio y condiciones propicias para la reproducción de muchas especies de mamíferos (Albanesi *et al.*, 2016). Además, la presencia suficiente de recursos alimenticios y la ausencia de perturbaciones significativas pueden favorecer el establecimiento de poblaciones reproductoras en estos entornos (Perfecto *et al.*, 2014).

2.14. Tasa de detección en agroecosistemas cafetaleros

La tasa de detección es un parámetro clave en los estudios de fauna, especialmente al usar cámaras trampa, ya que influye directamente en las estimaciones para detección independiente y distribución de las especies. Factores como el hábitat, el comportamiento de los mamíferos y las perturbaciones humanas pueden modificar esta tasa, lo que afecta la precisión de los resultados (Kays *et al.*, 2020). En agroecosistemas cafetaleros, la densidad de vegetación y la exposición a actividades humanas influyen considerablemente en la detección de mamíferos, afectando sus hábitos alimenticios y patrones de desplazamiento (Mandujano, 2024). El monitoreo adecuado debe tener en cuenta estos factores para garantizar estimaciones precisas (Burton *et al.*, 2015; Granados *et al.*, 2003).

2.15. Uso de cámara trampa en el estudio de mamíferos

Las cámaras trampa son una herramienta fundamental en el monitoreo de mamíferos en agroecosistemas cafetaleros, ya que, equipadas con sensores de movimiento y activadas por calor, permiten registrar la presencia y el comportamiento de la fauna silvestre de manera no intrusiva (Burton *et al.*, 2015). Esta técnica ha revolucionado la forma en la que se estudian los mamíferos, proporcionando datos objetivos y detallados sobre su distribución, la tasa de detección y su actividad. Además, el monitoreo con cámaras trampa es especialmente eficaz para obtener información sobre la comunidad de fauna en estos ecosistemas, ya que permite detectar especies difíciles de observar directamente y analizar las variaciones en la composición y estructura comunitaria al paso del tiempo (Forrester *et al.*, 2016). Esta metodología también facilita la documentación del comportamiento natural de los mamíferos sin perturbar su hábitat (Burton *et al.*, 2015).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Chiriquí, distrito de Renacimiento, en el corregimiento Santa Clara, comunidad de Jurutungo, así como en el corregimiento de Río Sereno, comunidad de Piedra Candela, y en el corregimiento de Monte Lirio. Para este estudio se seleccionaron 10 fincas cafetaleras: Finca La Llorona, Finca Rancho Stampida, Finca Nuguo, Finca Don Eugenio, Finca Candelita, Finca Eleta, Finca Calle Larga, Finca Río, Finca La Huaca y Finca Guayacán. El área de estudio tiene una población de 22 429 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2023). Estos sitios comparten una zona de amortiguamiento con el Parque Internacional La Amistad, bosques asociados y otras áreas que se utilizan para la agricultura, ganadería y caficultura, lo que garantiza que el área cumpla con los criterios óptimos para la realización del estudio.

El área tiene una extensión aproximada de 22 km², con una elevación que va desde 800 hasta los 2300 msnm, donde originalmente están ubicados bosques muy húmedos premontanos (bmh-P), con transición a bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), en las áreas de rango de altitud (Álvarez *et al.*, 2014). Las temperaturas medias descritas para este sitio son 17.4 °C a los 1700 m s. n. m. y de 14.8 °C a los 2300 m s. n. m. El relieve de los suelos de Renacimiento se caracteriza por estar sobre pendientes moderadas, dónde se muestra la acción de agentes erosivos, y se observa acumulación de minerales y materia orgánica, en valles y cañones, que han dado origen a suelos más profundos, más preparados para el cultivo (Rodríguez, 2017).

La investigación se realizó en fincas con distintos tipos de agroecosistemas cafetaleros. Estas áreas fueron evaluadas por estratos, según el tipo de sistema de cultivo presente (Figura 2), basándose en la tipología agroecológica de Moguel & Toledo (1999), es decir: **Estrato A:**

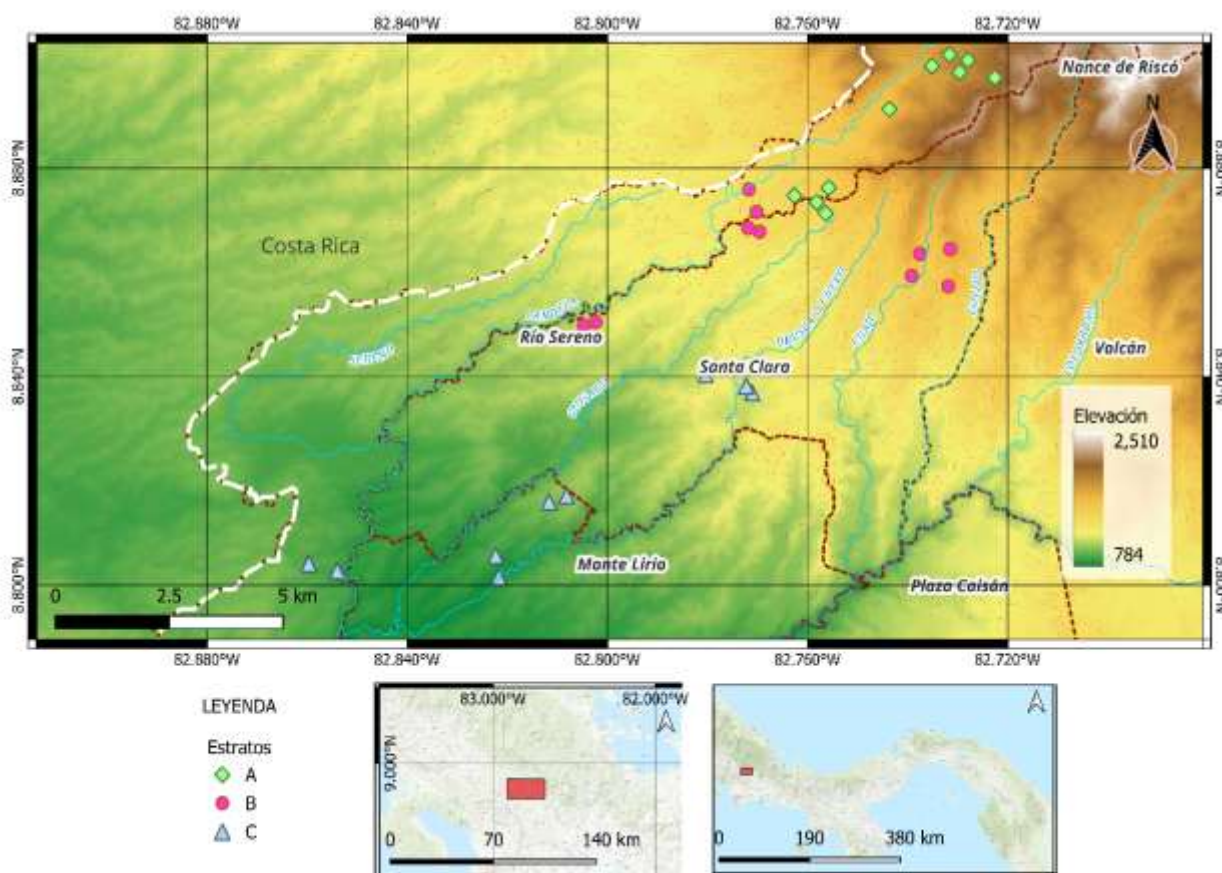
Policultivo de café en sombra, que se caracteriza por la presencia de árboles nativos que proporcionan sombra a las plantas de café. Además, estos cultivos pueden ser mixtos, donde el café se encuentra en un ambiente con una densa vegetación y humedad adecuada, en su mayoría dentro de antiguos bosques. Fincas que representan este tipo de cultivo: Nuguo, La Huaca, La Llorona y áreas aledañas.

Estrato B: Corresponde a los monocultivos de café parcialmente bajo sombra e incluye relictos de árboles o cultivos asociados como el plátano y presenta exposición parcial al sol por la cobertura arbórea; comprende fincas como La Llorona, Eleta y Candelita, algunas representadas en más de un estrato por cumplir con distintos parámetros agroecológicos. El **Estrato C** corresponde a monocultivos completamente expuestos al sol, rodeados de potreros y parches de bosque, en fincas como El Río, Guayacán, Don Eugenio, Rancho La Stampida y Calle Larga.

El **Estrato D** corresponde a las áreas boscosas y zonas de amortiguamiento colindantes con el Parque Internacional La Amistad. Estos bosques se encuentran asociados a los sistemas cafetaleros, funcionando como ecosistemas de referencia debido a su baja intervención humana. En este estrato se incluyen sectores conservados dentro de fincas como Nuguo y La Llorona, donde coexisten zonas destinadas a la conservación y otras vinculadas a la producción de café.

Figura 2

Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en los tipos de agroecosistemas cafetaleros y los bosques asociados en Renacimiento, Chiriquí 2024.



3.2. Métodos de recolección de datos

Cámaras trampa

Las cámaras trampa se distribuyeron entre 10 fincas cafetaleras antes descritas según su estructura de paisaje; donde se establecieron 36 estaciones, con una cámara por estación, durante un período de tres meses que inició el 12 de octubre de 2023 hasta el 9 de marzo de 2024, lo que implicó un total de 4536 noches/trampa. Se utilizaron cámaras trampa de las marcas Blaze,

Bushnell Trophy y Wosoda, con resolución de 24 MP y tarjetas de memoria de 32 GB. Todas cuentan con sensores PIR (infrarrojo pasivo) para la detección de movimiento y con LED infrarrojos de bajo brillo, los cuales permiten capturas nocturnas sin perturbar a la fauna. La sensibilidad del sensor es ajustable (alta, media, baja), lo que facilita su adaptación a distintas condiciones ambientales. Estas cámaras cuentan con función de toma de fotos, videos, temperatura, alto sensor térmico y de movimiento. Se programó cada una de las cámaras de la siguiente manera: ajuste de la hora y fecha, tomar dos fotos seguidas y en algunas se le activaron los videos de 10 segundos, con intervalos de 30 segundos entre cada captura, durante las 24 horas del día, siguiendo las recomendaciones de guías técnicas para el monitoreo con cámaras trampa (Molloy & Cowan, 2018; Stevenson & Hubbs, 2024). Cada cámara utiliza ocho baterías tipo AA y se colocó un equipo auxiliar para la seguridad de las cámaras trampa (zunchos metálicos), uno para cada equipo; se utilizó cinta flagging para marcar el lugar donde se colocaron las cámaras; se empleó un GPS modelo Garmin para georreferenciar cada estación; y se diseñó un formato de registro para el número del código de cada cámara y sus coordenadas (Molloy & Cowan, 2018).

Se establecieron transectos aleatorios en cada tipo de agroecosistema cafetalero y el muestreo de las parcelas de café cubría tanto los límites del bosque como las áreas dentro del bosque aledaño. En estas zonas, se instalaron 10 estaciones de fototrampeo por estrato, distribuidas a una distancia aproximada de 250 a 500 m entre las cámaras (Carrizales, 2017). Además, se utilizaron senderos naturales y paisajes modificados previamente identificados durante un recorrido de evaluación en el área, donde se observaron indicios de pasos de animales y donde se colocarían las cámaras trampa (Forrester *et al.*, 2016) (Figura 3).

Al tener las ubicaciones de cada estación, se colocaron cuatro data loggers, por estrato estudiado, a una altura sobre el suelo de 3.28 m, ajustándose según la estructura de la vegetación y las condiciones del terreno. Este es un dispositivo electrónico utilizado para medir y monitorear dos parámetros ambientales: temperatura y humedad. (Figura 3). Para colocar las cámaras, se eligieron árboles de mediano grosor, resistentes y ubicados a una distancia entre 3 y 4 m a partir del punto central, por donde se esperaba que pasaran los animales; dependiendo del nivel del suelo, las cámaras se colocaron a una distancia mínima de 40 a 50 cm del suelo.

La orientación de la cámara fue de norte a sur para evitar la sobreexposición del sol en la fotografía; luego, para impedir que la vegetación fuese un inconveniente, se podaron las plantas más altas y de esta manera evitar su exposición en la fotografía. Además, se comprobó que la captura de las fotos tuviese el ángulo adecuado; para esto, una persona caminó a gatas frente a la cámara y se ajustó el enfoque, siguiendo las recomendaciones de Chávez *et al.* (2013).

Se realizaron giras de mantenimiento y de recolección de datos por gira cada 45 días, con una duración de cinco a seis días por gira, para minimizar los robos de cámaras y la pérdida de datos. Durante estas giras, se descargaron las imágenes y videos de cada cámara y se les realizó mantenimiento, principalmente enfocado en el cambio de baterías y la verificación de su funcionamiento, hasta que se cumplían los períodos de tres meses de muestreo para evitar errores en el análisis de los datos.

Se generó una base de datos con todas las especies registradas en fotografías, la cual se organizó en una hoja de cálculo de Excel. Para el análisis y clasificación de las imágenes se utilizó el programa Wildlife Insights (www.wildlifeinsights.org); esta plataforma permite determinar, por reconocimiento facial a través de inteligencia artificial, la identificación de características visuales únicas, como los patrones de pelaje, el tamaño, la forma del cuerpo y los rasgos faciales. Si una nueva imagen no coincidía con las características previamente registradas

en la base de datos, el sistema la marcaba como una especie diferente o desconocida. En esos casos, la identificación era revisada y corregida manualmente. Cuando la identificación y clasificación resultaban correctas, la imagen se consideraba un registro positivo.

El algoritmo también identificó especies similares o detectó cambios en las secuencias. Las fotos que pertenecen a eventos independientes se caracterizaron visualmente y se evaluaron datos como la fecha, hora, minutos y segundos de cada imagen. Si las fotos se registraban en minutos o segundos de diferencia, podrían pertenecer a la misma secuencia o evento, o a distintos, lo que permitió agrupar o separar ese dato.

Figura 3

Colocación de cámaras trampa en área utilizando la metodología descrita. A. Instalación y programación de la cámara trampa. B. Sitio de instalación. C. Medición de la distancia de la cámara trampa. D. Instalación de los data loggers en Renacimiento, Chiriquí 2024



3.2.1. Depuración y selección de fotografías

Se realizó una revisión manual completa de los datos, en los que se eliminaron las imágenes en blanco y aquellas que no mostraban animales. Posteriormente, se subió la información registrada por las 36 cámaras trampa al programa Wildlife Insights (www.wildlifeinsights.org), y la data fue descargada y procesada en el programa RStudio, donde se llevó a cabo una depuración más exhaustiva a través del paquete tidyverse (Wickham *et al.*,

2019). Como resultado, se obtuvo un total de 3256 imágenes independientes, seleccionando únicamente aquellas correspondientes a mamíferos.

A partir del número de imágenes y la frecuencia de detección, es posible estimar la tasa de detección de las especies en el área muestreada. Estos datos son esenciales para el conocimiento de la riqueza y los índices de biodiversidad, y así desarrollar estrategias efectivas de conservación y manejo de especies y hábitats.

3.2.2. Análisis estadístico

El programa Wildlife Insights (www.wildlifeinsights.org) se utilizó para el análisis y gestión de los datos recolectados a lo largo del proyecto. Este software permitió la centralización y procesamiento eficiente de grandes volúmenes de imágenes registradas por cámaras trampa en una plataforma unificada. Además de facilitar la identificación automática de algunas especies, proporcionó herramientas para generar estadísticas detalladas sobre registros de eventos independientes, frecuencia y distribución temporal y espacial de cada especie en los sitios específicos donde se desplegaron las cámaras trampa.

Los datos analizados a través del programa Wildlife Insights se exportaron a una hoja de cálculo de Excel y se calculó la tasa de detección de los mamíferos en las zonas estudiadas a través del software Rstudio, que permitió analizar diferentes datos, además de organizarlos y analizarlos, así como realizar procesos de depuración; se utilizó el paquete tidyverse (Wickham *et al.*, 2019), que permitió una manipulación eficiente de la información. La distribución de las especies se visualizó utilizando el paquete ggplot2, que forma parte del conjunto de paquetes tidyverse. El software RStudio nos permitió calcular estos estimadores de forma eficiente a través del paquete iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016), que calcula la curva de acumulación de especies y permite la interpolación y extrapolación de la riqueza de especies considerando el esfuerzo de

muestreo. El esfuerzo de recolectar en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta estabilizar el número de especies que aparecen en cada sustrato según el número de noches/trampa y el número de estaciones por estrato (Burton *et al.*, 2015).

El software RStudio permitió calcular los índices de diversidad de Shannon, Simpson, Chao y Margalef, utilizando el paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2024), el cual proporcionó estimaciones sobre la composición comunitaria de los mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros. Con estos índices se evaluó la diversidad y equitatividad de especies; mientras que el índice de Simpson se enfoca en la probabilidad de que dos eventos independientes seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, el índice de Margalef ofrece una medida de la riqueza de especies ajustada al tamaño de la muestra. Según Macario *et al.* (2019), este índice se emplea para evaluar la riqueza de especies en una comunidad en función del número total de eventos independientes presentes. El índice de Shannon mide la incertidumbre en la selección de una especie al azar. Se utilizó el paquete *osmdata* (Padgham *et al.*, 2017), lo que permitió la obtención de mapas detallados y la superposición de los datos de detección de mamíferos con los mapas geoespaciales del área de estudio.

Para calcular la Tasa de Detección se usó el Modelo Lineal Generalizado de Poisson (Consul & Jain, 1973) estima el número de eventos independientes esperados en función del esfuerzo de muestreo (días que la cámara estuvo funcionando) en cada estación de muestreo. Este método permite ajustar la tasa de detección considerando los días que las cámaras estuvieron activadas y las diferencias en la detección entre estaciones y tiempo. El modelo predice el número esperado de eventos de detección por cada 100 días de trampa. De esta manera, se puede corregir el esfuerzo de muestreo de forma más precisa y evitar los posibles sesgos que podrían surgir al utilizar el Índice de Abundancia Relativa, que no siempre corrige adecuadamente las diferencias en la detectabilidad entre especies (Sollmann *et al.*, 2013).

Se utilizó el software RStudio utilizando el paquete camtrapR (Niedballa *et al.*, 2016) para obtener la tasa de detección.

Para evaluar diferencias entre los índices de diversidad de mamíferos entre los distintos estratos, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba no paramétrica, basada en rangos, resulta adecuada para comparar más de dos grupos independientes cuando los datos no presentan una distribución normal (Soto, 2013). En este análisis, los estratos de estudio se consideraron como la variable independiente, mientras que las variables dependientes incluyeron la riqueza de especies, la detección independiente total, la tasa de detección, los índices de diversidad de Shannon, Simpson, Margalef y Chao.

Además de los análisis comparativos entre los distintos tipos de agroecosistema, se realizaron comparaciones complementarias entre fincas individuales dentro de cada tipo de agroecosistema. Estas comparaciones permitieron identificar la variación intraestrato (con el mismo tipo de agroecosistema) y respaldar la interpretación de los patrones generales observados entre los diferentes tipos de agroecosistema. Las fincas se consideraron como unidades de muestreo independiente dentro de cada categoría, teniendo en cuenta las diferencias en número de estaciones y características locales de manejo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión

El uso de cámaras trampa demostró ser un método altamente efectivo para evaluar la diversidad, riqueza y tasa de detección de los mamíferos en el área de estudio. Tras la colocación de 36 cámaras trampa durante tres meses y un total de 4536 noches/trampa, permitió obtener 3256 imágenes independientes. Se logró obtener una riqueza que incluye 9 órdenes, 17 familias y 28 especies. Según la Autoridad del Canal de Panamá (2012), en el país se han registrado alrededor de 250 especies de mamíferos. Por consiguiente, las 28 especies registradas en este estudio conforman el 11.2 % del total de mamíferos conocidos en Panamá, de acuerdo con las estimaciones sobre la fauna mamífera nacional. Los datos obtenidos revelaron una distribución diversa y variada de las especies a lo largo de las estaciones de muestreo, lo que contribuyó en la obtención de datos relevantes para el estudio. Esta metodología permitió recopilar datos detallados sobre la riqueza, diversidad y tasa de detección de los mamíferos. Además de los análisis comparativos entre los distintos tipos de agroecosistema, se llevaron a cabo comparaciones adicionales entre fincas individuales dentro de cada categoría. Estas comparaciones permitieron evaluar la variación a nivel intraestrato (dentro del mismo tipo de agroecosistema) y respaldar la interpretación de los patrones generales observados entre los diferentes tipos de agroecosistema. Cada finca se consideró como una unidad de muestreo independiente, tomando en cuenta sus diferencias en extensión, número de estaciones y características locales.

En conjunto, los resultados respaldan la hipótesis de que la estructura de los agroecosistemas cafetaleros influye en la riqueza, detección independiente, diversidad y tasa de detección de los mamíferos en el distrito de Renacimiento, Chiriquí. Los sistemas más

complejos, como los policultivos bajo sombra y las áreas boscosas asociadas, presentaron una riqueza y diversidad superiores a las de los sistemas más simplificados, indicando que la complejidad del hábitat favorece la presencia de más especies.

4.2. Curva de acumulación de especies de mamíferos en estratos de agroecosistemas cafetaleros

La evaluación de las curvas de acumulación de especies reveló que, en general, estas tienden a estabilizarse en todos los estratos muestreados (Figuras 5 y 4), lo que sugiere que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para registrar la mayoría de las especies presentes. De los cuatro estratos evaluados, tres corresponden a agroecosistemas cafetaleros y uno a bosque asociado: policultivo bajo sombra (A), monocultivo parcialmente bajo sombra (B) y monocultivo al sol (C); mientras que el cuarto estrato corresponde a áreas boscosas y zona de amortiguamiento (D), aunque este último presentó mayor equidad, evidenciada por los índices de Shannon y Simpson, apoyando lo descrito por Cruz-Lara *et al.* (2004) y Escobar-Anleu (2015), quienes reportan que los bosques y los cafetales con sombra mantienen comunidades de mamíferos más diversas y equilibradas. La línea de la Gráfica 1 correspondiente a la riqueza de especies ($q=0$) mostró una clara estabilización en todos los estratos, mientras que las líneas de diversidad de Shannon ($q=1$) y la inversa de Simpson ($q=2$) mostraron menor estabilización en algunos casos, lo que refleja la influencia de la detección independiente y la dominancia de ciertas especies. Esto sugiere que la heterogeneidad estructural del hábitat es clave para mantener la diversidad funcional en agroecosistemas cafetaleros. Los estratos con mayor heterogeneidad, como el policultivo de café bajo sombra (A) y las áreas boscosas en la zona de amortiguamiento (D), mostraron una distribución más equitativa de detecciones entre especies; en comparación con los monocultivos homogéneos, tanto el parcialmente bajo sombra (B) como

el café al sol (C) estuvieron dominados por pocas especies, lo que redujo la diversidad efectiva. Además, es posible que la presencia de bosque circundante en los monocultivos parcialmente bajo sombra haya favorecido la diversidad observada, al funcionar como fuente de alimento y refugio para los mamíferos.

Aunque no se han encontrado estudios que determinen el efecto directo en sistemas similares, esta interpretación se basa en principios de ecología del paisaje. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Manson *et al.* (2025), quienes destacan que las fincas de café cercanas a fragmentos de bosque pueden actuar como zonas de amortiguamiento, reforzando los ecosistemas y las especies frente a los efectos de borde, lo cual explicaría en parte la mayor riqueza registrada en el monocultivo parcialmente bajo sombra (B) en comparación con el monocultivo al sol (C).

Figura 4

Curva de acumulación de especies basada en la diversidad de los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.

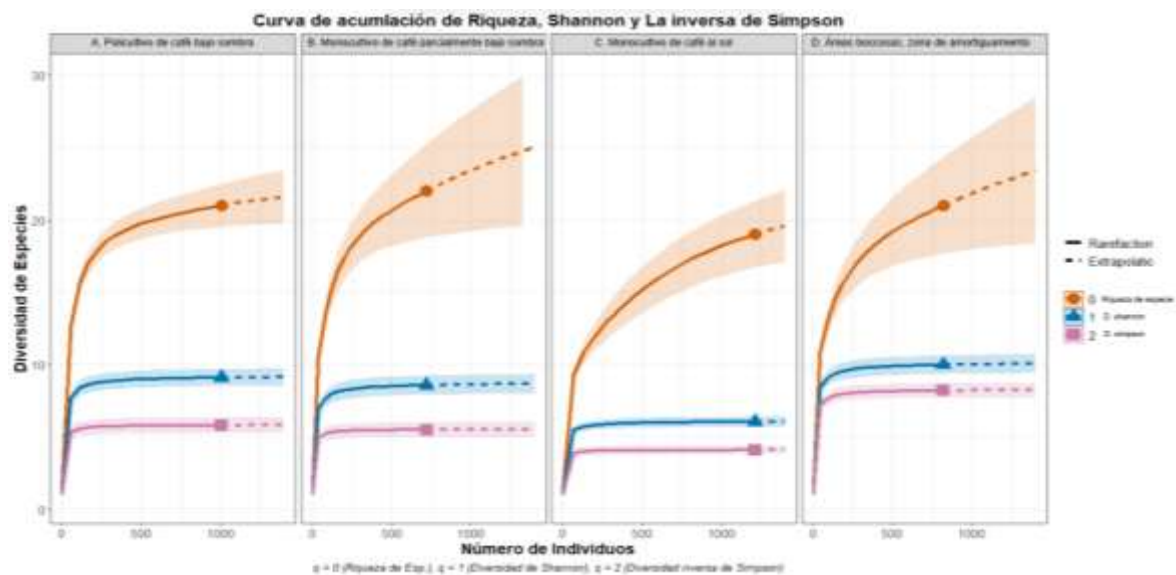
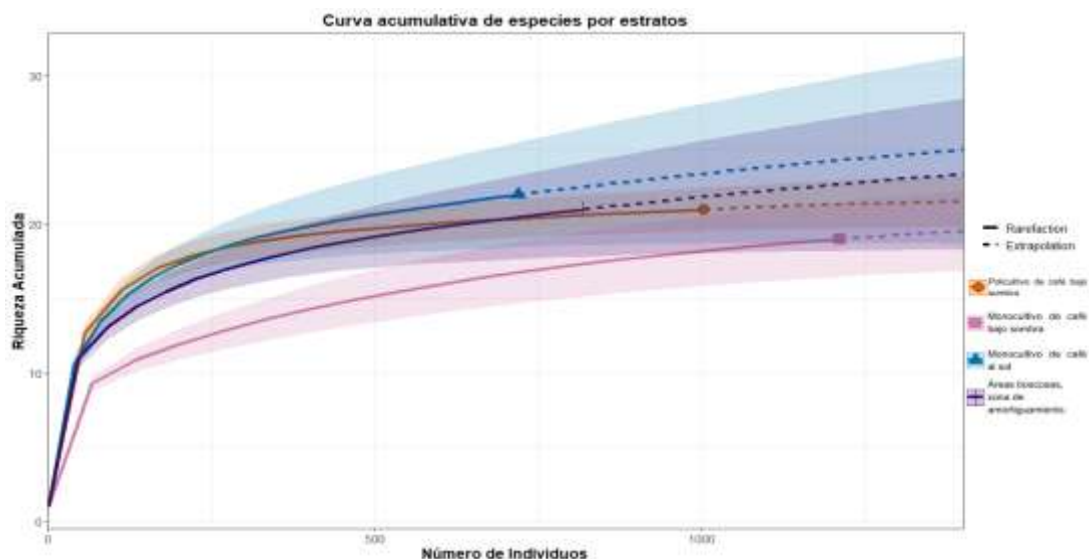


Figura 5

Curva de acumulación de especies basada en riqueza, de los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



Las Figuras 4 y 5 muestran las curvas de rarefacción y extrapolación de la diversidad de mamíferos en los cuatro estratos evaluados (A, B, C y D). Se observa que los estratos A (policultivo bajo sombra) y D (áreas boscosas y zonas de amortiguamiento) presentan la mayor riqueza de especies, mientras que los demás estratos tienden a estabilizarse a medida que aumenta el número de eventos independientes muestreados. La diversidad de Shannon y la inversa de Simpson evidencian una composición relativamente estable entre los estratos.

4.3. Diversidad, dominancia, tasa de detección.

4.3.1. Policultivo de café bajo sombra en agroecosistemas cafetaleros

Los resultados de los índices de diversidad proporcionan información valiosa sobre la biodiversidad del ecosistema estudiado; tal como se muestra en la Tabla 2, el estrato de policultivo de café bajo sombra (A) está conformado por las fincas Llorona, Nuguo y La Huaca. Se registraron 1003 detecciones independientes, lo que representa una riqueza de 21 especies de mamíferos, con una dominancia baja (0.172), lo que indica una distribución equitativa. Los índices de Shannon-H (2.207), Simpson (0.827), Margalef (2.430) y Chao1.s (22.0), según se muestra en la Tabla 1, indican una alta diversidad en los policultivos, lo cual coincide con García (2016) y Arboleda & Marín (2019), quienes señalan que la diversidad en sistemas de café puede estar asociada a prácticas que favorecen la heterogeneidad del hábitat. Esto refuerza la idea de que las prácticas de manejo que promueven la heterogeneidad estructural son fundamentales para la conservación de la biodiversidad (Smith *et al.*, 2012; Perfecto *et al.*, 2008; Fahrig *et al.*, 2010; Heidrich *et al.*, 2023).

Las condiciones ambientales en este estrato (Tabla 3), como las temperaturas que oscilan entre 15 °C y 24.7 °C (promedio de 19.1 °C) y una humedad que varía del 37.35 % al 100 % (promedio del 85.7 %), indican que la sombra modera las fluctuaciones térmicas y mantiene un ambiente fresco y húmedo, reduciendo la evaporación y favoreciendo la retención de humedad (Perfecto & Vandermeer, 2008; De Frenne *et al.*, 2013). Estas condiciones, junto con la alta diversidad observada, reflejan un ambiente favorable para la conservación de especies, destacando la importancia de prácticas de manejo que promuevan la heterogeneidad del hábitat

y la creación de microhábitats en los cafetales bajo sombra (Machado & Ríos, 2016; García *et al.*, 2014). Debido a su complejidad estructural y cercanía a fragmentos boscosos, estas fincas favorecen una mayor biodiversidad y una distribución más equilibrada de las especies (Bennett, 2003; Perfecto & Vandermeer, 2010).

4.3.2. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra en agroecosistemas cafetaleros

En el estrato de monocultivo de café parcialmente bajo sombra (B), conformado por las fincas Llorona, Candelita y Eleta, se registró 719 eventos independientes, una riqueza de 22 especies y presenta un dominio (0.182) mayor que el estrato A, lo que sugiere que algunas especies comienzan a sobresalir sobre otras. Aun así, el dominio sigue siendo relativamente bajo en comparación con el estrato de monocultivo al sol, indicando que el ambiente mantiene condiciones un poco favorables para la biodiversidad. Los índices de diversidad Shannon-H, Simpson y Margalef reflejan una buena biodiversidad, con un pequeño aumento en la riqueza de especies según la estimación de Chao1 (Tabla 1). Esta heterogeneidad estructural, facilitada por la sombra parcial y los árboles dispersos, favorece la coexistencia de especies, como han mostrado estudios clásicos (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel & Toledo, 1999) y, de manera más reciente, Manson *et al.* (2025), quienes observaron que coberturas parciales de sombra mejoran indicadores de biodiversidad y sostenibilidad en cafetales.

El comportamiento observado podría reflejar una optimización en el manejo de este tipo de ecosistema, contribuyendo a una diversidad razonable, como lo evidencian Manson *et al.* (2025), quienes destacan que coberturas parciales de sombra permiten mantener niveles moderados de diversidad y funcionalidad en sistemas de café. Esto sugiere que la exposición

parcial al sol en el área de estudio produjo un aumento moderado de la temperatura diurna (mínima 15.35 °C, máxima 28 °C, promedio 19.7 °C), mientras que la sombra parcial contribuyó a mantener un microclima más estable. Esta estabilidad térmica se considera favorable para la fauna, de acuerdo con Lin (2007). En relación con la humedad (mínima 45.55 %, máxima 99.55 %, promedio un 84.25 %), Perfecto & Vandermeer (2008) y De Frenne *et al.* (2013) señalan que niveles moderados de humedad en cafetales favorecen la persistencia de diversas especies, lo cual coincide con lo que se observa en este estrato.

La presencia de árboles en estos sistemas contribuye a la retención de agua y mejora la estructura del suelo, lo que favorece la estabilidad del microhábitat y la biodiversidad (Nesper *et al.*, 2017; Perfecto & Vandermeer, 2008; De Frenne *et al.*, 2013). Aunque el monocultivo parcialmente sombreado puede ofrecer un entorno con recursos adecuados, también plantea desafíos para su sostenibilidad a largo plazo, especialmente por la dependencia de insumos externos y la exposición parcial al sol, que podría incrementar el estrés ambiental en algunas especies (Soto-Pinto & Jiménez-Ferrer, 2018). Además, las fincas cercanas a fragmentos de bosque pueden actuar como zonas de amortiguamiento, reforzando la resiliencia de los ecosistemas frente a los efectos de borde (Manson *et al.*, 2025).

Combina sombra parcial y proximidad a fragmentos de bosque, lo que permite mantener una diversidad moderada y un ambiente relativamente estable para las especies presentes.

4.3.3. Monocultivo bajo sol en agroecosistemas cafetaleros

En el estrato de monocultivo de café al sol (C), conformado por las fincas Stampida, Guayacán, Don Eugenio, Ríos y Calle Larga, se registraron 1211 eventos independientes, una riqueza de 19 especies y presenta mayor dominancia con respecto a los demás estratos. Este

patrón refleja que algunas especies generalistas tienden a predominar, concentrando la mayoría de los registros, mientras que las otras especies se encuentran con baja frecuencia. Los índices de Shannon-H, Simpson, Margalef y Chao1 fueron considerablemente más bajos (Tabla 1), indicando que la exposición directa al sol limita la diversidad de este hábitat. La alta dominancia observada coincide con lo planteado por (Manson, Sosa, & Contreras (2008) y Moguel & Toledo (1999), quienes señalan que los monocultivos reducen la heterogeneidad estructural y favorecen comunidades menos diversas. De manera similar, Sánchez *et al.* (2012) y Perfecto *et al.* (2014) destacan que la intensificación agrícola incrementa la dominancia de unas pocas especies y disminuye la diversidad de fauna asociada al dosel, lo cual concuerda con nuestros resultados obtenidos en las zonas del sotobosque.

En cuanto a las condiciones climáticas, la temperatura mínima registrada fue de 15.17 °C, la más baja entre los estratos de café, pero la máxima es de 28.3 °C, lo que da un promedio de 20.8 °C (Tabla 3). Evidenciando que la temperatura de este estrato es más variable debido a las fluctuaciones térmicas, con días más cálidos debido a la exposición directa al sol, coincide con lo observado por Tilman *et al.* (2012), quienes señalan que los sistemas agrícolas sin sombra presentan fluctuaciones de temperatura más marcadas, lo que influye en qué especies pueden sobrevivir y prosperar. A pesar de esta variabilidad, el estrato C presentó la mayor densidad poblacional, lo que sugiere que una alta no refleja necesariamente un ecosistema equilibrado, como discuten Ramírez *et al.* (2021) y Reid *et al.* (2023). La humedad fluctuó entre un 50.16 % y 100 %, con un promedio de un 90.28 %. Aunque es relativamente alta, la exposición al sol acelera la evaporación, limitando la disponibilidad constante de agua para la fauna, tal como señalan García (2016) y Montoya & Ceballos (2024).

4.4. Áreas boscosas y zona de amortiguamiento en agroecosistemas cafetaleros

En el estrato de áreas boscosas y zona de amortiguamiento (D), conformado por las fincas La Llorona y Nuguo, según la Tabla 2, se registraron 819 detecciones independientes, una riqueza de 21 especies y una dominancia de 0.121, más baja que en los demás estratos, lo cual indica una alta equidad entre especies. Este estrato no corresponde a un agroecosistema cafetalero, sino que funciona como un estrato de referencia, resaltando su valor como sitios naturales, sin impacto por sistemas productores, para evaluar los efectos de diferentes tipos de manejo agrícola sobre la diversidad y estructura de la composición comunitaria de los mamíferos (Gallina *et al.*, 1996; García *et al.*, 2014; Karp *et al.*, 2019). Estudios previos han empleado enfoques similares. Por ejemplo, González *et al.* (2021) y Karp *et al.* (2019) compararon la composición de especies entre áreas boscosas y paisajes agrícolas utilizando inventarios de fauna e índices de diversidad, y reportaron diferencias claras entre ambos ambientes.

Los índices de Shannon-H (2.300), Simpson (0.878), Margalef (2.430) y Chao1 (24.0) indican una diversidad ligeramente mayor que la del cafetal bajo sombra (A), que también tiene una alta diversidad (Tabla 1). El bosque (D) presenta una distribución de especies más equitativa y tiene la menor dominancia, lo que refleja un ambiente más balanceado y natural. La diversidad de especies en el estrato bosque (D) es superior a la de los cafetales, tanto en términos de distribución de detecciones independiente entre las especies como en la equidad de su presencia. Esto muestra que el bosque ofrece un entorno más natural y favorable para una mayor variedad de especies, en comparación con el monocultivo de café al sol (C), donde pocas especies dominan el ambiente, reduciendo la heterogeneidad y limitando la presencia de especies menos tolerantes a condiciones más abiertas. Además, la estimación de la riqueza de especies a través

de Chao1.s refuerza este patrón: el policultivo bajo sombra (A) registró 22.0, el bosque (D) mostró el valor más alto con 24.0, mientras que el monocultivo parcialmente bajo sombra (B) mantuvo una riqueza intermedia de 25.0.

El bosque tiene una humedad mínima de un 49.73 % y una máxima de 100 %, con un promedio del 90.5 % (Tabla 3). El entorno del bosque proporciona condiciones de humedad relativamente similares a las del estrato de café al sol (Estrato C), pero con mayor estabilidad que en el estrato de monocultivo de café parcialmente bajo sombra (B). Además, las temperaturas en el bosque son notablemente más bajas, con una mínima de 11.6 °C y una máxima de 24.2 °C, resultando en un promedio de 16.1 °C. Esto refleja el efecto moderador del bosque, donde la densa vegetación ayuda a mantener temperaturas más bajas y reduce las fluctuaciones térmicas en comparación con los otros estratos. El bosque (D) representa un entorno más equilibrado y favorece la diversidad y equidad de especies, lo que resalta la función del bosque como hábitat clave para la conservación de la biodiversidad.

En comparación, los monocultivos al sol y parcialmente bajo sombra presentan menor diversidad y dominancia de unas pocas especies, reflejando cómo los sistemas agrícolas más intensivos tienden a simplificar la estructura de las comunidades (Perfecto *et al.*, 2008; Sánchez & Monge, 2024). Según diversos autores, los bosques remanentes mantienen comunidades más equilibradas y resilientes frente a perturbaciones, mientras que los agroecosistemas con menor heterogeneidad albergan menos especies y presentan mayor dominancia de especies generalistas (Pérez *et al.*, 2003; Acevedo *et al.*, 2003; Tschardtke *et al.*, 2005; Harvey & Sáenz, 2007; Perfecto *et al.*, 2008; Gallina *et al.*, 2008; González *et al.*, 2009; Fahrig *et al.*, 2010; García *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2014; Machado & Ríos, 2016; Piña *et al.*, 2019; Márquez de la Cruz *et al.*, 2022; Servindi, 2024; Sánchez & Monge, 2024). Esto evidencia que la complejidad y

heterogeneidad del hábitat son determinantes para sostener comunidades diversas y funcionalmente estables, destacando la importancia de las áreas boscosas como referencia natural para evaluar los efectos del manejo agrícola.

Tabla 1

Índices de diversidad de mamíferos en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024

Estrato	Riqueza	Eventos independientes	Shannon-H	Simpson_1-D	Margalef	Chao1.s	Dominancia
A. Policultivo de café bajo sombra	21	1003	2.207	0.827	2.430	22.0	0.172
B. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra	22	719	2.148	0.817	2.551	25.0	0.182
C. Monocultivo de café al sol	19	1211	1.798	0.755	2.187	20.5	0.244
D. Áreas boscosas, zona de amortiguamiento	21	819	2.300	0.878	2.430	24.0	0.121

La prueba de Kruskal-Wallis se aplicó para comparar la diversidad y riqueza de especies entre cuatro tipos de hábitats: policultivos bajo sombra, monocultivos parcialmente bajo sombra, monocultivos al sol y bosque. Los resultados mostraron que no existen diferencias significativas en ninguna de las métricas evaluadas. Para el índice de Shannon-H (diversidad), $\chi^2(3) = 3$, $p = 0.392$, con rangos medios de 3 para policultivos bajo sombra, 2 para monocultivos parcialmente bajo sombra, 1 para monocultivos al sol y 4 para bosque; para el índice de Simpson (1-D), $\chi^2(3) = 3$, $p = 0.392$, con rangos medios iguales a los anteriores; y para el índice de Margalef (riqueza), $\chi^2(3) = 3$, $p = 0.392$, con rangos medios de 2.5, 4, 1 y 2.5, respectivamente. Todos los valores de p fueron mayores a 0.05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula, lo que indica que la diversidad y la riqueza de especies son estadísticamente similares entre los hábitats. Además, el tamaño del efecto fue pequeño y las comparaciones múltiples no mostraron diferencias significativas, lo que sugiere una distribución homogénea de las especies en los cuatro estratos evaluados.

Los resultados de esta prueba indican que no existe diferencia significativa entre los estratos evaluados con respecto a la riqueza ($X^2: 0.2289$; $p: 0.9728$). En contraste, sí se encontró una diferencia significativa entre los estratos en relación con los eventos independientes ($X^2: 150,1876$; $p: 0$).

Tabla 2

Órdenes y familia de mamíferos y su número de detecciones independientes, Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.

Estrato	Orden	Familia	Especie	Eventos independientes
A. Policultivo de café bajo sombra	7	14	21	1003
B. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra	8	16	22	719
C. Monocultivo de café al sol	6	13	19	1211
D. Áreas boscosas, zona de amortiguamiento	7	14	21	819

Tabla 3

Valores máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa en los agroecosistemas y bosques estudiados, Renacimiento, Chiriquí, Panamá, 2024.

Tipos de Agroecosistema	Humedad (%)			Temperatura (°C)		
	H.	H.	H.	T.	T.	T.
	mínima	máxima	Promedio	mínima	máxima	Promedio
A. Policultivo de café bajo sombra	37.35	100.0	85.7	13.35	27.25	18.6
B. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra	45.55	99.55	84.25	15.35	28	19.7
C. Monocultivo de café al sol	53.02	100.0	91.92	15.17	28.3	20.8
D. Áreas boscosas, zona de amortiguamiento	49.73	100.0	90.5	11.6	24.2	16.1

4.5. Tasa de detección por estrato

En los datos de detección por estrato, se observan variaciones significativas en las tasas de detección entre los diferentes tipos de estrato.

4.5.1. En el policultivo de café en sombra

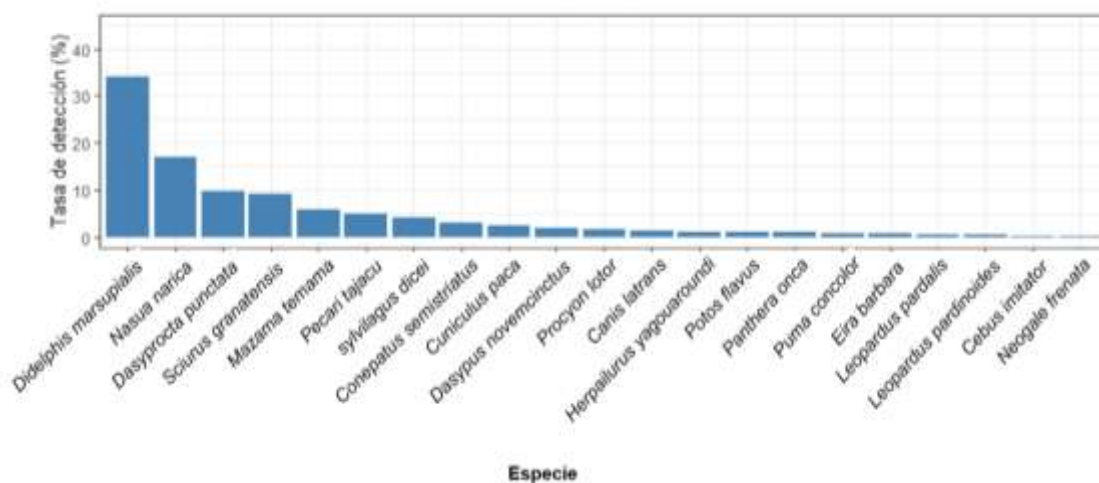
Las tasas de detección más altas, según la Tabla 4, corresponden a *Didelphis marsupialis* (34.10 %), *Nasua narica* (16.95 %), *Dasyprocta punctata* (9.57 %) y *Sciurus granatensis* (9.07 %). Estos resultados reflejan que las especies generalistas pueden aprovechar paisajes agrícolas complejos, donde encuentran alimento y refugio incluso bajo perturbación humana. En la Figura 6, se observa que la alta tasa de detección de *Didelphis marsupialis* indica que esta especie puede mantener poblaciones relativamente altas en el policultivo bajo sombra, gracias no solo a su adaptabilidad, sino también a la presencia de una comunidad de árboles nativos, además de la sombra y cercanía al bosque, que proporcionan recursos y conectividad con hábitats naturales, como lo señalan Adler *et al.* (1997), Fonseca Prada *et al.* (2023) y Escobar-Anleu *et al.* (2023). La presencia de *Nasua narica* y *Dasyprocta punctata* también se asocia con la disponibilidad de frutos y cobertura vegetal que este tipo de cafetal ofrece, respaldando lo reportado por Sánchez-Brenes & Monge (2021), Bello-Gutiérrez *et al.* (2010) y Reyna-Hurtado *et al.* (2009).

A diferencia de lo anterior, las menores tasas de detección correspondieron a *Neogale frenata* y *Cebus imitator*, ambas con un valor de 0.10. Esto sugiere que estas especies requieren hábitats menos intervenidos y con una cobertura arbórea continua. Su baja detectabilidad coincide con lo descrito por Tobler *et al.* (2008) y Moreno-Beas *et al.* (2018), quienes señalan que los mamíferos arborícolas o de hábitos discretos suelen registrar menores tasas de detección

en sistemas agrícolas, aun bajo sombra. Aunque el policultivo bajo sombra puede mantener la riqueza y los eventos independientes de mamíferos medianos, las especies más sensibles siguen dependiendo de los bosques continuos como refugio. Esto resalta la importancia de conservar parches boscosos dentro y alrededor de los paisajes cafetaleros para mantener la diversidad y funcionalidad de la fauna (Bello-Gutiérrez *et al.*, 2010; Fonseca Prada *et al.*, 2023; Escobar-Anleu *et al.*, 2023).

Figura 6

Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato policultivo de café bajo sombra en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



4.5.2. En el monocultivo de café parcialmente bajo sombra.

Las tasas de detecciones más altas, según la figura 7, corresponden a *Nasua narica* (36.16 %), *Pecari tajacu* (11.82 %), *Mazama temama* (10.99 %) y *Sciurus granatensis* (10.01 %), indicando que estas especies generalistas y terrestres aprovechan los recursos disponibles en este agroecosistema con cierta cobertura arbórea y conectividad con bosques cercanos, como

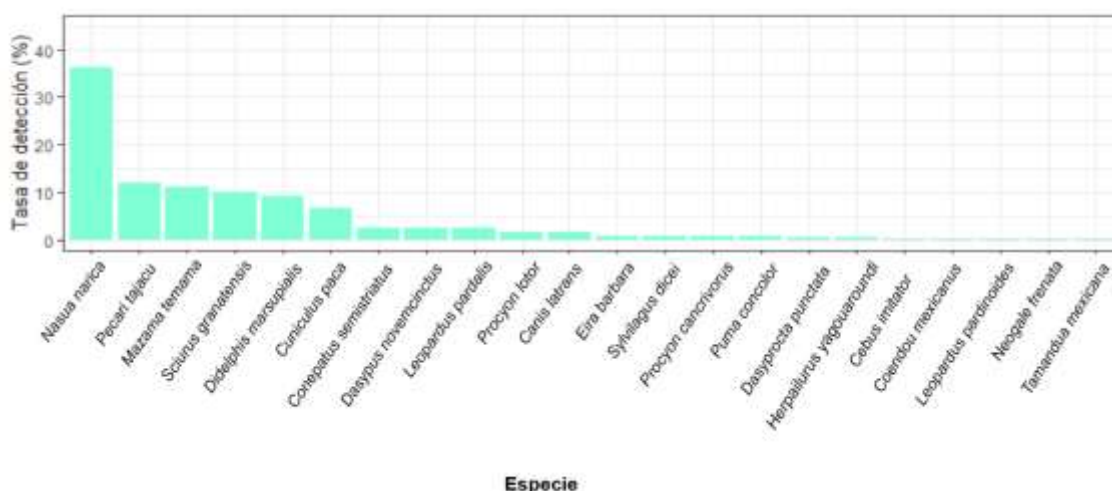
lo reportan Gompper (1996), Escobar-Anleu *et al.* (2023), Caudill, DeClerck y Husband (2015) y Escobar-Anleu *et al.*, 2023.

Por otro lado, especies como *Coendou mexicanus*, *Neogale frenata*, *Leopardus pardinoides* y *Tamandua mexicana* presentaron bajas tasas de detección (0.14 %), según la Tabla 4. En el caso de *Tamandua mexicana*, aunque esta especie se desplaza tanto en los árboles como en el suelo, la colocación de las cámaras trampa en este estrato puede haber limitado su registro, lo que refleja tanto su comportamiento semiarbóricola como su baja densidad local en paisajes agroforestales menos complejos. Este patrón concuerda con que las especies arbóricolas o de hábitos discretos tienden a registrarse menos en sistemas agrícolas, aun cuando estas áreas conservan cierta cobertura arbórea (López Aguilera, 2021). Esto se debe a que la complejidad del dosel, la fragmentación del hábitat y la menor densidad de árboles maduros limitan el acceso y la disponibilidad de refugio, lo que reduce la detección de estas especies en estudios de monitoreo mediante cámaras trampa o transectos visuales.

Estos sugieren que, aunque el monocultivo parcialmente bajo sombra puede sostener riqueza relativa de mamíferos medianos, las especies semiarbóricolas o más sensibles dependen de la presencia de hábitats boscosos continuos para mantener poblaciones estables, reafirmando la necesidad de conservar parches de bosque dentro y alrededor de los paisajes cafetaleros.

Figura 7.

Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato monocultivo de café parcialmente bajo sombra en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



4.5.3. El monocultivo de café al sol

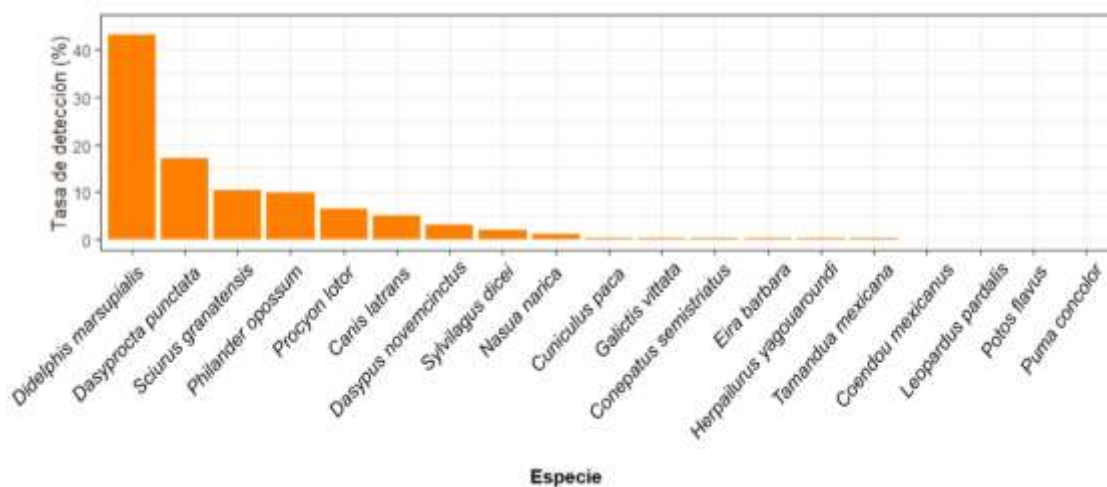
La mayor tasa de detección fue de *Didelphis marsupialis* con un (43.19 %), *Dasyprocta punctata* (17.18 %) y *Sciurus granatensis* (10.32 %), según la Tabla 4. *Didelphis marsupialis* presentó la mayor tasa de detección, lo que refleja su carácter generalista y su capacidad de adaptarse a distintos ambientes, incluso los altamente perturbados, coincidiendo con lo señalado por Adler *et al.* (1997), quienes destacan que esta especie prospera en áreas abiertas y con presencia humana. *Dasyprocta punctata* también mostró una alta frecuencia, lo cual se relaciona con su dieta frugívora y su afinidad por hábitats con claros o áreas de borde, como han reportado Smythe (1978) y Sánchez & Monge (2021). De igual forma, *Sciurus granatensis* mantiene tasas de detección independientes considerables en agroecosistemas, respaldando lo encontrado por

Fonseca Prada *et al.* (2023), quienes señalan que los roedores oportunistas logran aprovechar la cobertura dispersa y los recursos disponibles en sistemas abiertos.

Las especies con las menores detecciones fueron *Leopardus pardalis*, *Puma concolor*, *Potos flavus* y *Coendou mexicanus*, todos con una tasa de detección de un 0.08 %, según la Figura 9. Esta baja frecuencia puede explicarse por su mayor requerimiento de cobertura boscosa y por sus hábitos elusivos o arborícolas, lo cual coincide con lo descrito por Tobler *et al.* (2008), quienes señalan que las especies de hábitos crípticos o dependientes de la cobertura forestal suelen detectarse en menor proporción en sistemas agrícolas abiertos.

Figura 8

Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato monocultivo de café al sol en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



4.5.4. En el área boscosa, zona de amortiguamiento.

Las mayores detecciones se registraron para *Pecari tajacu* (16.97 %), *Nasua narica* (15.63 %), *Didelphis marsupialis* (14.29 %), *Sciurus granatensis* (14.29 %) y *Sylvilagus dicei*

(12.82 %), según la Tabla 4. La alta frecuencia de estas especies coincide con estudios que muestran que los bosques con cobertura continua proporcionan refugio y recursos estables para mamíferos medianos y grandes (Bello-Gutiérrez *et al.*, 2010; Moreno-Beas *et al.*, 2018).

En este estrato, las menores detecciones fueron de *Philander opossum*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Canis latrans*, *Potos flavus*, según la Figura 9, todos con una tasa de detección de un 0.12 %, lo que puede deberse a sus hábitos más discretos o arborícolas, limitando su registro mediante cámaras trampa (Tobler *et al.*, 2008; Fonseca Prada *et al.*, 2023).

Este estrato funciona como una referencia, ya que permite observar la actividad natural y la riqueza de mamíferos sin las modificaciones propias de los cafetales, confirmando que los agroecosistemas afectan la detectabilidad de especies más sensibles, mientras que las generalistas se mantienen (Sánchez-Brenes & Monge, 2021; Reyna-Hurtado *et al.*, 2009).

Figura 9

Tasa de detección de mamíferos por especies en el estrato de áreas boscosas, zona de amortiguamiento en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.

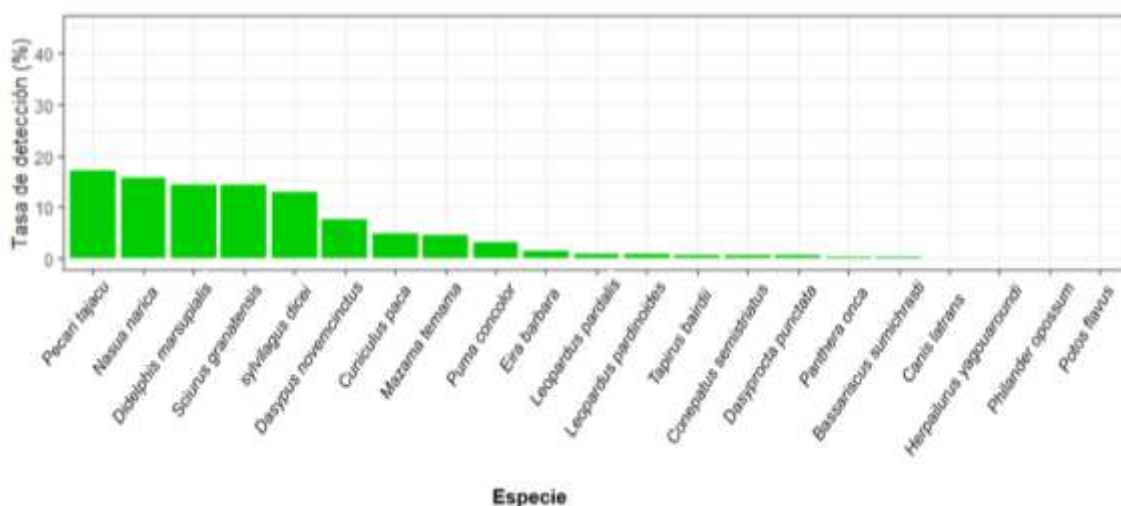


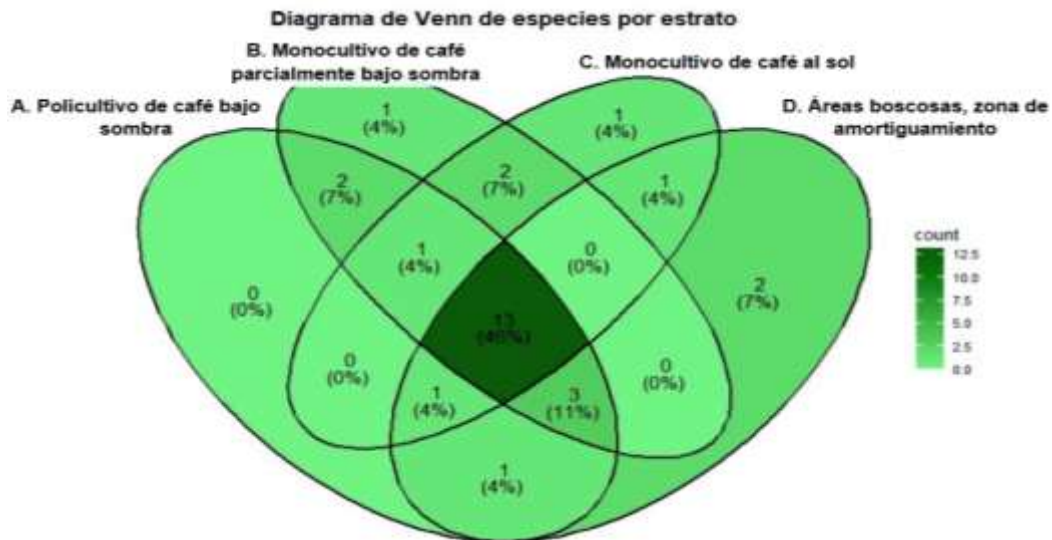
Tabla 4*Tasa de detección de mamíferos (% por estrato en Renacimiento, Chiriquí. 2024.*

NOMBRE CIENTÍFICO	A. Policultivo de café en sombra.	B. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra	C. Monocultivos de café al Sol	D. Áreas Boscosas, Zona de Amortiguamiento
<i>Philander opossum</i>	-----	-----	9.91	0.12
<i>Didelphis marsupialis</i>	34.10	9.18	43.19	14.29
<i>Tamandua mexicana</i>	---	0.14	0.17	----
<i>Dasypus novemcinctus</i>	1.89	2.36	3.06	7.57
<i>Cebus imitator</i>	0.10	0.28	----	-----
<i>Sciurus granatensis</i>	9.07	10.01	10.32	14.29
<i>Coendou mexicanus</i>	----	0.14	0.08	---
<i>Cuniculus paca</i>	2.39	6.54	0.33	4.76
<i>Dasyprocta punctata</i>	9.57	0.56	17.18	0.49
<i>Sylvilagus dicei</i>	4.19	0.83	2.06	12.82
<i>Leopardus pardalis</i>	0.30	2.36	0.08	0.98
<i>Leopardus pardinoides</i>	0.30	0.14	---	0.98
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	1.10	0.56	0.17	0.12
<i>Panthera onca</i>	0.90	-----	-----	0.37
<i>Puma concolor</i>	0.80	0.70	0.08	3.05
<i>Canis latrans</i>	1.30	1.53	4.95	0.12
<i>Conepatus semistriatus</i>	2.89	2.36	0.25	0.49
<i>Procyon cancrivorus</i>	-----	0.70	-----	-----
<i>Procyon lotor</i>	1.60	1.67	6.52	-----

<i>Bassariscus sumichrasti</i>	----	----	0.24
<i>Potos flavus</i>	1.10	---	0.08
<i>Nasua narica</i>	16.95	36.16	1.07
<i>Galictis vittata</i>	-----	-----	0.33
<i>Eira barbara</i>	0.70	0.83	0.17
<i>Neogale frenata</i>	0.10	0.14	-----
<i>Tapirus bairdii</i>	-----	-----	-----
<i>Pecari tajacu</i>	-----	11.82	-----
<i>Mazama temama</i>	-----	10.99	-----

Figura 10

Gráfica de Venn por especies de mamíferos en los cuatro estratos en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



Es la Figura 10. Cada círculo representa un estrato, y los traslapes entre ellos indican las especies de mamíferos compartidas. Dos especies del estrato D (áreas boscosas y zona de

amortiguamiento) no se traslapan con otros estratos, y una especie del estrato D se solapa únicamente con el estrato C. Además, se identifican patrones de solapamiento específicos: en los estratos A (policultivo de café bajo sombra) y B (monocultivo de café parcialmente bajo sombra) se solapan dos especies, y entre los estratos A, B y D (áreas boscosas y zona de amortiguamiento) se solapan tres especies. 13 especies se solapan en los cuatro estratos, lo que permite determinar claramente qué especies son exclusivas de un estrato y cuáles están presentes en varios, reflejando la complejidad del agroecosistema.

4.6. Prueba chi-cuadrado de bondad de ajuste para comparar la tasa de detección por especie entre los sistemas agrocafetaleros.

Al analizar los resultados de las pruebas Chi-cuadrado ejecutadas y sus respectivas probabilidades, se constata que existen diferencias en la tasa de detección de algunas de las especies evaluadas entre los estratos. Especies como *Didelphis marsupialis* (X^2 : 30.906; p: 0.00001), *Cuniculus paca* (X^2 : 33.122; p: 0.00001), *Dasyprocta punctata* (X^2 : 69.531; p: 0.00001), *Nasua narica* (X^2 : 35.636; p: 0.00001) y *Sylvilagus dicei* (X^2 : 17.656; p: 0.0005) presentaron diferencias estadísticamente significativas en su tasa de detección entre los estratos, lo que refleja una posible preferencia por determinados hábitats. Estos resultados sugieren que las actividades de las especies varían notablemente según las características del estrato, en función de la oferta de recursos, estructura de los hábitats o factores ecológicos.

En contraste, especies como *Puma concolor* (X^2 : 4.388; p: 0.2225), *Leopardus pardalis* (X^2 : 3.405; p: 0.3333), *Dasypus novemcinctus* (X^2 : 5.499; p: 0.1387), *Sciurus granatensis* (X^2 : 1.4619; p: 0.6911), *Eira barbara* (X^2 : 7.403; p: 0.06011), *Canis latrans* (X^2 : 6.555; p: 0.08753), *Herpailurus yagouaroundi* (X^2 : 1.264; p: 0.7377) y *Conepatus semistriatus* (X^2 : 3.509; p:

0.3196) no mostraron diferencias estadísticamente significativas en sus tasas de detección entre los estratos evaluados.

Con el objetivo de detectar diferencias estadísticas en la tasa de detección de la comunidad de mamíferos entre los estratos evaluados, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas en la tasa de detección entre los estratos [$\chi^2(3) = 1.599$; $p = 0.6596$]. Los rangos promedio obtenidos fueron: 55.68 para el estrato Policultivo de Café en Sombra, 60.75 para el monocultivo de café parcialmente bajo sombra, 50.64 para el monocultivo de café al sol y 58.93 para el estrato de áreas boscosas y zona de amortiguamiento.

4.7. Diversidad, dominancia, curva de acumulación y tasa de detección por finca. Factores microclimáticos en estratos de agroecosistemas cafetaleros.

Tasa de detección de las especies de mamíferos captadas en las fincas de los agroecosistemas cafetaleros, ubicadas en Renacimiento, provincia de Chiriquí. Panamá 2024.

En la finca La Llorona, la curva de acumulación de especies presentó una tendencia marcada hacia la estabilización, lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para registrar la mayor parte de la comunidad presente. Durante los tres meses de trabajo se obtuvieron 890 detecciones independientes, como se observa en la Tabla 5, y se registraron 20 especies mediante siete cámaras trampa. La dominancia baja, con un valor de 0.193, junto con los índices de diversidad, Shannon de 2.050 y Simpson de 0.806, describe una comunidad moderadamente diversa y con una distribución equilibrada entre especies. La variabilidad intraestrato observada en los registros podría estar asociada a diferencias locales en la estructura de la vegetación y la heterogeneidad del agroecosistema. El índice de Margalef mostró una

riqueza relativa favorable. Estos patrones coinciden con lo señalado por Enríquez & Hernández (2003), quienes destacan que la vegetación nativa y la heterogeneidad estructural dentro de los cafetales contribuyen a mantener comunidades más estables y comparables a las de áreas boscosas. El muestreo registró la mayor parte de la comunidad presente y respalda que la finca alberga una diversidad relativamente completa de mamíferos, un patrón consistente con estudios que demuestran que los paisajes heterogéneos y con elementos de vegetación nativa mantienen comunidades funcionales y niveles altos de riqueza en comparación con sistemas agrícolas más simplificados (Fahrig *et al.*, 2010; Perfecto *et al.*, 2008).

Tal como se aprecia en la figura 11, en finca La Llorona las detecciones más altas corresponden a *Nasua narica* (34.16 %) y *Pecari tajacu* (22.81 %), lo que refleja la capacidad de estas especies generalistas para adaptarse a paisajes con cierta intervención humana y aprovechar recursos disponibles en agroecosistemas o zonas cercanas a bosques fragmentados. La alta frecuencia de *Nasua narica* coincide con lo señalado por Gompper (1996), quien reporta que esta especie puede mantener densidades relativamente altas en hábitats modificados, incluyendo áreas agrícolas y bordes de bosque, gracias a su dieta omnívora y su flexibilidad en el uso del hábitat. De manera similar, *Pecari tajacu* muestra una marcada tolerancia a la fragmentación y a la presencia humana, como lo indican Reyna-Hurtado *et al.* (2009), quienes destacan que esta especie puede ocupar áreas de bosque secundario y agroecosistemas siempre que existan corredores o parches boscosos que faciliten su movimiento y acceso a recursos alimenticios.

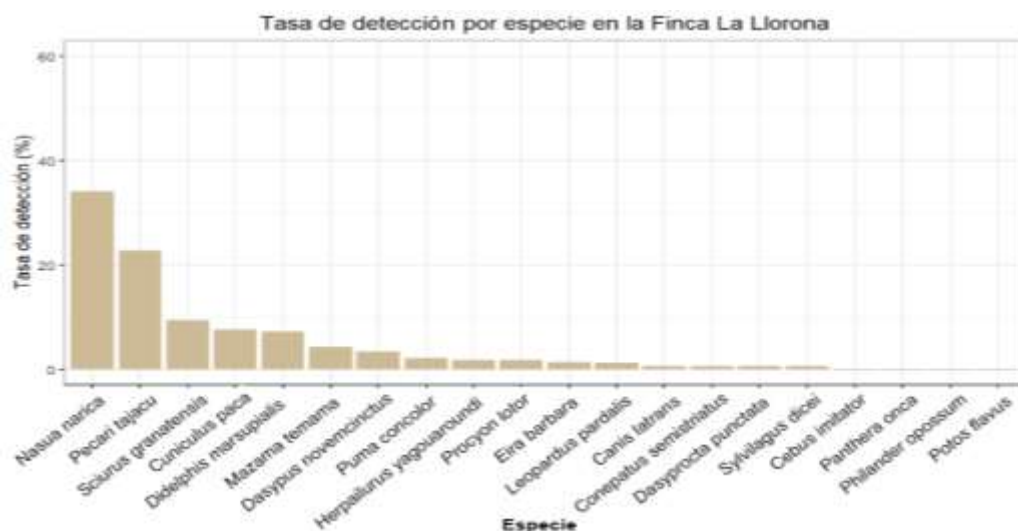
De manera opuesta, las especies *Potos flavus*, *Panthera onca*, *Cebus imitator* y *Philander opossum*, todas con una tasa de detección de un 0.11 %. Estos resultados coinciden con estudios que muestran que mamíferos de hábitos más especializados o arborícolas tienen

menores registros en sistemas agrícolas, aun bajo sombra (Tobler *et al.*, 2008; Moreno-Beas *et al.*, 2018). La baja detectabilidad de estas especies refleja su dependencia de hábitats menos intervenidos y con cobertura arbórea continua. Además, *Potos flavus* y *Cebus imitator* son especies con hábitos principalmente arbóreos, por lo que las cámaras ubicadas en el sotobosque captan solo parcialmente su actividad, coincidiendo con lo reportado por Schipper (2007) para *Potos flavus*, quien documenta evasión de cámaras trampa, y con estudios que destacan que los primates arborícolas como *Cebus imitator* son menos detectables en dispositivos situados a nivel del sotobosque. El estudio de Haysom *et al.* (2021) evaluó la efectividad de las cámaras trampa en distintos estratos del bosque para detectar mamíferos arbóreos en Borneo. Los resultados mostraron que las cámaras trampa ubicadas en el dosel fueron más efectivas para detectar primates arborícolas que aquellas situadas en el sotobosque.

En el caso del jaguar (*Panthera onca*), su baja frecuencia de registros puede explicarse por los amplios rangos hogareños que caracterizan a esta especie y su preferencia por desplazarse a través de corredores naturales en lugar de permanecer en parches pequeños (Zeller *et al.*, 2011).

Figura 11

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca La Llorona en el agroecosistema cafetalero en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



La finca Nuguo destacó como la única en la que la curva de acumulación alcanzó completamente la asíntota, lo que puede atribuirse a su alta riqueza intrínseca, favorecida por la proximidad al Parque Internacional La Amistad y su ubicación en una zona relativamente prístina. Estas condiciones contribuyen a un mayor número de especies en comparación con otras fincas, reflejando el efecto positivo de la conectividad con áreas protegidas y la heterogeneidad del hábitat (Fahrig *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2014; Karp *et al.*, 2019). En esta finca se registraron 17 especies y una detección independiente de 1168 mediante ocho cámaras trampa; sin embargo, algunos equipos sufrieron daños por la humedad, afectando parcialmente la toma de datos. La variabilidad intraestrato observada entre las detecciones y abundancias podría estar asociada a diferencias locales en la cobertura vegetal y microhábitats dentro de la finca, reflejando la complejidad del agroecosistema.

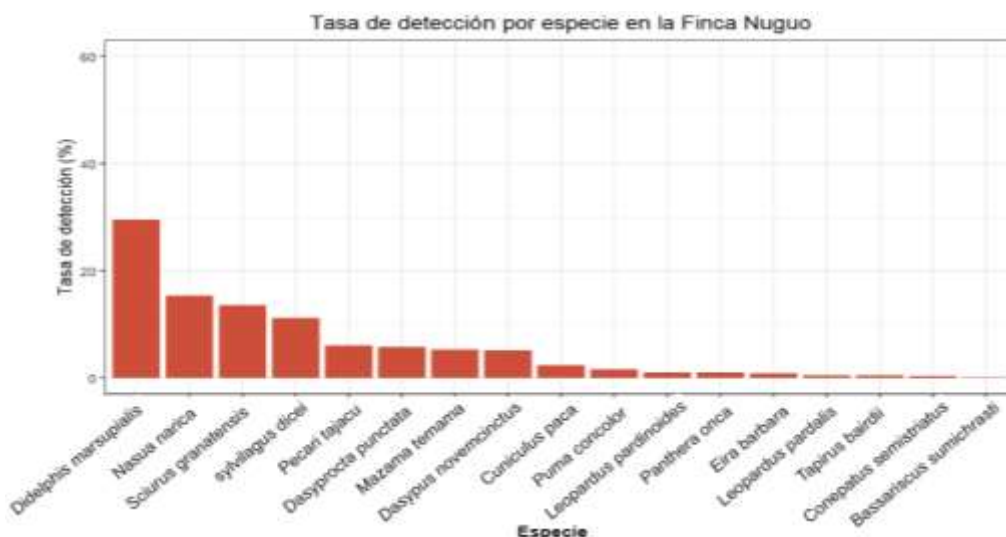
Los índices de diversidad de Shannon (2.168) y Simpson (0.844) muestran valores altos y una baja dominancia (0.155), lo que indica una distribución equilibrada de las detecciones independientes entre especies (Tabla 5). La estimación de Chao1 (17.000) sugiere que la riqueza total podría ser incluso mayor. Estos patrones coinciden con lo señalado por Enríquez & Hernández (2003), quienes señalan que la presencia de árboles nativos en cafetales mantiene funciones ecológicas similares a las de los bosques naturales, favoreciendo la diversidad y equidad de especies. De manera similar, estudios previos han mostrado que fincas cercanas a bosques remanentes o con alta heterogeneidad albergan comunidades de mamíferos más completas y resilientes frente a perturbaciones, en contraste con monocultivos intensivos que presentan menor diversidad y mayor dominancia de especies generalistas (Perfecto *et al.*, 2008; Sánchez & Monge, 2024).

En el caso de finca Nuguo (figura 12), las detecciones más altas corresponden a *Didelphis marsupialis* (29.54 %) y *Nasua narica* (15.33 %), lo que refleja la capacidad de estas especies generalistas para aprovechar los recursos disponibles en agroecosistemas, incluyendo alimento y refugio, incluso bajo cierta alteración humana, como señalan Adler *et al.* (1997) y Fonseca Prada *et al.* (2023). La detección más baja corresponde a la especie *Bassariscus sumichrasti* (0.17 %), lo cual puede atribuirse a su comportamiento más discreto y a su preferencia por hábitats con mayor cobertura arbórea y complejidad estructural, coincidiendo con lo reportado por Tobler *et al.* (2008) y Moreno-Beas *et al.* (2018). Aun así, la finca ha registrado la presencia de especies que son relevantes para la conservación como *Tapirus bairdii* y *Panthera onca*, lo que indica que en estos agroecosistemas se pueden mantener especies sensibles con las mayores tasas de detección independiente, subrayando su relevancia dentro del

paisaje y la necesidad de conservar la conectividad y fragmentos de bosque cercanos (Zeller *et al.*, 2011; Schipper, 2007).

Figura 12

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Nuguo en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



La finca Eleta presentó una curva de acumulación de especies con tendencia a estabilizarse (figura 13), lo que indica que la mayor parte de las especies de mamíferos se registraron y que la diversidad es relativamente alta. Durante el muestreo se registraron 19 especies y 160 detecciones independientes mediante el uso de cuatro cámaras trampa (Tabla 5). Hacia el final del periodo de muestreo se observó una disminución en las capturas, probablemente asociada a factores climáticos o al incremento de la actividad humana y la presencia de animales domésticos durante la temporada de zafra.

Esto es similar con lo reportado por Gallina *et al.* (1996) y García *et al.* (2014), quienes señalan que perturbaciones temporales en cafetales pueden afectar la detectabilidad y las

detecciones independientes de especies. Según la Tabla 5, los índices de Shannon (2.262) y Simpson (0.848) mostraron una diversidad elevada, mientras que Margalef (2.187) reflejó una riqueza relativamente buena, y la baja dominancia (0.151) indica equilibrio en la distribución de detecciones entre especies. Este resultado demuestra que los agroecosistemas con manejo moderado y presencia de hábitats naturales pueden albergar comunidades de mamíferos diversas, aunque la presión humana temporal puede influir en las detecciones de algunas especies.

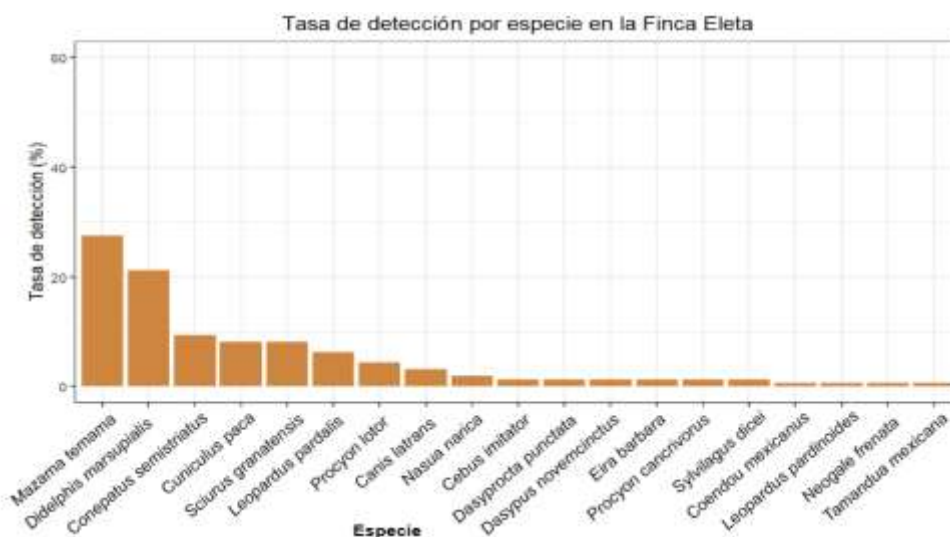
Las tasas de detecciones más altas corresponden a *Mazama temama* (27.50 %), lo que indica que esta especie encuentra suficiente cobertura arbórea y recursos alimenticios en el área. Esto coincide con lo observado por Reyna-Hurtado *et al.* (2009), quienes reportan que los ungulados medianos tienden a concentrarse en fragmentos con densidad de vegetación que les permite refugio y acceso a alimento. *Didelphis marsupialis* tuvo la segunda mayor tasa de detección (21.25 %), reflejando su capacidad como especie generalista para aprovechar paisajes agrícolas modificados. Este resultado es consistente con Adler *et al.* (1997) y Fonseca Prada *et al.* (2023), quienes muestran que *Didelphis marsupialis* mantiene poblaciones estables incluso cerca de asentamientos humanos y en áreas fragmentadas.

La detección de *Conepatus semistriatus* (9.38 %) evidencia que esta especie, aunque con menor tasa de detección independiente que las anteriores, puede adaptarse a mosaicos agrícolas, siempre que existan refugios y recursos adecuados. Este hallazgo respalda lo reportado por Bello-Gutiérrez *et al.* (2010), quienes documentan que los mustélidos medianos muestran cierta tolerancia a sistemas agroforestales, especialmente cuando se mantiene cobertura vegetal suficiente. La detección más baja corresponde a *Tamandua mexicana*, *Coendou mexicanus*, *Leopardus pardinoides*, *Neogale frenata*; todos con una tasa de detección de un 0.62 %,

muestran dependencia de hábitats más densos o continuos, coincidiendo con Tobler *et al.* (2008) y Moreno-Beas *et al.* (2018), quienes destacan que especies arborícolas o de hábitos crípticos tienen registros más bajos en agroecosistemas, aun con cierta sombra o vegetación dispersa.

Figura 13

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Eleta en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



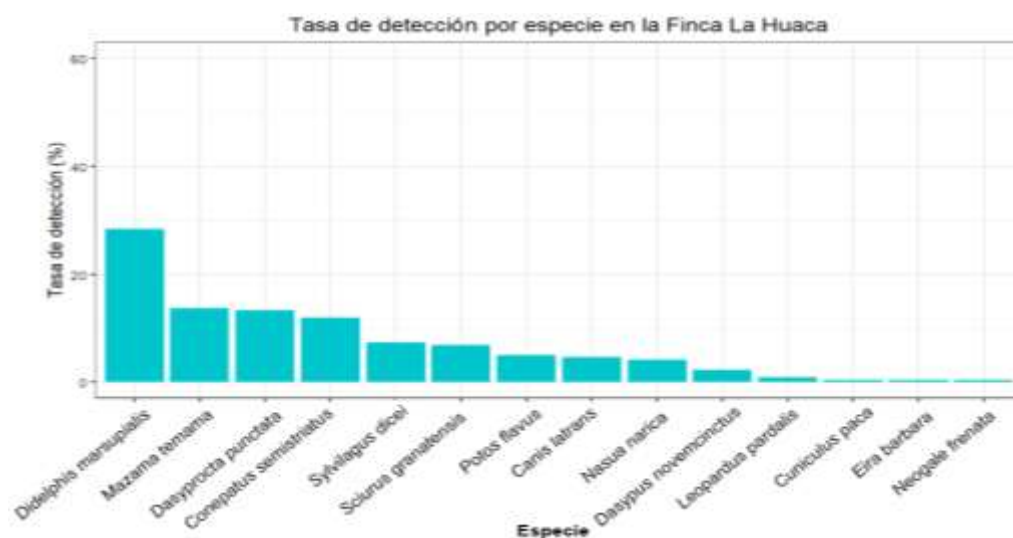
La finca La Huaca, con corredores biológicos y efectos de borde, presentó 14 especies y 218 detecciones independientes registradas utilizando cuatro cámaras trampa. La curva de acumulación de especies, como se observa en las figuras 6 y 7, mostró un leve aumento sin alcanzar la estabilización, lo que sugiere que la comunidad aún podría estar incompleta, posiblemente afectada por factores como la humedad, las condiciones climáticas adversas y la actividad humana, como han observado Gallina *et al.* (1996) y García *et al.* (2014) en cafetales de Veracruz, donde perturbaciones locales y daños a los equipos influyeron en la detectabilidad de mamíferos. Según la Tabla 5, los índices de Shannon 2.155 y Simpson 0.851 de la finca La Huaca reflejaron una diversidad moderada, mientras que Margalef 1.579 indicó una riqueza relativa menor, aunque la baja dominancia 0.148 sugiere una distribución equilibrada de

detecciones independiente entre especies. De manera coincidente a lo obtenido por González *et al.* (2021) y Murillo & Beita (2025), la presencia de elementos de heterogeneidad, como corredores y parches boscosos, puede mantener comunidades equilibradas incluso en agroecosistemas sujetos a perturbaciones, aunque la riqueza total puede verse limitada por el manejo agrícola y la presión antropogénica.

Las detecciones más altas en finca La Huaca (Figura 14) corresponden a las especies *Didelphis marsupialis* (28.44 %), *Dasyprocta punctata* (13.30 %) y *Conepatus semistriatus* (11.93 %). La elevada detección de *Didelphis marsupialis* concuerda con estudios previos que destacan la capacidad de esta especie para adaptarse a distintos ambientes fragmentados y agroecosistemas, gracias a su dieta generalista y alta resiliencia (Adler *et al.*, 1997; Tyndale-Biscoe & Mackenzie, 1976). *Dasyprocta punctata* mostró una presencia notable, coincidiendo con investigaciones que señalan que esta especie puede ajustar sus patrones de actividad diurna y nocturna según la oferta de recursos y la presencia de depredadores (Lambert *et al.*, 2009). En cuanto a *Conepatus semistriatus*, su detección relativamente alta podría reflejar su capacidad de ocupar hábitats diversos y la influencia de corredores naturales en la finca, lo que facilita su desplazamiento y acceso a recursos (Zeller *et al.*, 2011). Las especies *Cuniculus paca*, *Eira barbara*, *Neogale frenata* presentaron una tasa de detección baja de un 0.46 %; probablemente se relacionan con su comportamiento más esquivo y requerimientos específicos de hábitat. Estudios previos muestran que estas especies suelen ser menos detectables en agroecosistemas y áreas con intervención humana, siendo más frecuentes en zonas de bosque continuo o fragmentos con alta cobertura vegetal (Moreno-Beas *et al.*, 2018; Tobler *et al.*, 2008).

Figura 14

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca La Huaca en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



La finca Calle Larga, de menor tamaño y rodeada de rastrojos con un sotobosque reducido, presentó una curva de acumulación de especies, según lo mostrado en las figuras 6 y 7, que no alcanzó la asíntota. Se registraron 14 especies y 155 detecciones independientes mediante dos cámaras trampa; esta información se presenta en la tabla 5. Este patrón sugiere que la complejidad del hábitat y la actividad humana limitan la diversidad, tal como lo señalaron García-Burgos *et al.* (2014), quienes encontraron que la heterogeneidad espacial en cafetales influye significativamente en la riqueza de mamíferos medianos. Además, el efecto de borde, caracterizado por la transición abrupta entre diferentes hábitats, puede alterar las condiciones ambientales y biológicas, afectando la biodiversidad en zonas agrícolas (Murcia, 1995).

Según la tabla 5, los índices de Shannon (1.920) y Simpson (0.810) reflejaron un nivel de diversidad acorde con las condiciones del sitio. Margalef (1.458) indicó una riqueza relativa limitada, y dominancia (0.189) sugiere que algunas especies presentan una detección

independiente más alta que otras. De manera similar a lo observado por Sánchez & Monge (2024), los sistemas con baja heterogeneidad tienden a favorecer la dominancia de especies generalistas, lo que evidencia la importancia de conservar elementos estructurales y cobertura vegetal incluso en fincas pequeñas para mantener la diversidad y el equilibrio de las comunidades.

Respecto a la finca Calle Larga (Figura 15), cuenta con las detecciones más altas; corresponden a *Didelphis marsupialis* con un 30.97 %, lo cual coincide con su carácter de especie generalista y oportunista, capaz de persistir en paisajes agropecuarios y aprovechar recursos diversos, lo que explica su dominancia en cafetales bajo distintos sistemas de manejo (Sánchez-Brenes & Monge Meza, 2024). De manera similar, *Philander opossum* (21.94 %) coincide con registro en cafetales y paisajes donde coexisten diferentes tipos de cultivos, donde el omnivorismo y la tolerancia a la perturbación favorecen su presencia (Cruz-Lara *et al.*, 2004; Bello-Gutiérrez *et al.*, 2010; Moreno-Beas *et al.*, 2018).

Sylvilagus dicei presentó una tasa de detección del 16.13 %. Esta es una especie que suele aprovechar los bordes, claros y el sotobosque abierto, donde los lagomorfos encuentran herbáceas para alimentarse y refugio, un patrón asociado a la heterogeneidad espacial del cafetal (García Burgos *et al.*, 2014). Este comportamiento también ha sido descrito en cafetales con mayor variación de hábitats y sistemas bajo sombra (García Burgos *et al.*, 2014; Escobar-Anleu *et al.*, 2023; Manson *et al.*, 2025).

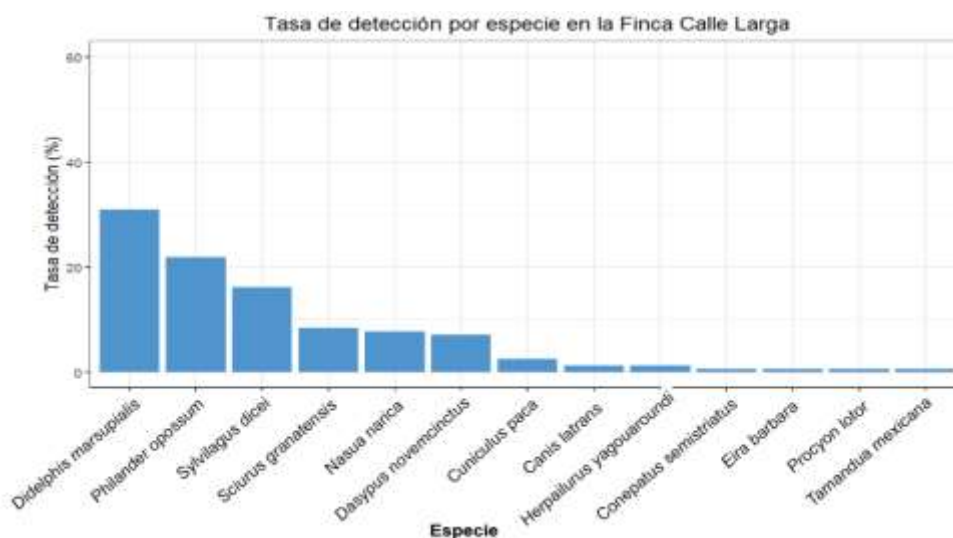
La detección más baja fue de un 0.65 % y correspondió a *Tamandua mexicana* y *Conepatus semistriatus*. Ambas especies presentan hábitos más especializados o discretos, lo que limita su registro en cámaras trampa ubicadas en el sotobosque. Esto es consistente con lo

reportado por Tobler *et al.* (2008) y Schipper (2007), quienes señalan que especies arborícolas, nocturnas o de actividad discreta tienden a presentar registros inferiores en estudios de fototrampeo, aun en áreas con cobertura vegetal relativamente compleja.

En cuanto a los carnívoros, *Procyon lotor requiere* corredores de bosque continuo y mayor cobertura arbórea para desplazarse, lo que coincide con los hallazgos de Zeller *et al.* (2011) sobre los mamíferos medianos y grandes en sistemas degradados, en el que mantienen sus rutas de movimiento y uso del hábitat. Por otro lado, *Eira barbara* (0.65 %); su baja detección podría reflejar desplazamientos más amplios y uso de corredores naturales, como lo documenta Mejía *et al.* (2025) para mustélidos medianos en paisajes fragmentados. Las especies generalistas y de hábitos flexibles presentan altas tasas de detección, mientras que las especies especialistas de mayor tamaño mantienen bajas frecuencias, reflejando diferencias en uso de hábitat y sensibilidad a la perturbación (Cruz-Lara *et al.*, 2004; Escobar-Anleu *et al.*, 2023; Tobler *et al.*, 2008).

Figura 15

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Calle Larga en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



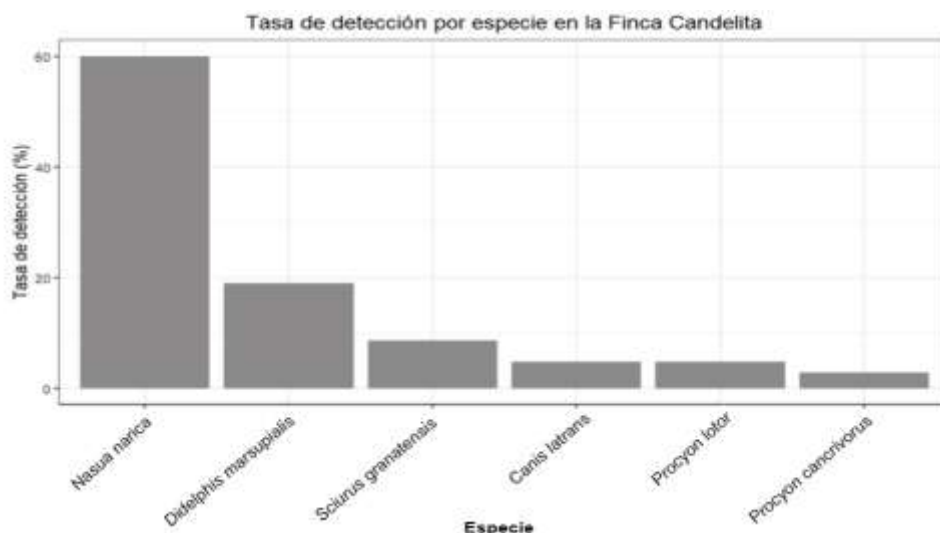
La finca Candelita, un monocultivo de café parcialmente bajo sombra, pequeña y con dos cámaras trampa, presentó en la tabla 5 la menor riqueza del estrato, con 6 especies y 105 detecciones independientes. La curva de acumulación de especies no alcanzó una fase de estabilización, como se aprecia en las figuras 6 y 7, lo que indica que pocas especies dominan el área y que la diversidad se limita. Como se observa en la tabla 5, los índices de Shannon (1.224) y Simpson (0.591) reflejan esta baja diversidad, mientras que el índice de Margalef (0.607) confirma una riqueza reducida. Durante los tres meses de muestreo, se registró movimiento antropogénico elevado en la finca, lo que probablemente influyó en la detección y presencia de mamíferos. Este patrón coincide con lo reportado por Moguel & Toledo (1999) y Perfecto *et al.* (1996), quienes señalaron que los monocultivos pequeños y parcialmente bajo sombra sostienen comunidades menos equilibradas que los sistemas más heterogéneos, como los policultivos bajo sombra. Además, la dominancia 0.408 de algunas especies y la influencia

de factores ambientales, como temperatura y humedad, concuerdan con lo observado por Lin (2007), evidenciando que la combinación de tamaño reducido, simplificación del hábitat y el movimiento antropogénico puede limitar la diversidad y equidad de las comunidades de mamíferos en esta finca.

En la Figura 16, las especies con las detecciones más altas corresponden a *Nasua narica* (60.00 %) y *Didelphis marsupialis* (19.05 %). La alta detección de *Nasua narica* coincide con reportes de Nicolau (2022), quien indica que esta especie de coatí suele mostrar alta actividad en agroecosistemas con presencia de cobertura arbórea, dado que aprovecha microhábitats y recursos disponibles cerca de la vegetación. *Didelphis marsupialis*, aunque con menor tasa que *Nasua narica*, sigue siendo una de las especies más detectadas, lo cual es consistente con estudios que evidencian su alta densidad poblacional y adaptabilidad a distintos ambientes fragmentados, incluyendo áreas agrícolas (Adler *et al.*, 1997; Tyndale-Biscoe & Mackenzie, 1976). La detección más baja corresponde a *Procyon cancrivorus* (2.86 %); podría reflejar su carácter más esquivo y la preferencia por hábitats con cuerpos de agua cercanos, como señalan Tobler *et al.* (2008) y Zeller *et al.* (2011), quienes destacan que esta especie suele ser menos detectable en áreas agrícolas con menor conectividad hídrica y cobertura natural.

Figura 16

Tasa de detección de mamíferos por especie en la finca Candelita en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



La finca Guayacán, con 8 especies y 215 eventos independientes según la tabla 5, mostró una curva de acumulación de especies sin estabilización, asociada al predominio de ciertas especies y la influencia del manejo agrícola. A pesar de contar con un borde de bosque secundario y un pequeño bosque de galería, la diversidad no alcanzó los niveles observados en fincas más heterogéneas. De acuerdo con lo presentado en la tabla 4, se observa que los índices de Shannon (1.555) y Simpson (0.763) reflejan diversidad moderada, mientras que el valor de Margalef (0.850) indica riqueza relativa limitada. La dominancia (0.236), más baja que en la finca El Río, indica una distribución algo más equilibrada de las especies. La variabilidad intraestrato observada podría relacionarse con factores locales, como el tamaño de la finca, la cobertura vegetal y la proximidad a áreas naturales, evidenciando que, pese a una tendencia general en los agroecosistemas. Estos resultados refuerzan las observaciones de Manson (2008)

y Perfecto *et al.* (2014) sobre la importancia de la heterogeneidad estructural para mantener comunidades equilibradas en monocultivos al sol.

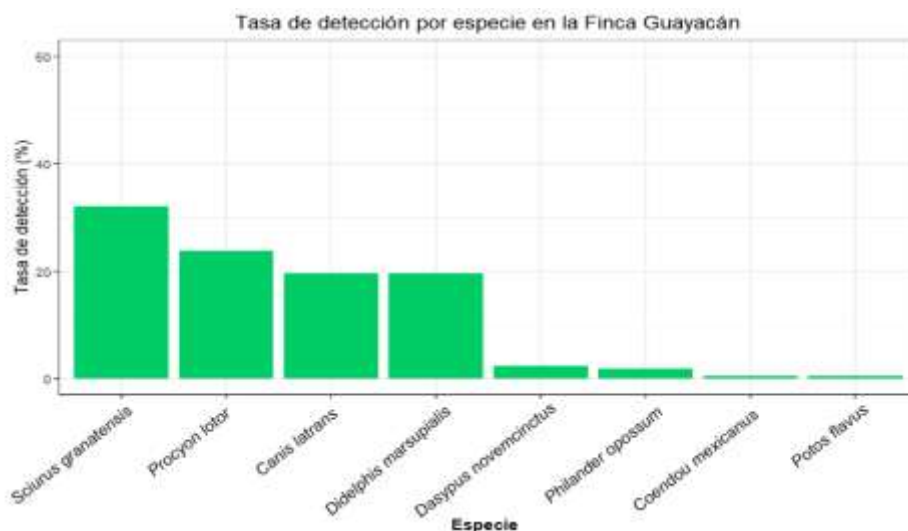
Respecto a esta finca (figura 17), las detecciones más altas corresponden a *Sciurus granatensis* (32.09 %), *Procyon lotor* (23.72 %), *Didelphis marsupialis* (19.53 %), *Canis latrans* (19.53 %). La elevada detección de *Sciurus granatensis* refleja la adaptabilidad de esta especie a ambientes fragmentados y agroecosistemas, ya que puede explotar recursos tanto en el sotobosque como en los árboles, lo cual coincide con reportes de Gallina *et al.* (2008) y García Burgos *et al.* (2014). Por su parte, la presencia destacada de *Procyon lotor* y *Didelphis marsupialis* coincide con estudios que muestran que estos mamíferos generalistas y oportunistas tienden a predominar en áreas con actividad humana, debido a su dieta flexible y capacidad de coexistir con cultivos y bordes de bosque (Adler *et al.*, 1997; Tyndale-Biscoe & Mackenzie, 1976).

La presencia de *Canis latrans* podría indicar su uso de corredores naturales y fragmentos de bosque dentro de paisajes agrícolas, lo que concuerda con estudios de Zeller *et al.* (2011) sobre grandes carnívoros en agroecosistemas de América Central.

La detección más baja, *Potos flavus*, *Tamandua mexicana*, todos con una tasa de detección de (0.47 %, como se muestra en la Gráfica 16), probablemente reflejan sus hábitos más nocturnos, discretos y dependientes de hábitats con cobertura continua, lo que dificulta su registro mediante cámaras trampa en áreas con mayor intervención humana (Schipper, 2007; Tobler *et al.*, 2008).

Figura 17

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Guayacán en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



La finca Stampida, de tamaño reducido y equipada con dos cámaras trampa, se obtuvo una riqueza de 10 especies y 371 detecciones independientes (Tabla 5). La curva de acumulación de especies mostró un crecimiento, pero no alcanzó la estabilización, lo que indica que algunas especies dominan el entorno. Esta variabilidad intraestrato podría estar influida por factores como el tamaño reducido de la finca, la cobertura vegetal disponible y la simplificación del hábitat, lo que sugiere la necesidad de análisis complementarios para entender mejor estos patrones.

Los índices de Shannon (1.302) y Simpson (0.616) reflejan una diversidad moderada, mientras que Margalef (1.093) indica una riqueza moderada. La alta dominancia (0.383) evidencia que pocas especies concentran la mayor parte de las detecciones independientes (Tabla 4). Estos resultados son consistentes con lo observado por Fahrig *et al.* (2010) y Perfecto *et al.* (2008), quienes reportaron que la disminución de la heterogeneidad estructural y la presión

humana en agroecosistemas tiende a favorecer la dominancia de especies generalistas. De manera similar, Sánchez & Monge (2024) señalan que en fincas con menor complejidad de hábitat la distribución de detecciones independiente entre especies es menos equitativa, lo que coincide con el patrón observado en Rancho Stampida. Esto resalta la necesidad de mantener elementos de vegetación y corredores biológicos incluso en fincas pequeñas, para sostener comunidades más equilibradas y resilientes.

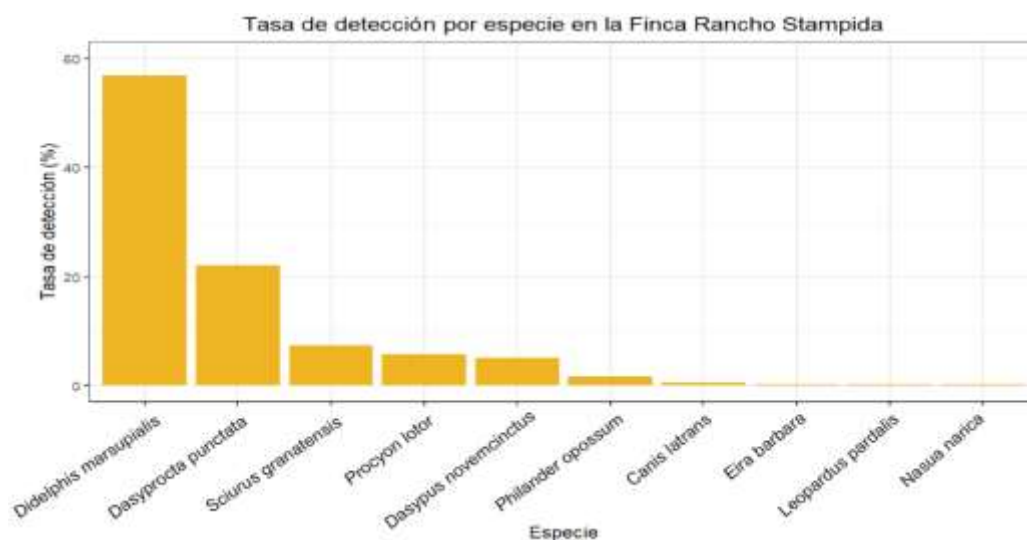
En Rancho Stampida (Figura 18), las detecciones más altas correspondieron a *Didelphis marsupialis* (56.87 %) y *Dasyprocta punctata* (22.1 %). La alta detección de *Didelphis marsupialis* es consistente con estudios preliminares que muestran que esta especie mantiene una alta densidad poblacional en agroecosistemas y áreas fragmentadas, debido a su dieta generalista y alta adaptabilidad a diferentes hábitats (Adler *et al.*, 1997; Tyndale-Biscoe & Mackenzie, 1976). *Dasyprocta punctata* también presentó una detección relativamente alta, lo que coincide con reportes que indican que esta especie puede mantener actividad diurna y nocturna en respuesta a la disponibilidad de recursos y riesgos de depredación (Lambert *et al.*, 2009).

Las especies con detecciones más bajas fueron *Eira barbara*, *Leopardus pardalis* y *Nasua narica*, todas con una tasa de detección del 0.27 %. Esta baja frecuencia se asocia con la menor densidad de estas especies en los agroecosistemas, en comparación con las áreas boscosas más conservadas. Esto se alinea con lo reportado por Moreno-Beas *et al.* (2018) y Tobler *et al.* (2008), quienes señalan que los mamíferos carnívoros, tanto grandes como medianos, presentan una menor detectabilidad en ambientes alterados por actividades humanas. En general, las especies oportunistas y adaptables predominan, mientras que las más sensibles a la perturbación muestran tasas de detección menores (Gallina *et al.*, 1996; Escobar-Anleu *et al.*, 2023),

subrayando la importancia de mantener cobertura vegetal y conectividad con áreas boscosas para favorecer la persistencia de especies menos comunes.

Figura 18

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Stampida en el agroecosistema cafetalero en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



La finca El Río, según la Tabla 5, presentó 8 especies y 162 detecciones independientes, presentó una curva de acumulación que no alcanzó la estabilización, probablemente influenciada por la cercanía a potreros y al río, así como por la dominancia de algunas especies. De acuerdo con la Tabla 5, los índices de Shannon (1.273) y Simpson (0.633) indican diversidad baja, mientras que Margalef (0.850) refleja una riqueza limitada. La dominancia (0.366) evidencia que unas pocas especies predominan en el área, aunque es menor que en la finca Candelita, lo que sugiere un efecto antropogénico moderado sobre la comunidad. Además, la variabilidad intraestrato mostró que, aunque los agroecosistemas presentan una tendencia general, existe heterogeneidad entre los estratos, reflejando diferencias locales en composición y abundancia de especies. Este patrón coincide con lo reportado por Moguel & Toledo (1999) y Sánchez *et al.* (2012), quienes describen que los monocultivos al sol con poca cobertura y alta

intervención humana tienden a concentrar detección independiente en pocas especies y a presentar menor diversidad.

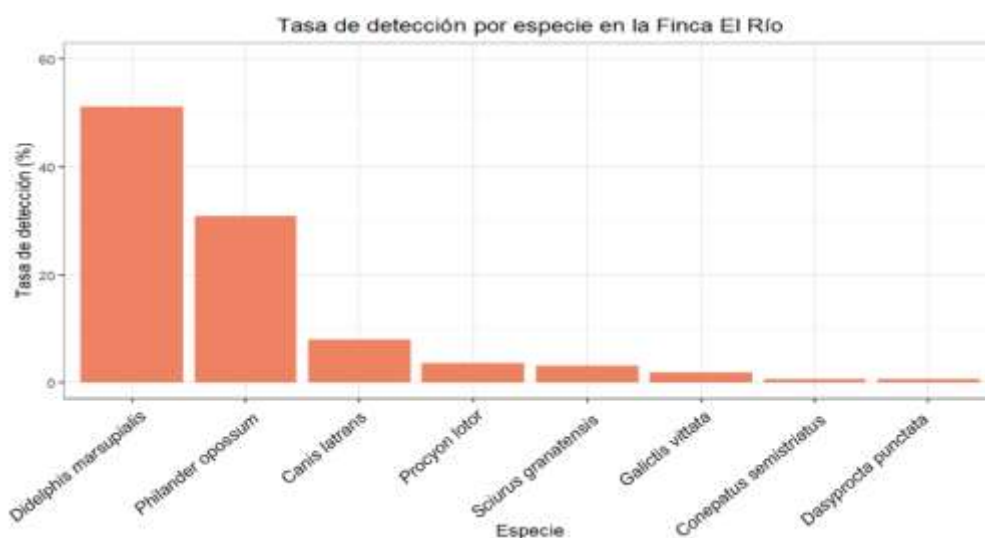
Las tasas de detección más altas correspondieron a *Didelphis marsupialis* (51.23 %), consistente con estudios en agroecosistemas de América Central, donde esta especie omnívora y generalista se encuentra comúnmente en mosaicos de cultivo y bosque debido a su habilidad de utilizar los recursos alimenticios, incluyendo frutas, pequeños vertebrados y desechos humanos (Adler *et al.*, 1997; Tyndale-Biscoe & Mackenzie, 1976). Del mismo modo, otro marsupial como *Philander opossum* registró un 30.86 % y mostró una detección elevada, lo que podría reflejar su tolerancia a la fragmentación y su uso frecuente de refugios en vegetación secundaria o cercanía a asentamientos humanos (Fonseca-Prada *et al.*, 2023).

Las especies con las tasas de detección más bajas fueron *Dasyprocta punctata* y *Conepatus semistriatus*, con un 0.62 % cada una. *Dasyprocta punctata*, a pesar de ser un roedor diurno relativamente común, tiende a evitar áreas con alta presencia humana o abiertas, favoreciendo bordes de bosque y áreas con cobertura densa (Caudill *et al.*, 2015). *Conepatus semistriatus* es un mustélido pequeño carnívoro conocido por su naturaleza nocturna y solitaria, lo que dificulta su detección mediante cámaras trampa en comparación con especies más abundantes o sociales (Esser *et al.*, 2012).

Es importante considerar que especies generalistas y oportunistas suelen mostrar mayores tasas de detección en agroecosistemas, mientras que especies más especializadas o con hábitos discretos tienden a registrarse con menor frecuencia (Fonseca-Prada *et al.*, 2023; Moreno-Beas *et al.*, 2018).

Figura 19

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca El Río en los agroecosistemas cafetaleros en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



En la finca Don Eugenio, de tamaño reducido con dos cámaras trampa, la curva mostró un crecimiento visible, pero no alcanzó la estabilización. La variabilidad intraestrato en las detecciones independientes (308) podría estar asociada a factores locales, como el tamaño de la finca, la cercanía a parches boscosos y características estructurales del hábitat, que influyen en la disponibilidad de microhábitats y recursos para las especies. Y según la tabla 5, una riqueza de 10 especies; se observó que algunas especies dominaron 0.376 sobre otras, lo que refleja el efecto antropogénico en la finca y la ausencia de áreas boscosas significativas. Según la tabla 5, los índices de Shannon (1.178) y Simpson (0.623) indican una diversidad baja, mientras que el índice de Margalef (1.093) también refleja una riqueza limitada. La dominancia es alta (0.376), lo que señala que este ecosistema está dominado por unas pocas especies. Los datos obtenidos concuerdan con lo reportado por Manson (2008), Sánchez *et al.* (2012) y Moguel & Toledo (1999), quienes documentaron que los monocultivos de café al sol tienden a sostener menor diversidad y dominancia de pocas especies debido a la pérdida de heterogeneidad y la

intervención agrícola. Estudios como los de Perfecto *et al.* (2014) y Montoya & Ceballos (2024) enfatizan que la escasez de vegetación asociada y la homogeneización del hábitat reducen la riqueza y equidad de las comunidades de mamíferos. Estos hallazgos destacan la importancia de implementar elementos de vegetación o corredores dentro de los monocultivos al sol para aumentar la heterogeneidad, mejorar la distribución de especies y contribuir a la conservación de la biodiversidad en paisajes agrícolas altamente transformados.

En la finca Don Eugenio, las especies con mayores tasas de detección fueron *Didelphis marsupialis* (45.13 %) y *Dasyprocta punctata* (40.58 %). Estos resultados reflejan la capacidad de estas especies generalistas para aprovechar los recursos disponibles en los mosaicos agrícolas, donde la presencia de cultivos bajo sombra y la proximidad a parches boscosos permiten acceso a alimento y refugio. En el caso de *Didelphis marsupialis*, su alta frecuencia refuerza lo reportado por Adler *et al.* (1997) y Fonseca-Prada *et al.* (2023), quienes documentan que esta especie mantiene poblaciones estables en paisajes modificados cercanos a asentamientos humanos y fragmentos forestales. Por su parte, *Dasyprocta punctata* presenta una alta actividad en cafetales con cobertura arbórea, lo que respalda lo descrito por Sánchez-Brenes & Monge (2021) y Escobar-Anleu *et al.* (2023), quienes destacan que los roedores frugívoros se benefician de la complejidad estructural y la disponibilidad de frutos en agroecosistemas bajo sombra.

Las especies con las tasas de detección más bajas fueron *Galictis vittata*, *Conepatus semistriatus*, *Canis latrans*, *Puma concolor* y *Tamandua mexicana*, todas con un 0.32 %. Estas bajas tasas de detección coinciden con lo reportado por Tobler *et al.* (2008) y Moreno-Beas *et al.* (2018), quienes señalan que mamíferos más especializados, de hábitos nocturnos o arborícolas, presentan registros limitados en sistemas agrícolas, incluso bajo sombra.

Además, especies como *Tamandua mexicana* y *Puma concolor* requieren parches de bosque extensos y conectados para moverse y mantener sus patrones de actividad y caza, lo que refuerza la importancia de conservar fragmentos forestales dentro de los mosaicos agrícolas (Cruz-Lara *et al.*, 2004; Escobar-Anleu *et al.*, 2023).

Figura 20

Tasa de detección de mamíferos por especies en la finca Don Eugenio en el agroecosistema cafetalero en Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.

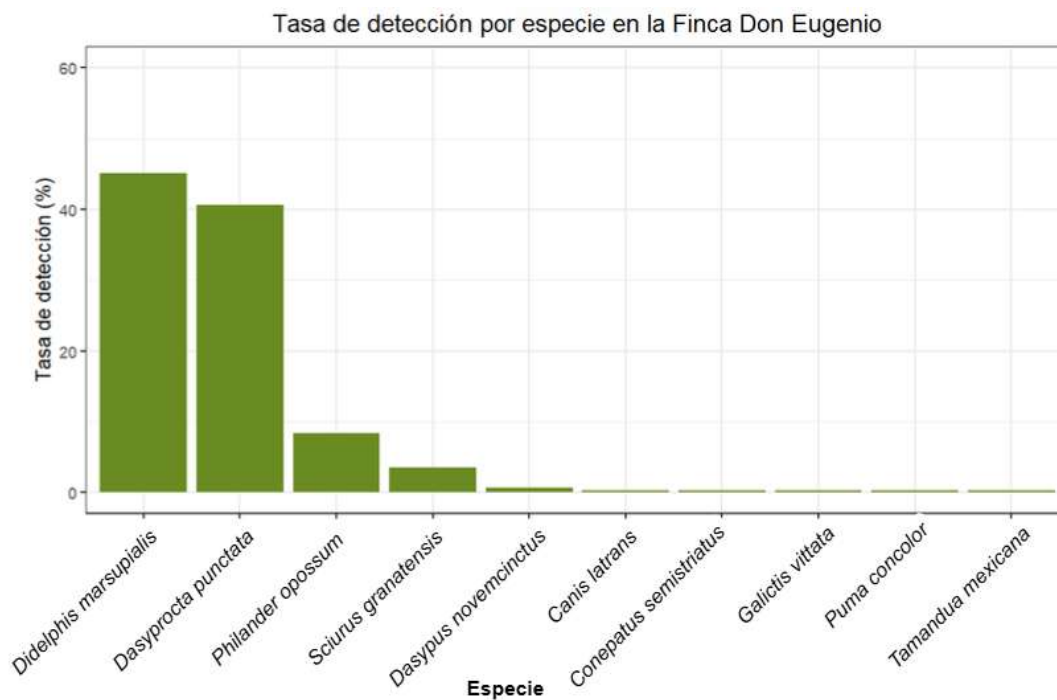


Figura 21

Curva de acumulación de especies basada en la diversidad de las diez fincas muestreadas en los agroecosistemas cafetaleros de Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.

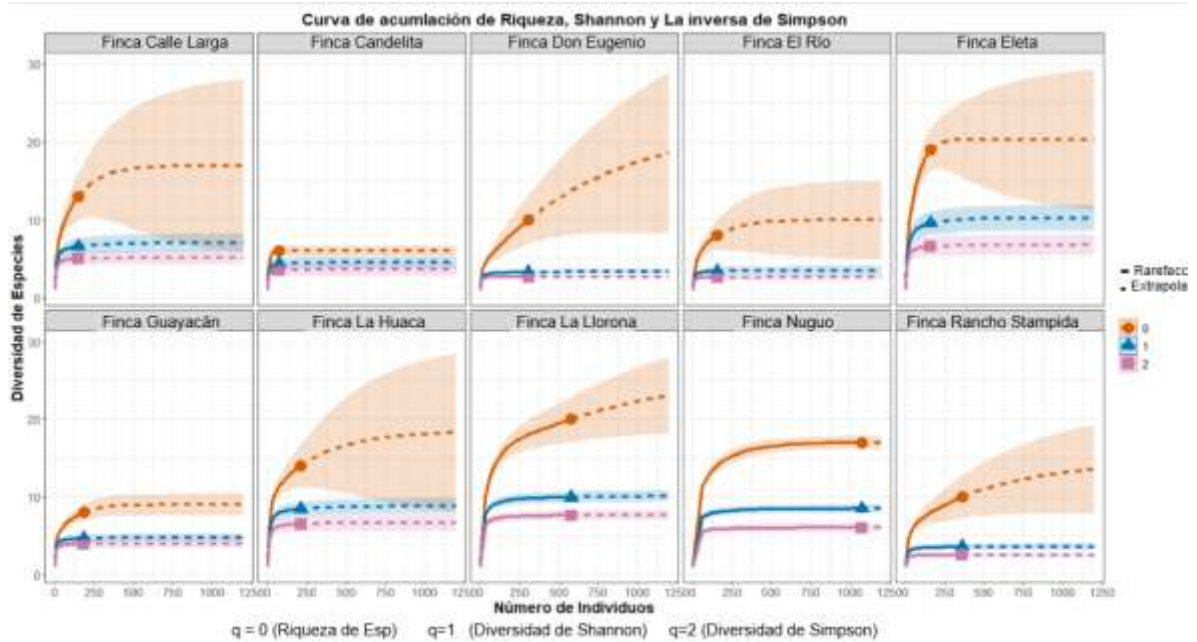
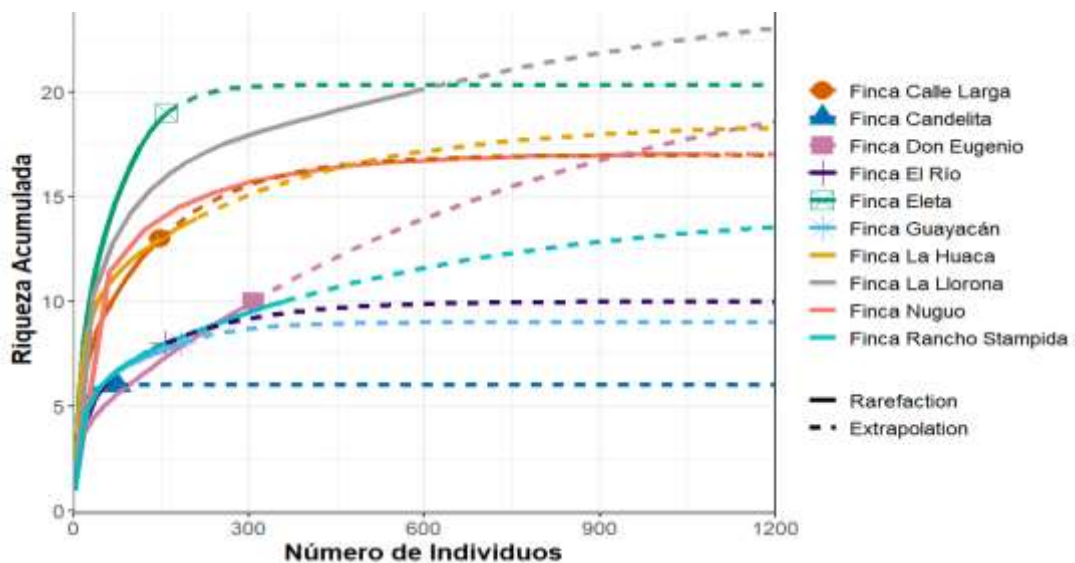


Figura 22

Curva de acumulación de especies basada en riqueza de las diez fincas muestreadas en los agroecosistemas cafetaleros de Renacimiento, Chiriquí. Panamá 2024.



Las Figuras 3 y 4 muestran las curvas de rarefacción y extrapolación de la riqueza acumulada de mamíferos por finca. Se observa que Nuguo, La Llorona y Eleta presentan la mayor riqueza acumulada, mientras que Candelita y Rancho Stampida registran valores más bajos. Estas diferencias entre fincas reflejan la variabilidad estructural de los agroecosistemas y la influencia de la cobertura arbórea, así como la conectividad con los bosques circundantes.

Tabla 5

Índices de diversidad detectados en las diez fincas cafetaleras (Renacimiento, Chiriquí, Panamá 2024).

Finca	Riqueza	Eventos independientes	Shannon	Simpson	Margalef	Chao1.s	Dominancia
La Llorona	20	890	2.050	0.806	2.308	0.1932	0.193
Nuguo	17	1168	2.168	0.844	1.944	17.000	0.155
Eleta	19	160	2.262	0.848	2.187	19.857	0.151
La Huaca	14	218	2.155	0.851	1.579	15.500	0.148
Calle Larga	13	155	1.920	0.810	1.458	15.000	0.189
Candelita	6	105	1.224	0.591	0.607	6.000	0.408
Guayacán	8	215	1.555	0.763	0.850	9.000	0.236
Rancho Stampida	10	371	1.302	0.616	1.093	11.500	0.383
El Río	8	162	1.273	0.633	0.850	9.000	0.366
Don Eugenio	10	308	1.178	0.623	1.093	15.000	0.376

Tabla 6

Órdenes, familias y especies de mamíferos en diez fincas muestreadas en Renacimiento, Chiriquí, 2024.

Fincas	Orden	Familia	Especie
La Llorona	7	14	20
Nuguo	7	13	17
La Huaca	6	12	14
Eleta	8	15	19
Calle Larga	6	11	13
Candelita	3	4	6
Guayacán	4	6	8
Rancho Stampida	4	8	10
El Río	3	7	8
Don Eugenio	5	9	10

Tabla 7

Tasa de detección (%) de mamíferos por finca en Renacimiento, Chiriquí (2024).

NOMBRE CIENTÍFICO	Finca Llorona	Finca Nuguo	Finca La Huaca	Finca Eleta	Finca Calle Larga	Finca Candelita	Finca Guayacán	Finca Rancho Stampida	Finca El Río	Finca Don Eugenio
<i>Philander opossum</i>	0.11	-----	-----	-----	21.94	-----	1.86	1.62	30.86	8.44
<i>Didelphis marsupialis</i>	7.19	29.54	28.44	21.25	30.97	19.05	19.53	56.87	51.23	45.13
<i>Tamandua mexicana</i>	-----	-----	-----	0.62	0.65	-----	0.47	-----	-----	0.32
<i>Dasypus novemcinctus</i>	3.48	5.14	2.29	1.25	7.1	-----	2.33	5.12	-----	0.65
<i>Cebus imitator</i>	0.11	-----	-----	1.25	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Sciurus granatensis</i>	9.44	13.61	6.88	8.12	8.39	8.57	32.09	7.28	3.09	3.57
<i>Coendou mexicanus</i>	-----	-----	-----	0.62	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Cuniculus paca</i>	7.64	2.4	0.46	8.12	2.58	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Dasyprocta punctata</i>	0.56	5.82	13.30	1.25	-----	-----	-----	22.1	0.62	40.58
<i>sylvilagus dicei</i>	0.56	11.13	7.34	1.25	16.13	-----	-----	-----	-----	-----

<i>Leopardus pardalis</i>	1.24	0.43	0.92	6.25	-----	-----	----	0.27	----	-----
<i>Leopardus pardinoides</i>	-----	0.94	-----	0.62	-----	-----	----	-----	-----	-----
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	1.8	-----	-----	-----	1.29	-----	----	-----	----	-----
<i>Panthera onca</i>	0.11	0.94	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----
<i>Puma concolor</i>	2.13	1.63	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	0.32
<i>Canis latrans</i>	0.56	-----	4.59	3.12	1.29	4.76	19.53	0.54	8.02	0.32
<i>Conepatus semistriatus</i>	0.56	0.34	11.93	9.38	0.65	-----	-----	-----	0.62	0.32
<i>Procyon cancrivorus</i>	-----	-----	-----	1.25	-----	2.86	----	-----	-----	-----
<i>Procyon lotor</i>	1.8	-----	-----	4.38	0.65	4.76	23.72	5.66	3.7	-----
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	-----	0.17	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----
<i>Potos flavus</i>	0.11	-----	5.05	-----	-----	-----	0.47	-----	-----	-----
<i>Nasua narica</i>	34.16	15.33	4.13	1.88	7.74	60.00	-----	0.27	-----	-----
<i>Galictis vittata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1.85	0.32
<i>Eira barbara</i>	1.35	0.86	0.46	1.25	0.65	-----	-----	0.27	-----	-----
<i>Neogale frenata</i>	-----	-----	0.46	0.62	-----	-----	----	-----	-----	-----
<i>Tapirus bairdii</i>	-----	0.43	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----
<i>Pecari tajacu</i>	22.81	6.08	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----

<i>Mazama temama</i>	4.27	5.22	13.76	27.50	----
----------------------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------

4.8. Estado de conservación de los mamíferos detectados en los agroecosistemas cafetaleros de Renacimiento, Chiriquí.

Los resultados de esta investigación identificaron varias especies de mamíferos en peligro de extinción. Como se muestra en la Tabla 8, se observa que habitan en los agroecosistemas cafetaleros y en las áreas boscosas circundantes. Entre las especies más preocupantes registradas en este estudio se encuentra *Panthera onca* (jaguar), clasificada como “En peligro” según el Ministerio de Ambiente (2016). Este gran depredador enfrenta amenazas significativas debido a la reducción y fraccionamiento de su hábitat, lo que limita su presencia en zonas productivas. Según Fort *et al.* (2022), los cambios en el paisaje, como la expansión agrícola y la construcción de infraestructuras, reducen el uso del espacio por parte del jaguar, afectando su detectabilidad y aumentando el riesgo de aislamiento poblacional. Estos autores señalan que la fragmentación del hábitat disminuye la conectividad entre poblaciones, lo que puede llevar a una mayor mortalidad y menor éxito reproductivo. Además, Thompson *et al.*, 2021, destacan que factores ambientales y antropogénicos, como la densidad de carreteras y la pérdida de cobertura forestal, afectan las necesidades espaciales del jaguar. Estos factores pueden alterar sus patrones de movimiento y reducir la disponibilidad de presas, lo que impacta negativamente en su supervivencia.

De forma similar, *Tapirus bairdii* (macho de monte), un gran herbívoro clasificado como “En peligro crítico” según Resolución n.º DM-0657-2016 (Ministerio de Ambiente, 2016) y regulado también por el acuerdo formal CITES (CITES, 2023), fue una de las especies menos detectadas. Su escasa observación puede atribuirse a su comportamiento reservado y a su fuerte dependencia de hábitats boscosos y montañosos, actualmente afectados por la pérdida y fragmentación del paisaje, lo que ha provocado una disminución sostenida de su población

(García *et al.*, 2016). Diversos estudios han reportado su baja tasa de detección mediante cámaras trampa, debido a su naturaleza elusiva y hábitos en áreas de difícil acceso (Lira Torres *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2021; Trillanes *et al.*, 2023).

Una de las especies más icónicas entre los mamíferos de Renacimiento, *Leopardus pardinoides* (oncilla), es una especie clave en esta investigación debido a la escasa información disponible sobre este pequeño felino, considerablemente más raro en comparación con otras especies de felinos. La baja detección de *Leopardus pardinoides* (oncilla) en los agroecosistemas y bosques circundantes del distrito de Renacimiento refleja su carácter elusivo (difícil de observar) y la dependencia de hábitats densos y poco perturbados, según Ramírez-Fernández *et al.* (2024). La escasa representación de la especie se debe a que requiere bosques continuos o fragmentos bien conservados y es sensible a la fragmentación del paisaje. Según Ramírez-Fernández *et al.* (2024), la presencia limitada de la oncilla resalta la importancia de conservar fragmentos boscosos y corredores que mantengan la conectividad del paisaje, la heterogeneidad del hábitat, garantizando refugios y recursos críticos para su supervivencia.

Entre las especies “vulnerables” se incluyen el *Puma concolor* (puma), *Leopardus pardalis* (ocelote), *Herpailurus yagouaroundi* (yaguarundí), igualmente incluido en el Apéndice I, y *Pecari tajacu* (saíno), listado en el Apéndice II, *Cuniculus paca* figura en el Apéndice III, lo que refleja su protección nacional y la regulación del comercio internacional, ya que son especies bajo protección (CITES, 2023). *Mazama temama*, *Sylvilagus dicei* y *Cebus imitator* son otras especies vulnerables. El *Cebus imitator* (mono carablanca), de hábitos principalmente arbóreos, fue raramente detectado en este estudio debido a que las cámaras trampa se colocaron a nivel del sotobosque. Esta metodología limita la detección de especies del dosel, como esta, que se encuentran comúnmente en las copas de los árboles. Según Haysom *et al.* (2021), los

mamíferos arbóreos forman una comunidad diversa y distinta en los bosques tropicales, y pueden ser muestreados de manera efectiva utilizando cámaras trampa en el dosel.

Potos flavus (kinkajú), clasificado como de “preocupación menor”, es un mamífero nocturno y estrictamente arbóreo cuya observación es difícil debido a su comportamiento elusivo. Según Mensah *et al.* (2024), el kinkajú muestra actividad principalmente nocturna, es solitario y depende de hábitats densos para alimentación y refugio. Kays & Gittleman (2001) señalan que su dieta es principalmente frugívora y que su comportamiento social varía según la disponibilidad de recursos.

Panthera onca y *Puma concolor* son las especies menos representadas en los registros, lo que puede atribuirse a sus bajas densidades poblacionales, necesidad de grandes territorios y a su naturaleza esquiva. Estas especies evitan zonas alteradas y necesitan extensas áreas boscosas continuas para su subsistencia, reproducción y caza (Crawshaw Jr & Quigley, 2002; Ceballos *et al.*, 2005). Esto podría explicar su escasa detección en agroecosistemas intensamente intervenidos.

Asimismo, *Bassariscus sumichrasti* (cacomixtle), también catalogado como de “preocupación menor”, presenta un alto grado de adaptabilidad al alternar entre hábitats arbóreos y terrestres. Según Unger *et al.* (2019), el monitoreo de especies con patrones de actividad mixtos puede subestimar su presencia si solo se utilizan cámaras trampa en el sotobosque, lo que resalta la necesidad de adaptar la metodología a la ecología de cada especie.

Por último, *Leopardus pardalis* (ocelote), aunque se observó con mayor frecuencia que los felinos más grandes, sigue siendo una especie vulnerable en Panamá. Según Fort *et al.* (2022), la presión sobre sus hábitats locales, causada por la fragmentación y la modificación del

paisaje, puede afectar su densidad y patrones de uso del espacio, incluso en áreas donde la especie es relativamente común.

Según Rodgers *et al.* (2014), los estudios en Barro Colorado Island muestran que, aunque el ocelote puede tolerar cierta alteración del paisaje, su densidad poblacional depende de la disponibilidad de hábitats conectados y adecuados para la caza y refugio. Esto resalta la importancia de monitorear y conservar los hábitats que aún albergan al ocelote, incluyendo fragmentos boscosos y corredores que mantengan la conectividad del paisaje.

Tabla 8

Lista de especies de mamíferos registradas en los agroecosistemas y bosques asociados de Renacimiento, Chiriquí (2024), según orden, familia y estado de conservación.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE CONSERVACIÓN		
				CN	UICN	CITE
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Philander opossum</i> (Linnaeus, 1758)	Zarigüeyas de cuatro ojos	--	LC	
		<i>Didelphis marsupialis</i> (Linnaeus, 1758)	Zarigüeyas Común	--	LC	
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i> (Saussure, 1860)	Tamandúa	--	LC	
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i> subsp. (Peters, 1864)	Armadillo de nueve bandas	--	LC	
Primates	Cebidae	<i>Cebus imitator</i> (Thomas, 1903)	Mono Carablanca	VU	VU	
	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i> (Humboldt, 1811)	Ardilla de cola roja	LC	LC	
	Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i> (Kerr, 1792)	Puercoespín tropical	----	LC	
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Conejo pintado	VU	LC	III

	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i> subsp. (Thomas, 1917)	Neque centroamericano	--	LC	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus dicei</i> (Harris, 1932)	Conejo de monte	VU	VU	
		<i>Leopardus pardalis</i> (Mearns, 1903)	Ocelote	VU	LC	I
		<i>Leopardus pardinoides</i> (Gray, 1867)	Oncilla	EC	VU	
Carnivora	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (Geoffroy, 1803)	Yaguarundi	VU	LC	I
		<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguar	EN	VU	I
		<i>Puma concolor</i> (Lineo, 1771)	Puma	VU	LC	I
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i> (Say, 1823)	Coyote	--	LC	
Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	Zorrillo de espalda Blanca	--	LC	
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	Mapache cangrejero	--	LC	
		<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	Mapache boreal,	--	LC	
		<i>Bassariscus sumichrasti</i> (Saussure, 1860)	Cacomixtle	--	LC	

		<i>Potos flavus</i> (Schreber, 1774)	kinkajou	--	LC	
		<i>Nasua narica</i> (Linnaeus, 1766)	Coatí de nariz blanca	--	LC	
Carnívora	Mustelidae	<i>Galictis vittata</i> (Schreber, 1776)	Huroncito	--	LC	
		<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Tayra o viejo de monte	--	LC	
		<i>Neogales frenata</i> (Lichtenstein, 1831)	Comadreja de cola larga	---	LC	
Carnívora	Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i> (Gill, 1865)	Tapir Centroameri cano	CR	EN	I
Carnívora	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Pecarí de collar	VU	VU	II
Carnívora	Cervidae	<i>Mazama temama</i> (Kerr, 1792)	Corzo rojo o venado de montaña.	VU	DD	

Se empleó un único sitio web para asegurar la confiabilidad de los datos (UICN, 2024), el documento oficial publicado por mi ambiente en la Gaceta Oficial de 2016 y lista publicada en la Resolución n.º DM-0657-2016. (CITES, 2023).

Estado de conservación de las especies:

DD: Datos insuficientes.

CR: En peligro crítico

EN: En peligro

VU: Vulnerable

DD: Datos insuficientes.

LC: Preocupación menor

CITE:

I: El comercio internacional está prohibido, salvo casos excepcionales (como fines científicos).

II: Especies que no necesariamente están en peligro, pero cuyo comercio debe controlarse para no amenazar su supervivencia.

III: Especies para las que un país solicita ayuda para proteger; otros países regulan su comercio según las solicitudes del país que lo incluyó en este apéndice.

CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES FINALES

5.1. Conclusiones

Los índices de diversidad (Shannon, Simpson y Margalef) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los estratos evaluados, según la prueba de Chi-cuadrado. Sin embargo, desde un enfoque ecológico, se observan patrones diferenciados en la estructura de las comunidades entre los tipos de agroecosistema y el bosque, lo que sugiere la influencia de factores como la cobertura arbórea, el manejo agrícola y la proximidad a zonas naturales.

La tasa de detección de mamíferos difirió significativamente entre los estratos, mientras que la riqueza específica, observada y estimada mediante Chao1, no presentó diferencias significativas. Esto indica que, aunque el número de especies es similar, la cantidad de eventos independientes varía notablemente, posiblemente en respuesta a condiciones ambientales, presión antrópica o disponibilidad de recursos.

No se observaron diferencias significativas en la dominancia entre los estratos, pero se identificaron patrones locales de dominancia, como en el monocultivo parcialmente bajo sombra y el monocultivo al sol, donde unas pocas especies presentaron tasas de detección claramente mayores, en contraste con estratos como el bosque y el policultivo bajo sombra, donde la distribución de especies fue más equilibrada.

Algunas de las especies de mamíferos presentaron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de detección entre los estratos, lo que refleja una selección o preferencia por ciertos hábitats. Especies como *Didelphis marsupialis*, *Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Nasua narica* y *Sylvilagus dicei* fueron más sensibles al tipo de agroecosistema, mostrando respuestas diferenciales que pueden estar asociadas a la estructura del hábitat, niveles de disturbio o acceso a recursos.

Aunque la prueba de Kruskal-Wallis no indicó diferencias significativas en la tasa de detección general de la comunidad entre estratos ($p > 0.05$), los registros de detección y rangos promedios muestran tendencias ecológicamente relevantes, especialmente al comparar con el bosque como estrato de referencia. Estos resultados sugieren que, si bien no hay una separación estadística contundente a nivel comunitario, sí existe una variabilidad real en la composición y actividad de las especies según el tipo de manejo del paisaje.

El policultivo de café bajo sombra (estrato A) y área boscosa, zona de amortiguamiento (estrato D) presentaron mayores niveles de diversidad y una menor dominancia, generando una comunidad más equilibrada y diversa. Estos resultados confirman que a mayor complejidad del hábitat y la cercanía oportuna a ecosistemas naturales como el Parque Internacional La Amistad favorecen la presencia y resguardo de la fauna silvestre.

El monocultivo de café al sol (estrato C) tuvo la menor diversidad y la mayor dominancia, indicando un ecosistema simplificado y dominado por especies generalistas. La baja cobertura vegetal, la exposición directa al sol y el manejo intensivo de estos sistemas representan una amenaza directa para la conservación de la biodiversidad local.

Se registraron especies de conservación prioritaria como *Panthera onca*, *Tapirus bairdii* y *Leopardus pardinoides* en el estrato de bosque y en algunos agroecosistemas con mayor complejidad. Esto subraya el rol crítico de estos hábitats como refugios para fauna amenazada y la necesidad urgente de fortalecer su protección.

Especies con hábitos arbóreos como *Cebus imitator*, *Potos flavus* y *Bassariscus sumichrasti* fueron poco detectadas debido a que el monitoreo se centró en el sotobosque. Esta

sugiere la necesidad de integrar metodologías complementarias, como cámaras trampa en el dosel, para evaluar adecuadamente la biodiversidad arbórea.

La fragmentación del paisaje, observada especialmente en los agroecosistemas de monocultivo al sol y parcialmente bajo sombra, parece estar asociada a una reducción de la diversidad y aumento de la dominancia de especies generalistas, lo que tiene implicaciones importantes para la planificación y el manejo de los agroecosistemas. Aunque no se encontraron diferencias significativas en los indicadores de diversidad, los resultados sugieren que mantener conectividad entre fincas con policultivo de café bajo sombra y áreas boscosas puede favorecer la presencia y movimiento de especies sensibles, contribuyendo así a una composición faunística más equilibrada.

5.2. Recomendaciones

- Implementar sistemas agroforestales mixtos en las zonas agrícolas, realizando plantaciones de árboles nativos junto con cultivos que puedan mejorar la salud del suelo, aumentar la biodiversidad y ofrecer sombra.
- Motivar a los caficultores a adoptar prácticas de producción sostenibles y optar por procesos de certificación que representan un valor agregado no solo mejora la calidad del café, sino que también protege el medio ambiente.
- Colaborar con organizaciones nacionales e internacionales enfocadas en la conservación de bosques, las zonas de amortiguamiento y el manejo sostenible de los recursos, adoptando prácticas agrícolas que disminuyan el uso de plaguicidas y fertilizantes, priorizando la implementación de métodos orgánicos y la rotación de cultivos para mantener la salud del suelo.
- Incentivar a la comunidad y a los finqueros para que participen en proyectos de restauración de áreas degradadas, reforestación o creación de corredores biológicos, lo cual permite mantener la conexión entre ecosistemas y preservar la fauna nativa.
- Promover el turismo sostenible en las zonas agrícolas con el fin de valorar los ecosistemas locales, la biodiversidad que estos albergan y los servicios ecosistémicos que ofrecen.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, M. F., Ataroff, M., Monteleone, S., & Estrada, C. A. (2003). Heterogeneidad estructural y lumínica del sotobosque de una selva nublada andina de Venezuela. *Interciencia*, 28(7), 394-403. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000700007
- Albanesi, S. A., Jayat, J. P., & Brown, A. D. (2016). Patrones de actividad de mamíferos de medio y gran porte en el pedemonte de Yungas del noroeste argentino. *Mastozoología neotropical*, 23(2), 335–358. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832016000200011
- Adler, G. H., Arboleda, J. J., & Travi, B. L. (1997). Population dynamics of *Didelphis marsupialis* in Northern Colombia. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 32(1), 7–11. <https://doi.org/10.1076/snfe.32.1.7.13462>
- Arboleda, M. G., & Marín, N. B. (2019). Diversidad de artrópodos en tres sistemas de manejo agronómico de café en el municipio de Líbano, Colombia. *RIAA*, 10(2), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6966536>
- Álvarez, E., Rodríguez, A. M., Zachrisson, B., & Bernal, J. A. (2014). Niveles de infestación y parasitismo de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) en cafetales de Renacimiento, Chiriquí, Panamá. *Puente Biológico*, 6(1), 25–34.
- Anzules, I. C. P. (2024). Evaluación del impacto de la deforestación en la biodiversidad de los ecosistemas terrestres: Una revisión sistemática. *RECIAMUC*, 8(4), 76–94. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(4\).dic.2024.73-87](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(4).dic.2024.73-87)

La Autoridad del Canal de Panamá (2012, 6 de junio). Mamíferos en Panamá. Mamíferos en Panamá.

Autoridad del Canal de Panamá. <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2012/06/rocc/6-5.pdf>

Bello-Gutiérrez, J., Gallina, S., & Equihua, M. (2010). Abundancia relativa y patrones de actividad de

los mamíferos medianos y grandes en cafetales y bosque mesófilo de montaña en Veracruz,

México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(2), 401–416.

<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.002.260>

Bennett, AF (2003). *Vínculos en el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la*

conservación de la vida silvestre (N.º 1). UICN.

https://portals.uicn.org/library/efiles/documents/fr-021.pdf?utm_source

Borrero H, J. I. (1986). La sustitución de cafetales de sombrío por caturrales y su efecto negativo sobre

la fauna de vertebrados. *Caldasia*, 725-732. <https://www.jstor.org/stable/43406114>

Bolaños, M. A., Libert Amico, A., Paz Pellat, F., Salvador Castillo, J. M., Contreras López, J. M., &

Ramírez Armas, L. M. (2024). Informe: Inventario de carbono, biodiversidad y fertilidad del

suelo. Colegio de Postgraduados. [https://repositorio-](https://repositorio-socioecologia.conahcyt.mx/jspui/handle/1000/93)

[socioecologia.conahcyt.mx/jspui/handle/1000/93](https://repositorio-socioecologia.conahcyt.mx/jspui/handle/1000/93)

Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., Bayne, E., & Boutin, S.

(2015). REVIEW: Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys

to ecological processes. *The Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675–685.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12432>

- Briceño-Méndez, M., Naranjo, E. J., Altrichter, M., & Contreras-Perera, Y. (2022). Hunting and water scarcity affect habitat occupancy by peccaries (*Tayassu pecari* and *Pecari tajacu*) in Calakmul, Mexico. *Mammalia*, 86(6), 543-550. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2021-0029>
- Carrizales, A. (2017). Monitoreo de carnívoros en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir. Gob.mx. <https://acortar.link/qwNST2>
- Caudill, S. A., & Rice, R. A. (2016). Do Bird Friendly® coffee criteria benefit mammals? Assessment of mammal diversity in Chiapas, Mexico. *PLoS One*, 11(11), e0165662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165662>
- Castañeda-Martín, A. E., & Montes-Pulido, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1), 210-221. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- Cascante, A. (2001). Composición florística y estructura de un bosque húmedo premontano en el Valle Central de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 213-225. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003477442001000100020
- Caudill, S. A., DeClerck, F. A. J., & Husband, T. P. (2015). Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.023>
- Ceballos, G., Chávez, C., Zarza, H., & Manterola, C. (2005). Ecología y conservación del jaguar en la región de Calakmul. *Biodiversitas*, 62, 1-7. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31595094/Biodiversitas_ConseJaguarCalak_Ceballos_Manterola-libre.pdf

CITES. (2023, 21 de mayo). Apéndice I, II y III. Ginebra, Suiza.
<https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2023/S-Appendices-2023-05-21.pdf>

Chávez, C., Bárcenas, H., Medellín, R. A., de la Torre, A., Zarza, H., & Ceballos, G. (2013). Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. [Jaguaredelaselvamaya.org](https://jaguaredelaselvamaya.org). <https://jaguaredelaselvamaya.org/wpcontent/uploads/2020/01/Manual-de-fototrampeo-para-estudio-de-fauna-silvestre.pdf>

Cortés-Marcial, M., & Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1433.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.13285>

Crawshaw Jr., P. G., & Quigley, H. B. (2002). Hábitos alimentarios del jaguar y el puma en el Pantanal, Brasil, con implicaciones para su manejo y conservación. *El jaguar en el nuevo milenio*, 223-235.
https://www.researchgate.net/profile/Peter-Crawshaw-2/publication/303260049_Habitos_alimentarios_del_jaguar_y_el_puma_en_el_Pantanal_Brasil_con_implicaciones_para_su_manejo_y_conservacion/links/584e94a708aecb6bd8cfc6b7/Habitos_alimentarios_del_jaguar_y_el_puma_en_el_Pantanal_Brasil_con_implicaciones_para_su_manejo_y_conservacion

Cruz-Lara, L. E., Lorenzo, C., Soto, L., Naranjo, E., & Ramírez-Marcial, N. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1), 63-81.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S006517372004000100006&script=sci_abstract

- De Frenne, P., Rodríguez-Sánchez, F., Coomes, D. A., Baeten, L., Verstraeten, G., Vellend, M., ... & Verheyen, K. (2013). Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18561-18565. <https://doi.org/10.1073/pnas.1311190110>
- Enríquez, L. V., & Hernández, J. I. V. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37(4), 413-423. <https://europepmc.org/article/AGR/IND43676347>
- Escobar Anleu, B. I. (2015). Riqueza de mamíferos medianos y mayores en cafetales y bosques de tres reservas naturales privadas (San Jerónimo Miramar–Quixayá, Pampojilá–Peña Flor y Santo Tomás Pachuj) de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA) (Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala). http://www.repositorio.usac.edu.gt/793/1/06_3722.pdf
- Escobar-Anleu, B. I., Soto-Shoender, J. R., Rivas-Romero, J. A., & Montes, N. (2023). More trees with your coffee? Diversity and habitat associations of terrestrial medium- and large-sized mammals in shade-grown coffee plantations of the highlands of Guatemala. *Acta zoológica mexicana*, 39. <https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912570>
- Esser, H. J., Liefing, Y., Kays, R. y Jansen, PA (2012). Registro del zorrillo de nariz de cerdo rayado (*Conepatus semistriatus*) en el centro de Panamá, entre dos subáreas conocidas. <https://repository.si.edu/server/api/core/bitstreams/34365816-7149-4a9d-a328-bf893b8b5516/content>

- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2010). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14(2), 101-112. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x>
- Fort, J. L., Suriyamongkol, T., Nielsen, C. K., Carver, A. D., Moreno, R., Meyer, N. F., & Groninger, J. W. (2022). Large Felid and Peccary habitat use in isolated and contiguous forest in Panamá: Implications for conservation. *Tropical Conservation Science*, 15, 19400829221138009. <https://doi.org/10.1177/19400829221138009>
- Fonseca, S. A. (2006). El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. *Gaceta Ecológica*, 80, 19–31. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908002.pdf>
- Fonseca-Prada, KA, et al. (2023). Patrones de actividad de mamíferos medianos en fragmentos de bosque de Marquetalia (Caldas, Colombia) . Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/28028>.
- Forrester, T., O'Brien, T., Fegraus, E., Jansen, P. A., Palmer, J., Kays, R., Ahumada, J., Stern, B., & McShea, W. (2016). An open standard for camera trap data. *Biodiversity Data Journal*, 4(4), e10197. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e10197>
- Fuentes, R., Zea, I., Baules, A., Barría, E., Ashcroft, J., Ortega, I., Quintero-Arrieta, H., & Añino, Y. (2024). Diversidad de mamíferos e impactos humanos en el Parque Nacional Portobelo, Corredor Biológico Colón, Panamá. *Mammalia aequatorialis*, 6, 67-84. <https://orcid.org/0000-0002-4389-2665>
- Gallina, S. O. N. I. A., González-Romero, A. L. B. E. R. T. O., & Manson, R. H. (2008). Mamíferos pequeños y medianos. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*, 161-180. <https://acortar.link/flw8qz>

- Gallina, S., Mandujano, S., & González-Romero, A. (1996). Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 33(1), 13–27. https://link.springer.com/article/10.1007/BF00122886?utm_source=.com
- García Arboleda, M. (2016). Análisis exergético a sistemas de producción de café y su relación con la sustentabilidad. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia (UNAL)).
- García-Burgos, J., Gallina, S., & González-Romero, A. (2014). Relación entre la riqueza de mamíferos medianos en cafetales y la heterogeneidad espacial en el centro de Verabe. *Acta zoológica mexicana*, 30(2), 337-356. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S006517372014000200006&script=sci_arttext
- García, M., Jordan, C., O'Farril, G., Poot, C., Meyer, N., Estrada, N., Leonardo, R., Naranjo, E., Simons, Á., Herrera, A. ., Urgilés, C., Schank, C., Boshoff, L. & Ruiz-Galeano, M. 2016. *Tapirus bairdii*. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2016: e.T21471A45173340. <https://dx.doi.org/10.2305/UICN.UK.2016-1.RLTS.T21471A45173340.en>.
- González, C. G., López, A. V., & Rodríguez, J. P. (2009). Efecto de la heterogeneidad del hábitat sobre la diversidad de artrópodos en agroecosistemas. *Ecología Aplicada*, 13(2), 121-129. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/33074>
- González Tenorio, R., Eppert, A. A., & Mooring, M. S. (2021). Diversidad y patrones de actividad de mamíferos silvestres medianos y grandes en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(2). <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v13i2.3621>

- Gompper, M. E. (1996). Socialidad y asocialidad en coatíes de nariz blanca (*Nasua narica*): costos y beneficios de la alimentación. *Behavioral Ecology*, 7(3), 254–263. <https://doi.org/10.1093/beheco/7.3.254>
- Granados, I. G., Rodríguez, C., & Rodríguez, J. S. (2003). Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003. *Pensamiento Actual*, 8(10), 74–81. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897877>
- Haysom, J. K., et al. (2021). Life in the Canopy: Using Camera-Traps to Inventory Arboreal Mammals in Borneo's Rainforests. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 673071. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.673071>
- Harvey, C. A., Sáñez, J. C., & Montero, J. (2007). ¿Conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados y rurales de Mesoamérica? Qué hemos aprendido y qué todavía necesitamos conocer. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Draft. <https://acortar.link/b6uLx4>
- Hemingway, C. E., et al. (1989). Habitat use by squirrel monkeys (*Saimiri oerstedii*) in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 5(2), 183–189. <https://doi.org/10.1017/S026646740000246X>
- Heidrich, L., Brandl, R., Ammer, C., Bae, S., Bässler, C., Doerfler, I., Fischer, M., Gossner, M. M., Heurich, M., Heibl, C., Jung, K., Krzystek, P., Levick, S., Magdon, P., Schall, P., Schulze, E.-D., Seibold, S., Simons, N. K., Thorn, S., Weisser, W. W., Wöllauer, S., & Müller, J. (2023). Effects of heterogeneity on the ecological diversity and redundancy of forest fauna. *Basic and Applied Ecology*, 73, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.10.005>

- Hernández, J. M., Martínez, M. S., & Rodríguez, L. M. (2014). El efecto de la heterogeneidad del hábitat en la biodiversidad de especies de mamíferos en la región tropical. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 535-546. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.14995>
- Hoffmeister, M. F. C., & Pino, M. (2016). El origen de la fauna sudamericana moderna: de Gondwana al Gran Intercambio Americano. 47–74. <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/biologiaevolutiva/wp-content/uploads/2022/03/Apoyo-Teorico.-El-origen-de-la-fauna-sudamericana-moderna.pdf>
- Holdridge, L. R. 1967. *Life Zone Ecology*. 2nd ed. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Hsieh, T. C., Ma, K., & Chao, A. (2016). iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in ecology and evolution*, 7(12), 1451-1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). Viviendas particulares ocupadas y población de la República con algunas características importantes, según provincia, distrito, corregimiento y lugar poblado. Contraloría General de la República de Panamá. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1231&ID_CATEGORIA=19&ID_SUBCATEGORIA=71
- Kays, R., Arbogast, B. S., Baker-Whitton, M., Beirne, C., Boone, H. M., Bowler, M., ... & Spironello, W. R. (2020). An empirical evaluation of camera trap study design: How many, how long, and when? *Methods in Ecology and Evolution*, 11(6), 700-713. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13370>
- Kays, R. W., & Gittleman, J. L. (2001). The social organization of the kinkajou (*Potos flavus*). *Journal of Zoology*, 253(4), 491–504. <https://doi.org/10.1017/S0952836901000450>

- Karp, D. S., Echeverri, A., Zook, J., Juárez, P., Ke, A., Krishnan, J., ... & Frishkoff, L. O. (2019). Remnant forest in Costa Rican working landscapes fosters bird communities that are indistinguishable from protected areas. *Journal of Applied Ecology*, 56(7), 1839-1849. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13419>
- Karp, D. S., Mendenhall, C. D., Callaway, E., Frishkoff, L. O., Kareiva, P. M., Ehrlich, P. R., & Daily, G. C. (2019). Confronting and resolving competing values behind conservation objectives. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(22), 10874–10879. <https://doi.org/10.1073/pnas.1901616116>
- Lambert, T. D., Kays, R. W., Jansen, P. A., Aliaga-Rossel, E., & Wikelski, M. (2009). Nocturnal activity by the primarily diurnal Central American agouti (*Dasyprocta punctata*) in relation to environmental conditions, resource abundance, and predation risk. *Journal of Tropical Ecology*, 25(2), 211–215. <https://doi.org/10.1017/S0266467408005804>
- La contaminación.org. (2020, marzo de 18). Monocultivos y su impacto ambiental. La contaminación. <https://lacontaminacion.org/monocultivos-y-su-impacto-ambiental/>
- Lira-Torres, I., & Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoologica Mexicana*, 28(3), 566–585. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.283859>
- Lira Torres, I., Naranjo Piñera, E. J., Güiris Andrade, D. M., & Cruz Aldán, E. (2004). Ecología de *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1), 1–21. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372004000100001&script=sci_abstract&tlng=en

- Lin, B. (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144(1-2), 85-94.<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.12.009>
- Lopez Aguilera, F. A. (2021). Estructura y funciones de especies arbóreas en sistemas de café con sombra en cuatro fincas del norte de Nicaragua (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). <https://repositorio.una.edu.ni/4436/1/tnk10l864f.pdf>
- Macario-Cueyactle, D., Salazar-Ortiz, J., Pérez-Sato, JA, Llarena-Hernández, RC, Alavéz-Martínez, NM, & Serna-Lagunes, R. (2019). Riqueza y abundancia de mamíferos en un ambiente antropizado en Zongolica, Veracruz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6 (18).<https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2083>
- Machado Vargas, M. M., & Ríos Osorio, L. A. (2016). Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática. *Idesia (Arica)*, 34(2), 15-23. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000002>
- Mandujano, S. (2024). Índice de abundancia relativa y tasa de encuentro con trampas cámara: conceptos, limitaciones y alternativas. *Mammalogy Notes*, 10(1), 389. <https://doi.org/10.47603/mano.v10n1.389>
- Manson, S., Nekaris, K. A. I., Nijman, V., & Campera, M. (2025). Effect of shade on biodiversity within coffee farms: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 940, 169882. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.169882>
- Manson, R. H., Sosa, V. J., & Contreras, A. (2008). Efectos del manejo sobre la biodiversidad: Síntesis y conclusiones. En *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación* (pp. 279–302).<https://acortar.link/87wNK9>

- Martín Alejandro Bolaños Gonzalez, Antoine Libert, Fernando Paz Pellat, JOSÉ MANUEL SALVADOR CASTILLO, Luz María Ramírez Armas, Adan Villa Herrera. (2024, September 24). Inventario de carbono, biodiversidad y fertilidad del suelo. Conahcyt.mx. <https://repositorio-socioecologia.conahcyt.mx/jspui/handle/1000/93>
- Martínez, W. E., Reyna-Hurtado, R. A., Naranjo, E. J., Thornton, D., Cal, R. N., & Figueroa, O. A. (2021). Occupancy rate and observations of Baird's tapir (*Tapirella bairdii*) near waterholes in the Maya forest corridor, Belize. *Therya*, 12(1), 37–43. <https://doi.org/10.12933/therya-21-969>. <https://doi.org/10.12933/therya-21-969>
- Márquez de la Cruz, J. E., Rodríguez Mendoza, M. D. L. N., García Cué, J. L., Sánchez Escudero, J., & Tinoco Rueda, J. Á. (2022). Impacto del manejo de agroecosistemas cafetaleros en la calidad del suelo en las cuatro estaciones del año en Tlapacoyan, Veracruz. *Ciencia ergo sum*, 29(2). <https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a8>
- Mejía, A., Hernández, L., & Rodríguez, J. (2025). Permeabilidad de un corredor biológico para mamíferos medianos y grandes en la zona de amortiguamiento del PILA, México. *Journal of Mammalogy and Conservation*, 11(2), 45–58. <https://doi.org/10.1177/19400829251359604>
- Mensah, J. B., Forget, P. M., Guilbert, É., Herrel, A., Ofori, B. Y., & Naas, A. G. (2024). Night life: Positional behaviors and activity patterns of the neotropical kinkajou, *Potos flavus* (Carnivora, Procyonidae). *Journal of Zoology*, 324(3), 231-243. <https://doi.org/10.1111/jzo.13211>
- Meyer, N. F. V., Esser, H. J., Moreno, R., van Langevelde, F., Lieferting, Y., Ros Oller, D., Vogels, C. B. F., Carver, A. D., Nielsen, C. K., & Jansen, P. A. (2015). An assessment of the terrestrial mammal communities in forests of Central Panama, using camera-trap surveys. *Journal for Nature Conservation*, 26, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.04.003>

Meyer, N. F. V., Moreno, R., Reyna-Hurtado, R., Signer, J., & Balkenhol, N. (2020). Correction to: Towards the restoration of the Mesoamerican Biological Corridor for large mammals in Panama: comparing multi-species occupancy to movement models. *Movement Ecology*, 8(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40462-020-00211-z>

Ministerio de Ambiente. (2016). Resolución N.º DM-0657-2016: Por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de las especies de fauna y flora amenazadas de Panamá, y se dictan otras disposiciones. *Gaceta Oficial de Panamá*. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28187_A/GacetaNo_28187a_20161229.pdf

Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAMBIENTE). (2022). Nivel de referencia forestal de Panamá. Secretaría de Estado – Ministerio de Ambiente. <https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2022/10/Nivel-de-Referencia-Forestal-de-Panama>.

Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity and conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 8(4), 529-550. <https://doi.org/10.2307/1312989>

Molina, S. (2015). Plan de monitoreo de fauna silvestre con el uso de cámaras trampa en la provincia de Sucumbíos. Usaid.gov. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00M9X2.pdf

Molloy, S. W., & Cowan, E. C. (2018). Guía práctica para el uso de cámaras trampa para el monitoreo de la vida silvestre en proyectos de gestión de recursos naturales [Guía de cámaras trampa]. South West Catchments Council (SWCC). <https://wabsi.org.au/wp-content/uploads/2019/10/BTBCameraTrappingGuideJune2018.pdf>

- Monteza-Moreno, C. M., Grote, M. N., Hall, J. S., & Jansen, P. A. (2024). Tropical timber plantations as habitat for ground-dwelling mammals: A camera-trapping assessment in Central Panama. *Biotropica*, 56(4). <https://doi.org/10.1111/btp.13352>
- Montoya, J., & Ceballos, C. (2024). Adaptabilidad de *Didelphis marsupialis* en entornos urbanos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 37(4), 2. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v37n4a2>
- Moreno Ortiz, A., & Castillo, D. C. (2018). Abundancia relativa de mamíferos terrestres arbóreos en la estación Rancho Frío, Parque Nacional Darién, mediante el uso de transectos lineales y cámaras trampa (Doctoral dissertation, Universidad de Panamá). <https://up-rid.up.ac.pa/6310/>
- Moreno-Beas, E., Hernández-Hernández, J. C., Chávez, C., & List, R. (2018). Diversidad y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 634–646. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33395>
- Morales, J. F., Zamora, N., & Herrera, B. (2007). Análisis de la vegetación en la franja altitudinal de 800-1500 msnm en la vertiente pacífica del Parque Internacional La Amistad (PILA). *Brenesia*, 68, 1–15. <https://acortar.link/Jl6vow>
- Monge-Nájera, J. (2001). Sáenz JC, E. Carrillo & G. Wook. 1999 [2000]. Mamíferos del Área de Conservación Arenal, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(3-4), 1299-1300. <https://orcid.org/0009-0007-2309-8353>
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Díaz-Pulido, A. P., & Mantilla-Meluk, H. (2018). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a

los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia. *Biota colombiana*, 19(1), 202–218. <https://doi.org/10.21068/c2018v19n01a13>

Murillo, L. F. S., & Beita, C. M. (2025). Corredores biológicos en Costa Rica: metodología para el monitoreo de la estructura del paisaje y su conectividad. *Revista Geográfica de América Central*, 2(75), 123-150. <https://orcid.org/0000-0002-8325-1117>

Murcia, C. (1995). Efectos de borde en bosques fragmentados: implicaciones para la conservación. *Tendencias en ecología y evolución*, 10(2), 58-62. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)

Myers, S. (2018). Diversidad y abundancia de aves en tres paisajes vegetales diferentes alrededor de una plantación de café bajo sombra en el monte Totumas, tierras altas de Chiriquí, Panamá. https://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3819&context=isp_collection

Nesper, M., Kueffer, C., Krishnan, S., Kushalappa, C. G., & Ghazoul, J. (2017). The diversity of shade trees improves coffee production and quality in agroforestry systems of the Western Ghats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.024>

Newey, S., Davidson, P., Nazir, S., Fairhurst, G., Verdicchio, F., Irvine, R. J., & van der Wal, R. (2015). Limitations of recreational camera traps for wildlife management and conservation research: A practitioner's perspective. *Ambio*, 44(Suppl. 4), 624–635. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0713-1>

- Niedballa, J., Sollmann, R., Courtiol, A., & Wilting, A. (2016). camtrapR: An R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1457–1462. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12600>
- Nowak, R. M. (1999). *Walker's Mammals of the World* (Vol. 2). Johns Hopkins University Press. <https://acortar.link/mxrsUA>
- Oosterhoorn, M., & Kappelle, M. (2000). Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management*, 126(3), 291-307. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00101-2)
- Oksanen J, et al. (2024). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-8, <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Padgham M, Rudis B, Lovelace R, Salmon M (2017). "osmdata." *Journal of Open Source Software*, 2(14), 305.R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Pedroso, R. F., Rosa, C., & Passamani, M. (2024). Landscape Composition Matters for Mammals in Agricultural Ecosystems: A Multiscale Study in Southeastern Brazil. *Sustainability*, 16(12), 5066. <https://doi.org/10.3390/su16125066>
- Pérez, E. J., García, M. F., & Sánchez, R. M. (2003). Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies en ecosistemas de montaña. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 74(3), 537-550. <https://doi.org/10.22201/ib.20078778e.2003.74.3.7179>
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., & Van der Voort, M. E. (1996). Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608. <https://doi.org/10.2307/1312989>

Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 5786-5791. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905455107>

Perfecto, I., Vandermeer, J., & Philpott, S. M. (2014). Complex ecological interactions in the coffee agroecosystem. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45(1), 137–158. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091923>

Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2008). Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 173-200. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.011>

Piña, T. E., Carvalho, W. D., Rosalino, L. M. C., & Hilário, R. R. (2019). Factores que impulsan la riqueza, diversidad y presencia de mamíferos en paisajes heterogéneos compuestos por bosques de plantación y entornos naturales. *Forest Ecology and Management*, 437, 117467. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117467>

Prensa. (2023, 2 de abril). La grandeza de los bosques panameños. MiAmbiente - Ministerio de Ambiente. <https://miambiente.gob.pa/la-grandeza-de-los-bosques-panamenos/>

Prensa. (2022, 20 de julio). Rastrojos aportan el 6.46 % a la cobertura boscosa y ayudan a mantener la carbono negatividad del país. MiAmbiente-Ministerio de Ambiente. <https://miambiente.gob.pa/?s=Rastrojos+aportan+el+6.46+%25+a+la+cobertura+de+boscosa+y+ayudan+a+mantener+la+carbono+negatividad+del+pa%C3%ADs>

Quesada, R. 2007. Los bosques de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Documento [www URL: http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/RupertoQuesada.pdf](http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/RupertoQuesada.pdf)

- Quirós, D., & Finegan, B. (1996). Manejo en un bosque muy húmedo premontano. Área de demostración e investigación La tirimbina. Serie Materiales de Enseñanza, 34. CATIE. Recuperado de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7041>
- Ramírez, J. A., Pérez, L. M., & Vargas, C. R. (2021). Actividad y dieta de *Dasyprocta punctata* en agroecosistemas cafetaleros de Costa Rica. *Acta Zoológica Mexicana*, 37(1), e12346. <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712346>
- Ramírez-Fernández, J. D., Fox-Rosales, L. A., Mooring, M. S., Delgado-Carazo, J. C., Blankenship, S. R., Powell, J. R., ... & de Oliveira, T. G. (2024). Distribution and habitat use patterns of the endangered Central American clouded oncilla (*Leopardus pardinoides* oncilla) in Costa Rica. *PLoS One*, 19(9), e0310562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310562>
- Reid, J. L., Wilson, S. J., & Holl, K. D. (2023). Long-term effects of monoculture plantations on forest recovery and community composition. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1098666. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1098666>
- Reyna-Hurtado, R., Rojas-Flores, E., & Tanner, G. W. (2009). Home range and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 90(5), 1199–1209. <https://cma.sarem.org.ar/es/especie-nativa/tayassu-pecari>
- Rice, R. y J.Drenning, 2003. Manual de café bajo sombra. Centro Smithsonian de Aves Migratorias. Zoológico Nacional, Washington D. C., EE. UU. https://peru.controlunion.com/storage/configurations/peru/files/manual_bird_friendly_coffee_impresed.pdf

Rodríguez, D. (2017). Plan Estratégico Distrital Municipio de Renacimiento 2018–2022.Gob.pa.
https://renacimiento.municipios.gob.pa/55/1569008998_9.3%20PLAN%20ESTRATEGICO%20RENACIMIENTO.pdf

Rodgers, T. W., Giacalone, J., Heske, E. J., Janečka, J. E., Phillips, C. A., & Schooley, R. L. (2014). Comparison of noninvasive genetics and camera trapping for estimating population density of ocelots (*Leopardus pardalis*) on Barro Colorado Island, Panama. *Tropical Conservation Science*, 7(4), 690–705. <https://doi.org/10.1177/194008291400700408>

Samaniego, O., & Ortega, J. (2021). Educación y conservación sobre grandes felinos para impulsar la ODS 15: Vida de los ecosistemas terrestres en el distrito Renacimiento, Panamá. Primer Ciclo de Conferencias virtual Iberoamericano Interuniversitario. Rol de las universidades en el desarrollo de las ODS del PNUD, Agenda 2030. Consultado en marzo de 2023. <http://www.unachi.ac.pa/evento/1-ciclo-virtual-de-conferencia-iberoamericano-interuniversitario>

Samaniego, O., & Ortega, J. (2022). Monitoreo comunitario de fauna para impulsar la conservación de grandes felinos, distrito de Renacimiento, Panamá. <https://docs.google.com/document/d/120dO13p6GzN9UpOo2vwcGAiPwcXussX3qV2D0mjahjw/edit> Octavo Congreso Científico, Universidad Autónoma de Chiriquí. Programa final. Consultado en marzo de 2023. http://www.unachi.ac.pa/assets/descargas/vip/Programa_Final_8_Congreso_Cientifico_UNACHI_2022_1

Sánchez, Á. R., Ulloa, K. H., & Marques, R. A. (2012). El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. *Ambiente y*

Desarrollo, 16(30), 93-104. <file:///C:/Users/clari/Downloads/adminpujojs,+AyD+16-30+art.+6.pdf>

Sánchez-Brenes, R., & Monge-Meza, J. (2024). Diversidad de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Acta Zoologica Mexicana*, 1–23. <https://doi.org/10.21829/azm.2024.4012592>

Sánchez-Brenes, R. J., & Monge, J. (2021). Períodos de actividad y dieta de *Dasyprocta punctata* (Gray, 1842) (Rodentia; Dasyproctidae) en agroecosistemas con café, San Ramón, Costa Rica. *Acta Zoológica Mexicana*, 37, 1–18. <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712346>

Servindi. (2024, octubre 23). El impacto de los monocultivos en la biodiversidad. Servindi. <https://www.servindi.org/seccion-ambiente-actualidad-reportaje/23/10/2024/el-impacto-de-los-monocultivos-en-la-biodiversidad>

Smith, F. P., Gorddard, R., House, A. P., McIntyre, S., & Prober, S. M. (2012). Biodiversity and agriculture: Production frontiers as a framework for exploring trade-offs and evaluating policy. *Environmental Science & Policy*, 23, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.07.013>

Smythe, N. (1978). The natural history of the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 257, 1–52. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.257>

Sollmann, R., Mohamed, A., Samejima, H., & Wilting, A. (2013). Risky business or simple solution – Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation*, 159, 405–412.

Soto, P. J. L. (2013). Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Revista Enfermería del Trabajo*, 3(4), 166-171.

- Soto-Pinto, L., & Jiménez-Ferrer, G. (2018). Contradicciones socioambientales en los procesos de mitigación asociados al ciclo del carbono en sistemas agroforestales. *Madera y bosques*, 24(SPE).<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401887>
- Sulaksono, N., Pudyatmoko, S., Sumardi, S., Wardhana, W., & Budiman, A. (2023). The effects of anthropogenic disturbances on the spatiotemporal patterns of medium–large mammals in tropical volcanic landscapes. *Animals*, 13(20), 3217. <https://doi.org/10.3390/ani13203217>
- Schipper, J. (2007). Evitación de cámaras trampa por parte de los kinkajús (*Potos flavus*): replanteando el paradigma «no invasivo». *Small Carnivore Conservation*, 36, 38-41. <https://acortar.link/GDA0BN>
- Stevenson, C., & Hubbs, A. (2024). Remote Camera Survey Guidelines & AB Metadata Standards: Guidelines for Western Canada (Version 3.0) [PDF]. Alberta Remote Camera Steering Committee (RCSC) / Wildlife Cameras for Adaptive Management (WildCAM).https://ab-rcsc.github.io/RCSC-WildCAM_Remote-Camera-Survey-Guidelines-and-Metadata-Standards/_downloads/23834a6749b732affbfe38aef5a0e5c0/RCSC-WildCAM_RC-Survey-Guidelines-v2_2024-04-01.pdf
- Tilman, D., Reich, P. B., & Isbell, F. (2012). Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. *Ecology*, 93(8), 2219-2226. <https://doi.org/10.1890/07-1873.1>
- Tobler, M. W., Carrillo-Perceatogui, S. E., Pitman, R. L., Mares, R., & Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(3), 169–178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>

- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857-874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- Tyndale-Biscoe, CH, y Mackenzie, RB (1976). Reproducción de *Didelphis marsupialis* y *D. albiventris* en Colombia. *Revista de Mastozoología*, 57 (2), 249-265. <https://doi.org/10.2307/1379686>
- Trillanes, C. E., Naranjo, E. J., Ramírez-Marcial, N., Pérez-Jiménez, J. C., Perera-Marín, J. G., Chávez-Hernández, C., & Falconi-Briones, F. (2023). Estimación de la condición corporal del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) a partir de datos de fototrampeo en la Selva Lacandona, México. *Acta Universitaria*, 33, e3890. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3890>
- Thompson, J. J., Morato, R. G., Niebuhr, B. B., Bejarano Alegre, V., Oshima, J. E. F., de Barros, A. E., Paviolo, A., de la Torre, J. A., Lima, F., McBride, R. T., Jr., de Paula, R. C., Cullen, L., Jr., Silveira, L., Kantek, D. L. Z., Ramalho, E. E., Maranhão, L., Haberfeld, M., Sana, D. A., Medellín, R. A., Carrillo, E., Montalvo, V. H., Monroy-Vilchis, O., Cruz, P., Jacomo, A. T. A., Alves, G. B., Cassaigne, I., Thompson, R., Sáenz-Bolaños, C., Cruz, J. C., Alfaro, L. D., Hagnauer, I., da Silva, M. X., Vogliotti, A., Moraes, M. F. D., Miyazaki, S. S., Araujo, G. R., da Silva, L. C., Leuzinger, L., Carvalho, M. M., Rampim, L., Sartorello, L., Quigley, H., Tortato, F. R., Hoogesteijn, R., Crawshaw, P. G., Jr., Devlin, A. L., May Júnior, J. A., Powell, G. V. N., Tobler, M. W., Carrillo-Percestequi, S. E., Payán, E., Azevedo, F. C. C., Concone, H. V. B., Quiroga, V. A., Costa, S. A., Arrabal, J. P., Vanderhoeven, E., Di Blanco, Y. E., Lopes, A. M. C., Ribeiro, M. C. (2021). Environmental and anthropogenic factors synergistically affect space use of jaguars. *Current Biology*, 31(15), 3457–3466.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.06.029>

- UICN. (2015). *Leopardus pardalis*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2015. Consultado el 7 de agosto de 2019. Disponible en: T11509A97212355.<http://dx.doi.org/10.2305/UICN.UK.2015-4.RLTS.T11509A50653476>.
- UICN. (2016). *Puma concolor* (Versión de la errata publicada en 2016). La Lista Roja de especies amenazadas de la UICN 2015. Consultado el 07 de agosto de 2019, disponible en T18868A97216466. <http://dx.doi.org/10.2305/UICN.UK.20154.RLTS.T18888A50663436>.
- Unger, S. D., Hickman, C. R., & Murray, K. L. (2020). Camera trapping scavenging vertebrates of the Chiriquí Province of western Panama. *Neotropical Naturalist*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1650/045.001.0101>.<https://www.eaglehill.us/neon-pdfs-regular/NEON-001-Unger.pdf>
- United Nations. (n.d.). Biodiversity. United Nations. Retrieved April 1, 2025, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Valencia, V., West, P., Sterling, E. J., García-Barrios, L., & Naeem, S. (2015). The use of farmers' knowledge in coffee agroforestry management: implications for the conservation of tree biodiversity. *Ecosphere* (Washington, D.C), 6(7), art122.<https://doi.org/10.1890/es14-00428.1>
- Vargas-Contreras, J. A., & Hernández-Huerta, A. (2001). Distribución altitudinal de la mastofauna en la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 82, 83-109.https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S006517372001000100005&script=sci_arttext
- Wickham H, et al. (2019). "Welcome to the tidyverse." *Journal of Open-Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

Zeller, K. A., Rabinowitz, A., Salom-Pérez, R., & McBride, R. (2011). The Jaguar Corridor Initiative: A range-wide species conservation strategy. *Journal of Tropical Ecology*, 27(4), 365–376. https://conservationcorridor.org/cpb/Zeller_et_al_2013.pdf

Anexo

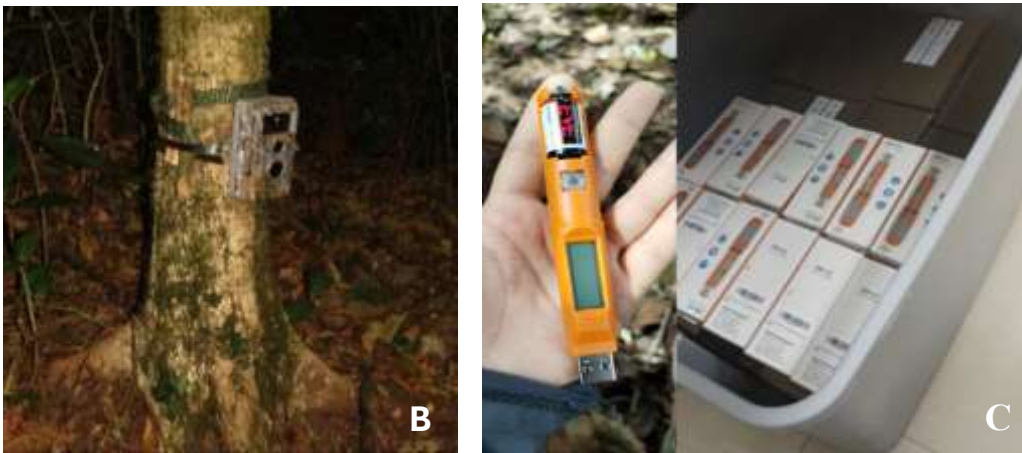


Figura 23. Equipo de campo (A) Vista interior y exterior de la cámara trampa con sus respectivos componentes. (B) Instalación de cámaras trampa. (C) Visualización de los data loggers utilizados en campo



Figura 24. *Tapirus bairdii* (tapir centroamericano) en la imagen A1 y de *Mazama temama* (venado de montaña) en la imagen A2, ambas obtenidas mediante cámaras trampa en la finca Nuguo, ubicada en el distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 25. *Panthera onca* (jaguar) en la imagen B1 y de *Eira barbara* (tayra) en la imagen B2, ambas registradas mediante cámaras trampa en la finca La Llorona, ubicada en el distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 26. Ocelote (*Leopardus pardalis*) en la imagen C1 y del mono carablanca (*Cebus imitator*) en la imagen C2, en la finca Eleta, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 27. *Conepatus semistriatus* (zorrillo de espalda blanca) en la imagen D1 y de *Potos flavus* (kinkajú) en la imagen D2, ambas capturadas mediante cámaras trampa en la finca La Huaca, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.

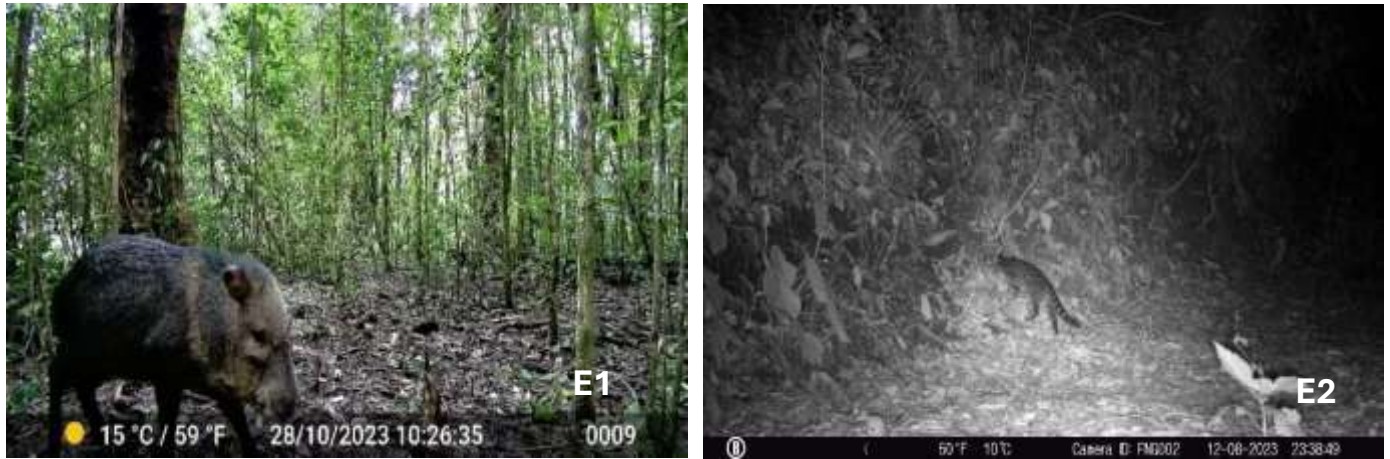


Figura 28. *Pecari tajacu* (pecarí de collar) en la imagen E1 y de *Leopardus pardinoides* (oncilla nebulosa) en la imagen E2, ambas capturadas mediante cámaras trampa en la finca Nuguo, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 29. *Cuniculus paca* (conejo pintado) en la imagen F1 y de *Puma concolor* (puma) en la imagen F2, ambas capturadas mediante cámaras trampa en la finca La Llorona, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 30. *Dasyprocta punctata* (ñeque) en la imagen G1 y de *Dasyus novemcinctus* (armadillo de nueve bandas) en la imagen G2, ambas capturadas mediante cámaras trampa en la finca Rancho Stampida, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 31. *Tamandua mexicana* (tamandú) en la imagen H1 y de *Nasua narica* (gato solo) en la imagen H2, ambas capturadas mediante cámaras trampa en la Finca Calle Larga, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 32. *Sciurus granatensis* (ardilla de cola roja) en la imagen I1 y de *Canis latrans* (coyote) en la imagen I2, ambas capturadas mediante cámaras trampa en la Finca Candelita, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 33. Imagen J1 *Marmosa* sp. (zarigüeya ratón). Imagen J2 *Procyon lotor* (mapache) Finca Guayacán, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.



Figura 34. Policultivo de café bajo sombra, mostrando alta cobertura arbórea y diversidad estructural del estrato.



Figura 35. Monocultivo de café parcialmente bajo sombra, con cobertura arbórea intermedia y menor densidad de árboles.



Figura 36. Monocultivo de café al sol, caracterizado por baja cobertura arbórea y predominancia de plantas de café expuestas.