

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FUNCIONES ECOSISTÉMICAS DE MAMÍFEROS SILVESTRES EN UN
AGROECOSISTEMA CON CAFÉ EN RINCÓN DE MORA, SAN RAMÓN,
ALAJUELA, COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de
Posgrados en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales para optar al grado
y título de Doctorado Académico en Ciencias Agrícolas

RONALD SÁNCHEZ BRENES

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2022

Dedicatoria

A mi esposa Nela y mi familia por siempre apoyarme en mis estudios y educación a lo largo de estos años.

A mis tíos Carlos y Lucy, así como mi primo Carlos por el apoyo ofrecido durante el Doctorado y por siempre ofrecerme su hogar como mi segunda casa.

A todos los productores de Costa Rica que se preocupan por cultivar y cuidar el medio ambiente, en especial al señor Gerardo Quirós (QEPD) que mediante su sistema productivo fue un gran ejemplo para el sector agropecuario costarricense.

Agradecimientos

Al Sistema de Estudios de Posgrado por apoyar a los estudiantes costarricenses en seguir superándose.

Al Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas por abrirme la posibilidad de cursar el Doctorado y tener una opción de excelencia académica en el país.

Al CIPROC por todo el apoyo con equipos e instrumentos específicamente el Laboratorio de Plagas Vertebradas

A los Programas PIRENA-UCR y UNA-JAGUAR por facilitarme algunos equipos para desarrollar la investigación.

A la Universidad Nacional por permitirme trabajar y cursar el Programa Doctoral.

A la Universidad de California Davis en específico al Departamento de Vida Silvestre y Pesca en Karps Lab y sus investigadores por recibirme en la pasantía y ampliar mis conocimientos.

A don Javier Monge Meza por ser un excelente tutor y guía a lo largo de todo el Programa Doctoral.

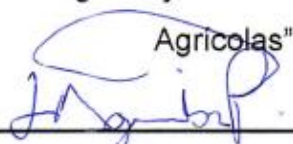
A don Eduardo Carrillo y don José Manuel Mora por apoyarme siempre como lectores y consultas en la ejecución de esta investigación.

A don Olman Ramírez y Gerardo Quirós por permitirme hacer la investigación en sus agroecosistemas con café y toda la ayuda ofrecida en más de 7 años de estudios en sus fincas.

A Wagner Castro y Medardo Moscoso por todo el apoyo ofrecido desde la UNA.

A Enzo, Kevin y Yeison por apoyarme con el trabajo de campo.

"Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Doctorado Académico en Ciencias

Agrícolas"


Dr. Hugo Aguilar Piedra

Representante de la Decana Sistema de Estudios de Posgrado



Dr. Javier Monge Meza

Profesor Guía



Dr. Eduardo Carrillo Jiménez

Lector



Dr. José Manuel Mora Benavides

Lector



Dra. Catalina Salas Durán

Directora Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Ronald Sánchez Brenes

Sustentante

Tabla de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de aprobación	iv
Resumen	vi
Abstract	viii
Lista de cuadros	x
Lista de figuras	xi
Lista de abreviaturas	xiv
1.Introducción	1
2.Objetivos	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. Revisión de literatura	6
3.1 Importancia de los ecosistemas terrestres	6
3.2 Desde los sistemas agroforestales a la producción cafetalera con sombra.....	6
3.3 Agroecosistemas como reservorios de biodiversidad.....	9
3.4 Funciones ecosistémicas	10
3.5 Presencia de mamíferos en agroecosistemas con café mesoamericanos	12
3.4 Métodos para muestrear mamíferos	16
4. Capítulo 1. Diversidad de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.	19
5. Capítulo 2. Dispersión de semillas y participación en la cadena alimenticia de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.	56
6. Discusión	99
7. Conclusiones	102
8. Literatura citada	104

Resumen

Introducción: Los cafetales tienen diferentes formas de manejo, una de ellas son los agroecosistemas, los cuales se han caracterizado por ser una fuente de biodiversidad. Dicha biodiversidad se ha investigado de diferentes maneras, aunque la mayoría de los estudios se han enfocado en árboles, plantas, aves e insectos y han dejado de lado algunos grupos como los mamíferos. Si bien es cierto se han incrementado los estudios en mamíferos en cafetales arbolados, el número para Mesoamérica y específicamente para Costa Rica, es escaso. Aunado a esto, la mayoría de estos estudios se han realizado para determinar la riqueza o abundancia de especies de mamíferos en estos espacios y muy poco se sabe de las funciones ecosistémicas de los mismos. **Objetivo:** Determinar las funciones ecosistémicas de los mamíferos silvestres en agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. **Área de Estudio:** Esta investigación se realizó en dos agroecosistemas con café contiguos ubicados en la comunidad de Rincón de Mora, distrito de San Rafael, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. En esta zona se presenta una precipitación de 3,461mm por año, con una temperatura promedio de 20°C y una humedad relativa de 92%. El uso de suelo de las fincas es de 3,5 ha en agroecosistema con café, 1,5 ha en forestal, 1266 m² de cultivo de mora (*Rubus* sp.), un invernadero de 343 m² y el área de 1 266 m² restante corresponde a construcciones. La altura es de los 1200 a 1450 m.s.n.m. **Metodología:** se utilizaron diferentes métodos de captura (trampas de captura viva tipo sherman, havahart, cámaras trampa y redes niebla). Las trampas de captura viva tipo sherman se colocaron de manera lineal en 11 estaciones, mientras que las trampas havahart, cámaras trampa y redes de niebla se situaron en lugares estratégicos como fuentes de agua, sitios de alimentación y pasos de fauna. Las trampas de captura viva tipo sherman y las havahart estuvieron abiertas durante 156 días a lo largo de tres años (3 744 horas) con distintos cebos. Las cámaras trampa se configuraron en modo híbrido (foto y video) (26 280 horas) durante tres años, mientras que las redes niebla de 12m de largo por 2,5 m de alto, se colocaron en 15 días diferentes desde las 16:30h a las 23:00 h (90 horas). Se registraron datos de riqueza, abundancia, diversidad y periodos de actividad de los mamíferos. Asimismo, se colectaron heces de los mamíferos capturados y eventos de videos o

fotografías para determinar la eventual dispersión de semillas y la participación en la cadena trófica de los mamíferos silvestres registrados en los cafetales estudiados en función de estos servicios ecosistémicos. **Resultados:** a nivel de riqueza se logró identificar un total de 22 especies de mamíferos a lo largo de los tres años de muestreo. En cuanto a la abundancia se clasificaron tres grupos de mamíferos. El primero de ellos fueron los mamíferos con mayor abundancia, entre los que se encuentran la guatusa (*Dasyprocta punctata*) especie más común, el zorro pelón o zarigüeya (*Didelphis marsupialis*), el mapache (*Procyon lotor*) y el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), los cuales se pueden considerar como residentes de este hábitat. Los mamíferos de abundancia media pueden subdividirse en algunos residentes y otros que están de paso, mientras que los de abundancia menor si bien es cierto participan poco cumplen un papel importante dentro de la cadena trófica porque están en los niveles superiores, como el caso del puma (*Puma concolor*). La diversidad de este agroecosistema según el índice de Shannon fue de 1,80. La mayor actividad registrada se dio en los periodos fenológicos del cultivo de flor-llenado cuando hay menos presencia de personas y disminuyó en los meses de cosecha. Asimismo, se detectaron mamíferos diurnos y nocturnos, en donde la mayor actividad fue de noche. En cuanto a la participación en la cadena trófica, se establecieron seis niveles de participación, carnívoros grandes, omnívoros grandes, omnívoros medianos, herbívoros medianos, omnívoros pequeños e insectívoros pequeños, que dispersan semillas grandes y pequeñas de diferentes maneras. **Conclusión:** Se reafirma que los agroecosistemas con café no necesariamente reemplazarán la funcionalidad de un bosque, pero es un hábitat secundario que puede colaborar en la protección de mamíferos y otras especies de flora y fauna.

Abstract

Introduction: Coffee plantations have different forms of management, one of them is agroecosystems, which have been characterized as a source of biodiversity. This biodiversity has been investigated in different ways, although most studies have focused on trees, plants, birds, and insects and have left out some groups such as mammals. Although it is true that studies on mammals in coffee plantations have increased, the number for Mesoamerica and specifically for Costa Rica is scarce. In addition to this, most of these studies have been carried out to determine the richness or abundance of mammal species in these spaces and very little is known about their ecosystem functions.

Objective: To determine the ecosystem functions of wild mammals in agroecosystems with coffee in Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. **Study Area:** This research was carried out in two contiguous coffee agroecosystems located in the community of Rincón de Mora, district of San Rafael, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. In this area there is a rainfall of 3,461mm per year, with an average temperature of 20°C and a relative humidity of 92%. The land use of the farms is 3.5 ha in agroecosystem with coffee, 1.5 ha in forestry, 1,266 m² of cultivation of blackberry (*Rubus* sp.), a greenhouse of 343 m² and the remaining of 1,266 m² corresponds to constructions. The height is from 1200 to 1450 m.a.s.l. **Methods:** different capture methods were used (live capture traps such as sherman, havahart, camera traps and mist nets). Sherman-type live-capture traps were placed in a linear fashion at 11 stations, while havahart traps, camera traps, and mist nets were placed in strategic locations such as water sources, feeding sites, and wildlife passageways. Sherman live-capture traps and havahart traps were open for 156 days over three years (3,744 hours) with various baits. The camera traps were configured in hybrid mode (photo and video) (26,280 hours) for three years, while the mist nets, 12m long by 2.5m high, were placed on 15 different days from 4:30 p.m. at 11:00 p.m. (90 hours). Data on the richness, abundance, diversity, and periods of activity of mammals were recorded. Likewise, feces of the captured mammals and events of videos or photographs were collected to determine the eventual dispersion of seeds and the participation in the trophic chain of the wild mammals registered in the coffee plantations studied based on these ecosystem services. **Results:** at the level of richness,

a total of 22 species of mammals were identified throughout the three years of sampling. In terms of abundance, three groups of mammals were classified. The first of these were the most abundant mammals, among which are the agouti (*Dasyprocta punctata*), the most common species, the bald fox or opossum (*Didelphis marsupialis*), the raccoon (*Procyon lotor*) and the armadillo (*Dasypus novemcinctus*), which can be considered as residents of this habitat. Mammals of medium abundance can be subdivided into some residents and others who are passing through, while those of lesser abundance, although it is true that they participate little, they play an important role within the food chain because they are at higher levels, as in the case of the puma (*Puma concolor*). The diversity of this agroecosystem according to the Shannon index was 1.80. The highest activity recorded occurred in the phenological periods of the flower-fill crop when there is less presence of people and decreased in the harvest months. Likewise, diurnal, and nocturnal mammals were detected, where the greatest activity was at night. Regarding participation in the food chain, six levels of participation were established: large carnivores, large omnivores, medium omnivores, medium herbivores, small omnivores, and small insectivores, which disperse large and small seeds in different ways.

Conclusion: It is reaffirmed that agroecosystems with coffee will not necessarily replace the functionality of a forest, but it is a secondary habitat that can collaborate in the protection of mammals and other species of flora and fauna.

Lista de cuadros

Cuadro 1. Especies de mamíferos no voladores reportados en cafetales con sombra de Mesoamérica.	13
Cuadro 2. Especies de mamíferos voladores reportados en cafetales con sombra de Mesoamérica.	15
Cuadro 3. Métodos de muestreo de mamíferos no voladores en distintas investigaciones.	16
Cuadro 4. Tipos de trampas utilizadas para capturar mamíferos en distintas investigaciones.	18

Capítulo 1. Diversidad de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.

Cuadro 1.1. Abundancia de especies en agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.....	33
---	----

Capítulo 2. Dispersión de semillas y participación en la cadena alimenticia de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.

Cuadro 2. 1. Mamíferos presentes en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.....	68
---	----

Cuadro 2.2. Especies con potencial de alimentación y dispersión de semillas para los mamíferos presentes en Rincón de Mora.	69
---	----

Lista de figuras

Capítulo 1. Diversidad de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.

Figura 1.1. Ubicación del área de estudio en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. 22

Figura 1.2. Distribución de trampas de captura viva tipo sherman para mamíferos pequeños en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022..... 23

Figura 1.3. Distribución de siete trampas havahart para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. 24

Figura 1.4. Distribución de cuatro cámaras trampa para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. 25

Figura 1.5. Colocación de redes niebla en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. 26

Figura 1.6. Cuatro de las cinco especies de mamíferos pequeños capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. 29

Figura 1.7. Especies de mamíferos medianos capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022..... 30

Figura 1.8. Especies de mamíferos grandes capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022..... 31

Figura 1.9. Especies de mamíferos voladores capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022..... 32

Figura 1.10. Captura y marcaje de mamíferos en agroecosistemas con café para determinar abundancia, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. 34

Figura 1.11. Registros de mamíferos con mayor abundancia en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica.. 35

Figura 1.12. Registros de mamíferos con abundancia media en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica.. 37

Figura 1.13. Registros de mamíferos con abundancia media en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica..	39
Figura 1.14. Periodos de actividad de especies con mayores registros de abundancia, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.....	39
Figura 1.15. Periodos de actividad de especies con registros de abundancia media, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.....	40
Figura 1.16. Periodos de actividad de especies con menores registros de abundancia, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.....	41
Capítulo 2. Dispersión de semillas y participación en la cadena alimenticia de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.	
Figura 2.1. Ubicación del área de estudio en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022	61
Figura 2.2. Distribución de trampas de captura viva tipo sherman para mamíferos pequeños en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.....	62
Figura 2.3. Distribución de trampas havahart para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.	64
Figura 2.4. Distribución de cámaras trampa para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.	65
Figura 2.5. Colocación de redes niebla en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.	66
Figura 2.6. Simbología de depredadores y hábitos alimentarios utilizados en las cadenas tróficas realizadas.	67
Figura 2.7. Granos de café extraídos en las bolsas de <i>Heteromys salvini</i> en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022	71
Figura 2.8. Semillas consumidas por <i>Sciurus variegatoides</i> . Período marzo 2019-febrero 2022.....	71
Figura 2.9. Ítems consumidos en el sitio de estudio por <i>Dasyprocta punctata</i> . Período marzo 2019-febrero 2022.....	72

Figura 2.10. Ítems consumidos presentes en el área de estudio por <i>Philander melanurus</i> Período marzo 2019-febrero 2022..	73
Figura 2.11. Ítems consumidos en el área de estudio por <i>Procyon lotor</i> . Período marzo 2019-febrero 2022.	74
Figura 2.12. Ítems consumidos en el área de estudio por <i>Eira barbara</i> (A) Período marzo 2019-febrero 2022.	75
Figura 2.13. Posible dieta de mamíferos grandes. Período marzo 2019-febrero 2022.	76
Figura 2.14. Ítems consumidos en el área de estudio por <i>Carollia perspicillata</i> . Período marzo 2019-febrero 2022.	77
Figura 2.15. Red trófica de mamíferos terrestres registrados en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.	78
Figura 2.16. Red trófica teórica de mamíferos terrestres registrados en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica, complementada con información bibliográfica.	85
Figura 2.17. Red trófica teórica de mamíferos voladores registrados en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica, complementada con información bibliográfica.	88

Lista de abreviaturas

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CONAGEBIO: Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad

CONARE: Consejo Nacional de Rectores

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

ONU: Organización de Naciones Unidas



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Ronald Jesús Sánchez Brenes, con cédula de identidad 206470044, en mi condición de autor del TFG titulado Funciones ecosistémicas de mamíferos silvestres en un agroecosistema con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

1. Introducción

El tema de biodiversidad es relevante para el entendimiento de los agroecosistemas. Una de las razones para atender los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) planteados en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2015), en específico los objetivos número 12, denominado “Producción y Consumo Responsable” y el número 15 “Vida de Ecosistemas Terrestres”, es tomar en cuenta la biodiversidad, de la cual no se ha estudiado su influencia en el desarrollo de los cultivos, en particular de los mamíferos (Caudill *et al.* 2014).

Para poder alcanzar el objetivo 12, FAO (2015) indicó que se debe ayudar a la integración de la biodiversidad a nivel nacional y regional, con el fin de promover el conocimiento, la conservación, el desarrollo y el uso de variedades, cultivares, plantas y animales utilizados como alimentos para hacer frente a la malnutrición. También se debe tomar en cuenta a las especies silvestres marginadas e infrautilizadas que contribuyen a la salud y nutrición. Asimismo, para el objetivo 15, se indica que los ecosistemas sanos protegen el planeta y mantienen los medios de subsistencia; sin embargo, la conversión del uso del suelo hace que los recursos naturales se deterioren, los ecosistemas estén bajo presión y se pierde la diversidad biológica en todo el mundo. Por lo tanto, se promueven enfoques sostenibles para la gestión de los recursos naturales en los diferentes ecosistemas.

Costa Rica se ha caracterizado por conservar la biodiversidad y prueba de esto es que muchos sistemas agrícolas (entre ellos el café) se trabajan como agroecosistemas lo cual colabora con el aumento de la biodiversidad. Un ejemplo de ello son los agroecosistemas con café. Gliessman (2000) mencionó que hacen falta estudios que incorporen explícitamente la conceptualización de fincas de café como agroecosistemas o sistemas en donde se aplican conceptos de ecología en el diseño de estrategias de manejo sustentable. En los cafetales arbolados dadas sus características económicas, sociales y sobre todo ambientales, se pueden observar una gran diversidad de especies animales que conviven en esos ambientes (Sánchez y Moya, 2018). Desde esta

perspectiva, las fincas de café son sistemas sumamente complejos y se requiere de un entendimiento profundo tanto de las interacciones ecológicas entre individuos, poblaciones, y comunidades, como de los procesos ecosistémicos y los servicios ambientales que se generan (Vandermeer 1995, Altieri 1999, Gliessmann 2000, Tilman *et al.* 2002).

En los agroecosistemas con café de Costa Rica, se han realizado esfuerzos de investigación en cuanto a biodiversidad y servicios ecosistémicos dirigido a grupos de aves, insectos (sobre todo abejas) y plantas (Caudill *et al.* 2014). Gallina *et al.* (1992, 1996) destacaron que los estudios mastofaunísticos en cafetales de México y otras regiones cafetaleras de América Latina son muy limitados, comparados con otros grupos animales. Esto ha sido una tendencia dado que Klinger (2006), Lambert *et al.* (2006), Caudill *et al.* (2013) y Caudill *et al.* (2014), señalaron que se han hecho pocos estudios con mamíferos en agroecosistemas y la mayoría de ellos quedan a nivel de conocer la diversidad y los hábitats en donde se encuentran. Es decir, se deja de lado las características específicas que necesitan estas especies en estos hábitats y el papel que desempeñan, entre los que se encuentran los servicios ecosistémicos.

La consideración de la biodiversidad en los agroecosistemas ha tomado importancia en los últimos años con el fin de cumplir con la agenda 2030, en la cual se espera cumplir con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, entre ellos el número 12: Producción y Consumo Responsable (ONU, 2015). Por lo general, este tema a nivel agronómico se deja de lado y se le da más relevancia al manejo y productividad de los sistemas agrícolas, sin tomar en cuenta el papel fundamental que juegan los diferentes elementos que lo componen y los servicios ecosistémicos que pueden ofrecer.

La Comisión de Recursos Genéticos de la FAO (2015) aprobó las directrices voluntarias sobre la incorporación general de la biodiversidad en las políticas, los programas y los planes de acción nacionales y regionales sobre nutrición con el fin de ayudar a los países a hacer el mejor uso de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en sus programas de nutrición. El objetivo de estas directrices es ayudar a la integración de la

biodiversidad, tanto nacional como regional, para promover el conocimiento, la conservación, el desarrollo y el uso de variedades, cultivares, plantas y animales utilizados como alimentos para hacer frente a la malnutrición. También se toma en cuenta las especies silvestres marginadas y subutilizadas que contribuyen a la salud y nutrición. Para cumplir con esto, FAO (2016) hizo énfasis en los servicios ecosistémicos y adujo que algunos son más fáciles de valorar que otros. La polinización, el ciclo de elementos nutritivos y la dispersión de semillas cumplen funciones de apoyo vitales, pero no se valoran con tanta facilidad. Esta falta de valoración amenaza la continuidad de dichos servicios, por lo que la capacidad de disfrutar de los servicios ecosistémicos en el futuro depende de cómo se entiendan, se valoren y se gestionen (FAO, 2016).

Costa Rica se caracteriza por poseer diversos agroecosistemas, incluidos aquellos con café, que contribuyen con el aumento de la biodiversidad. El Consejo Nacional de Rectores (CONARE) (2014) indicó que este país tiene fortalezas importantes que lo han llevado a posicionarse en el mundo como un país responsable, innovador en materia ecológica y con avances en conservación. Sin embargo, existe poca conciencia y consecuentemente pocas acciones relacionadas con la biodiversidad asociada a los sistemas agrícolas. Las iniciativas en el sector agrícola se orientan a utilizar elementos de la biodiversidad asociada para el combate de plagas (control biológico), manejo agronómico y nutrición (CONARE, 2014). Sin embargo, falta promoción, planificación, voluntad política y apoyo para desarrollar iniciativas que estimulen la conservación y manejo de la biodiversidad. CONAGEBIO, FAO, MAG y MINAE (2015) indican que la tendencia general es el reconocimiento de la biodiversidad asociada a los sistemas de producción, especialmente los agroecosistemas.

La ley de Biodiversidad (1998) en su artículo 10 menciona que se debe promover la participación de todos los sectores sociales en la conservación y el uso ecológicamente sostenible de la biodiversidad, para procurar la sostenibilidad social, económica y cultural. A su vez, se debe reconocer los derechos que provienen de la contribución del conocimiento científico para la conservación y el uso ecológicamente sostenible de los elementos de la biodiversidad.

Los cafetales en Costa Rica han sido objeto de estudio en temas de biodiversidad, donde uno de los grupos menos estudiados ha sido los mamíferos (Caudill *et al.* 2014). Por lo general las investigaciones con este grupo de animales son limitadas (Gallina *et al.* 1992, 1996 y Moguel y Toledo, 1999). Aunado a lo anterior, los estudios sobre servicios ambientales que proveen los mamíferos en cafetales latinoamericanos son casi nulos (Manson *et al.* 2008). Asimismo, se deja de lado las características específicas que necesitan estas especies en estos hábitats y el papel que desempeñan en la cadena trófica. Por eso, la presente investigación, se enfocó en determinar la diversidad, las funciones ecosistémicas de dispersión de semillas y participación en la cadena trófica de los mamíferos silvestres en agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar las funciones ecosistémicas de dispersión de semillas y participación en la cadena trófica de los mamíferos silvestres en agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

2.2 Objetivos específicos

Determinar la diversidad de mamíferos silvestres presentes en agroecosistemas de café.

Identificar la función de dispersión de semillas por parte de los mamíferos silvestres en los agroecosistemas con café.

Evidenciar la participación de los mamíferos silvestres en la cadena alimenticia de los agroecosistemas con café.

3. Revisión de literatura

3.1 Importancia de los ecosistemas terrestres

Un ecosistema se define como una red compleja e interrelacionada de seres vivos y de su entorno no vivo (Audersik y Audersik,1997). En el caso de los ecosistemas terrestres se caracterizan por tener una biomasa vegetal mayor a la de animales u otros heterótrofos (Margalef, 1974). De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018) la Agenda 2030 de la ONU, específicamente en el objetivo 15 Ecosistemas de vida terrestres, indica que se debe promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica. Para ello se han planteado diferentes metas dentro de las cuales para esta investigación son importantes a tomar en cuenta las siguientes:

- **15.1.** Asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres.
- **15.4.** Asegurar la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible
- **15.5.** Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.
- **15.b.** Movilizar recursos considerables de todas las fuentes y a todos los niveles para financiar la gestión forestal sostenible y proporcionar incentivos adecuados a los países en desarrollo para que promuevan dicha gestión, en particular con miras a la conservación y la reforestación.

3.2 Desde los sistemas agroforestales a la producción cafetalera con sombra

La transformación de paisajes en las regiones tropicales y la intensificación de los monocultivos ha sido una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, heterogeneidad de ecosistemas y cambios en la estructura vegetal (Guhl, 2004). La

agricultura reemplaza ecosistemas más diversos y heterogéneos por ecosistemas homogéneos y simples (Guhl, 2009).

En el mundo, el café se siembra principalmente de dos maneras, una es en plantaciones donde solo están los cafetos, generalmente de la especie robusta, *Coffea canephora*, se alinean en carriles a pleno sol y otra es donde intercalados los carriles se dejan crecer o plantan árboles cuya sombra beneficia a los cafetos, generalmente de la especie *Coffea arabica* (Manson *et al.* 2018).

Las formas tradicionales de cultivos han generado impactos negativos sobre el ambiente y han disminuido la variabilidad biológica de los bosques, es por eso, por lo que los sistemas agroforestales representan un medio que une dos factores importantes: la producción sostenible y la protección de la biodiversidad (Corella, 2016). De acuerdo con Rojas *et al.* (2020) un cafetal arbolado es un ecosistema cuyo principal fin es la producción cafetalera, pero donde los componentes arbóreos y arbustivos contribuyen a la sostenibilidad ecológica, financiera y social. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2010) indicó que estos sistemas consisten en una forma de manejo del terreno, donde se combinan los árboles y arbustos con cultivos agrícolas anuales, perennes o pastos, en un mismo momento o de forma progresiva, según las prioridades del productor.

Esos sistemas incluyen por lo menos dos especies vegetales y una de ellas debe ser un árbol o arbusto, asociado con un cultivo. Sus ventajas incluyen la diversificación de productos y servicios en la finca, el reciclaje de nutrimentos que favorece la fertilización de cultivos y el control de los posibles efectos de competencia por luz, agua y nutrientes. Los cafetales arbolados tienen diferentes tipos de sombra:

- Sistema tradicional o rústico: el cafeto se planta bajo el bosque existente con una débil alteración de su cubierta.
- Sistema de policultivo tradicional: el cafeto se cultiva bajo una cubierta forestal menos densa, pero con frecuencia enriquecida con especies forestales de alto valor utilitario.

- Sistema de policultivo comercial: predominan los árboles frutales y musáceas (plátano-banano).
- Sistema bajo sombra especializada y fuertemente controlada: asegurada por una o dos especies forestales, generalmente leguminosas (*Inga spp*, *Erythrina spp*, *Gliricidia sepium*, o especies de madera de construcción como *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata*).
- Monocultivo o cultivo puro: en el que la sombra está totalmente eliminada (Moguel y Toledo, 1999).

Por lo tanto, los agroecosistemas con café de Rincón de Mora se podrían catalogar como policultivo tradicional de acuerdo con estos autores.

Para el Valle Central de Costa Rica, donde se ubican los cafetales objeto de estudio, Rojas *et al.* (2020) indican que hay de dos tipos:

- Simples o monoespecíficos: cuando solo se utiliza una especie arbórea.
- Compuestos o mixtos: cuando se utiliza más de una especie, ya sea arbórea o arbustiva, como en el caso de Rincón de Mora.

Los cafetos con manejo agroforestal o bajo sombra, proveen hábitat para la vida silvestre (Perfecto *et al.*, 2003; Philpott y Bichier, 2012; Williams-Guillén y Perfecto, 2010). Además, funcionan como corredor biológico para incrementar la conectividad entre bosques remanentes y paisajes fragmentados (Vandermeer y Carvajal, 2001; Steffan-Dewenter, 2002). El 60% de los cafetales costarricenses, son agroecosistemas de café con sombra (Hergoualc'h *et al.* 2012), en donde, se combina el cultivo de café con otras especies, en forma ordenada. Pueden emplearse árboles maderables de alto valor comercial como *Cedrela odorata* (cedro), *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Laurus nobilis* (laurel) y otros, frutales como *Citrus sp* (cítricos), *Persea americana* (aguacate) y *Mangifera indica* (mango), palmas como *Bactris gasipaes* (pejibaye) y mejoradores del suelo y del clima como *Erythrina poeppigiana* (poró), *Inga spp* (guabas) o *Gliricidia sepium* (madero negro) (MAG, 2010). Además, es uno de los pocos sistemas productivos

capaces de sostener una comunidad de mamíferos de muy diversas especies, a pesar de la transformación de la vegetación original, ya que mantiene los estratos arbóreos del café de sombra, lo que proporciona una buena fuente de alimento, refugio, nidos y protección para los mamíferos (Faminow y Rodríguez, 2001).

3.3 Agroecosistemas como reservorios de biodiversidad

La biodiversidad es la diversidad de ecosistemas, de especies en estos ecosistemas y del genoma dentro de estas especies. La biodiversidad agrícola abarca la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que son necesarios para mantener las funciones del agroecosistema, su estructura y procesos para y en apoyo de la seguridad alimentaria. La protección de la biodiversidad es fundamental para la humanidad, no sólo porque una gran diversidad de especies, sino también porque los ecosistemas saludables brindan servicios vitales como polinización, manejo de plagas, funciones de filtración de suelos y regulación de ciclos de nutrientes. En los paisajes agrícolas, la biodiversidad depende de la riqueza del paisaje en estructuras biológicas y de la intensidad de cultivo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2013).

La estructura vegetal de los agroecosistemas con café es compleja (Manson *et al.* 2008), y similar a los bosques nativos, por lo que se pueden hallar muchas especies (Perfecto *et al.* 1996, Schroth *et al.* 2004). Distintas investigaciones han demostrado que los cafetales con sombra mantienen el hábitat para muchas especies, ya sean epífitas (Solis-Montero *et al.* 2005, Hietz 2005), hierbas y arbustos (Mayfield y Daily 2005, Potvin *et al.* 2005), árboles (Bandeira *et al.* 2005, Potvin *et al.* 2005, Soto-Pinto *et al.* 2002, 2007), diferentes grupos de insectos (Nestel *et al.* 1993, Ricketts *et al.* 2001, Perfecto *et al.* 1997, Arellano *et al.* 2005), ranas (Pineda *et al.* 2005), aves (Greenberg *et al.* 1997a, 1997b, Tejeda-Cruz y Sutherland 2004, Komar 2006) y mamíferos, como murciélagos (Pineda *et al.* 2005), y monos (Williams-Guillen *et al.* 2006).

Asimismo, los agroecosistemas con café pueden servir como corredores biológicos, dado que facilitan el movimiento de las especies de bosque entre los fragmentos forestales (Vandermeer y Carvajal 2001). También pueden reducir los impactos negativos de

efectos de borde sobre los remanentes de bosque que quedan en la región (Murcia 1995, Gascon y Lovejoy 1998), ya que forman transiciones más suaves entre el bosque y la matriz, generando menos efectos de borde negativos dentro del bosque y la posibilidad de que cuando los cafetales se abandonen éstos se conviertan en bosque rápidamente (López-Barrera 2004), lo que favorece a este hábitat para ser un reservorio de biodiversidad.

Del mismo modo, estos agroecosistemas tienen otras funciones, tales como:

- Son hábitat de animales, plantas silvestres y hongos, ayudan a mantener la biodiversidad y conservar las fuentes de semillas para el futuro.
- Se obtienen plantas medicinales y animales benéficos que son los enemigos de plagas y enfermedades que atacan a los cultivos.
- Se produce oxígeno mediante la captura del dióxido de carbono que es convertido en madera.
- Proveen productos extras que complementan la economía como fuentes de alimentos, materiales de construcción, madera para muebles, medicina natural.
- Ayudan a evitar la erosión del suelo mediante el proceso de infiltración.
- Sirven como espacios de esparcimiento, paisajístico y de diversión.
- Mantienen la recarga acuífera y crean microclimas (Manson *et al.*, 2018).

3.4 Funciones ecosistémicas

La biodiversidad es determinante en la función del ecosistema, así como la provisión de servicios ecosistémicos (Garbach *et al.*, 2014). En agricultura, la provisión de servicios ecosistémicos es determinado de acuerdo con el diseño y manejo de la producción (Zhang *et al.* 2007). A su vez, la agricultura es fuertemente influenciada por las funciones y diversidad que hay en el paisaje (Kremen y Ostfeld, 2005; Tschamtkke *et al.*, 2005).

Los sistemas agroecológicos (incluidos los de café) contribuyen al flujo de servicios ecosistémicos tanto del área del cultivo como de las áreas aledañas (Garbach *et al.*

2014). De acuerdo con FAO (2016), estos servicios se caracterizan por mantener la calidad del aire y del suelo, permitir el control de plagas y enfermedades y polinizar los cultivos. Los servicios ecosistémicos también aseguran la producción a futuro, proveen hábitat para la vida silvestre y personas, crean genes y compuestos químicos que sirven como herramientas para la ciencia e innovación. Algunos servicios ecosistémicos son más evidentes que otros.

Según Garbach *et al.* (2014), los servicios ecosistémicos se categorizan en cuatro grupos que se describen a continuación:

- Servicios de soporte: servicios necesarios para la producción de otros servicios ecosistémicos, como formación del suelo, ciclos de nutrientes y fotosíntesis.
- Servicios de aprovechamiento: bienes y productos obtenidos de un ecosistema, entre ellos: alimentos, combustible, recursos bioquímicos y genéticos.
- Servicios de regulación: beneficios obtenidos de los procesos de regulación del ecosistema. Por ejemplo, secuestro de carbono, polinización, control de plagas, regulación del clima, filtración de agua.
- Servicios culturales: beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, tales como recreación, ecoturismo, estética, patrimonio cultural.

En el caso de los mamíferos silvestres como organismos presentes en sistemas agroecológicos como el café con sombra, cumplen con distintos servicios al ecosistema, tales como:

- Dispersión de semillas: más del 75% de las especies leñosas dependen de animales como los mamíferos para la dispersión de semillas o zoocoria (Rumiz, 2010). Los animales pueden ser frugívoros, especialistas o generalistas, grandes o pequeños, terrestres o voladores. La zoocoria incluye varias modalidades de transporte de semillas, ya que puede ocurrir a través del paso por el tracto digestivo (mamíferos), adherencia al pelaje, manipuleo, descarte y almacenamiento de semillas. Las semillas ingeridas por los dispersores tienen mejores posibilidades de germinar y de

establecerse al ser defecadas lejos de la planta madre (sin parásito ni depredadores) (Rumiz, 2010). Ponce-Santizo y Andresen (2018) mencionan que una de las interacciones planta-animal más prominente en los bosques tropicales es la interacción mutualista que ocurre entre animales frugívoros y las plantas que producen frutos carnosos, ya que muchos animales consumen frutos en su dieta y por ende, dispersan sus semillas.

- Carnivoría y control de herbívoros: los depredadores son considerados importantes agentes ecológicos porque unos pocos individuos pueden afectar las poblaciones de presas e indirectamente incrementar la diversidad en los niveles tróficos inferiores. Las poblaciones de presas se beneficiarían de sus depredadores porque estos previenen la diseminación de enfermedades y reducen la competencia por alimento al eliminar individuos enfermos, menos aptos o superabundantes, y porque también regulan las poblaciones de otras presas con las que probablemente compiten (Rumiz 2010).

3.5 Presencia de mamíferos en agroecosistemas con café mesoamericanos

Los mamíferos se encuentran dentro de los grupos más estudiados y descritos de manera taxonómica. Sin embargo, en agricultura, la biodiversidad de especies de plantas e insectos son las más investigadas (FAO, 2016). No obstante, se han hecho distintos estudios que se refieren a la presencia de mamíferos no voladores en sistemas agrícolas, en específico en sistemas de café con sombra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de mamíferos no voladores reportados en cafetales con sombra de Mesoamérica.

Referencias	País de muestreo	Lugar de muestreo	Especies reportadas
Pacheco <i>et al.</i> (2006)	Costa Rica	San Vito; Coto Brus	<i>Dasyopus novemcinctus</i> , <i>Didelphis marsupialis</i> , <i>Handleyomys alfaroi</i> , <i>Heteromys desmarestianus</i> , <i>Marmosa mexicana</i> , <i>Marmosa robinsoni</i> , <i>Melanomys caliginosus</i> , <i>Mus musculus</i> , <i>Oligoryzomys fulvescens</i> , <i>Peromyscus mexicanus</i> , <i>Philander opossum</i> , <i>Procyon lotor</i> y <i>Sylvilagus</i> spp.
Caudill <i>et al.</i> (2014)		Turrialba	
Sánchez y Moya (2018)		Rincón de Mora, San Ramón	
Rodríguez (2011)	El Salvador	Ahuachapan	<i>Odocoileus virginianus</i> , <i>Mustela frenata</i> , <i>Urocyon cinereoargenteus</i>
Escobar (2015)	Guatemala	Atitlán	<i>Cuniculus paca</i> , <i>Dasyprocta punctata</i> , <i>Dasyopus novemcinctus</i> , <i>Didelphis</i> spp, <i>Leopardus wiedii</i> , <i>Mephitis macroura</i> , <i>Nasua narica</i> , <i>Odocoileus virginianus</i> , <i>Procyon lotor</i> , <i>Puma concolor</i> , <i>Tamandua mexicana</i> , <i>Urocyon cinereoargenteus</i> , <i>Sciurus</i> sp.
Marineros <i>et al.</i> (2016)	Honduras	Santa Bárbara	<i>Calorhynchus derbianus</i>
Moguel y Toledo (1999)	México	Sur, Centro y Golfo de México	<i>Tamandua mexicana</i> , <i>Lutra longicaudis</i> , <i>Sphiggurus mexicanus</i> .
Cruz-Lara <i>et al.</i> (2004)		Chiapas	<i>Agouti paca</i> , <i>Dasyprocta punctata</i> , <i>Didelphis marsupialis</i> , <i>Didelphis virginiana</i> , <i>Heteromys desmarestianus</i> , <i>Oryzomys alfaroi</i> , <i>Oryzomys couesi</i> , <i>Oryzomys rostratus</i> , <i>Ototylomys phyllotis</i> , <i>Peromyscus aztecus</i> , <i>Peromyscus mexicanus</i> , <i>Philander opossum</i> , <i>Mus musculus</i> , <i>Sigmodon hispidus</i> , <i>Sylvilagus brasiliensis</i> , <i>Tylomys nudicaudus</i> .
Dienle (2016)			<i>Heteromys goldmani</i> , <i>Handleyomys</i> spp, <i>Oligoryzomys fulvescens</i> y <i>Peromyscus</i> spp.
Mendoza y Horvath (2013)			<i>Peromyscus mexicanus</i> , <i>Peromyscus gymnotis</i> , <i>Reithrodontomys gracilis</i> , <i>Oligoryzomys fulvescens</i> .
Gallina <i>et al.</i> (1996)	Veracruz		<i>Philander opossum</i> , <i>Didelphis marsupialis</i> , <i>Didelphis virginiana</i> , <i>Dasyopus novemcinctus</i> , <i>Nasua narica</i> , <i>Sciurus aureogaster</i> , <i>Procyon lotor</i> .
Manson <i>et al.</i> (2008)			<i>Dasyopus novemcinctus</i> , <i>Didelphis marsupialis</i> , <i>Galictis vittata</i> , <i>Puma yagouaroundi</i> , <i>Marmosa mexicana</i> , <i>Microtus quasiater</i> , <i>Oryzomys alfaroi</i> , <i>Oligoryzomys fulvescens</i> , <i>Peromyscus aztecus</i> , <i>Reithrodontomys mexicanus</i> , <i>Sylvilagus floridanus</i> , <i>Tamandua mexicana</i> , <i>Urocyon cinereoargenteus</i>

Cuadro 1. Continuación

Referencias	País de muestreo	Lugar de muestreo	Especies reportadas
Tlapaya y Gallina (2010)	México	Veracruz	<i>Bassariscus astutus</i> , <i>Canis latrans</i> , <i>Cuniculus paca</i> , <i>Dasyprocta mexicana</i> , <i>Dasyopus novemcinctus</i> , <i>Didelphis virginiana</i> , <i>Leopardus wiedii</i> , <i>Mephitis macroura</i> , <i>Mustela frenata</i> , <i>Nasua narica</i> , <i>Potos flavus</i> , <i>Procyon lotor</i> , <i>Sciurus aureogaster</i> , <i>Sylvilagus floridanus</i> , <i>Tamandua mexicana</i> , <i>Urocyon cinereoargenteus</i> .
Estrada et al. (1994)	México	Oaxaca	<i>Alouatta palliata</i> , <i>Bassariscus sumichrasti</i> , <i>Didelphis marsupialis</i> , <i>Orthogeomys hispidus</i> , <i>Philander opossum</i> , <i>Potos flavus</i> , <i>Sciurus aureogaster</i> .
García-Estrada et al. (2015)			<i>Heteromys pictus</i> , <i>Peromyscus beatae</i> , <i>Sigmodon zanjonensis</i> , <i>Tlacuatzin canescens</i>
Contreras (2010)			<i>Lyomis irroratus</i> , <i>Olygoryzomys fulvescens</i> , <i>Oryzomys chapmani</i> , <i>Oryzomys rostratus</i> , <i>Peromyscus aztecus</i> , <i>Peromyscus beatae</i> , <i>Peromyscus mexicanus</i> , <i>Reithrodontomys mexicanus</i> , <i>Reithrodontomys fulvescens</i> , <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> , <i>Sigmodon hispidus</i> , <i>Tylomis nudicaudus</i> .

De igual forma se ha evidenciado la presencia de mamíferos voladores que contribuyen a los agroecosistemas de café con sombra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies de mamíferos voladores reportados en cafetales con sombra de Mesoamérica.

Referencias	País de muestreo	Lugar de muestreo	Especies reportadas
Sánchez y Moya (2018)	Costa Rica	Rincón de Mora, San Ramón	<i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Carollia perspicillata</i> , <i>Hylonectris underwoodi</i> , <i>Platyrrhinus helleri</i> , <i>Vampyressa thuyone</i>
Kraker-Castañeda y Pérez Consuegra (2011)	Guatemala	Antigua	<i>Artibeus azteca</i> , <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus intermedius</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Artibeus tolteca</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Sturnira ludovici</i> , <i>Sturnira lilium</i>
Espinal y Mora (2012)	Honduras	Choluteca	<i>Eptesicus brasiliensis</i>
Cruz-Lara <i>et al.</i> (2004)	México	Chiapas	<i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Artibeus phaeotis</i> , <i>Artibeus watsoni</i> , <i>Artibeus toltecus</i> , <i>Carollia brevicauda</i> , <i>Chiroderma villosum</i> , <i>Choeroniscus godmani</i> , <i>Centurio senex</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Diphylla ecaudata</i> , <i>Glossophaga commissarisi</i> , <i>Glossophaga morenoi</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Hylonycteris underwoodi</i> , <i>Myotis nigricans</i> , <i>Phyllostomus discolor</i> , <i>Platyrrhinus helleri</i> , <i>Sturnira litium</i> , <i>Sturnira ludovici</i> , <i>Tonatia saurophila</i> , <i>Uroderma bilobatum</i> , <i>Vampyressa pusilla</i> .
Mendoza y Horvath (2013)			<i>Anoura geoffroyi</i> , <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Artibeus phaeotis</i> , <i>Artibeus toltecus</i> , <i>Carollia sowelli</i> , <i>Enchisthenes hartii</i> , <i>Glossophaga commissarisi</i> , <i>Glossophaga morenoi</i> , <i>Hylonectris underwoodi</i> , <i>Micronycteris microtis</i> , <i>Mormoops megalophylla</i> , <i>Myotis keaysi</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> , <i>Sturnira lilium</i> , <i>Sturnira ludovici</i>
García-Estrada <i>et al.</i> (2015)		Oaxaca	<i>Anoura geoffroyi</i> , <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Artibeus phaeotis</i> , <i>Artibeus toltecus</i> , <i>Artibeus watsoni</i> , <i>Carollia subrufa</i> , <i>Centurio senex</i> , <i>Chiroderma salvini</i> , <i>Choeroniscus godmani</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Glossophaga commissarisi</i> , <i>Glossophaga morenoi</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> , <i>Sturnira hondurensis</i> , <i>Sturnira parvidens</i> , <i>Vampyressa thuyone</i>
García-Estrada <i>et al.</i> (2015)		Oaxaca	<i>Anoura geoffroyi</i> , <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Artibeus phaeotis</i> , <i>Artibeus toltecus</i> , <i>Artibeus watsoni</i> , <i>Carollia subrufa</i> , <i>Centurio senex</i> , <i>Chiroderma salvini</i> , <i>Choeroniscus godmani</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Glossophaga commissarisi</i> , <i>Glossophaga morenoi</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> , <i>Sturnira hondurensis</i> , <i>Sturnira parvidens</i> , <i>Vampyressa thuyone</i>

Cuadro 2. Continuación

Referencias	País de muestreo	Lugar de muestreo	Especies reportadas
Pineda <i>et al.</i> (2005)	México	Veracruz	<i>Anoura geoffroyi</i> , <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus intermedius</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Carollia brevicauda</i> , <i>Dermanura phaeotis</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Mormoops megalophylla</i> , <i>Pterontus davyi</i> , <i>Sturnira ludovici</i> .
Saldaña-Vasquez (2008)			<i>Anoura geoffroyi</i> , <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Artibeus lituratus</i> , <i>Artibeus phaeotis</i> , <i>Artibeus tolteca</i> , <i>Centurio senex</i> , <i>Carollia sowellii</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Sturnira lillium</i> , <i>Sturnira ludovici</i>

3.4 Métodos para muestrear mamíferos

La Agencia de Ambiente Europea (EEA, por sus siglas en inglés) (2010, 2012), destaca que los programas de monitoreo de biodiversidad han sido implementados en todo el mundo como una fuente de información del funcionamiento de los ecosistemas, así como para evaluar las políticas de conservación y sus metas. La diversidad de mamíferos no voladores se ha estudiado en distintos ecosistemas del mundo, entre ellos, los agroecosistemas de café, para lo cual, se han usado diferentes métodos de muestreo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Métodos de muestreo de mamíferos no voladores en distintas investigaciones.

Referencia	Tipo de muestreo		
	Cuadrículas	Lineal	Sitios estratégicos
Boonstra y Rodd (1983)	X		
Taulman <i>et al.</i> (1992)		X	
Drickamer y Mikesic (1993)	X		
Innes y Bendell (1998)	X	X	X
Whittaker <i>et al.</i> (1998)		X	
Weihong <i>et al.</i> (1999)	X		
Lyra y Pivello (2001)		X	X
Anthony <i>et al.</i> (2005)	X		
Nicolas y Colyn (2006)		X	
Niculaes (2006)	X		
Santos-Filho <i>et al.</i> (2006)		X	
García- Burgos (2007)			X
Cáceres <i>et al.</i> (2011)	X	X	
Manson <i>et al.</i> (2008)	X	X	X
Theuerkauf <i>et al.</i> (2011)		X	
Caudill <i>et al.</i> (2014)	X		X
Caudill <i>et al.</i> (2013)	X		X
Tan (2016)	X		
Torre <i>et al.</i> (2016)	X		

Los métodos de muestreo se complementan con las trampas (golpe, captura viva, caída libre y cámaras) que se utilizan para atrapar los mamíferos no voladores de acuerdo con las características de cada investigación. Los tipos de trampa se pueden implementar en conjunto o por separado (Cuadro 4).

Lyra y Pivello (2001) y Anthony *et al.* (2005) mencionaron que las trampas de caída libre funcionan como complemento a las de captura viva y las de golpe que son las que más se han usado. Innes y Bendell (1998), García-Burgos (2007) y Manson *et al.* (2008) indicaron que trampas de captura viva y cámaras trampa se pueden colocar en sitios estratégicos entre ellos madrigueras o veredas, o sea, no siempre deben estar en línea o cuadrícula.

Otro punto por tomar en cuenta es que las trampas funcionan de acuerdo con el tamaño de las especies. Por ejemplo, Drickemer y Mikesic (1993) hicieron una revisión de *Journal of Mammalogy* (1980-1989), en donde se reportaron el uso de trampas de captura viva (67 Sherman y 6 Longworth) y de golpe (6 Victor y 13 Museum Special) para mamíferos menores a 40g de 14 diferentes géneros. En otros estudios, Innes y Bendell (1998) capturaron mamíferos no voladores más grandes en trampas Longworth que en Sherman y caída libre. Torre *et al.* (2016) atraparon especies de más de 60g en Longworth y menor a este peso (incluido menos de 15 g) con Sherman.

Por otra parte, Lyra y Pivello (2001), Cáceres *et al.* (2011) indicaron que las trampas de caída sirven para especies menores a 10 cm y Nicolas y Colyn (2006) señalaron que estas trampas son eficientes para la captura de musarañas y especies poco comunes (Cuadro 4). Por otro lado, el método más común en distintas investigaciones para la captura de murciélagos en los trópicos son las redes de niebla (Cruz-Lara *et al.* 2004, Pineda *et al.* 2005, Saldaña Vásquez 2008, Kraker-Castañeda y Pérez-Consuegra 2011, Espinal y Mora 2012, García-Estrada *et al.* 2015, Sánchez y Moya, 2018).

4. Capítulo 1. Diversidad de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

Resumen

Introducción: Los agroecosistemas con café (*Coffea arabica*) son reservorios de biodiversidad donde se pueden encontrar especies de fauna, entre ellos algunos mamíferos. Los estudios de mamíferos en este hábitat han ido aumentando en los últimos años. Es importante conocer la riqueza, abundancia y diversidad de especies, así como los periodos de actividad para conocer a profundidad la dinámica de estos animales en un sistema productivo como los cafetales. **Objetivo:** Determinar la diversidad de mamíferos en agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. **Metodología:** se utilizaron diferentes métodos de captura (trampas de captura viva tipo sherman, havhart, cámaras trampa y redes de niebla) las cuales se colocaron en sitios estratégicos durante tres años de muestreo. **Resultados:** se logró muestrear 22 especies de mamíferos que clasificadas en tres grupos según su abundancia: mayor, media y menor. La mayor presencia de mamíferos se dió en las etapas fenológicas de floración-llenado y de fruto-hoja (al final de la cosecha). Se obtuvo datos de mamíferos en horarios diurnos y nocturnos. El índice de diversidad Shannon H tuvo un resultado de 1,80, mientras que el de Berger-Parker $d=0,69$. **Conclusión:** Según esta investigación, así como con otros estudios se puede considerar que los agroecosistemas con café son un hábitat alternativo de apoyo para la protección de especies de mamíferos y otra fauna asociada.

Palabras clave: Riqueza, abundancia, periodos de actividad, fauna silvestre.

Abstract

Introduction: Agroecosystems with coffee (*Coffea arabica*) are reservoirs of biodiversity where species of fauna can be found, including some mammals. Studies of mammals in this habitat have been increasing in recent years. It is important to know the richness, abundance, and diversity of species, as well as the periods of activity to gain an in-depth understanding of the dynamics of these animals in a productive system such as coffee plantations. **Objective:** To determine the diversity of mammals in agroecosystems with

coffee in Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. **Methods:** different capture methods were used (live capture traps such as Sherman, Havhart, camera traps and mist nets) which were placed in strategic locations during three years of sampling. **Results:** I got 22 species of mammals that I classified into three groups according to their abundance: major, medium, and minor. The greatest presence of mammals occurred in the phenological stages of flowering-filling and fruit-leaf (at the end of the harvest). Mammalian data was obtained during daytime and nighttime hours. The Shannon H diversity index had a result of 1.80, while the Berger- Parker $d = 0,61$. **Conclusion:** According to this research, as well as with other studies, agroecosystems with coffee can be considered as an alternative support habitat for the protection of mammalian species and other associated fauna.

Key words: Richness, abundance, activity periods, wildlife.

Introducción

El café se cultiva en regiones tropicales del mundo donde frecuentemente se traslapa con sitios donde hay alta biodiversidad (Caudill y Rice, 2016). El manejo de los cafetales con árboles con copas bien estructuradas, diversificadas y densas es una estrategia de conservación que promueve, protege y soporta el hábitat para la vida silvestre con altos niveles de biodiversidad (Manson *et al.*, 2008). Asimismo, proporciona medios de vida sostenibles para las comunidades locales y los propietarios de fincas (Vandermeer y Perfecto, 2007, Cassano *et al.*, 2012). Además, los agroecosistemas con café se han reconocido como corredores biológicos (Passami y Ribeiro, 2009) y refugio alternativo (Guzmán *et al.* 2016, De Bennhouwer 2013, Campera *et al.* 2021), dado que proporcionan hábitats adecuados para muchas especies, por lo que cumplen un papel importante en su conservación (Hansen *et al.*1991, Perfecto *et al.* 1996, Rice y Ward 1996).

Varios estudios han demostrado que las fincas de café con sombra establecidas bajo el dosel forestal son ejemplos de buenas prácticas agrícolas asociadas a la conservación de especies (Tadesse *et al.*, 2014). Este potencial de los agroecosistemas con café como

refugio para la vida silvestre (Perfecto *et al.* 2003, Bali, Kumar y Krishnaswamy 2007 y Sari *et al.* 2020) puede colaborar a mantener la biodiversidad (Imron *et al.* 2022), desde insectos hasta mamíferos (Perfecto *et al.* 2003, Sari *et al.* 2020, Bali *et al.* 2007).

De acuerdo con Caudill y Rice (2016), la cantidad de estudios sobre mamíferos en agroecosistemas está incrementando. Estos autores, además añaden que existen muchas dudas sobre cómo los mamíferos responden a diversos grados de cobertura de sombra e intensidad de manejo dentro de las fincas de café y cómo se puede mejorar este refugio potencial para los mamíferos en estos paisajes fragmentados. La estructura de la vegetación en el cultivo de café se relaciona directamente con la presencia de mamíferos (Gallina *et al.*, 1996). Los cafetales de Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica, poseen los tres estratos de vegetación (árboles, arbustos y herbáceas) (Sánchez y Moya, 2018) de manera más simplificada que un bosque. Por lo tanto, al conocer las características de estos agroecosistemas, la presente investigación se enfocó en determinar la diversidad de mamíferos silvestres presentes en cultivos de café de esta localidad.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos fincas colindantes con un área de 6,2 ha, ubicadas en la comunidad de Rincón de Mora (10° 0' 44" N, 84° 7' 28" O, y 10° 0' 34" N, 84° 7' 28" O) a 2,5 kilómetros al sur del distrito de San Rafael, cantón de San Ramón, provincia de Alajuela, Costa Rica. El paisaje que predomina en la zona son los agroecosistemas con café con sombra. Las fincas objeto de estudio se ubican entre los 1,200 y 1,250 m.s.n.m., con pendientes de 15, 30 y 45% (Sánchez y Moya, 2018). El tipo de sombra presente en estos agroecosistemas con café es policultivo comercial en el cual los árboles originales del bosque son reemplazados por otras especies útiles de sombrero (Moguel y Toledo, 1999).

En esta zona se presenta una precipitación de 3461mm por año, con una temperatura promedio de 20°C y una humedad relativa de 92% (CIGEFI, 2019). El uso de suelo de las fincas es de 3,5 ha en agroecosistema con café, 1,5 ha en forestal, 1266 m² de cultivo de mora (*Rubus sp*) (mora), un invernadero de 343 m² y el área restante 1266 m² corresponde a construcciones (Figura 1.1).

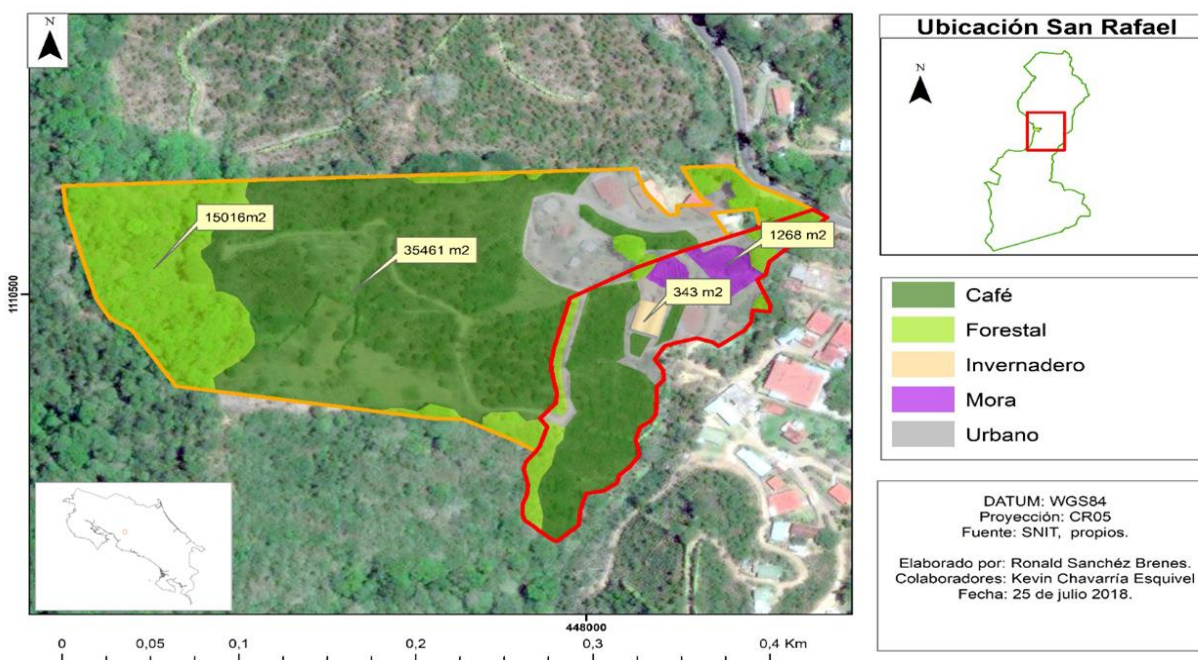


Figura 1.1. Ubicación del área de estudio en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

1. Riqueza

A. Muestreo de mamíferos pequeños

Para esta investigación se clasificó previamente para los muestreos como mamíferos pequeños no voladores a las ardillas, ratas, ratones, taltuzas y musarañas.

Se utilizaron un total de 73 trampas de captura viva tipo 22rellan, colocadas en línea de acuerdo con la topografía del terreno (Manson *et al.* (2008), Cáceres, Napoli y Hannibal (2011) y Theuerkauf *et al.* (2011)). Estas trampas se dispusieron únicamente en el cultivo de café. Cada una de las trampas de captura viva se separaron cada 10m, distribuidas

en 11 estaciones fijas nombradas de la letra A hasta la K y numeradas del uno al siete (Figura 1.2).

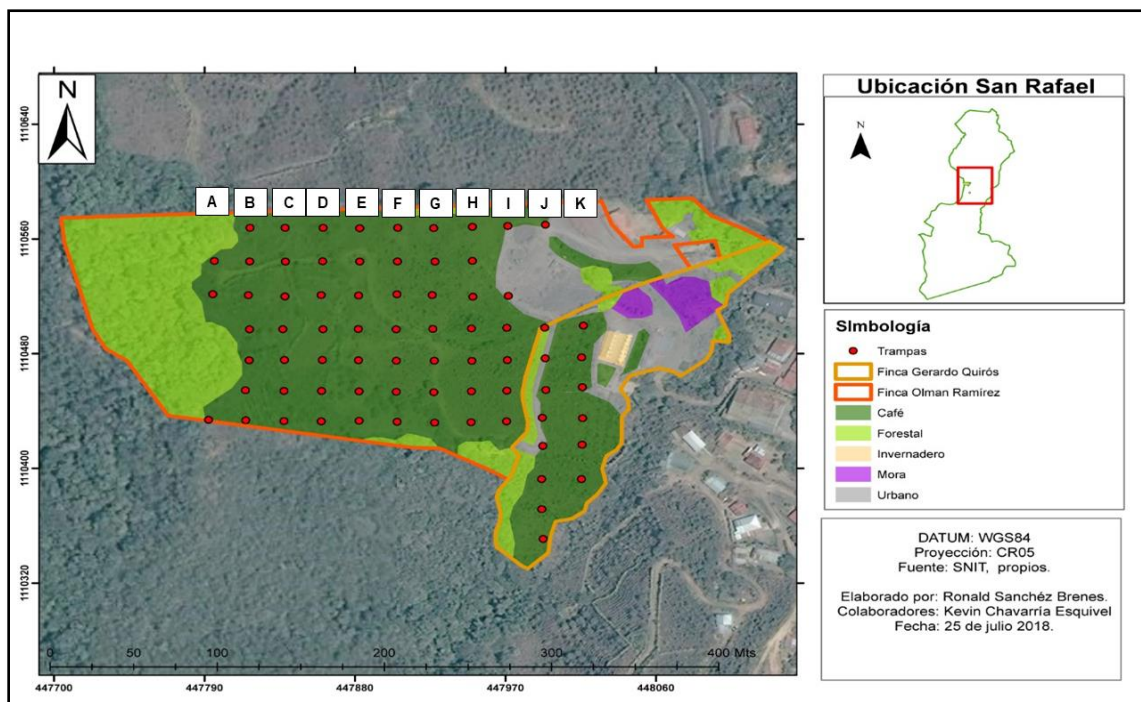


Figura 1.2. Distribución de trampas de captura viva tipo 23rellan para mamíferos pequeños en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

La intensidad de muestreo fue de 156 días (3 744 horas) distribuidos a lo largo de tres años en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de café. Las trampas se activaron en periodos de 24 horas con revisión una vez por día para verificar la captura de individuos, marcarlos y cambiar cebos. El cebo utilizado fue una mezcla de avena, mantequilla de maní, vainilla y embutidos. Asimismo, se usaron cámaras trampa Bushnell HD modelo 119740 (B&H Foto & Electronics Corp. 420 9th Ave, Nueva York, Estados Unidos).

B. Muestreo de mamíferos medianos y grandes

Se consideraron como mamíferos medianos *Procyon lotor* (Linnaeus,1758) (mapache), *Dasyprocta punctata* (Gray,1842) (guatusa), *Dasyurus novemcinctus* (Linnaeus,1758)

(armadillos), *Didelphis marsupialis* (Linnaeus,1758) y *Philander melanurus* (Thomas, 1899) (zorros), *Nasua narica* (Linnaeus,1758) (pizotes), entre otros de tamaños similares. Se interpretó como mamíferos grandes a *Canis latrans* (Say,1823) (coyotes), *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) (puma), *Galictis vittata* (Schreber,1776) (grisón) y *Eira barbara* (Linnaeus,1758) (tolomuco). Para determinar la riqueza de los mamíferos medianos se usaron dos métodos de trampeo, el primero mediante trampas havahart (HH 1085 EZ 1 Puerta 81 x 25,5 x 30,5cm,) y el segundo por cámaras trampa. Mientras que los mamíferos grandes solo se muestrearon con las cámaras trampa. Se colocaron siete trampas havahart en sitios estratégicos (árboles frutales, madrigueras, musáceas, lugares de paso, cerca de fuentes de agua) (Manson *et al.* (2008) Caudill *et al.* (2014) y (Torre *et al.* 2016)) (Figura 1.3).

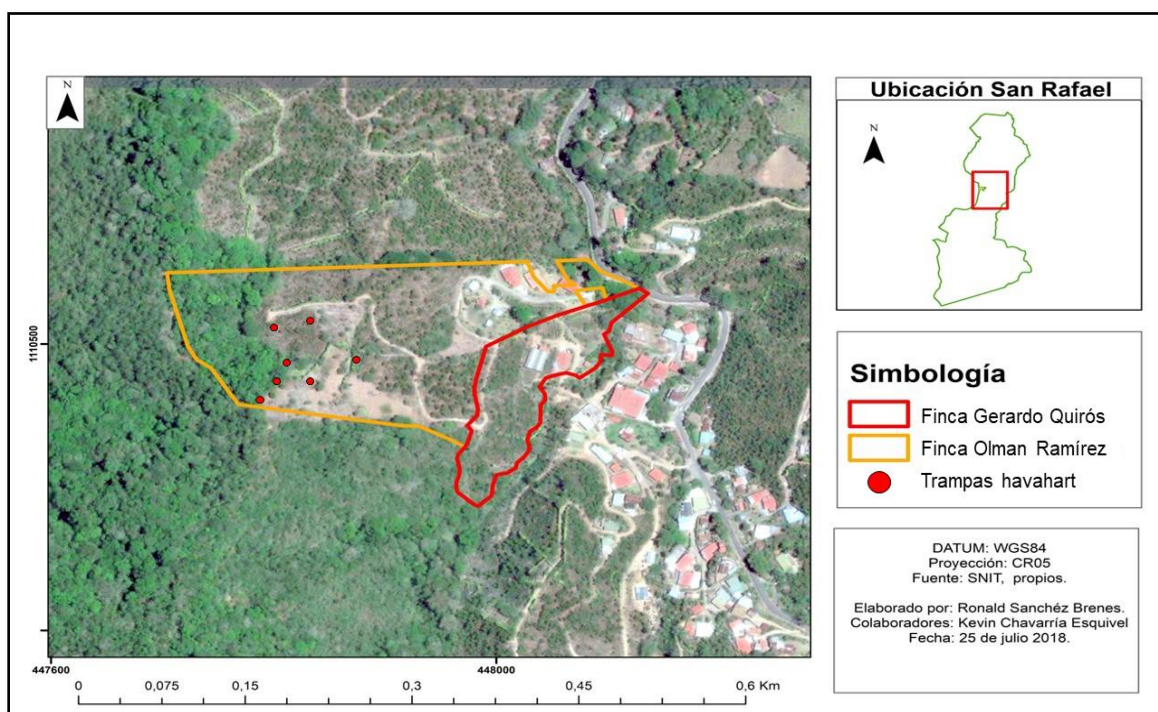


Figura 1.3. Distribución de siete trampas havahart para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

Las trampas havahart se colocaron al mismo tiempo que las trampas de captura viva tipo 24rellan en un total de 156 días a lo largo de dos años (3744 horas). Se colocó el cebo en horas de la tarde (16:00 horas) y se revisaron al día siguiente en horas de la mañana

(08:00) para identificar el animal capturado, marcarlo y cambiar el cebo. La carnada utilizada fue la misma que se puso en las trampas de captura viva tipo 25rellan para mamíferos pequeños, además de algunas frutas y vegetales como bananos, plátanos, naranjas, tomates, los cuales se cambiaron en cada revisión de trampa.

En cuanto a las cámaras trampa se usaron cuatro dispositivos. Al igual que las trampas havahart se colocaron en sitios estratégicos (Manson *et al.*, 2008; Caudill *et al.*, 2014; y Torre *et al.*, 2016). Estos dispositivos se ubicaron a una altura de 20 a 50 cm del suelo, y no se utilizaron cebos ni sustancia que atrajeran a los mamíferos en el sitio donde se colocó la cámara (Lizcano, 2018). Las cámaras funcionaron en modo mixto (foto y video) de manera continua durante 3 años de muestreo (26280 horas). Solo se desactivaron para obtener los datos almacenados en las tarjetas SD y cambiar las baterías en los momentos requeridos (Figura 1.4).

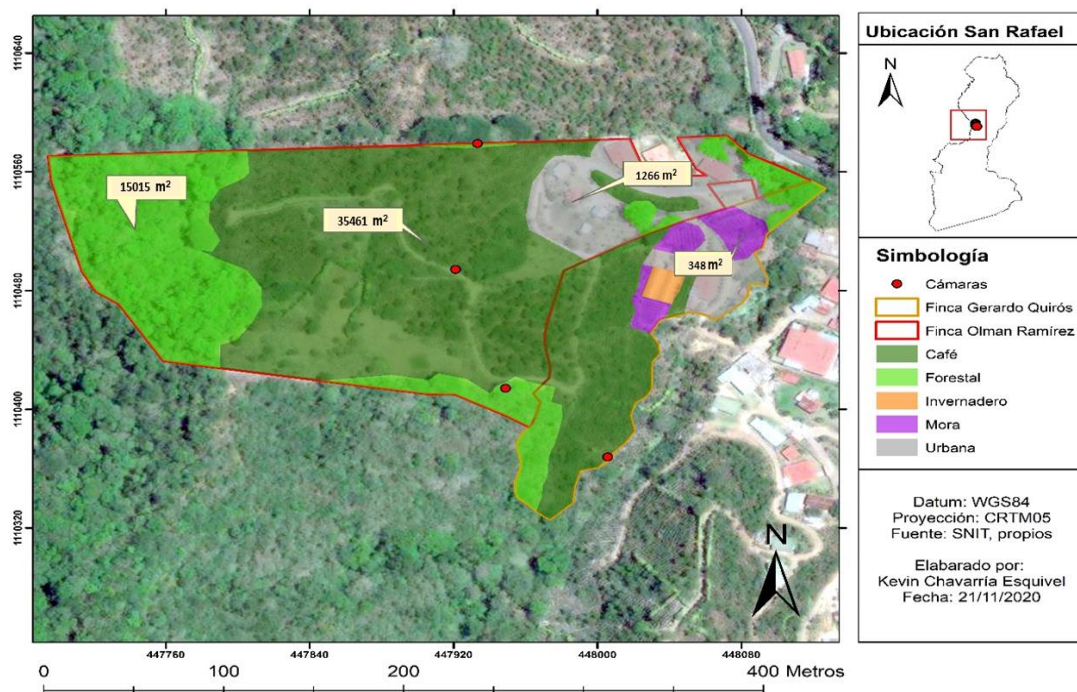


Figura 1.4. Distribución de cuatro cámaras trampa para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

C. Muestreo de mamíferos voladores

Se colocaron dos redes de niebla con una longitud de 12 m por 2,5 m de alto (Figura 5). Al ser redes extensas, se colocaron cerca de lugares que por sus características se consideran que serían usados por los murciélagos (Bracamonte, 2018), en este caso las calles del cafetal. La intensidad de muestreo fue de 15 días durante los dos años, se inició a las 16:30h con la colocación y se quitaron a las 23:00h. Este periodo se definió con base en que la actividad de los murciélagos es más frecuente durante esas horas, asimismo se evitó colocar redes en días de luna llena, dado que la actividad de los murciélagos disminuye (Bracamonte, 2018). Los individuos capturados se liberaron de las redes de niebla, se identificaron mediante claves dicotómicas y literatura disponible Mora *et al.* (2020). Finalmente se marcaron con abalorios de colores y liberaron.



Figura 1.5. Colocación de redes niebla en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

D. Base de datos de riqueza

Una vez capturados los mamíferos por los diferentes tipos de muestreos utilizados, se hizo una base de datos. Para ello, se hizo una matriz en el programa Excel en el cual se incluyó el nombre común, familia, especie, fecha y hora (Cuadro 1.1).

2. Abundancia

A. Capturas

Con los mamíferos capturados en trampas de captura viva tipo 27rellan, havahart y redes niebla, se procedió al marcaje de cada individuo. Para ello, se durmieron los animales con ayuda de un especialista en vida silvestre. Se utilizaron dardos tranquilizantes y el anestésico Zoletil 50. Este tranquilizante es una combinación de Tiletamina y Zolazepam, que genera un efecto anestésico con alto margen de seguridad, analgésico y relajante muscular, las dosis utilizadas oscilaron entre 0,1 a 1 ml dependiendo el tamaño del mamífero capturado (Chinchilla *et al.* 2005). Después de anestesiarlos se procedió a marcar los individuos, para ello se escogió una de las orejas y se registró como I para la oreja izquierda o D para la derecha. Posterior a escoger la oreja, se hizo una perforación con aguja y se colocaron diferentes combinaciones de abalorios de colores con cuerda de pescar para realizar la diferenciación entre los individuos capturados y contabilizar la abundancia de las especies. Después del marcaje, se realizó otra base de datos en el programa Excel la cual contenía el tipo y nombre de trampa, nombre común, familia, especie, fecha, hora, número de trampa y marca.

B. Índice de abundancia relativa (IAR):

Para estimar el IAR con las capturas de las cámaras trampa, se usó la siguiente fórmula, $IAR = C/EM * 1000$ días trampa.

En donde:

C = Capturas o eventos fotografiados

EM= Esfuerzo de muestreo (No. De cámaras * días de monitoreo (estacional o total))

Se tomaron en cuenta como captura tres criterios: a) Fotografías consecutivas de diferentes individuos, b) Fotografías consecutivas de la misma especie separadas por 24h y c) Fotografías no consecutivas de la misma especie (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012, Lyra-Jorge *et al.* 2008).

3. Registro de actividad

A. Base de datos

Los periodos de actividad se determinaron mediante la base de datos de riqueza (Cuadro 1). Para ello se identificó la presencia de mamíferos por meses, etapa fenológica del cultivo de café (hojas, flores, llenado de frutos y fructificación) y las prácticas agrícolas (fumigaciones con boro y zinc, aplicación de multiminerales, aplicación de fungicida, aplicación de herbicida, fertilización con fórmula completa, poda de sombra, cosecha e inactividad). Asimismo, se clasificó la presencia de mamíferos en ocho periodos de tiempo. De las 0001h a 0300h, 0301h a 0600h, 0601h a 0900h, 0901h a 1200h, 1201h a 1500h, 1501h a 1800h, 1801h a 2100h, 2101h a 0000h. Esto con el fin de identificar el patrón de actividad en estos horarios.

3. Diversidad

Con los datos de riqueza, abundancia y periodos de actividad sistematizados, se procedió a calcular dos índices de diversidad. Se calcularon el índice de Shannon ($H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$) y el índice Berger-Parker ($D = \frac{N_{max}}{NT}$).

Resultados

4. Riqueza

Se determinó 22 especies de mamíferos en el agroecosistema objeto de estudio en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Los mamíferos se clasificaron en cuatro diferentes grupos:

5. Mamíferos pequeños: se registraron cinco especies, de las cuales uno pertenece al orden Eulipotyphla: *Cryptotis nigrescens* (J.A. Allen, 1895) (musaraña) y cuatro al orden Rodentia: *Heteromys salvini* (Thomas, 1873) (ratón semiespinoso), *Melanomys chrysomelas* (J.A. Allen, 1897) (ratón moreno), *Mus musculus* (Linnaeus, 1758) (ratón casero) y *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758) (rata negra) (Figura 1.6).



Figura 1.6. Cuatro de las cinco especies de mamíferos pequeños capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. (A) *Cryptotis nigrescens* (Musaraña) (J.A. Allen, 1895), (B) *Mus musculus* (Linnaeus, 1758) (Ratón casero), (C) *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758) (Rata casera) y (D) *Heteromys salvinis* (Thomas, 1873) (Ratón espinoso).

B. Mamíferos medianos: se registraron 10 especies de mamíferos medianos, de las cuales tres pertenecen al orden Carnivora: *Conepatus semistriatus* (Boddaert, 1785) (Zorrillo hediondo), *N. narica* y *P. lotor*, dos al orden Cingulata: *Cabassous centralis* (Miller, 1899) y *D. novemcinctus*, dos al orden Didelphimorphia: *D. marsupialis* y *P.*, dos al Rodentia: *D.* y *Sciurus variegatoides* (Ogylbi, 1839) (ardilla), un Artiodactyla: *Tayassu tajacu* (Linnaeus, 1758) (Saíno) y un Lagomorpha: *Sylvilagus gabbi* (Allen, 1877) (Conejo de monte) (Figura 1.7).

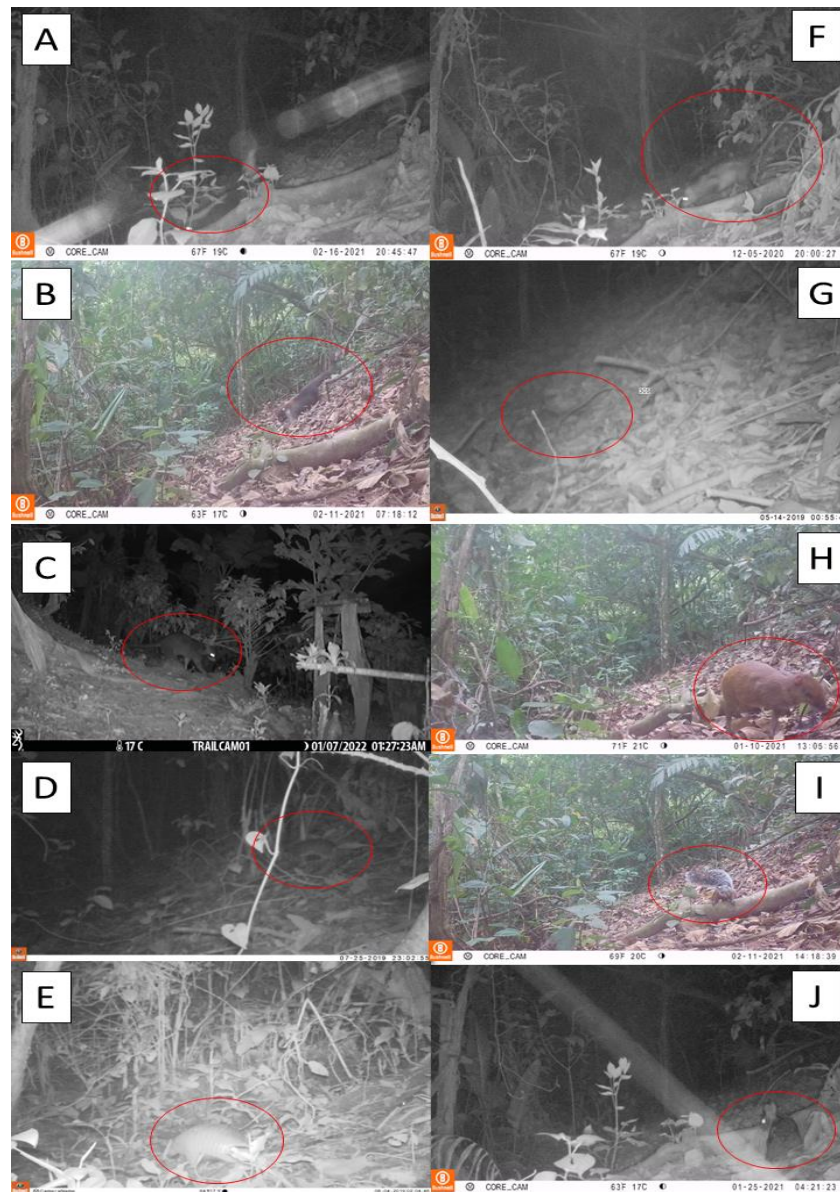


Figura 1.7. Especies de mamíferos medianos capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. (A) *Conepatus semiestriatus* (Boddaert,1785) (Zorrillo hediondo), (B) *Nasua narica* (Linnaeus,1758) (Pizote), (C) *Procyon lotor* (Linnaeus,1758) (Mapache), (D) *Cabassous centralis* (Miller, 1899) (Armadillo zopilote), (E) *Dasypus novemcinctus* (Linnaeus,1758) (Armadillo de nueve bandas), (F) *Didelphis marsupialis* (Linnaeus,1758) (Zorro pelón), (G) *Philander melanurus* (Gardner and Ramírez–Pulido, 2020) (Zorro cuatro ojos) (H)

Dasyprocta punctata (Gray, 1842) (Guatusa), (I) *Sciurus variegatoides* (Ogylbi, 1839) (Ardilla) y (J) *Sylvilagus gabbi* (Allen, 1877) (Conejo de monte).

C. Mamíferos grandes: se registraron cuatro especies todas pertenecen al orden Carnivora: *C. latrans*, *E. barbara*, *G. vittata* y *P. concolor* (Figura 1.8).

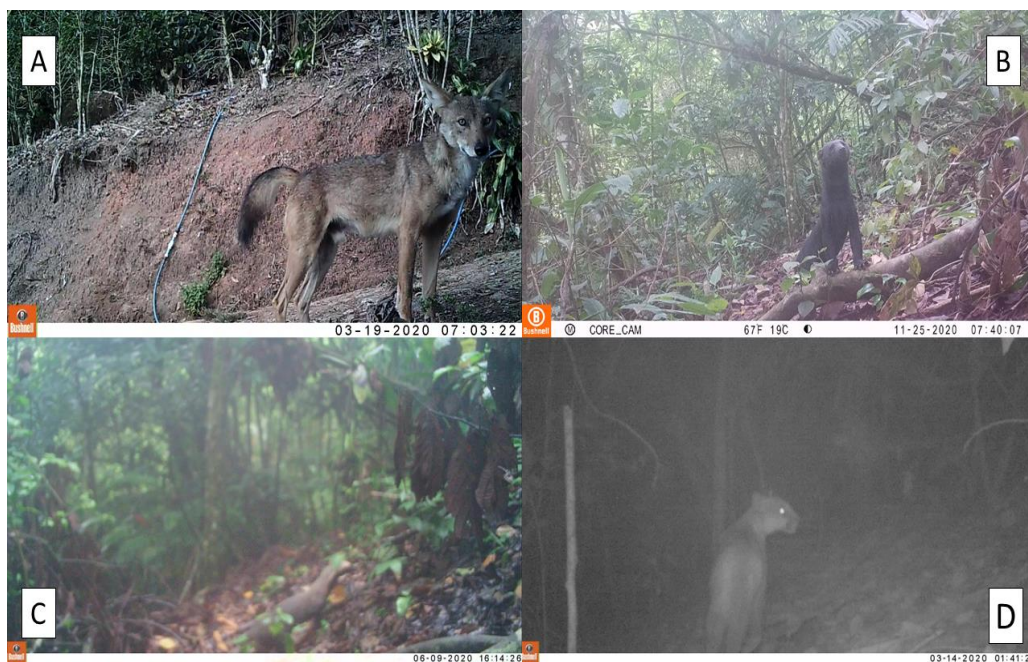


Figura 1.8. Especies de mamíferos grandes capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. (A) *Canis latrans* (Say, 1823) (Coyote), (B) *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) (Tolomuco), (C) *Galictis vittata* (Schreber, 1776) (Grisón) y (D) *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) (Puma).

D. Mamíferos voladores: en cuanto a los mamíferos voladores se logró registrar dos especies de murciélagos (orden Chiroptera): *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (Murciélago candelero) (mediante captura) y *Diclidurus albus* (Wied-Neuwied, 1820) (Murciélago blanco) (encontrado en campo) (Figura 1.9).



Figura 1.9. Especies de mamíferos voladores capturados en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. (A) *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (Murciélago candelero), (B) *Diclidurus albus* (Wied-Neuwied, 1820) (Murciélago blanco).

6. Abundancia

De las 22 especies determinadas, las de mayor índice de abundancia relativa fueron *D. punctata* (87,5), *D. marsupialis* (20,2), *P. lotor* (12,9) y *D. novemcinctus* (11). Asimismo, *P. concolor*, *C. centralis*, *G. vittata* y *C. semiestriatus* estuvieron presentes al menos con una detección avistamiento. Las especies con mayor número de individuos capturados fueron *D. marsupialis* (6), *H. salvini* (5) y *P. lotor* (4) (Cuadro 1.1) (Figura 1.10).

Cuadro 1.1. Abundancia de especies de mamíferos en agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

Espece	IAR	Capturas con trampeo
<i>D.punctata</i>	86,5	1
<i>D.marsupialis</i>	14,2	6
<i>D.novemcinctus</i>	11,0	0
<i>P. lotor</i>	8,9	4
<i>S. variegatoides</i>	3,4	3
<i>N. narica</i>	3,0	1
<i>H. salvini</i>	2,3	5
<i>C. latrans</i>	2,1	0
<i>P. melanurus</i>	0,2	3
<i>C. perspicillata</i>		2
<i>S. gabbi</i>	1,4	0
<i>E. barbara</i>	1,4	0
<i>C. nigrescens</i>		1
<i>R. rattus</i>		1
<i>M.musculus</i>		1
<i>M. chrysomelas</i>		1
<i>D. albus</i>		1
<i>T. tajacu</i>		1
<i>C. centralis</i>	0,5	0
<i>G. vittata</i>	0,5	0
<i>P. concolor</i>	0,5	0
<i>C. semiestriatus</i>	0,2	0



Figura 1.10. Captura y marcaje de mamíferos en agroecosistemas con café para determinar abundancia, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022. (A) Captura de *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758) (Mapache), (B) Captura de *Didelphis marsupialis* (Linnaeus, 1758), (C) Captura de *Dasyprocta punctata* (Gray, 1842) y (D) Captura de *Philander melanurus* (Thomas, 1899).

3. Períodos de actividad

A. Registro actividad de mamíferos por meses

- Mamíferos con mayor abundancia: *D. punctata*, *D. marsupialis*, *P. lotor* y *D. novemcinctus* para el período de marzo 2019 a febrero 2020, tuvieron mayor actividad en los meses de julio a octubre. En ese tiempo el cultivo se encontraba en las etapas fenológicas de floración y llenado de fruto. Las prácticas agrícolas que se desarrollaban en ese momento fueron aplicación de abono al suelo (fórmula completa) y foliar (B/Zn), así como podas. En ese periodo, en el sitio solo trabajaron tres personas en la totalidad de las fincas.

En el periodo de marzo 2020 a febrero 2021, la actividad de estos mamíferos fue entre setiembre a noviembre, muy parecida al año previo. Con la diferencia de que en noviembre se estableció la fructificación del café y, por ende, el inicio de la cosecha. De marzo 2021 a febrero 2022, la actividad se dio en febrero al final de la cosecha e inicio

de un nuevo ciclo del cultivo. Además, los agroecosistemas con café son hábitat para *D. punctata*, ya que estuvo presente en todas las etapas del cultivo (Figura 1.11).

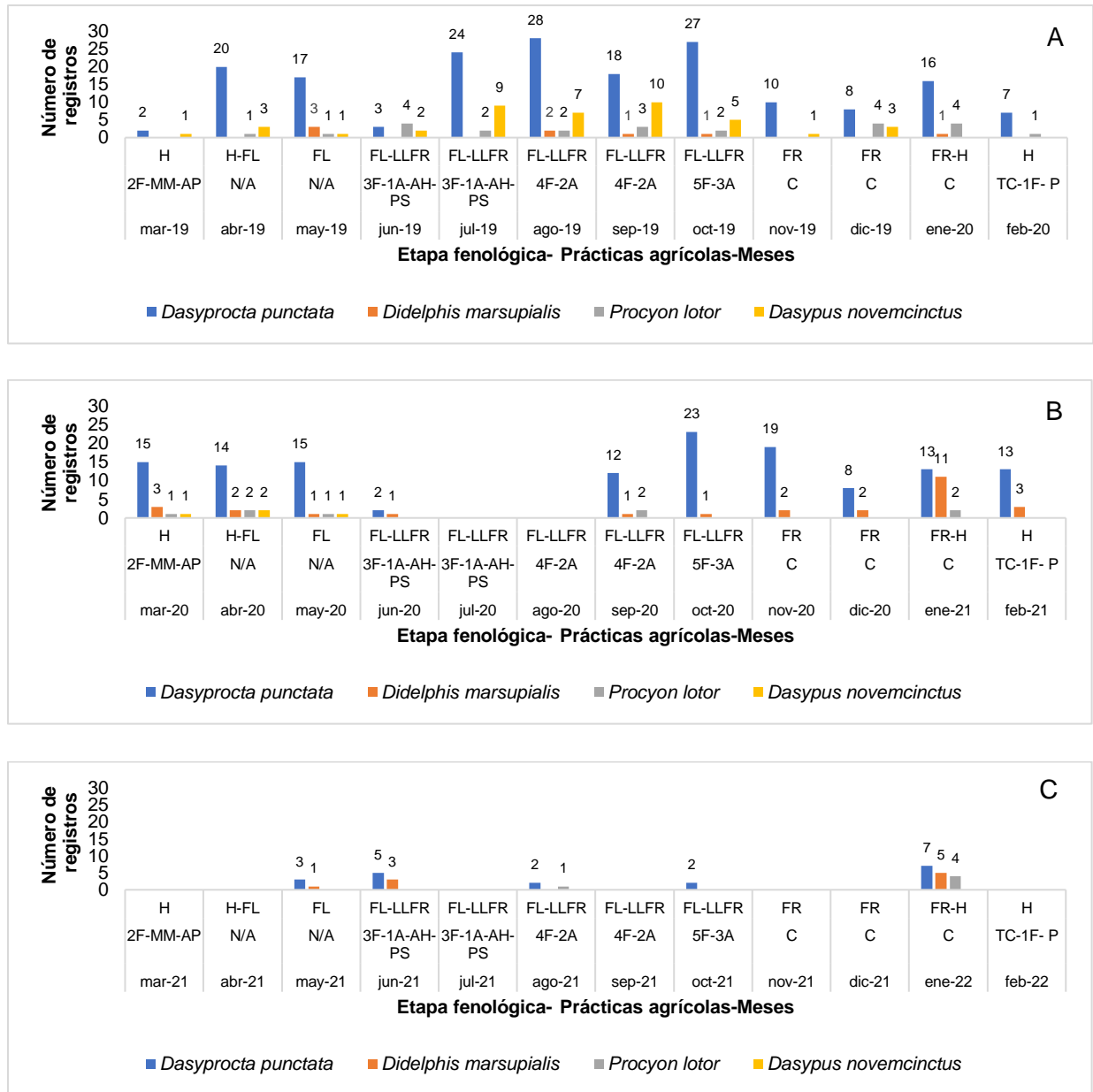


Figura 1.11. Registros de mamíferos con mayor abundancia en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. (A) Período marzo 2019-febrero 2020 (B) marzo 2020-febrero 2021 y (C) marzo 2021-febrero 2022. H: Hoja, FL: Flor, LLFR: Llenado fruto, FR: Fruto. 1F: Primer fumigación (B/Zn), 2F: Segunda fumigación (B/Zn), 3F: Tercera fumigación (B/Zn) 4F: Cuarta fumigación (B/Zn), 5F: Quinta

fumigación, MM: Multi minerales, AP: Aplicación fungicida, AH: Aplicación herbicida, 1ª: Primer abonada (Fórmula Completa), 2ª: Segunda abonada (Fórmula Completa), 3ª: Tercer abonada (Fórmula Completa), PS: Poda sombra, C: Cosecha, N/A: No se hace nada.

- Mamíferos con abundancia media: En el periodo marzo 2019 a febrero 2020 *C. latrans*, *N. narica*, *H. salivini*, *P. melanurus* y *S. variegatoides* tuvieron mayor actividad en mayo. El cultivo se encontraba en floración y sin ningún tipo de práctica agronómica asociada. De marzo 2020 a febrero 2021, las mismas especies además de *S. gabbi* y *E. barbara* estuvieron presentes. A finales de enero e inicios de febrero 2021 (finalización de la cosecha), se destacó como el periodo con mayor interacción, el agroecosistema estaba en la etapa fenológica de fruto con transición a hoja y la cosecha como actividad principal. En el periodo de marzo 2021 a febrero 2022, junio 2021 fue la actividad mayoritaria con las prácticas de aplicación de abono al suelo (Fórmula completa) y foliar (B/Zn), así como podas para las etapas fenológicas de floración y llenado de fruto. Se destaca la ausencia de *P. melanurus*, *C. latrans* y *S. gabbi* (Figura 1.12).

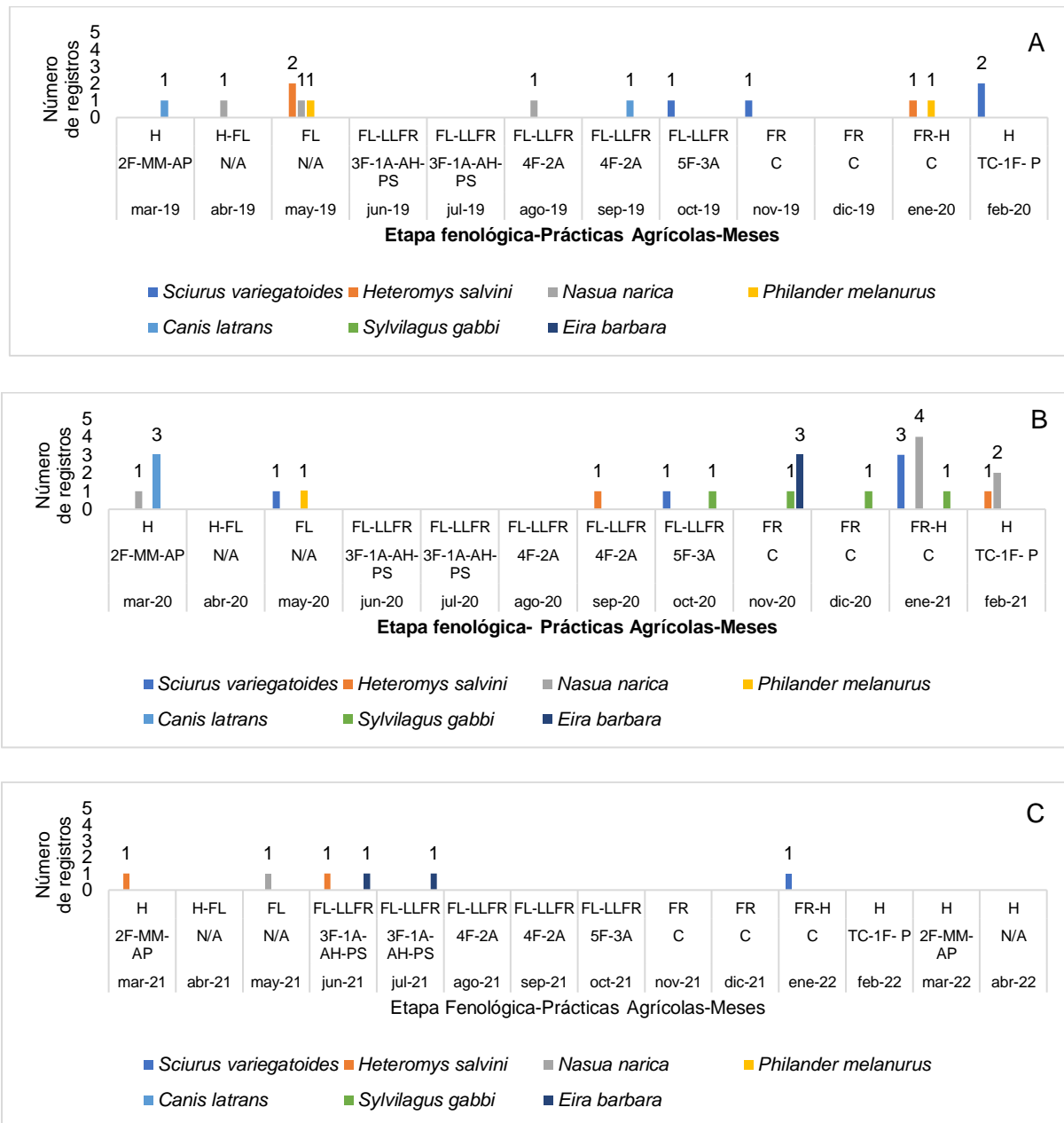


Figura 1.12. Registros de mamíferos con abundancia media en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. (A) Período marzo 2019-febrero 2020 (B) marzo 2020-febrero 2021 y (C) marzo 2021-febrero 2022. H: Hoja, FL: Flor, LLFR: Llenado fruto, FR: Fruto. 1F: Primer fumigación (B/Zn), 2F: Segunda fumigación (B/Zn), 3F: Tercera fumigación (B/Zn) 4F: Cuarta fumigación (B/Zn), 5F: Quinta fumigación, MM: Multi minerales, AP: Aplicación fungicida, AH: Aplicación herbicida, 1ª: Primer abonada (Fórmula Completa), 2ª: Segunda abonada (Fórmula Completa), 3ª:

Tercer abonada (Fórmula Completa), PS: Poda sombra, C: Cosecha, N/A: No se hace nada.

- Especies con menor abundancia: *P. concolor*, *C. centralis*, *G. vittata* y *C. semiestriatus* aparecieron de manera esporádica en el agroecosistema con café. Las tres primeras especies tuvieron dos avistamientos mientras que *C. semiestriatus* una evidencia de presencia. *C. centralis* se observó en las etapas fenológicas de floración y llenado de fruto del período A, en donde debido a las actividades de manejo, hay poca presencia de seres humanos. *G. vittata* estuvo presente en el período B para las etapas de floración, llenado de fruto y fruto, las dos primeras etapas tenían poca presencia de personas, en cambio durante la fructificación si pudo haber más movimiento, aunque al ser inicio de cosecha los recolectores apenas estaban llegando.

Al igual que *G. vittata*, *C. semiestriatus* se vio en el período B solo que, en etapa de hoja, etapa del café donde solo el productor estuvo trabajando en el cafetal. *P. concolor* apareció en ambos periodos A y B, cuando los cafetos estaban en hoja y frutos, también con poca presencia de personas, ya que, en periodo de hoja, el trabajo lo hacen una o dos personas y el otro avistamiento fue al inicio de cosecha. Para el periodo C (marzo 2021 a febrero 2022) no se registró ninguna de estas especies (Figura 1.13).

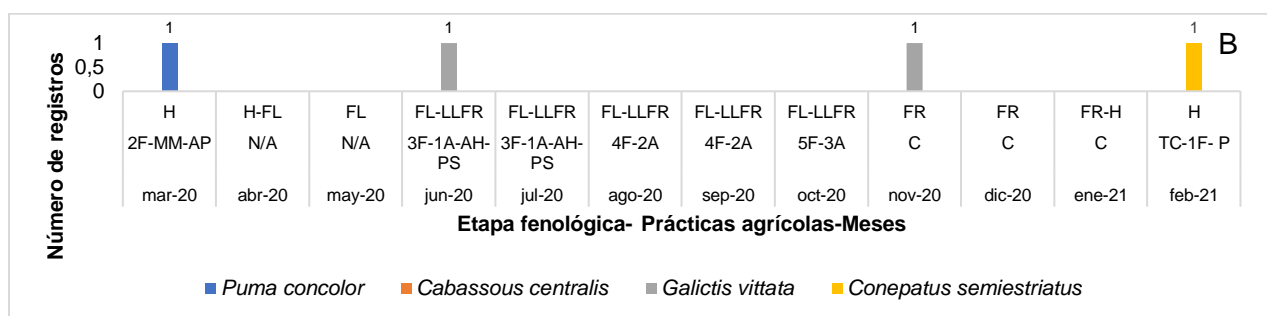
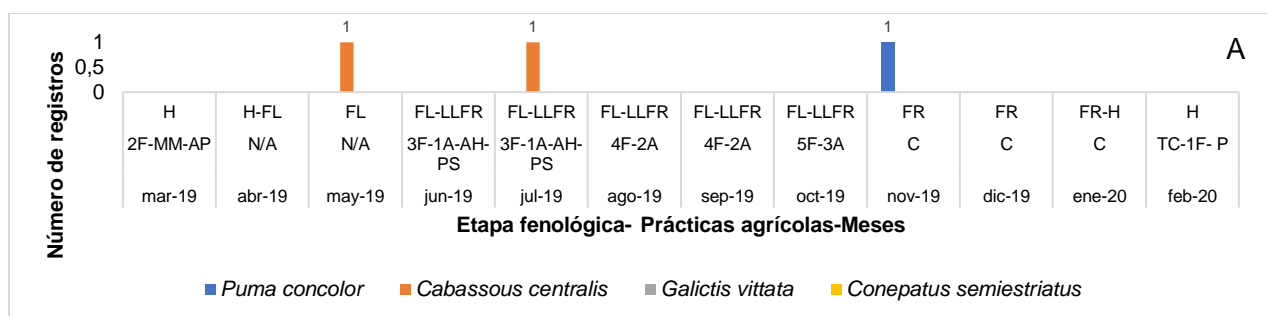


Figura 1.13. Registros de mamíferos con abundancia media en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. (A) Período marzo 2019-febrero 2020 y (B) marzo 2020-febrero 2021. H: Hoja, FL: Flor, LLFR: Llenado fruto, FR: Fruto. 1F: Primer fumigación (B/Zn), 2F: Segunda fumigación (B/Zn), 3F: Tercera fumigación (B/Zn) 4F: Cuarta fumigación (B/Zn), 5F: Quinta fumigación, MM: Multi minerales, AP: Aplicación fungicida, AH: Aplicación herbicida, 1ª: Primer abonada (Fórmula Completa), 2ª: Segunda abonada (Fórmula Completa), 3ª: Tercer abonada (Fórmula Completa), PS: Poda sombra, C: Cosecha, N/A: No se hace nada.

2.Registro de actividad mamíferos por período diario

-Especies con mayores registros de abundancia: la presencia de *D. punctata* osciló entre las 0500 h hasta cerca de las 1900 h con hábitos completamente diurnos y una actividad mayor entre las 1200 h y las 1500 h. *D. marsupialis* y *P. lotor*, de hábitos nocturnos, tuvieron una mayor actividad de las 2100 h a las 0300 h, mientras que *D. novemcinctus* en comparación con las especies anteriores, extendió un poco su ámbito de mayor actividad (2100h-0430 h) (Figura 1.14).

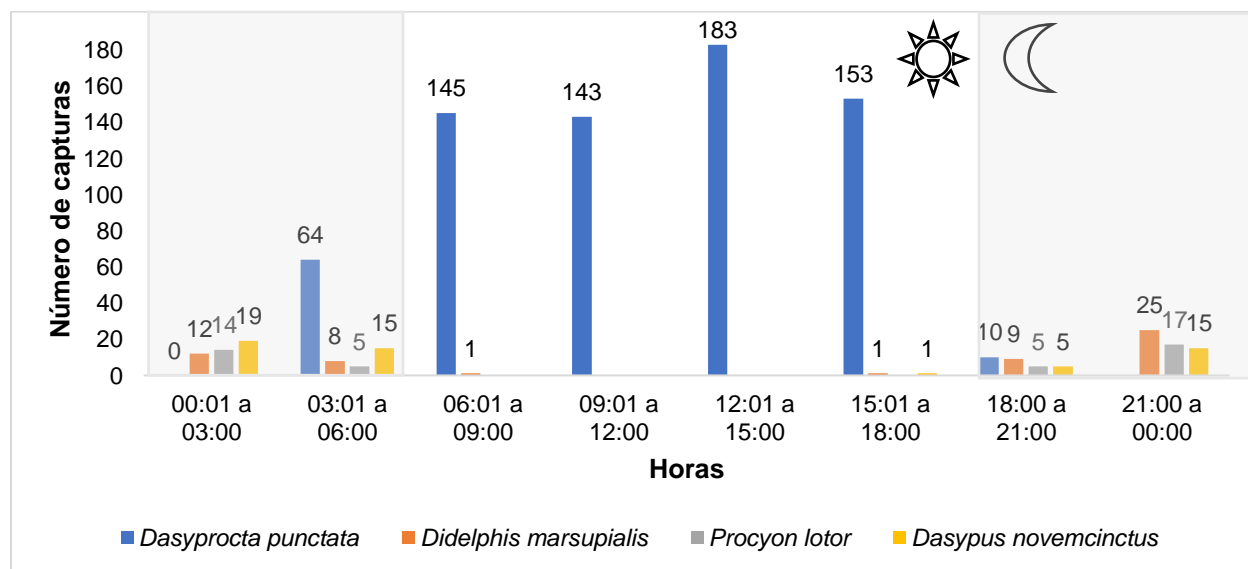


Figura 1.14. Periodos de actividad de especies con mayores registros de abundancia, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

Especies con registros de abundancia media: con estas especies se dio un pico de interacción entre las 0900h a las 1500h. La especie que tuvo mayor presencia en ese periodo de actividad fue *S. variegatoides*, seguida de *N. narica*, *C. latrans*, *N. narica*, *S. gabbi* y *H. salvini* mostraron un comportamiento tanto diurno como nocturno. *E. barbara* y *S. variegatoides* se registraron solamente en horario diurno mientras que *P. melanurus* nada más en horas de la noche de las 0001h a las 300h (Figura 1.15).

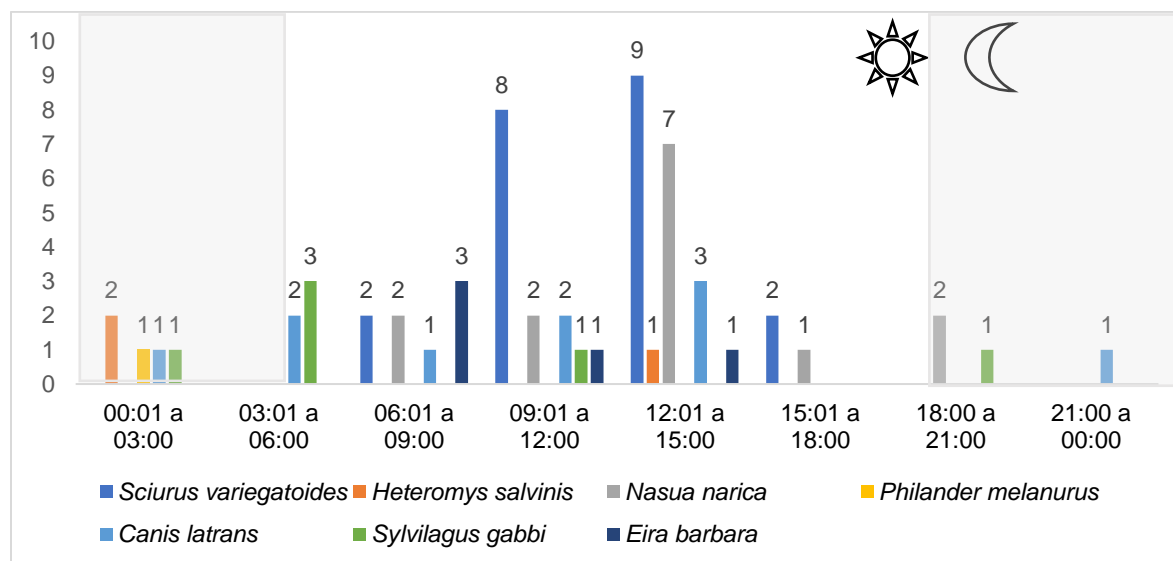


Figura 1.15. Periodos de actividad de especies con registros de abundancia media, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

- Especies con registros de abundancia menor: las cuatro especies de menor abundancia mostraron un comportamiento nocturno desde las 1801h hasta las 0300h. En la franja horaria de 03:01h a las 09:00h no se registró ninguna actividad por estas especies. *P. concolor* y *G. vittata* también presentaron hábitos diurnos. Específicamente *P. concolor* se observó a las 1109h en el período de las 0901h a las 1200h, lo cual coincidió con el pico de mayor interacción para especies con abundancia alta y media mientras que *G. vittata* estuvo presente en el segundo pico de interacción de 15:01h a las 1800h, donde la mayoría de los mamíferos que presentan actividad, son presa de estas dos especies (Figura 1.16).

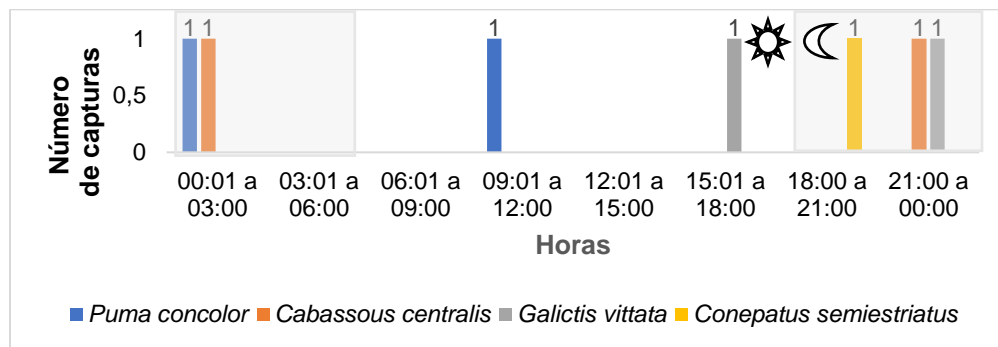


Figura 1.16. Periodos de actividad de especies con menores registros de abundancia, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

-Especies voladoras: El murciélago *C. perspicillata* fue capturado en el periodo de las 1800h a las 2100h, específicamente a las 1900h. En tanto que la recolecta de *D. albus* fue un individuo muerto por lo que no se pudo determinar el periodo de actividad.

4. Diversidad

La diversidad de mamíferos en el agroecosistema con café objeto de estudio resultó con un índice de Shannon $H= 1,80$ que refleja una diversidad media. Mientras que el Índice de Berger Parker $d= 0,61$ representa la dominancia de una especie en este caso, probablemente la guatusa (*D. punctata*) sobre las demás especies.

Discusión

En la presente investigación se registraron 22 especies de mamíferos en 6 ha de dos fincas de café con sombra ubicadas en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica en un periodo de tres años. Para el mismo sitio, Sánchez y Moya (2018) reportaron otras especies adicionales: *Alouatta palliata* (Gray, 1949) (mono congo), *Artibeus jamaicensis* (Leach, 1821) (artibeo jamaicano), *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (artibeo correcto), *Hylonectris underwoodi* (Thomas, 1903) (murciélago de Underwood), *Platyrrhinus helleri* (Peters, 1866) (murciélago de Heller) y *Vampyressa thuyone* (Thomas, 1909) (vampiresa pequeña) que también están en estos cafetales de Rincón de Mora. Por lo tanto, al complementar la información se puede asumir la presencia de al menos 28 especies de mamíferos en este agroecosistema.

La riqueza de especies de mamíferos en las fincas de café en Rincón de Mora refleja que es superior a la de otros estudios en cafetales a nivel mundial. Etana *et al.* (2021) en Etiopía para 120 Km² encontraron con 30 cámaras trampa, 18 especies en cafetales con más bosque que café, 16 especies en sitios con más café que bosque y 10 especies en sitios con solo café. A su vez, Mertens *et al.* (2018) en 1500 km² de bosque y parches de cafetales también en Etiopía, identificaron 14 especies con 16 cámaras trampa. Passami y Ribeiro (2009) encontraron ocho especies en plantaciones de café en el sureste brasileño (capturadas con trampas 42rellan). Caudill y Rice (2016) en cafetales de Soconusco, Chiapas, México evidenciaron, con cámaras trampa y trampas sherman, 12 especies para cafetales con certificación Bird Friendly, 11 especies en cafetales con sombra y 10 especies en cafetales con sol. Gallina *et al.* (1996) en Barranca Grande, Veracruz identificaron 24 especies. Caudill *et al.* (2014) en Turrialba, Costa Rica, usando trampas 42rellana, 42rellan y cámaras trampa de agosto de 2011 a febrero 2012, obtuvieron 13 especies de mamíferos en cafetales con sombra y seis en cafetales con sol. El único estudio que asemeja en número de especies de mamíferos a nuestro estudio es el de Bali *et al.* (2007) en Western Ghats de la India, aunque solo que lo realizaron en parcelas de 15 distritos cafetaleros mediante recolecta de huellas.

De acuerdo con el IAR y las capturas realizadas, se logró observar que *D. punctata* fue la especie con mayor abundancia, seguido de *D. marsupialis*, *P. lotor* y *D. novemcinctus*. Caudill y Rice (2016) en cafetales de Soconusco, Chiapas, México encontraron también esas especies. Gallina *et al.* (1996) en Barranca Grande, Veracruz, México registraron a *D. marsupialis*, *D. novemcinctus* y *P. lotor*. Daily *et al.* (2003) en las Cruces de San Vito, Coto Brus, Costa Rica a una altura de 800 a 1200 m.s.n.m, en cafetales con remanente de bosque un paisaje muy parecido al de Rincón de Mora capturaron a *D. punctata*, *D. marsupialis* y *P. lotor*. De igual forma, Caudill *et al.* (2014) en Turrialba informaron acerca de la presencia de *D. marsupialis*. Por lo anterior, se podría asumir que los agroecosistemas con café son hábitats propicios para estas especies. Asimismo, la presencia común de *D. punctata*, *D. marsupialis* y *D. novemcinctus* es un factor fundamental dado que juegan papeles ecológicos de gran importancia para la dinámica y equilibrio de los ecosistemas (Mora, 2000), como en este caso, el cafetal. *D. punctata*

se alimenta de plantas y en algunas ocasiones entierra las semillas actuando como un dispersor, *D. marsupialis* depreda vertebrados pequeños, invertebrados, material vegetal incluso hasta basura (Reid, 1997), lo que podría contribuir al manejo de residuos orgánicos, disminuir poblaciones de especies dañinas para el cultivo de café y otras especies que son potencialmente peligrosas para las personas que trabajan en el cafetal. *D. novemcinctus* depreda diferentes insectos y plantas, además de que remueve el suelo para hacer sus túneles (Mc Bee y Baker, 1982), lo cual potencialmente colaboraría con la aireación de las raíces de los cafetos.

El IAR para mamíferos con abundancia media tuvo con mayor registro para *S. Variegatoides*. Si bien es cierto se consideró como de abundancia media, los datos obtenidos pudieron haber sido mayores de haberse colocado cámaras trampa en el estrato arbóreo (Aranda, 2012) y con esto acercarse al IAR de *D. novemcinctus* y *P. lotor*. En Costa Rica, *S. variegatoides* se ha caracterizado por ser arbórea, de 100 observaciones solo una fue en el piso (Best, 1995). La presencia de *C. latrans* puede deberse a que, de acuerdo con Mora (2000), esta especie se ha visto beneficiada con la fragmentación de los bosques e incluso han expandido su distribución a lugares como el agroecosistema estudiado. Servin y Chacón (2005) mencionan que *C. latrans* es una especie generalista, poco abundante en zonas boscosas y tropicales, por lo que su existencia en el cafetal no es de extrañar. *S. variegatoides* y *C. latrans*, además de *N. narica*, *P. melanurus*, *S. gabbi* y *E. barbara*, han estado presentes en agroecosistema con café de México y Costa Rica (Caudill y Rice, 2016, García- Estrada *et al.* 2015, Cruz-Lara *et al.* 2004, Gallina *et al.* 1996). Daily *et al.* 2003, además de algunas de las especies mencionadas anteriormente, indicaron el registro de *Tamandua mexicana* (Saussure, 1860) (oso hormiguero) en cafetales, otro mamífero que potencialmente se podría observar en el agroecosistema con café investigado.

El ratón *H. Salvini* fue el mamífero pequeño más abundante en los cafetales de nuestro estudio. Mendoza *et al.* (2013) en la zona cafetalera del Volcán Tacana, Chiapas, México registraron roedores del género *Heteromys*, específicamente *Heteromys demarestianus* (Gray, 1868) (ratón espinoso) y *Heteromys goldmani* (Merriam, 1902) (ratón espinoso). García-Estrada, *et al.* (2015) identificaron 40 ratones del género *Heteromys* para el

ecosistema de café sustituido por sotobosque. Los demás roedores pequeños *R. rattus*, *M. chrysomelas* y *M. musculus* tuvieron abundancia menor; esta última especie también se observó en la investigación de Cruz Lara *et al.* (2004), por lo que se podría apreciar que los cafetales son hábitats propicios para ratones del género *Heteromys*. Otro hallazgo de este estudio es *C. nigrescens*, la cual también se avistó en el estudio de Daily *et al.* (2003).

Asimismo, es importante destacar la presencia en Rincón de Mora de otros mamíferos de abundancia menor como *P. concolor*, la cual requiere de grandes extensiones de hábitat y suficiente disponibilidad de presas para sobrevivir como la especie de mayor abundancia de este estudio *D. punctata* (Sánchez-Brenes y Monge, 2021). Asimismo, *Puma concolor* puede ser un indicador de buena salud del ecosistema (Crawshaw y Quigley, 2002, Cortes-Marcial y Briones-Salas 2014). Además, las especies *C. centralis* y *G. vittata* (especies con escasos registros), encontrados en este estudio, fueron los primeros avistamientos para Costa Rica en agroecosistemas con café (Sánchez-Brenes y Monge, 2019, Sánchez-Brenes y Monge, 2022), lo cual refuerza la biodiversidad de este cafetal.

En cuanto a murciélagos, *C. perspicillata* fue el más abundante para este estudio, aunque de acuerdo con Sánchez y Moya (2018) también pueden estar presentes en Rincón de Mora *A. lituratus*, *A. jamaicensis*, *P. helleri*, *H. underwoodi* y *V. thyone*. Las especies *A. lituratus* y *A. jamaicensis* se han registrado en los estudios de Cruz Lara *et al.* (2004), Mendoza *et al.* (2013) y García-Estrada *et al.* (2015) en donde cumplen con diferentes funciones ecosistémicas en el cafetal.

La actividad de los mamíferos en el cafetal durante los tres años de estudio mostró que *D. punctata*, *D. marsupialis* y *P. lotor* son animales residentes dado su registro frecuente en el mismo. Las demás especies pueden ser ocasionales o de paso cuando hay abundancia de comida o presas. Se destaca que la mayor presencia de mamíferos en el agroecosistema de café en Rincón de Mora fue en las etapas fenológicas de flor-llenado de fruto y de fructificación-hoja (final de la cosecha) de café, cuando las prácticas productivas son mínimas o con poca presencia de personas.

Los periodos de actividad diarios de los mamíferos con mayor abundancia mostraron que *D. punctata* es diurna y crepuscular. De acuerdo con Reid (1997), esta especie comienza su actividad desde temprano en la mañana y es constante hasta el final del día. A su vez, Smythe (1978) indica que los patrones de actividad de esta especie van desde las 06:00h a las 18:00h, por lo general, de las 1200h a las 1300h están activas para forrajear. En Rincón de Mora se observó actividad de guatusas incluso hasta las 19:05h y un pico de actividad desde las 1200h a las 1500h, confirmado por Sánchez-Brenes y Monge (2021). *D. marsupialis* tuvo hábitos nocturnos con comportamientos de las 18:00h a las 05:00h lo que coincide con lo dicho por Reid (1997) y el estudio de Sánchez *et al.* (2021) en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes (RBAMB), cuyo pico de actividad para esta especie fue de las 2100h a las 0000h. *D. novemcintus* tuvo un comportamiento igual al de *D. Marsupialis*, solo que su pico de acción fue de las 0000h a las 0300h. Mc Bee y Baker (1982) ratifican esto al mencionar que esta especie es nocturna y crepuscular, y Bider (1962) también mencionaron su accionar nocturno con un pico de acción diferente de las 21:00h a las 22:00h, mientras que Sánchez *et al.* (2021) tuvieron resultados parecidos con un pico de acción de las 02:00h-04:00h. Asimismo, Clark (1951) observó armadillos forrajear a las 14:30 h y Sánchez *et al.* (2021) lo reportaron con actividad diurna. *Procyon lotor* se presentó en horario nocturno, lo que coincide con Reid (1997) y Mora *et al.* (2020) los cuales indican que este mamífero es predominante de actividad nocturna.

A diferencia de las especies con registros de abundancia mayor, las especies con registros de abundancia media no tuvieron patrones de actividad tan marcados. *C. latrans* se observó en horas de la mañana, tarde y noche en el agroecosistema estudiado. La actividad diurna de este mamífero se puede relacionar directamente con la cantidad de presas o frutos disponibles en el área (Hidalgo- Mihart *et al.*, 2009). Chesness (1972) avistó esta especie al final de la tarde y Gipson y Sealander (1972) lo vieron al atardecer y de forma esporádica en el día, mientras que Hidalgo-Mihart *et al.* (2009) indicaron una mayor presencia al amanecer, por lo que los datos obtenidos ratifican lo visto para esta especie. *E. barbara* se vio de las 06:00h a las 15:00h, con un pico de actividad de las 06:00h a las 09:00h. Presley (2000) informa que este mamífero es esencialmente diurno

con picos de actividad en la mañana y al final de la tarde, tal y como se notó en Rincón de Mora. *S. variegatoides* y *N. narica* también tuvieron actividad diurna, ambas especies con una mayor presencia de 09:00h a las 15:00h. Handley (1966) indicó que *S. variegatoides* tiene comportamiento diurno, mientras que Gompper (1995) dijo lo mismo para *N. narica*. Sánchez *et al.* (2021) determinaron un pico de actividad diferente para *S. variegatoides* de las 06:00h a las 08:00h y uno similar para *N. narica* de las 14:00h a las 16:00h. *H. salvini* y *S. gabbi* se distinguieron tanto en horario diurno como nocturno. Para este grupo, el único mamífero con hábitos solamente nocturnos fue *P. melanurus*. Nowak (1991) indicó que esta especie se aprecia generalmente de noche.

Al igual que las especies con registro de abundancia media, las especies con abundancia menor se encontraron de manera esporádica en el cafetal. *P. concolor*, *G. vittata* y *C. centralis* tuvieron un comportamiento tanto diurno como nocturno, lo cual coincide para *P. concolor* (Sánchez *et al.* 2019) y *G. vittata* (Kaufman y Kaufman, 1965) pero difiere para *C. centralis* que según Wetzel *et al.* (2008) es solo nocturno.

La diversidad de los agroecosistemas estudiados según los índices calculados se acercó a una diversidad media. Si se compara con otros cafetales a nivel mundial como la investigación de Etana *et al.* (2021), la diversidad de Rincón de Mora es mayor mientras que en comparación con Cruz-Lara *et al.* (2004) es menor; no obstante, hay que considerar que los cafetales de Rincón de Mora tienen menos extensión. Asimismo, comparado con un área protegida Sánchez *et al.* (2019) para el Sendero la Fila también con valores mayores para el índice de Shannon de 2,04 (en donde 2 representa diversidad media) en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes (RBAMB) comparado con el 1,80 obtenido en Rincón de Mora, no dista de muchas especies a pesar de tener condiciones alteradas. Por tanto, se puede considerar que los cafetales investigados pueden colaborar como un refugio para algunas especies que se adaptan a estas condiciones y área de conectividad para especies ocasionales.

Conclusiones

Como se ha observado en esta investigación y en otros estudios, los agroecosistemas con café pueden funcionar como un hábitat alternativo adicional para la protección de especies de mamíferos y otra fauna asociada.

Las características de corredor biológico más las distintas fuentes de alimento que ofrecen los agroecosistemas con café de Rincón de Mora, potencializan este hábitat para albergar mamíferos pequeños, medianos y grandes, así como a mamíferos voladores.

El agroecosistema con café estudiado es dinámico y cambiante debido a las prácticas agrícolas que se realizan durante el año y la fenología del cultivo. Por lo tanto, este agroecosistema puede funcionar para algunos mamíferos como sitio de paso o bien un hábitat permanente.

En las etapas del cultivo donde hay menos actividades con presencia humana, se incrementa la presencia de mamíferos. Esto se evidenció en la etapa fenológica Flor-llenado donde no se hace ninguna práctica agrícola y hubo mayor registro de presencia de mamíferos.

El cafetal es un hábitat propicio para especies como *D. punctata*, *D. novemcinctus*, *P. lotor* y *D. marsupialis*, además de los ratones del género *Heteromys*, de acuerdo con varios estudios a nivel mundial y esta investigación.

La actividad diurna es dominada por *D. punctata*, pero para la mayoría de las especies tienen un periodo de actividad nocturna en este agroecosistema.

La diversidad del agroecosistema con café estudiado se considera como mediana, según los índices calculados. Además, la presencia de especies como *P. concolor*, *G. vittata* y *C. centralis* indican que es un ecosistema saludable.

Agradecimientos

Se les agradece a los productores Olman Ramírez y Gerardo Quirós propietarios de las fincas de estudio por su anuencia y apoyo para realizar la presente investigación. Asimismo, al Sistema de Estudios de Posgrado (SEP) de la Universidad de Costa Rica,

al Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC) y al Programa de Investigaciones en Gestión Sostenible de los Recursos Naturales (PIRENA), de la Universidad de Costa Rica, así como al Programa UNA-JAGUAR de la Universidad Nacional, por las facilidades ofrecidas para este estudio.

Referencias

- Aranda, M., (2012) Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Conabio 260 p.
- Bali, A., Kumar, A., Krishnaswamy, J. (2007). The mammalian communities in coffee plantations around a protected area in the Western Ghats, India. *Biol. Conserv.* 139: 93–102.
- Best, T. (1995). *Sciurus variegatoides*. *Mammalian Species* (500) 1-6.
- Bider, J. R. (1962). Dynamics and the temporo-spatial relations of a vertebrate community. *Ecology*, 43:634-646
- Bhagwat, S.A., Willis, K.J., Birks, H.J.N., Whittaker, R.J. (2008). Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* 23: 261–267.
- Bracamonte, J. (2018). Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología. *Ecología Austral* (28):446-454.
- Cáceres, N., Napoli, R., y Hannibal, W. (2011). Differential trapping success for small mammals using pitfall and standard cage traps in a woodland savannah region of southwestern Brazil. *Mammalia* 75: 45-52.
- Campera, M., Balestri, M., Manson, S., Hedger, K., Ahmad, N., Adinda, E., Nijman, V., Budiadi, B., Imron, M.A., Nekaris, K.A.I. (2021). Shade trees and agrochemical use affect butterfly assemblages in coffee home gardens. *Agric. Ecosyst. Environ.* 319: 107547.

Campera, M., Hedger, K., Birot, H., Manson, S., Balestri, M., Budiadi, B., Imron, M.A., Nijman, V., Nekaris, K.A.I. (2021). Does the presence of shade trees and distance to the forest affect detection rates of terrestrial vertebrates in coffee home gardens? *Sustainability* 13: 1-12, 8540. <https://doi.org/10.3390/su13158540>

Cassano, C.R., Barlow, J., Pardini, R. (2012). Large mammals in an agroforestry mosaic in the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 44, 818–825.

Caudill, A, De Clerck, F, Husband, T. (2014). Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199: 85-93.

Chinchilla, M., Guerrero, O., Gutierrez-Espeleta, G., Sánchez, R., Rodríguez, B. (2005). Parásitos intestinales en monos congo *Alouatta palliata* (Primates: Cebidae) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop* 53 (3-4): 437-445.

CIGEFI (Centro de Investigaciones Geofísicas). (2019). Datos de la Estación Meteorológica de la Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. San Ramón, Alajuela.

Chesness, R. A. (1972). Home range and territoriality of coyotes in northcentral Minnesota. Paper presented, 34th Midwest Fish and Wildlife Conf., Des Moines.

Clark, W. K. (1951). Ecological life history of the armadillo in the eastern plateau region. *Amer. Midland Nat.*, 46:337-358.

Cortés, M., & Briones, 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): 1433-1448.

Crashaw, P.G, Quigley, H.B. (2002) Hábitos alimentarios del jaguar y el puma en el pantanal, Brasil, con implicaciones para su manejo y conservación. En R.A Medellín *et al.* (Ed), *El Jaguar en el Nuevo Milenio*: 223-235p. Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica-UNAM-Wildlife Conservation Society.

Cruz-Lara, L. 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* (n.s) 20(1): 63-81.

Daily, G., Ceballos, G., Pacheco, J., Zuzán, G, Sánchez-Azofeifa A. (2003). Countryside biogeography of netropical mammals: Conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology* 17(6): 1814-1826.

De Beenhouwer, M., Aerts, R., Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture Ecosystem Environmental* 175: 1-7.

Estrada, A., Raboy, B.E., Oliveira, L.C. (2012). Agroecosystems and primate conservation in the tropics: A review. *Am. J. Primatol* 74: 696-711.

Etana, B., Atickem, A., Tsegaye, D., Bekele, A., De Beenhouwer, M., Hundera, K., Lens, L., Fashing, P., Stenseth, N. (2021). Traditional shade coffee forest systems act as refuges for medium and large sized mammals as natural forest dwindles in Ethiopia. *Biological Conservation* 260: 109219
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109219>

Gallina, S., Mandujano, S., Gonzalez-Romero, A. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 33: 13-27.

García-Estrada, C., Peña-Sánchez, Y., Colín-Martínez, H. (2015). Diversidad de mamíferos pequeños en dos sitios con diferente grado de alteración en la Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(4):1014-1023
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.06.011>

Gipson, P. S., Sealander, J.A. (1972). Home range and activity of the coyote (*Canis latrans*) in Arkansas. *Proc. Ann. Conf. Southeastern Assoc. Game and Fish Comm.* 26:82-95.

Gomper, M. (1995). *Nasua narica*. *Mammalian Species* (487): 1-10.

Guzmán, A., Link, A., Castillo, J.A., Botero, J.E. (2016). Agroecosystems and primate conservation: Shade coffee as potential habitat for the conservation of Andean night monkeys in the northern Andes. *Agric. Ecosyst. Environ* 215: 57-67.

Hansen A.J., Spies T.A., Swanson F.J., Ohmann J.L. (1991). Conserving biodiversity in managed forests. *BioScience* 41: 383–392.

Handley, C. O., JR. (1966). Checklist of the mammals of Panama. Pp. 753-795, in *Ectoparasites of Panama* (R. L. Wenzel and V. J. Tipton, eds.), Field Museum of Natural History, Chicago, 861 p.

Hidalgo-Mihart, Mircea G., Cantú-Salazar, Lisette, Carrillo-Percastegui, Samia E. and López-González, Carlos, A. (2009). Daily activity patterns of coyotes (*Canis latrans*) in a tropical deciduous forest of western Mexico, *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 44:2,77 — 82 . <https://doi.org/10.1080/01650520902941234>

Imron, M., Campera, M., Al Bihad, D., Rachmawati, F., Nugroho, F., Budiadia, B., Wianti, K., Suprpto, E., Nijman, V., Nekarlis, K. (2022). Bird assemblages in coffee agroforestry systems and other human modified habitats in Indonesia. *Biology* 11(310):1-12. <https://doi.org/10.3390/biology11020310>

Irawan, N., Pudyatmoko, S., Yuwono, P.S.H., Tafrichan, M., Giordano, A.J., Imron, M.A. (2020) The Importance of unprotected areas as habitat for the leopard cat (*Prionailurus bengalensis javanensis* Desmarest, 1816) on Java, Indonesia. *J. Ilmu Kehutan* 14:198–212.

Kaufmann J. H., Kaufmann, A. (1965). Observations of the behavior of tayras and grisons. *Zeitschrift fur Saugetierkunde* 30: 146-155

Lira-Torres, I; Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(3): 566-585.

Lizcano, D. (2018). Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres: algunas recomendaciones sobre su uso, programas disponibles para

manejar archivos y posibilidades adicionales con los datos. *Notas Mastozoológicas* (5): 31-35.

Lyra-Jorge, M.C; Ciocheti, G; Pivello, V. R; Meirelles, S. T. (2008). Comparing methods for sampling large-and medium-sized mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research*: 54(4): 739-744.

Manson, R., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S. y Mehlreter, K. (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz; Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto de Ecología e Instituto Nacional de Ecología, México, 348 p.

Mc Bee, K., Baker, R. (1982). *Dasypus novemcinctus*. *Mammalian species* (162): 1-9.

Mendoza-Saenz, V., Horvath, A. (2013). Roedores y murciélagos en la zona cafetalera del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *THERYA* 4(2):409-423 DOI: 10.12933/therya-13-116

Mertens, J., Emsen, W., Jocqué, M., Geeraert, L., De Beenhouwer. M. (2020). From natural forest to coffee agroforest: implications for communities of large mammals in the Ethiopian highlands. *Oryx* 54(5):715-722. <https://doi.org/10.1017/S0030605318000844>

Meyfroidt, P., Rudel, T.K., Lambin, E.F. (2010). Forest transitions, trade, and the global displacement of land use. *Proc. Natl. Acad. Sci.*107: 20917-20922.

Moguel, P. y Toledo, V. (1999). Conservación de la biodiversidad en sistemas tradicionales de México. *Biología de la conservación* 13:11-21.

Mora, J. M. (2000). Mamíferos silvestres de Costa Rica. San José, Costa Rica: EUNED, 189 p.

Navarro, J. Gómez, A. (2014). Diversidad de mamíferos terrestres en bosques cercanos a cultivo de piña, Cutris, San Carlos, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación (UNED)* 7(1):59-65.

Nowak, R. M. (1991). Walker's mammals of the world. Fifth ed. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 1:1642.

Passami, M, Ribeiro, D. (2009). Small mammals in a fragment and adjacent matrix in southeastern Brazil. *Braz J. Biol* 69(2):305-309.

Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., Der Voort, M.E. (1996). Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46:598-608.
<http://dx.doi.org/10.2307/1312989>

Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: A tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodivers. Conserv.* 12: 1239-1252.

Presley, S. (2000). *Eira barbara*. *Mammalian species* (636): 1-6.

Rice R., Ward J.R. (1996). Coffee, conservation, and commerce in the western hemisphere: how individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in Northern Latin America. Smithsonian Migratory Bird Center and Natural Resources Defense Council, Washington, DC, 47 p.

Sánchez-Brenes, R., Moya, M. (2018). Biodiversidad en fincas cafetaleras de Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 18 (31): 68-86. DOI [10.15517/PA.V18I31.35666](https://doi.org/10.15517/PA.V18I31.35666)

Sánchez-Brenes, R., Monge, J. (2019). El armadillo *Cabassous centralis* (Cingulata: Chlamyphoridae) en agroecosistemas con café. *Cuadernos de Investigación* 11(3): 436-443. DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2724>

Sánchez-Brenes, R., Monge, J. (2021). Periodos de actividad y dieta de *Dasyprocta punctata* (Gray 1842) (Rodentia: Dasyproctidae) en agroecosistemas con café, San Ramón, Costa Rica. *Acta Zoológica Mexicana* (NS) 37:1-15. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712346>

Sánchez-Brenes, R., Monge, J. (2022). El grison, *Galictis vittata* (Carnivora:Mustelidae) en agroecosistemas de café, Costa Rica. Cuadernos de Investigación 14(1): e3796 DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3796>

Sánchez, R., Brenes, L., Chavarría, K., Mejías, Y. (2019). Diversidad y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en el sendero La Fila Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, Alajuela, Costa Rica. Revista Pensamiento Actual (19): 175-189. DOI 10.15517/pa.v19i33.39619

Sánchez, R., Brenes, L., Chavarría, K., Mejías, Y. (2021). Abundancia relativa, diversidad y patrones de actividad de mamíferos terrestres medianos y grandes, sendero Pájaro Sombrilla, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, Alajuela, Costa Rica. Revista Pensamiento Actual 21:37-57. DOI: 10.15517/PA.V21i36.47014

Sari, D.F., Budiadi, B., Imron, M.A. (2020) The utilization of trees by endangered primate species Javan slow loris (*Nycticebus javanicus*) in shade-grown coffee agroforestry of Central Java. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 449:1-12.

Servín, J., Chacón, E. (2005). Coyote. In: Ceballos, G y Oliva, G (Eds.). Los mamíferos silvestres de México 349-350p. México: FCE-CONABIO.

Schroth, G., Da Fonseca, G.A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L., Izac, A.M.N. (2004). The role of agroforestry in biodiversity conservation in tropical landscapes. In Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes; Schroth, G., Fonseca, G.A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L., Izac, A.M.N., Eds.; Island Press: Washington, DC, USA, 1-12 p.

Schneider, D. G., L. D. Mech, and I, R. Tester. (1971). Movements of female raccoons and their young as determined by radiotracking. Anim. Behav. Monogr. 4:1-43.

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

Tadesse, G., Zavaleta, E., Shennan, C., Fitz Simmons, M. (2014). Prospects for forest-based ecosystem services in forest-coffee mosaics as forest loss continues in southwestern Ethiopia. *Appl. Geogr.* 50, 144–151.

Theuerkaur, J., Rouys, S., Jourdan, H., Gula, R. (2011). Efficiency of a new reversebait trigger snap trap for invasive rats and new standardized abundance index. *Ann Zool Fennici* 48: 308-318.

Torre, I., Freixas, L., Arrizabalaga, A., y Díaz, M. (2016). The efficiency of two widely used commercial live traps to develop monitoring protocols for small mammal biodiversity. *Ecological Indicators* (66): 481-487.

Urban, D. (1970). Raccoon populations, movement patterns, and predation on a managed waterfowl marsh. *Jour. Wildlife Mgt.* 34:372-382.

Vandermeer, J., Perfecto, I., (2007). The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conserv. Biol.* 21, 274-277.

Wetzel, R. M., Gardner, A. L, Redford, K. H. Eisenberg, J. F. (2007). Order Cingulata Illiger, 1811. Pp. 128-157 in *Mammals of South America. Vol. 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats* (A. L. Gardner, ed.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

5. Capítulo 2. Dispersión de semillas y participación en la cadena alimenticia de mamíferos silvestres en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

Resumen

Introducción: Las fincas de café son sistemas sumamente complejos, y se requiere de un entendimiento profundo tanto de las interacciones ecológicas entre individuos, poblaciones, y comunidades, como de los procesos ecosistémicos y los servicios ambientales que se generan, tales como la dispersión de semillas y la participación en la cadena alimenticia en este tipo de ecosistemas. Con los servicios ecosistémicos de dispersión y hábitos alimentarios, se pueden comprender mejor el aporte de los mamíferos hacia un sistema productivo en este caso el cafetal y también como los agroecosistemas con café aportan a la conservación de especies como los mamíferos.

Objetivo: Identificar la función de dispersión de semillas, así como la participación de los mamíferos silvestres en la cadena alimenticia de los agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. **Metodología:** En primera instancia, se hizo un inventario de flora presente en los cafetales, que podía ser consumida y dispersada por los mamíferos. Posterior a esto, mediante diferentes métodos de captura (trampas de captura viva tipo 56rellan, havahart, cámaras trampa y redes de niebla) las cuales se colocaron en sitios estratégicos en los cafetales, durante tres años de muestreo, se registraron los mamíferos presentes en el cafetal, su dieta y dispersión de semillas. Con las trampas de captura viva tipo 56rellan, havahart y redes de niebla se colectaron las heces para extraer semillas, insectos, pelos y otros elementos que ayudaran a identificar los hábitos alimentarios de los mamíferos silvestres, mientras que con las cámaras trampa se evidenciaron estas acciones mediante fotos y videos. Del mismo modo, se recolectaron de manera directa otros elementos encontrados en el agroecosistema con café como huesos y heces. Posteriormente, se hizo una revisión de literatura de los hábitos alimentarios de cada especie de mamífero silvestre reportada en Rincón de Mora para compararla con el inventario de flora realizado. **Resultados:** se logró identificar seis niveles de consumo en la cadena alimenticia de los cafetales estudiados, mamíferos

carnívoros grandes, mamíferos omnívoros grandes, mamíferos omnívoros medianos, mamíferos herbívoros medianos, mamíferos omnívoros pequeños y mamíferos insectívoros pequeños. Todos estos animales tuvieron diferentes hábitos alimentarios y posibilidad de dispersión de algunas semillas en esta investigación. **Conclusión:** Los agroecosistemas con café estudiados, propician interacciones en la cadena alimenticia a diferentes niveles.

Palabras clave: zoocoria, dieta, carnívoros, herbívoros, omnívoros, insectívoros.

Abstract

Introduction: Coffee farms are extremely complex systems, and a deep understanding of both the ecological interactions between individuals, populations, and communities, as well as the ecosystem processes and environmental services that are generated, such as seed dispersal, is required. And participation in the food chain in this type of ecosystem. With the ecosystem services of dispersion and eating habits, it is possible to better understand the contribution of mammals to a productive system, in this case the coffee plantation, and also how agroecosystems with coffee contribute to the conservation of species such as mammals. **Objective:** To identify the function of seed dispersal, as well as the participation of wild mammals in the food chain of agroecosystems with coffee in Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. **Methods:** In the first instance, an inventory was made of the flora present in the coffee plantations, which could be consumed and dispersed by mammals. After this, by means of different capture methods (live capture traps such as Sherman, Havahart, camera traps and mist nets) which were placed in strategic locations in the coffee plantations, during three years of sampling, the mammals present in the coffee plantation, its diet and seed dispersal. With live-capture traps such as Sherman, Havahart and mist nets, feces were collected to extract seeds, insects, hair and other elements that would help identify the feeding habits of wild mammals, while these actions were evidenced with camera traps. Through photos and videos. In the same way, other elements found in the agroecosystem with coffee, such as bones and feces, were collected directly. Subsequently, a literature review of the feeding habits of each species of wild mammal reported in Rincón de Mora

was made to compare it with the flora inventory carried out. **Results:** it was possible to identify six levels of consumption in the food chain of the studied coffee plantations, large carnivorous mammals, large omnivorous mammals, medium omnivorous mammals, medium herbivorous mammals, small omnivorous mammals, and small insectivorous mammals. All these animals had different feeding habits and the possibility of dispersal of some seeds in this investigation. **Conclusion:** The coffee agroecosystems studied favor interactions in the food chain at different levels.

Key words: zoocoria, diet, carnivores, herbivores, omnivores, insectivores.

Introducción

Las fincas de café son sistemas sumamente complejos por lo que se requiere de un entendimiento profundo tanto de las interacciones ecológicas entre individuos, poblaciones, y comunidades, como de los procesos ecosistémicos y los servicios ambientales que se generan (Vandermeer 1995, Altieri 1999, Gliessmann 2000, Tilman *et al.* 2002). De acuerdo con Gallina *et al.* (2008) los cafetales de sombra de policultivo comercial pueden mantener mucha de la estructura (especies) y las funciones (servicios ambientales) de los ecosistemas boscosos que reemplazan. La biodiversidad de las fincas cafetaleras, lo constituyen una amplia variedad de seres vivos u organismos, entre los que se incluyen plantas, arbustos, hierbas, hongos, bacterias y animales. Dentro de los animales que habitan estos ecosistemas se encuentran los mamíferos, que se alimentan de frutos, flores, hongos, néctar, polen, invertebrados y vertebrados que habitan en la vegetación presente en el cafetal (Manson *et al.* 2018).

De igual manera, los mamíferos juegan un papel importante en los ecosistemas en donde están presentes temporal o permanentemente (Redford, 1992), como lo es en este caso, los agroecosistemas con café de Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Los mamíferos grandes, son los principales depredadores en un ecosistema y ejecutan un control de arriba hacia abajo sobre otros vertebrados, lo cual afecta indirectamente la abundancia y composición de la vegetación (Terborgh *et al.* 2001, Sinclair, 2003, Estes *et al.* 2011).

Asimismo, los mamíferos medianos, pequeños y los voladores tienen un papel importante como consumidores de frutos y semillas en primera instancia (Silman *et al.* 2003, Terborgh *et al.* 2008, Endo *et al.* 2010) y después como dispersores (Fragoso *et al.* 2003, Paolucci *et al.* 2019). Dicha dispersión es conocida en todos los animales como zooecoria, la cual incluye varias modalidades de transporte de semillas. Entre estas modalidades se encuentra: la endozooecoria (a través del pasaje por el tracto digestivo), la ecto o epizooecoria (adherencia al pelaje) y la sinzooecoria (manipuleo y almacenamiento de las semillas) (Rumiz, 2010). En el neotrópico, donde se ubican las fincas objeto de estudio, la mayoría de las especies arbóreas dependen de la fauna para dispersar sus semillas, incluso más del 50% de las especies leñosas son dispersadas por especies vertebradas como los mamíferos (Fleming *et al.* 1987, Jordano, 2000, Jordano *et al.* 2006). Esta depredación y dispersión es un proceso clave en la transición de semillas a plántulas (Janzen, 1970; Jordano *et al.* 2007, Schmitz, 2008).

Además, existen mamíferos como marsupiales, edentados y carnívoros que se alimentan de animales muertos o moribundos. Con esto, se reduce la acumulación de materia animal en descomposición, se previene la difusión de algunas enfermedades, se interrumpen ciclos de patógenos y parásitos interespecíficos, y así contribuyen con el reciclado de nutrientes. Otro grupo de mamíferos se encargan del transporte de nutrientes entre ambientes acuáticos, como por ejemplo los mapaches (*Procyon spp.*). Del mismo modo, los roedores y edentados cavan, remueven y airean el suelo mediante sus cuevas y túneles, que también sirve como refugio para otras especies de vertebrados (Rumiz, 2010). Por tanto, la presente investigación se orienta a identificar la función de dispersión de semillas, así como evidenciar la participación de los mamíferos silvestres en la cadena alimenticia de los agroecosistemas con café en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos fincas colindantes con un área de 6,2 ha, ubicadas en la comunidad de Rincón de Mora (10° 0' 44" N, 84° 7' 28" O, y 10° 0' 34" N, 84° 7' 28" O) a 2,5 kilómetros al sur del distrito de San Rafael, cantón de San Ramón, provincia de Alajuela, Costa Rica. El paisaje que predomina en la zona son los agroecosistemas con café con sombra. Las fincas objeto de estudio se ubican entre los 1,200 y 1,250 m.s.n.m., con pendientes de 15, 30 y 45% (Sánchez y Moya, 2018). El tipo de sombra presente en estos agroecosistemas con café es policultivo comercial en el cual los árboles originales del bosque son reemplazados por otras especies útiles de sombrío (Moguel y Toledo, 1999).

En esta zona se presenta una precipitación de 3461mm por año, con una temperatura promedio de 20°C y una humedad relativa de 92% (CIGEFI, 2019). El uso de suelo de las fincas es de 3,5 ha en agroecosistema con café, 1,5 ha en forestal, 1266 m² de cultivo de mora (*Rubus sp*) (mora), un invernadero de 343 m² y el área restante 1266 m² corresponde a construcciones (Figura 2.1).

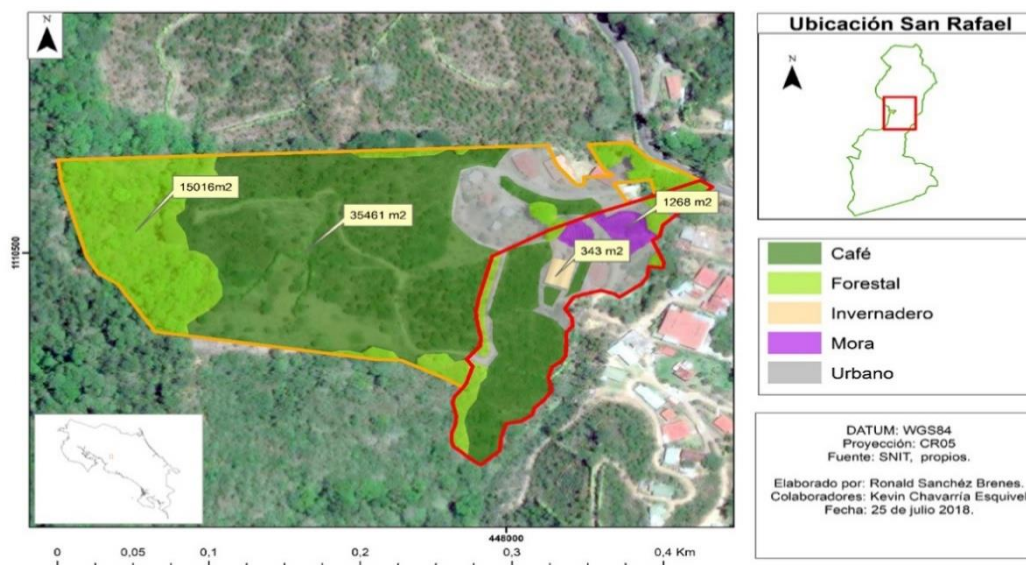


Figura 2.1. Ubicación del área de estudio en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022

Registro de flora

Se recorrió el área de los cafetales para hacer un inventario de flora presente que potencialmente podría ser alimento o dispersada por los mamíferos encontrados en Rincón de Mora. Por orden de aparición y mediante un barrido se tomó en cuenta aquella vegetación mayor a 1 m de altura presente en la finca. Se recolectaron semillas de frutos y se almacenaron para compararlas con las que se extrajeron de las heces y con esto identificarlas. En caso de ser iguales se procedió a tomarles fotografías

Determinación de dieta y dispersión de semillas de mamíferos pequeños

En esta investigación se entendió como mamíferos pequeños no voladores a las ardillas, ratas, ratones, taltuzas y musarañas. Para los muestreos de estas especies, se utilizaron un total de 73 trampas de captura viva tipo 61rellan, colocadas en línea de acuerdo con la topografía del terreno (Manson *et al.* (2008), Cáceres, Napoli y Hannibal (2011) y Theuerkauf *et al.* (2011)). Estas trampas se dispusieron únicamente en el cultivo de café. Cada una de las trampas de captura viva se separaron cada 10m, distribuidas en 11 estaciones fijas nombradas de la letra A hasta la K y numeradas del uno al siete (Figura 2.2).

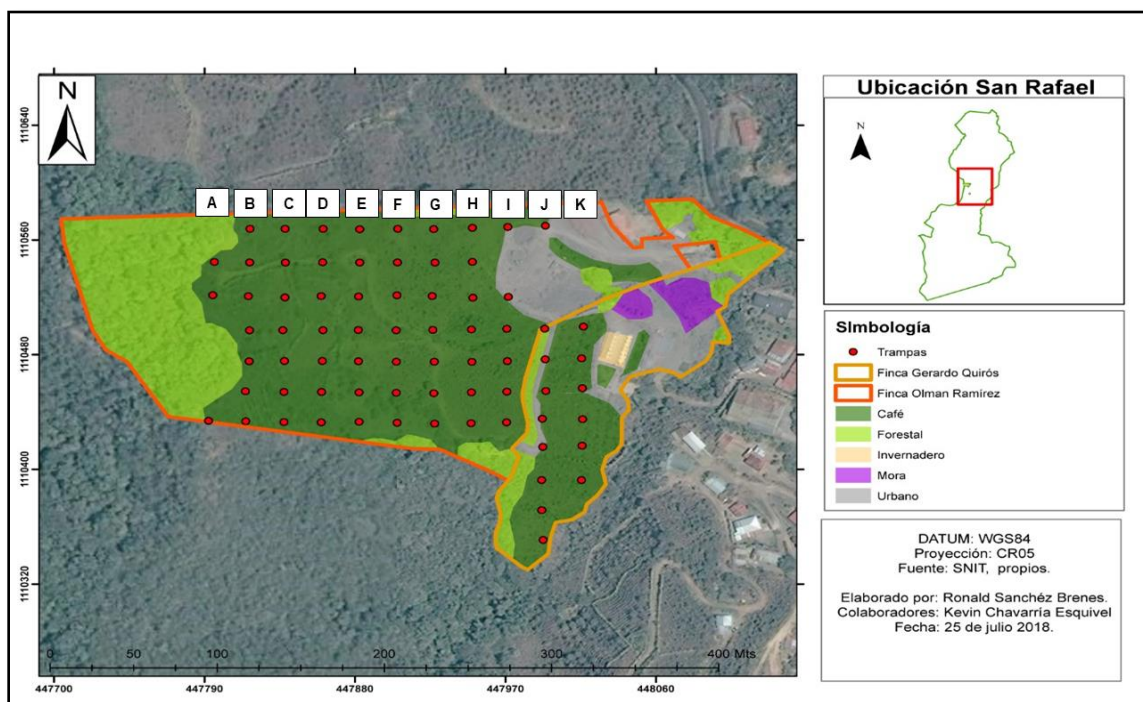


Figura 2.2. Distribución de trampas de captura viva tipo 62rellan para mamíferos pequeños en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

La intensidad de muestreo fue de 156 días (3 744 horas) distribuidos a lo largo de tres años en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de café. Las trampas se activaron en periodos de 24 horas con revisión una vez por día para capturar individuos, marcarlos y cambiar cebos. El cebo utilizado fue una mezcla de avena, mantequilla de maní, vainilla y embutidos.

Una vez capturado un individuo, se procedió a observar la trampa para buscar excretas. De acuerdo con Korschgen (1980), los excrementos de los mamíferos pueden usarse como fuentes primarias de información. Al encontrarse una excreta se recolectó inmediatamente y se dispuso en bolsas con cierre hermético y rotuladas (Rojas *et al.* 2014). En caso de no hallar heces en la trampa, se extrajo el individuo, se depositó en una bolsa de tela y se dejó por una hora para lograr obtener la muestra fecal. Asimismo, se revisaron los abazones (bolsas de las mejillas) de algunos roedores de la familia Heteromyidae, para buscar residuos de alimentos.

Con los residuos de alimentos en heces, se procedió a hacer lavados de la muestra con una piseta con agua destilada para separar las semillas de los demás componentes de la excreta, se dejaron secar a temperatura ambiente y posteriormente, se clasificaron por tamaño y forma, para su identificación. Mientras que de los abazones simplemente se extrajeron.

Determinación de dieta y dispersión de semillas de mamíferos medianos y grandes

Se consideraron como mamíferos medianos *Procyon lotor* (Linnaeus,1758) (mapache), *Dasyprocta punctata* (Gray,1842) (guatusa), *Dasyopus novemcinctus* (Linnaeus,1758) (armadillos), *Didelphis marsupialis* (Linnaeus,1758) y *Philander melanurus* (Thomas, 1899) (zorros), *Nasua narica* (Linnaeus,1758) (pizotes), entre otros de tamaños similares. Se interpretó como mamíferos grandes a *Canis latrans* (Say,1823) (coyotes), *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) (puma), *Galictis vittata* (Schreber,1776) (grisón) y *Eira barbara* (Linnaeus,1758) (tolomuco). Para determinar la riqueza de los mamíferos medianos se usaron dos métodos de trapeo, el primero mediante trampas havahart (HH 1085 EZ 1 Puerta 81 x 25,5 x 30,5cm)) y el segundo por cámaras trampa Bushnell HD modelo 119740 (B&H Foto & Electronics Corp. 420 9th Ave, Nueva York, Estados Unidos). Mientras que los mamíferos grandes solo se muestrearon con las cámaras trampa.

Se colocaron siete trampas havahart en sitios estratégicos (árboles frutales, madrigueras, musáceas, lugares de paso, cerca de fuentes de agua) (Manson *et al.* (2008) Caudill *et al.* (2014) y (Torre *et al.* 2016)) (Figura 2.3).

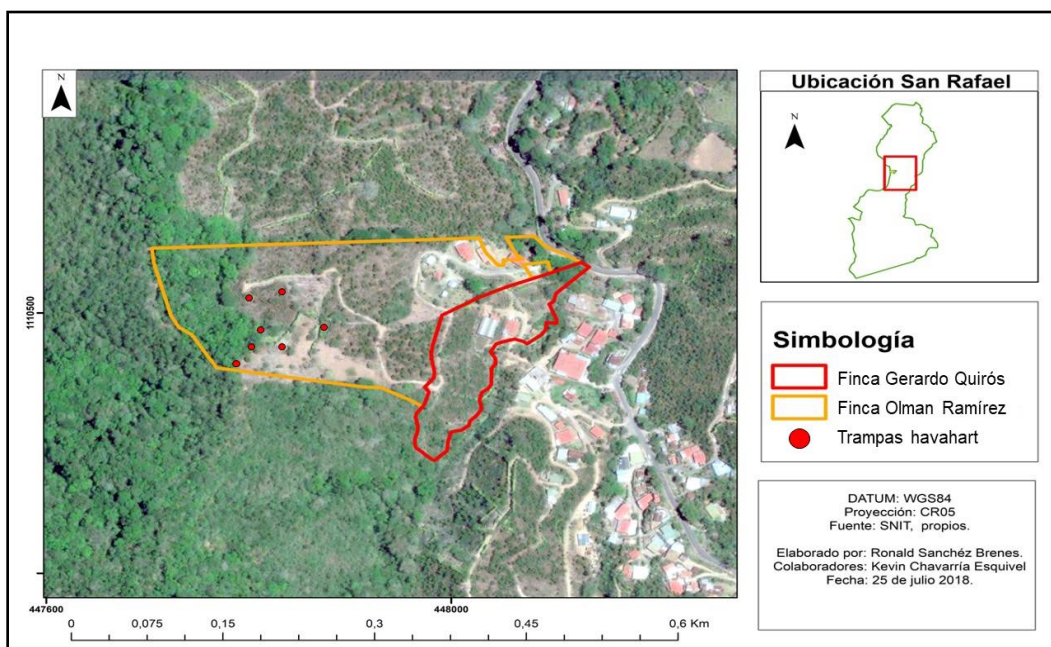


Figura 2.3. Distribución de trampas havahart para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

Las trampas havahart se colocaron al mismo tiempo que las trampas de captura viva tipo 64rellan en un total de 156 días a lo largo de dos años (3 744h). Se colocó el cebo en horas de la tarde noche (16:00h) y se revisaron al día siguiente en horas de la mañana (08:00h) para identificar el animal capturado, marcarlo y cambiar el cebo. La carnada utilizada fue la misma de las trampas para mamíferos pequeños, además de algunas frutas y vegetales como bananos, plátanos, naranjas, tomates, los cuales se cambiaron en cada revisión de trampa.

En el momento de revisión se observó si había excretas dentro de la trampa y se mantuvo el animal encerrado por una hora más para que defecara. En caso de hacerlo se colectaron las heces y se colocaron en bolsas plásticas con cierre hermético con su debida rotulación (Rojas *et al.* 2014). Posteriormente, se extrajeron las semillas contenidas en cada excreta haciendo lavados con un pizeta con agua destilada, se dejaron secar al ambiente para clasificarlas por forma y tamaño (Rojas *et al.*, 2014). Después se compararon mediante el uso de un estereoscopio con las semillas del inventario de flora realizado y así poder identificarlas.

En cuanto a las cámaras trampa se usaron cuatro dispositivos. Al igual que las trampas havahart se colocaron en sitios estratégicos (Manson *et al.*, 2008; Caudill *et al.*, 2014; y Torre *et al.*, 2016). Estos dispositivos se ubicaron a una altura de 20 a 50 cm del suelo, y no se utilizaron cebos ni sustancia que atrajeran a los mamíferos en el sitio donde está la cámara (Lizcano, 2018). Las cámaras trabajaron en modo mixto (foto y video) de manera continua durante tres años de muestreo (26280 horas). Solo se desactivaron para obtener los datos almacenados en las tarjetas SD y cambiar las baterías en los momentos requeridos (Figura 2.4).

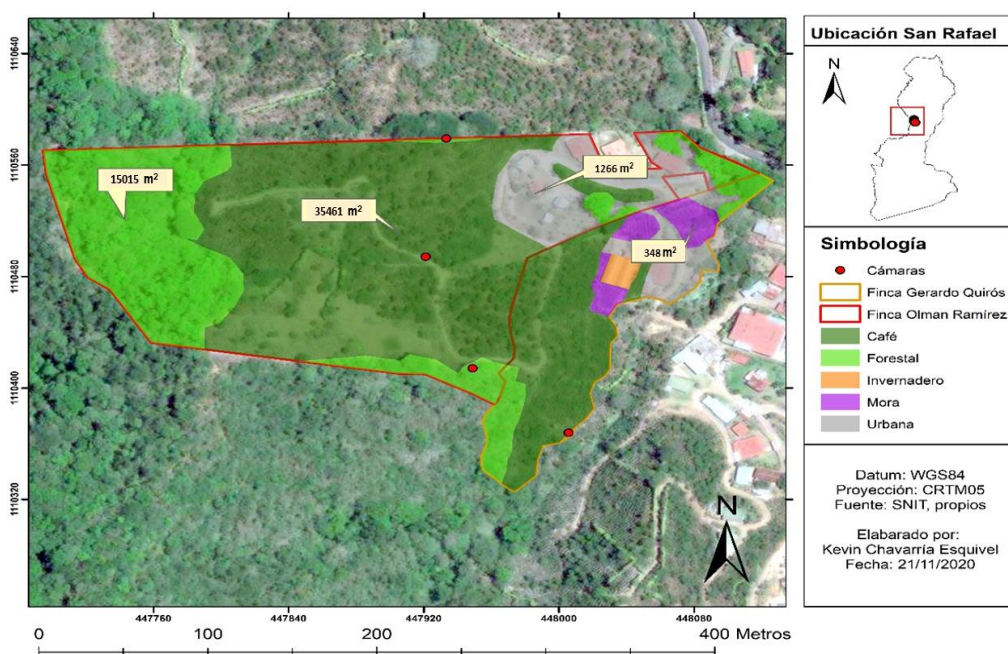


Figura 2.4. Distribución de cámaras trampa para mamíferos medianos en Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

Seguido de esto se analizaron la totalidad de videos recaudados y se separaron los eventos en donde se evidenciará un hábito alimentarios o indicio de depredación.

Determinación de dieta y dispersión de semillas de mamíferos voladores

Se colocaron dos redes de niebla con una longitud de 12 m por 2,5 m de alto (Figura 5). Al ser redes extensas, se colocaron cerca de lugares usados por los murciélagos (Bracamonte, 2018), en este caso las calles del cafetal. La intensidad de muestreo fue

de 15 días durante los dos años, se inició a las 16:30 h con la colocación y se quitaron a las 23:00h. Este periodo se definió con base en que la actividad de los murciélagos es más frecuente durante esas horas, asimismo se evitó colocar redes en días de luna llena, dado que la actividad de los murciélagos disminuye (Bracamonte, 2018). Los individuos capturados se liberaron de las redes de niebla, se identificaron mediante claves dicotómicas y literatura disponible de Mora *et al.* (2020). Finalmente, se colocaron en bolsas de tela por una hora para esperar a que defecaran, se colectaron las heces, se llevaron al laboratorio para hacer lavados con pizeta, separarlas y compararlas (Rojas *et al.* 2014).



Figura 2.5. Colocación de redes niebla en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

Complemento de la información obtenida con revisión de literatura para determinar la participación de los mamíferos en parte de la cadena trófica crear una cadena trófica

Una vez obtenidos los datos en campo, tanto de las cámaras trampa, la extracción de semillas en las heces y observaciones directas, se procedió a indagar en diferentes buscadores (Google Academic, Research Gate, Science Direct, Web of Science, Scopus, Scielo, Redalyc) y revistas científicas (en línea o impresas) las dietas de los mamíferos presentes en Rincón de Mora. Para ello, se buscó cada mamífero mediante su nombre científico y las palabras dieta o dispersión de semillas para un aproximado de 320 artículos científicos revisados. Se comparó lo que comían con los elementos encontrados en las muestras y elementos de flora y fauna presentes en el cafetal. Posterior a esto, se

elaboraron dos esquemas de participación de mamíferos en la cadena trófica diferenciadas por mamíferos terrestres y voladores mediante el software en línea denominado Gliffy. El primer tipo de cadena fue lo que se encontró con los datos obtenidos en campo en las cámaras trampa, excretas y observaciones directas. El segundo tipo de cadena fue los datos obtenidos en las fincas más los datos buscados en la literatura donde se amplió las dietas y dispersión de semillas de los mamíferos registrados en Rincón de Mora, así como las interacciones en la cadena trófica. Se hizo una clasificación mediante colores de los diferentes niveles de depredación en donde el nivel 1 de color gris eran los mamíferos grandes carnívoros, el color azul representó los mamíferos grandes omnívoros, el color verde los mamíferos medianos omnívoros, el color morado los mamíferos medianos herbívoros, el color rojo los mamíferos pequeños omnívoros y el naranja mamíferos pequeños insectívoros. En el caso de los murciélagos todos fueron representados por un solo color. Asimismo, para ambas cadenas, el tipo de alimento consumido tuvo enmarcadas con color verde las plantas, morado los insectos, rosado las aves, amarillo los mamíferos, naranja los hongos, azul los peces, gris anfibios, café reptiles y verde agua otros invertebrados (Figura 2.6).

SIMBOLOGÍA		
Carnívoros grandes	Plantas	Peces
Omnívoros grandes	Insectos	Anfibios
Omnívoros medianos	Aves	Reptiles
Herbívoros medianos	Mamíferos	Otros invertebrados
Omnívoro pequeños	Hongos	
Insectívoros pequeños		

Figura 2.6. Simbología de depredadores y hábitos alimentarios utilizados en las cadenas tróficas realizadas.

Resultados

Identificación de especies en el cafetal por hábito alimentario

Se identificaron 22 especies de mamíferos en el agroecosistema con café estudiado, los cuales se dividieron por tamaño y hábitos alimentarios. Se obtuvieron dos especies carnívoras, dos herbívoros y 18 omnívoros (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Mamíferos presentes en agroecosistemas con café, Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica.

Tipo de mamífero	Familia	Especie	Hábitos alimentarios
Pequeño	Cricetidae	<i>Melanomys chrysomelas</i> (J.A. Allen, 1897) (Ratón moreno)	Omnívoro
	Heteromidae	<i>Heteromys salvini</i> (Thomas, 1873) (Ratón espinoso)	Omnívoro
	Muridae	<i>Mus musculus</i> (Linnaeus 1758) (Ratón casero)	Omnívoro
		<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus 1758) (Rata negra)	Omnívoro
	Soricidae	<i>Cryptotis nigrescens</i> (J.A Allen, 1895) (Musaraña)	Omnívoro
Medianos	Dasypodidae	<i>Cabassous centralis</i> (Miller, 1899) (Armadillo zopilote)	Omnívoro
		<i>D. novemcinctus</i>	Omnívoro
	Dasyproctidae	<i>D. punctata</i>	Omnívoro
	Didelphidae	<i>D. marsupialis</i>	Omnívoro
		<i>P. melanurus</i>	Omnívoro
	Leporidae	<i>Sylvilagus gabbi</i> (Allen, 1877) (Conejo de monte)	Herbívoro
	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1875) (Zorrillo hediondo)	Omnívoro
	Procyonidae	<i>N. narica</i>	Omnívoro
		<i>P. lotor</i>	Omnívoro
	Sciuridae	<i>Sciurus variegatoides</i> (Ogilby, 1839) (Ardilla)	Herbívoro
Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i> (Linnaeus, 1758) (Saino)	Omnívoro	
Grandes	Canidae	<i>C. latrans</i>	Omnívoro
	Felidae	<i>P. concolor</i>	Carnívoro
	Mustelidae	<i>E. barbara</i>	Omnívoro
		<i>G. vittata</i>	Carnívoro
Voladores	Phyllostomidae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758) (Murciélago candelero)	Omnívoro
		<i>Diclidurus alba</i> (Wied-Neuwied, 1820) (Murciélago blanco)	Omnívoro

Identificación de flora con potencial de alimentación y dispersión de semillas para los mamíferos.

Se identificaron un total de 71 especies de flora pertenecientes a 31 familias diferentes. La familia con más especies de flora registrada fue Fabaceae con 14 especies, seguida de Myrtaceae, Rutaceae y Solanaceae con siete especies cada una (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Especies con potencial de alimentación y dispersión de semillas para los mamíferos presentes en Rincón de Mora.

Familia	Especies registradas	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> (Linneus, 1753)	Mango
	<i>Spondias purpurea</i> (Linneus, 1753)	Jocote
Annonaceae	<i>Annona glabra</i> (Linneus, 1753)	Anona
	<i>Annona muricata</i> (Linneus, 1753)	Guanábana
Apocynaceae	<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevos de caballo
Araceae	<i>Anthurium</i> sp.	Anturio
Bixaceae	<i>Bixa Orellana</i> (Linneus, 1753)	Achiote
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> var <i>capitata</i> (Linneus, 1753)	Repollo
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> (Linneus, 1753)	Papaya
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i> (Linneus, 1759), <i>Cecropia</i> spp.	Guarumo
Cucurbitaceae	<i>Sechium edule</i> (Jacq. Sw. 1800)	Chayote
	<i>Sechium tacaco</i> (Pittier, 1978)	Tacaco
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitánica</i> (Mill, 1768)	Ciprés
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> (Schtdl, 1831)	Croton
	<i>Croton niveus</i> (Jacq, 1760)	
	<i>Manihot esculenta</i> (Crantz, 1766)	Yuca
Fabaceae	<i>Dyphisa americana</i> (Mill,1990)	Guachipelín
	<i>Erythrina fusca</i> (Lour, 1790)	Poró
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp, 1901)	
	<i>Inga barbourii</i> (Standl, 1944)	Guaba, cuajiniquiles
	<i>Inga densiflora</i> (Benth, 1875)	
	<i>Inga oerstediana</i> (Benth. 1891)	
	<i>Inga punctata</i> (Willd, 1806)	
	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl.)	
	<i>Inga tonduzii</i> (Donn.Sm.)	
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.)	Pata de elefante
	<i>Senna cobanensis</i> (Britton.)	Candelillo
	<i>Senna papillosa</i> (Britton & Rose.)	
	<i>Zygia longifolium</i> (Wild.)	Sotacaballo
Heliconiaceae	<i>Heliconia</i> sp.	Heliconia
Hypericaceae	<i>Vismia</i> sp.	Vismia
Lauraceae	<i>Persea americana</i> (Mill, 1768)	Aguacate
Malphiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (Linneus, 1753)	Nance
Malvaceae	<i>Heliocarpus</i> sp.	Corcho
	<i>Theobroma cacao</i> (Linneus, 1753)	Cacao
Melastomataceae	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl, 1825)	Capulín
	<i>Miconia</i> sp.	
Meliaceae	<i>Trichilia</i> sp.	
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	Higuerón
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> (Linneus, 1753)	Banano, plátano, guineo
Myrsinaceae	<i>Myrsine pellucido-punctata</i> (Linneus, 1753)	
Myrtaceae	<i>Eucalyptus cinérea</i> (F. Muell ex Benth, 1867)	Eucalipto
	<i>Eugenia stipitata</i> (Mc Vaugh, 1956)	Arazá
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (Berg.)	Cas
	<i>Psidium guajava</i> (Linneus, 1753)	Guayaba

	<i>Sizygium jambos</i> (Linneus, 1753)	Manzana rosa
	<i>Sizygium malaccense</i> (Linneus, 1753)	Manzana de agua
Piperaceae	<i>Piper hispidum</i> (Sw.) <i>Piper</i> spp	Candelillas
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i> (Linneus, 1753)	Caña de azúcar
	<i>Zea mays</i> (Linneus, 1753)	Maíz
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.	Mora
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> (Linneus, 1753)	Café
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm)	Limon mesino
	<i>Citrus aurantium</i> (Linneus, 1753)	Naranja agria
	<i>Citrus maxima</i> (Merr.)	Limón dulce
	<i>Citrus paradisi</i> (Macfad.)	Toronja
	<i>Citrus reticulata</i> (Blanco, 1837)	Mandarina
	<i>Citrus sinensis</i> (Linneus, 1753)	Naranja
Sapindaceae	<i>Melicocca bijuga</i> (Linneus, 1753)	Mamón
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (Linneus, 1753)	Güitite
	<i>Physalis peruviana</i> (Lam.)	Uchuva
	<i>Solanum hirtum</i> (Vahl, 1791)	Naranjilla
	<i>Solanum lycopersicum</i> (Linneus, 1794)	Tomate
	<i>Solanum mammosum</i> (Linneus, 1753)	Pichichío
Urticaceae	<i>Urtica</i> sp.	Ortiga

3. Mamíferos pequeños

De las cinco especies de mamíferos pequeños encontrados en Rincón de Mora, una pertenece al orden Eulipotyphla: *C. nigrescens* y cuatro al orden Rodentia: *H. salvini*, *M. chrysomelas*, *M. musculus* (ratón casero) y *R. rattus* (rata negra). De estas cinco especies, se destaca la presencia de granos de café (*C. arabica*) en los abazones de un *H. salvini*, lo cual es parte de su dieta y posiblemente colabore en la dispersión de esta planta (Figura 2.7).



Figura 2.7. Granos de *Coffea arabica* (Linneus, 1753) (café) extraídos en las bolsas de *Heteromys salvini* (Thomas, 1873) (Ratón espinoso) en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

4. Mamíferos medianos

Se detectaron 11 especies de mamíferos medianos, tres son del orden Carnivora: *C. semistriatus*, *N. narica* y *P. lotor*, dos al orden Cingulata: *C. centralis* y *D. novemcinctus*, dos al orden Didelphimorphia: *D. marsupialis* y *P. melanurus*, dos al Rodentia: *D. punctata* y *S. variegatoides*, un Artiodactyla: *T. tajacu* y un Lagomorpha: *S. gabbi*.

En cuanto a dieta y dispersión de semillas, *Sciurus variegatoides* se observó alimentándose de *M. paradisiaca*, *P. guajava* y *A. arborescens* (güitite). Estas dos últimas especies podrían estar siendo dispersadas por *S. variegatoides* (Figura 2.8).



Figura 2.8. Semillas consumidas por *Sciurus variegatoides* (Ogilby, 1839) (ardilla), (A) *Psidium guajava* (Linneus, 1753) (guayaba) y (B) *Acnistus arborescens* (Linneus, 1753) (güitite). Período marzo 2019-febrero 2022.

Dasyprocta punctata fue la especie reportada con más ítems consumidos tales como *Polyporus* sp. (hongo), *M. paradisiaca* AAA y AAB. Así como especies con potencial de

dispersión como, *P. americana*, *S. edule*, *E. stipitata*, *P. friedrichsthalianum*, *P. guajava*, *C. aurantifolia*, *C. reticulata*, *C. sinensis*, *I. densiflora* y *C. peltata* (Figura 2.9).



Figura 2.9. Ítems consumidos en el sitio de estudio por *Dasyprocta punctata* (Gray, 1842) (Guatusa) (A) *Polyporus* sp (Hongo), (B) *Inga densiflora* (Benth, 1875) (Guaba), (C) *Cecropia peltata* (Linneus, 1759) (Guarumo), (D) *Musa paradisiaca* AAA (Linneus, 1753) (Banano), (E) *Citrus sinensis* (Linneus, 1753) (Naranja) y (F) *Musa paradisiaca* AAB (Linneus, 1753) (Plátano). Período marzo 2019-febrero 2022.

P. melanurus al igual que las especies anteriores, incluyó en su dieta *M. paradisiaca* AAA y AAB. Además, se identificó en sus heces semillas de *P. hispidum* y *C. xalapensis* (Figura 2.10).



Figura 2.10. Ítems consumidos presentes en el área de estudio por *Philander melanurus* (Thomas, 1899) (Zorro cuatro ojos) (A) *Conostegia xalapensis* (Bonpl, 1825) (Capulín) y (B) *Piper hispidum* (Sw.) (Candelilla). Período marzo 2019-febrero 2022.

Didelphis marsupialis se registró comiendo *M. paradisiaca* AAA y AAB, juntamente con *B. oleracea var capitata* y *S. lycopersicum*. Mientras que *P. lotor*, se determinó que depredó *M. paradisiaca* AAA y AAB, *Gallus gallus domesticus* (Linnaeus 1758) (gallina), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) (tilapia) y *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) (pangasio). También se observó en las heces la presencia de un individuo de la familia Scarabeidae, subfamilia Aphoniinae (Figura 2.11).



Figura 2.11. Ítems consumidos en el área de estudio por *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758) (mapache) (A) Scarabeidae subfamilia Aphoniinae (escarabajo) y (B) *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) (pangasio). Período marzo 2019-febrero 2022.

5. Mamíferos grandes

Se registraron cuatro especies todas del orden Carnivora: *C. latrans*, *E. barbara*, *G. vittata* y *P. concolor*. *E. barbara* se observó en las cámaras trampa persiguiendo a una *D. punctata* y después olfateando el lugar donde estuvo para posiblemente alimentarse de ella (Figura 2.12).

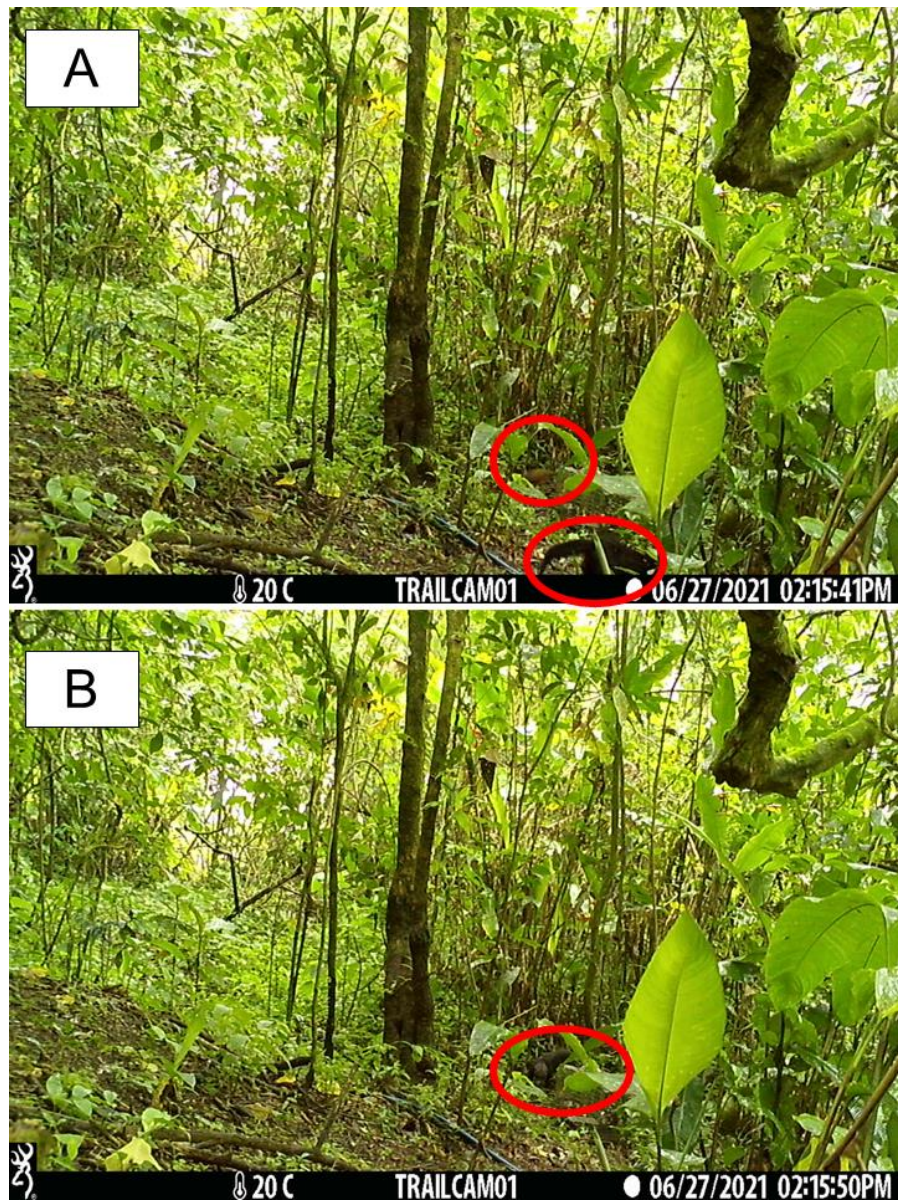


Figura 2.12. Ítems consumidos en el área de estudio por de *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) (tolomuco) (A) *Eira barbara* persiguiendo a *Dasyprocta punctata* (Gray, 1842) (guatusa) (B) *E. barbara* olfateando rastros de *D. punctata*. Período marzo 2019-febrero 2022.

C. latrans se alimentó de *G. gallus domesticus* (gallina) y a *D. punctata*. Asimismo, se encontraron restos óseos de *T. tajacu*, *S. gabbi* y *N. narica* (Figura 2.13) que pudieron haber sido depredados por esta especie o bien por *P. concolor* que también fue detectado en el cafetal.



Figura 2.13. Posible dieta de mamíferos grandes (A) Mandíbula de *Tayassu tajacu* (Linnaeus, 1758) (saíno) (B) Dientes de *Sylvilagus gabbi* (conejo de monte) (Allen, 1877) (C) Mandíbula de *Nasua narica* (Linnaeus, 1766) (pizote). Período marzo 2019-febrero 2022.

6. Mamíferos voladores

En cuanto a los mamíferos voladores se logró registrar dos especies de murciélagos, orden Chiroptera: *C. perspicillata* y *D.* Se pudo extraer de las excretas de *Carollia perspicillata* semillas de *P. hispidum*, así como observar algunos individuos alimentándose en la parcela de cultivo de mora del productor (Figura 2.14).



Figura 2.14. Ítems consumidos en el área de estudio por *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (murciélago candelero) (A) *Piper hispidum* (Sw.) (candelillas) y (B) *Rubus* sp (mora). Período marzo 2019-febrero 2022.

7. Cadenas alimenticias

A. Mamíferos terrestres

De acuerdo con los datos de dieta obtenidos en las diferentes especies de mamíferos encontrados en Rincón de Mora, se identificaron cuatro niveles tróficos en el agroecosistema con café estudiado. El primero de ellos fueron los mamíferos carnívoros donde se ubicó *P. concolor* y *G. vittata*, seguido de ellos estuvo los omnívoros grandes *C. latrans* y *E. barbara*. En el tercer nivel se ubicaron los omnívoros medianos *C. semistriatus*, *T. tajacu*, *C. centralis*, *N. narica*, *P. melanurus*, *D. novemcinctus*, *D. marsupialis*, *P. lotor* y *D. punctata*. En el cuarto nivel están *S. variegatoides* y *S. gabbi* herbívoros y por último los omnívoros pequeños *H. salvini*, *M. musculus*, *R. rattus*, *M. chrysomeles* y *C. nigriscens*. Se destaca la *M. paradisiaca* como la especie de alimento más consumido por los mamíferos terrestres presentes del cafetal. Asimismo, especies de los géneros *Cecropia*, *Citrus*, *Psidium*, *Piper*, e *Inga*, con potencial de dispersión en el agroecosistema con café (Figura 2.15).

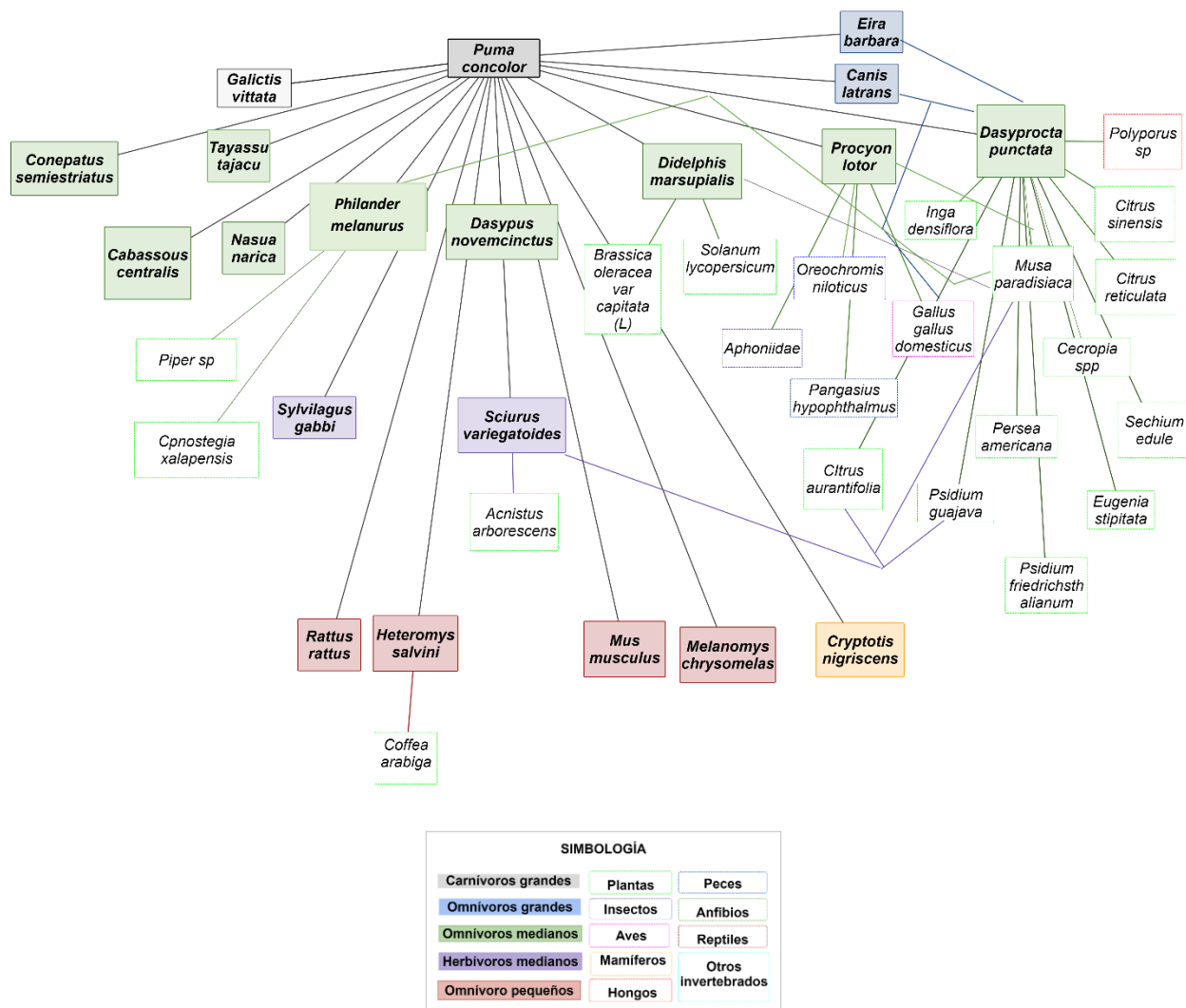


Figura 2.15. Red trófica de mamíferos terrestres registrados en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica. Período marzo 2019-febrero 2022.

B. Mamíferos voladores

Para estos individuos solo se registró *P. hispidum* consumido por *C. perspicillata*. Mientras que para *D. albus*, no se pudieron conseguir datos ya que el individuo encontrado estaba muerto.

Discusión

Como complemento de las 22 especies de mamíferos documentadas para esta investigación en cafetales de Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica, también se han registrado otras seis especies: *Alouatta palliata* (Gray, 1949) (mono congo), *Artibeus*

jamaicensis (Leach, 1821) (artibeo jamaicano), *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (artibeo correcto), *Hylonectris underwoodi* (Thomas, 1903) (murciélago de Underwood), *Platyrrhinus helleri* (Peters, 1866) (murciélago de Heller) y *Vampyressa thuyone* (Thomas, 1909) (vampiresa pequeña) (Sánchez y Moya, 2018). Por lo que se determina la presencia de 28 especies de mamíferos en estos cafetales.

Los roedores pequeños y ubicados en la parte inferior de la cadena trófica en esta investigación, *H. salvini*, *M. musculus*, *M. chrysomelas* y *R. rattus* son omnívoros (Reid, 1997). Asimismo, el otro mamífero pequeño reportado fue la musaraña *C. nigrescens* que es insectívoro (Woodman, 2000). *H. salvini* presentó granos de *C. arabica* en sus abazones, lo cual es característico para esta especie por ser dispersor de semillas, en tanto que *M. musculus* y *R. rattus* se describen como roedores que pueden alimentarse incluso hasta de basura catalogándose como especies plaga (Reid, 1997).

En cuanto a mamíferos medianos herbívoros se tuvo la presencia de dos especies, la primera de ellas fue *S. gabbi*. Carrillo *et al.* (1999) mencionan que esta especie tiene una dieta compuesta por semillas, hojas, tallos y brotes tiernos de hierbas y otras plantas, en tanto que Castañeda *et al.* (2015) indican que se alimentan de plantas de la familia Poaceae, características de la vegetación de los cafetales investigados. La segunda especie de mamífero mediano herbívoro fue *S. variegatoides*, la cual tiene una dieta que consiste en frutos, nueces y semillas de diversas especies de plantas (Carrillo *et al.* 1999) aunque Medina-Fitoria *et al.* (2018) reportaron a esta especie alimentándose de polluelos de *Zenaida asiatica* (Linnaeus, 1758) (paloma aliblanca) en lugares urbanos. Esta ave fue registrada por Sánchez y Moya (2018) en cafetales de Rincón de Mora, por lo que podría ser una fuente de alimentación alternativa, lo que cambiaría el hábito alimentario de *S. variegatoides* a especie omnívora.

Además, en los agroecosistemas con café investigados, *S. variegatoides* se observó comiendo en árboles de *P. guajava* lo que concuerda por lo dicho por Reid (1997), la cual indica que el comportamiento de *S. variegatoides* es arbóreo y asimismo que esta fruta es parte de su dieta. Otro de los árboles en los que se vio esta especie fue en *A. arborescens* que de acuerdo con Wainwright (2002) es otra fuente de alimentación.

Asimismo, parte de la flora que está presente en el cafetal que se reporta como parte de la dieta de *Sciurus variegatoides* es *C. papaya*, *Cecropia spp*, *C. x aurantifolia*, *Ficus spp*, *I. spectabilis*, *M. indica*, *M. paradisiaca*, *P. americana*, *S. edule*, *S. tacaco*, *S. purpurea*, *T. cacao* y *Z. mays* (Best, 1995, Reid, 1997, Wainwright 2002, Mencía 2021), de las cuales algunas semillas podrían ser potencialmente dispersadas.

Los mamíferos medianos *A. palliata*, *C. centralis*, *C. semiestriatus*, *D. punctata*, *D. novemcinctus*, *D. marsupialis*, *N. narica*, *P. melanurus*, *P. lotor* y *T. tajacu* observados en el área de estudio y ubicados en la mitad de la cadena trófica, se catalogan de acuerdo con sus hábitos alimentario como omnívoros (Carrillo *et al.* 1999, Reid, 1997).

Sánchez (1991) indicó que *C. arabica* cultivo principal de esta investigación es uno de los alimentos que conforman la dieta de *A. palliata*, de hecho, este autor mencionó que los avistó comiendo granos de café en Río Jesús, San Ramón lugar cercano al área de estudio, en donde los meses con mayor tiempo empleado en el consumo fueron diciembre (18,9%) y enero (11,02%), fechas que coinciden con la cosecha de café. Asimismo, *A. arborescens*, *B. crassifolia*, *C. papaya*, *Cecropia spp*, *C. sinensis*, *C. aurantifolia*, *Ficus spp*, *I. densiflora* e *I. spectabilis*, *M. indica*, *P. guajava*, *P. friedrichsthalianum*, *S. purpurea*, *S. malaccense* y *T. cacao*, las cuales son elementos complementarios de la flora del agroecosistema estudiado. Incluso al tener el hábito de comer y arrojar las semillas al suelo, podrían ayudar en la dispersión de estas. Conjuntamente, este mamífero consume larvas de algunos insectos que se encuentran en los frutos anteriormente descritos (Sánchez, 1991).

Cabassous centralis incluye en su dieta Termitidae (termitas) y Formicidae (hormigas) mientras que *C. semiestriatus* se alimenta de pequeños vertebrados y posiblemente frutos (Reid, 1997, Carrillo *et al.* 1999). Por lo tanto, no es de extrañar que en el agroecosistema con café estudiado estos animales estén presentes, dado que es un hábitat propicio para su alimentación.

Dasyprocta punctata es una especie casi totalmente frugívora, ya que comen principalmente partes blandas de frutas y semillas (Smythe, 1978) aunque también se ha reportado comiendo cotiledones de plántulas, flores, hojas, insectos y hongos (Carrillo *et*

al. 1999). Las cámaras trampa permitieron reportar a *D. punctata* en Rincón de Mora alimentarse de *Cecropia* spp., *C. sinensis*, *M. paradisiaca*, *Polyporus* sp. e *I. densiflora* (Sánchez-Brenes y Monge, 2021). Incluso con *I. densiflora* se observó a *D. punctata* pelar el fruto para comerse la pulpa y posteriormente enterrar la semilla, dicho comportamiento es característico en las guatusas y lo potencia como dispersor de semillas grandes (Smythe 1978; Janzen, 1991). Asimismo, mediante observación directa, otros alimentos presentes en el agroecosistema con café y aprovechados por este mamífero son *C. aurantifolia*, *E. stipitata*, *P. friedrichsthalianum*, *P. guajava* y *S. edule*. Además, se podría pensar que *D. punctata* también se alimentaría de *S. officinarum*, *M. esculenta* y pichones de *Turdus grayi* (Bonaparte, 1838) (yigüirro) elementos presentes en los cafetales investigados y que han sido parte de su dieta (Walker, 1968, Smythe, 1978, Ramírez *et al.*, 2018).

La dieta de *D. novemcinctus* se compone principalmente de órdenes de insectos como: Coleoptera (escarabajos), Dermaptera (tijerillas), Diptera (moscas), Hemiptera (chinches) Homoptera (salivazos), Hymenoptera (abejas y avispas), Isoptera (termitas), Lepidoptera (mariposas), Odonata (libélula) y Orthoptera (grillos y saltamontes) (Mc Bee y Baker, 1982, Mengak 2017). De igual manera, se alimentan de otros artrópodos como Acarina (garrapatas), Araneidae (arañas panaderas), Chilopoda (ciempiés), Decapoda (crustáceos), Haplotaxida (lombrices) y Scorpionida (alacranes) (Mengak 2017). Estos invertebrados muchas veces pueden ocasionar algunos daños en las plantaciones de café y causar lesiones en productores y recolectores en el momento de la cosecha, por lo que la presencia de *D. novemcinctus* como regulador biológico de estos animales es esencial en el manejo ecosistémico. Además de invertebrados, este mamífero se alimenta de algunas plantas de las familias Asteracea, Cyperacea, Euphorbiacea y Poacea (Correa-Vaz *et al.* 2012) así como de otros mamíferos como *S. gabbi* (Mc Bee y Baker, 1982) que están presentes en Rincón de Mora.

En cuanto a *D. marsupialis*, se notó alimentándose de *M. paradisiaca*, una de las especies de plantas más abundantes en el cafetal. Asimismo, otra vegetación presente en este agroecosistema como *M. indica* y *S. malaccense* también es parte de su dieta (Barros y Acevedo, 2014). Al mismo tiempo, este mamífero puede depredar algunos

murciélagos como *A. jamaicensis* y *C. perspicillata* (Cloutier y Thomas 1992 y Ortega y Castro-Arellano 2001) al igual que *P. melanurus*, registrados en esta investigación. Se destaca que tanto *D. marsupialis* como estas presas mencionadas, al tener un comportamiento arborícola comparten el mismo espacio dentro del hábitat del café.

Nasua narica también de hábitos arborícolas (Carrillo *et al.* 1999, Reid, 1997) depreda otros mamíferos como *A. jamaicensis*, *Didelphis* sp reportados en el agroecosistema estudiado, e inclusive se ha registrado alimentándose de individuos de su misma especie (Ortega y Castro- Arellano, 2001, Altamirano, Soriano y Maldonado 2013). Conjuntamente, dado ese comportamiento aprovecha *B. crassifolia* (Wainwright, 2002), *C. papaya*, *C. paradisi*, *Ficus* sp. árbol en el cual fue observado varias veces en Rincón de Mora, *M. paradisiaca*, *M. indica* (Valenzuela-Galván, 1998) y *S. purpurea* (Reid, 1997), cuyas semillas pueden ser dispersadas por este mamífero. Asimismo, *N. narica* igualmente tiene un comportamiento terrestre, lo que le facilita la dieta de mamíferos más pequeños como *Criptotys* sp. y *Heteromys* sp., algunos insectos como *Phyllophaga* sp. (joboto) que se cataloga como dañino para muchos cultivos, Hymenoptera y Diptera y cultivos *Physalis* sp (uchuva), *Z. mays* (maíz) (Altamirano, Soriano y Maldonado 2013).

P. melanurus, al igual que *D. marsupialis* y *N. narica*, se alimenta de murciélagos *A. jamaicensis* (artibeo jamaicano) y *C. perspicillata* (murciélago candelerero) (Cloutier y Thomas 1992, Reid, 1997). Conjuntamente su dieta se compone de insectos Scarabeidae (escarabajos) y Blattidae (cucarachas) (Cloutier y Thomas, 1992) al igual que plantas como *Piper* spp y *C. xalapensis* cuyas semillas fueron recolectadas e identificadas en esta investigación y *Cecropia* spp., *S. purpurea* y *Z. mays* (Cloutier y Thomas, 1992), presentes en el agroecosistema con café objeto de estudio. Del mismo modo, este mamífero depreda serpientes *Micrurus nigrocinctus* (Girard, 1854) (coral) (Gómez-Martínez *et al.* 2008), que algunas veces puede representar un peligro para los productores y recolectores de café.

Guerrero *et al.* (2000) indican que *P. lotor* consume insectos de la familia Scarabeidae (escarabajos), como el ejemplar de la subfamilia Aphoniidae sp. percibido en este estudio, Acrididae (chapulines), Buprestidae (barrenadores) Curculionidae (picudos)

Grillidae (grillos), Formicidae, Pentatomidae (chinchas) y Tenebrionidae (tenebrios), además de Crustaceae (cangrejos de río). En cuanto a las plantas, además de *Musa paradisiaca* observada como alimento de este mamífero, también consume otra vegetación encontrada en estos cafetales como *Inga* sp (Carrillo *et al.* 2001), *C. papaya*, *S. purpurea*, *Ficus* spp., *M. indica*, *S. lycopersicum*, *Z. mays*. Asimismo, este mamífero puede alimentarse de algunos vertebrados, en específico aves del orden Passeriformes de las familias Columbidae (palomas), Caprimulgidae (cuyeos), Emberizidae (pinzones) y Fringillidae (fringílicos), de las cuales algunas especies están presentes en Rincón de Mora, tal y como lo reportaron Sánchez y Moya (2018).

Tayassu tajacu presente en el cafetal tiene como dieta diferentes plantas *B. crassifolia* (nance) (Wainwright; 2002), *Ficus* spp. (higuerón) (Carrillo *et al.* 1999), *L. leucocephala* (guaje), *P. purpureum* (pasto elefante), *Z. mays* (Montes *et al.* 2012) y *S. purpurea* (Reid, 1997). Este tipo de vegetación es parte del agroecosistema estudiado.

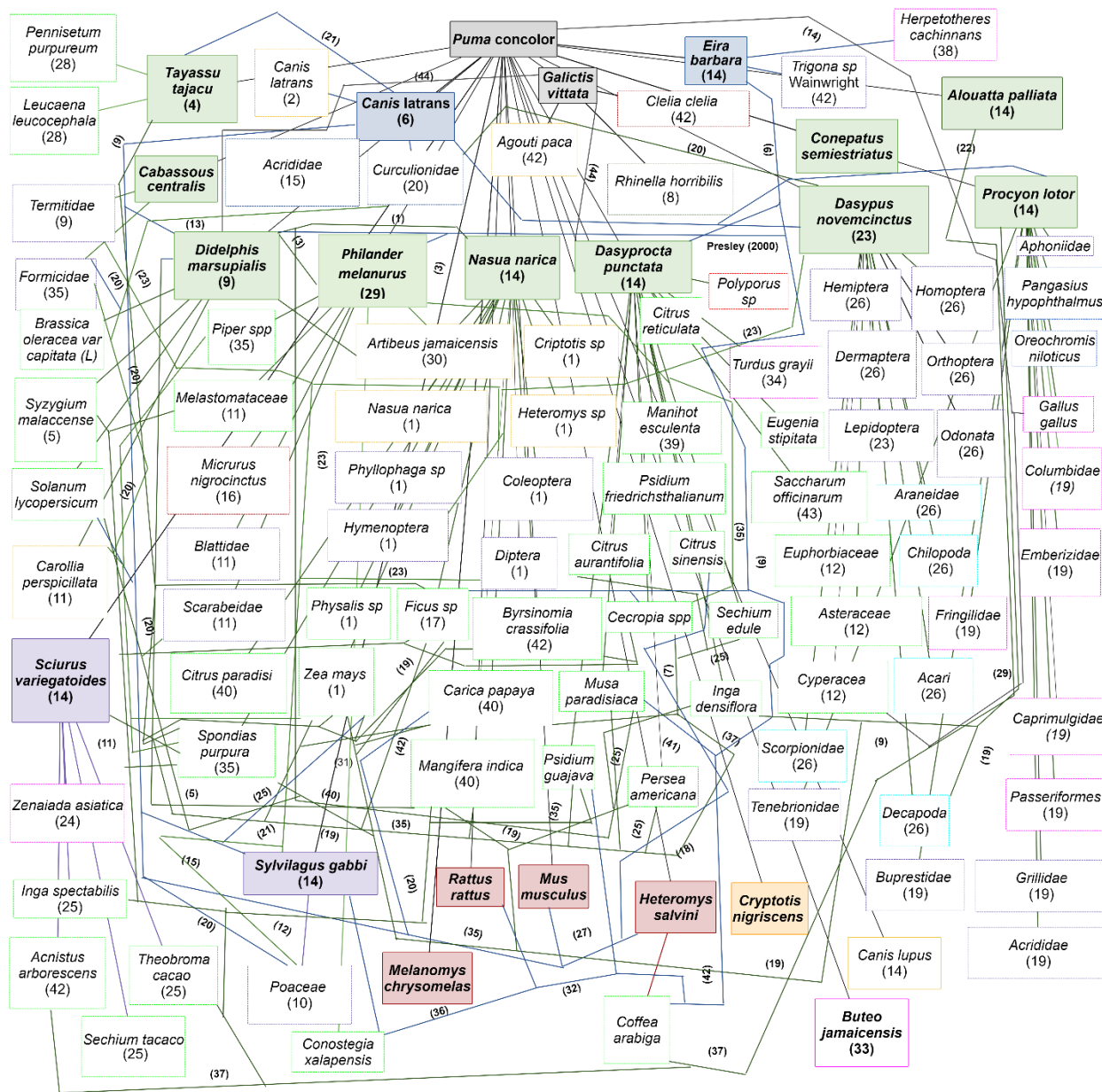
C. latrans y *E. barbara* fueron los mamíferos grandes omnívoros encontrados en esta investigación. En el caso de *C. latrans*, su alimentación de acuerdo con los elementos presentes en los cafetales estudiados son mamíferos, insectos y algunas plantas. Del primer grupo, se ha reportado desde el canibalismo (López-Rivera y López- De Buen, 1995) hasta *P. tajacu* (Guerrero *et al.* 2004), *D. novemcinctus*, *P. lotor* (Henner-Lotze y Anderson, 1979), *D. marsupialis* (Guerrero *et al.* 2002) *H. salvini* (Reid, 1997) y *M. musculus* (Metzger *et al.* 2017). Los insectos comidos por *C. latrans* están Acrididae (Espinosa-Graciano y García Collazo, 2017) Formicidae y Curculionidae (Guerrero *et al.* 2002). En tanto que las plantas *C. papaya*, Fabaceae (zacate), *S. lycopersicum* (Guerrero *et al.* 2002) *Z. mays* (Guerrero *et al.* 2004) y *C. sinensis* (Grajales-Tam y González-Romero, 2014), complementan su dieta.

E. barbara vista en los videos de las cámaras trampa persiguiendo a *D. punctata* tiene como presa a este (Carrillo *et al.* 1999) y otros mamíferos como *D. marsupialis*, *R. rattus* (Presley, 2000), *P. melanurus* (Arellano *et al.* 2000) y *S. gabbi* (Saenz-Bolaños *et al.* 2018). Además de *Trigona* spp. mediante su miel (Wainwright, 2002), también come *Ficus* spp., *Cecropia* spp., *P. guajava* (Carrillo *et al.* 1999, Wainwright, 2002, Villafane *et*

al. 2018) y el ave *Herpetotheres cachinnans* (Linnaeus, 1758) (guaco) (Skutch,1971) registrada en Rincón de Mora (Sánchez y Moya, 2018).

En la cúspide de la cadena trófica donde se inician todas las interacciones de depredación descritas anteriormente de las especies registradas se encuentran *G. vittata* (grisón) y *P. concolor* (puma). *G. vittata*, se alimenta de *D. marsupialis* (Carrillo et al. 1999) y *D. punctata* (Yensen y Tarifa, 2003) ubicados en eslabones intermedios de la cadena alimenticia determinada para esta investigación. Del mismo modo, otro mamífero que posiblemente podría encontrarse en Rincón de Mora es *Agouti paca* (Linnaeus, 1766) (tepezcuintle) (Wainwright, 2002) el cual es depredado por esta especie. También se podría esperar que *Clelia Clelia* (Daudin, 1803) (zopilota) y *Rhinella horribilis* (Wiegman, 1833) (sapo gigante) puedan ser componentes de su dieta y que estén en los cafetales estudiados (Wainwright, 2002 Bone-Guzman y Carazo, 2021).

Puma concolor es el carnívoro más grande reportado en este estudio, se alimenta de todos los mamíferos muestreados en el cafetal: *D. marsupialis* (Carrillo et al. 1999), *Canis latrans*, *D. novemcinctus* (Mc Bee y Baker, 1982), *D. punctata*, *H. salvini*, *N. narica*, *P. lotor*, *S. gabbi* y *S. variegatoides* (Currier, 1983), *P. tajacu* (Ávila-Najera et al. 2018) y *P. melanurus* (Moreno et al. 2006). Asimismo, animales domésticos como *Canis lupus* (Linnaeus,1758) (perro) y *G. gallus* y otras especies de vertebrados presentes como *Buteo jamaicensis* (Gmelin, 1788) (gavilán cola roja) (Prud y Caín, 2021), reportado por Sánchez y Moya (2018) para esta zona cafetalera (Figura 2.16).



SIMBOLOGÍA		
Carnívoros grandes	Plantas	Peces
Omnívoros grandes	Insectos	Anfibios
Omnívoros medianos	Aves	Reptiles
Herbívoros medianos	Mamíferos	Otros invertebrados
Omnívoro pequeños	Hongos	
Insectívoros pequeños		

Figura 2.16. Red trófica teórica de mamíferos terrestres registrados en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica, complementada con información bibliográfica. (1) Altamirano et

al. (2013), (2) Aranda *et al.* (1995), (3) Arellano *et al.* (2000), (4) Ávila- Najera *et al.* (2018), (5) Barros y Acevedo (2014), (6) Bekoff (1977), (7) Best (1985), (8) Bone-Guzmán y Carazo (2021), (9) Carrillo *et al.* (1999), (10) Castañeda *et al.* (2015), (11) Cloutier y Thomas (1992), (12) Correa-Vaz *et al.* (2012), (13) Cruz- Espinoza *et al.* (2010), (14) Currier (1983), (15) Espinosa-Graciano y García-Collazo (2017), (16) Gómez-Martínez *et al.* (2008), (17) Gomper (1995), (18) Grajales-Tam y González-Romero (2014), (19) Guerrero *et al.* (2000), (20) Guerrero *et al.* (2002), (21) Guerrero *et al.* (2004), (22) Henner-Lotze y Anderson (1979), (23) Mc Bee y Baker (1982), (24) Medina-Fitoria *et al.* (2018), (25) Mencía (2021) (26) Mengak (2017), (27) Metzger *et al.* (2017), (28) Montes *et al.* (2012) (29) Moreno *et al.* (2006), (30) Ortega y Castro-Arellano (2001), (31) Pérez-Cortés y Reyna-Hurtado (2008), (32) Presley (2000), (33) Prud y Caín (2021), (34) Ramírez *et al.* (2018), (35) Reid (1997), (36) Sáenz-Bolaños *et al.* (2018) (37) Sánchez (1991) (38) Skutch (1971), (39) Smythe (1978), (40) Valenzuela-Galván (1998), (41) Villafañe-Trujillo *et al.* (2018), (42) Wainwright (2002), (43) Walker(1968), (44) Yensen y Tarifa (2003).

Los mamíferos voladores *C. perspicillata* y *D. albus* también son parte de la cadena trófica de los agroecosistemas con café en Rincón de Mora. *C. perspicillata* consumió y posiblemente dispersa *P. hispidum* en las capturas obtenidas, asimismo se le observó en el cultivo de *Rubus* spp. Otra vegetación parte de la dieta de este murciélago es *Ficus* spp. *Cecropia* spp. *Solanum* sp. (Carrillo *et al.* 1999, Laval y Rodríguez, 2002) y *Heliconia* spp. (Maguiña *et al.* 2012) además de algunos invertebrados Thomisidae (araña cangreja), Curculionidae, Dermestidae, Scarabeidae, Cercopidae (salivazos), Tephritidae (mosca de la fruta) y Formicidae. En tanto que *D. albus* no se reportaron semillas, aunque *Ficus* spp. están incluidos en su dieta (Carrillo *et al.* 1999).

Los demás murciélagos *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *H. underwoodi*, *P. helleri* y *V. thyone* que también están en Rincón de Mora de acuerdo con Sánchez y Moya (2018) son Phyllostomidae familia de murciélagos que se alimentan mayormente de frutos y tiene como característica ser dispersores (Mora *et al.* 2020).

A. jamaincensis tiene dentro de su dieta *Ficus* sp (Carrillo *et al.* 1999), *A. muricata* (guanábana), *A. glabra* (anona), *Anthurium* sp. (anturios), *S. mammosum* (pichichío), *C. papaya*, *C. peltata*, *C. arabica*, *E. poeppigiana*, *S. jambos* (manzana rosa), *S. malacensis*, *M. indica*, *M. bijuga*, *M. paradisiaca*, *P. americana*, *Piper* spp., *P. guajava*, *S. lycopersicum*, *S. purpurea* (Ortega y Castro-Arellano, 2001), *B. crassifolia* y *S. hirtum* (Flores-Martínez *et al.* 2000). Además, puede comer huevos de aves como *Brotogeris jugularis* (Muller, 1776) (perico), que es común en Rincón de Mora.

A. lituratus se alimenta de *Bidens pilosa* (L.), *Piper* spp., *Solanum* spp., *S. quitoense* (naranjilla) (García-Herrera *et al.* 2019), *Cecropia* spp. (García-Herrera *et al.* 2019), *P. guajava*, *M. indica*, toda esta flora es parte del agroecosistema investigado. Además, se alimenta de *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) (zompopa) (Montoya-Bustamante y Zapata Mesa, 2017) que también se encuentra de manera común en los cafetales.

Los últimos tres murciélagos reportados en Rincón de Mora y que completan la cadena trófica de murciélagos voladores para esta investigación, también se aprovechan de las plantas del agroecosistema estudiado. *H. underwoodi* consume *C. xalapensis* (Castro-Luna y Sosa, 2009), *Cecropia* spp. (Tschapka, 2003), Bromeliaceae (Aguilar-Rodríguez, 2019). Mientras que *P. helleri* de *Ficus* spp. (Mora *et al.* 2020) *A. arborescens*, *Cecropia* spp. (Laval y Rodríguez, 2002), *M. paradisiaca* (Ferrell y Wilson, 1991), Solanaceae (tomates), *P. hispidum* (Da Silva *et al.* 2008), *P. peruviana* y *Urtica* spp. (García-Herrera *et al.* 2019). Así como insectos de la familia Lepidoptera (Ferrell y Wilson, 1991). Del mismo modo *V. thyone* de *Ficus* spp. (Mora *et al.* 2020) y *Piper* spp. (Castro-Luna y Galindo González, 2012) (Figura 2.17).

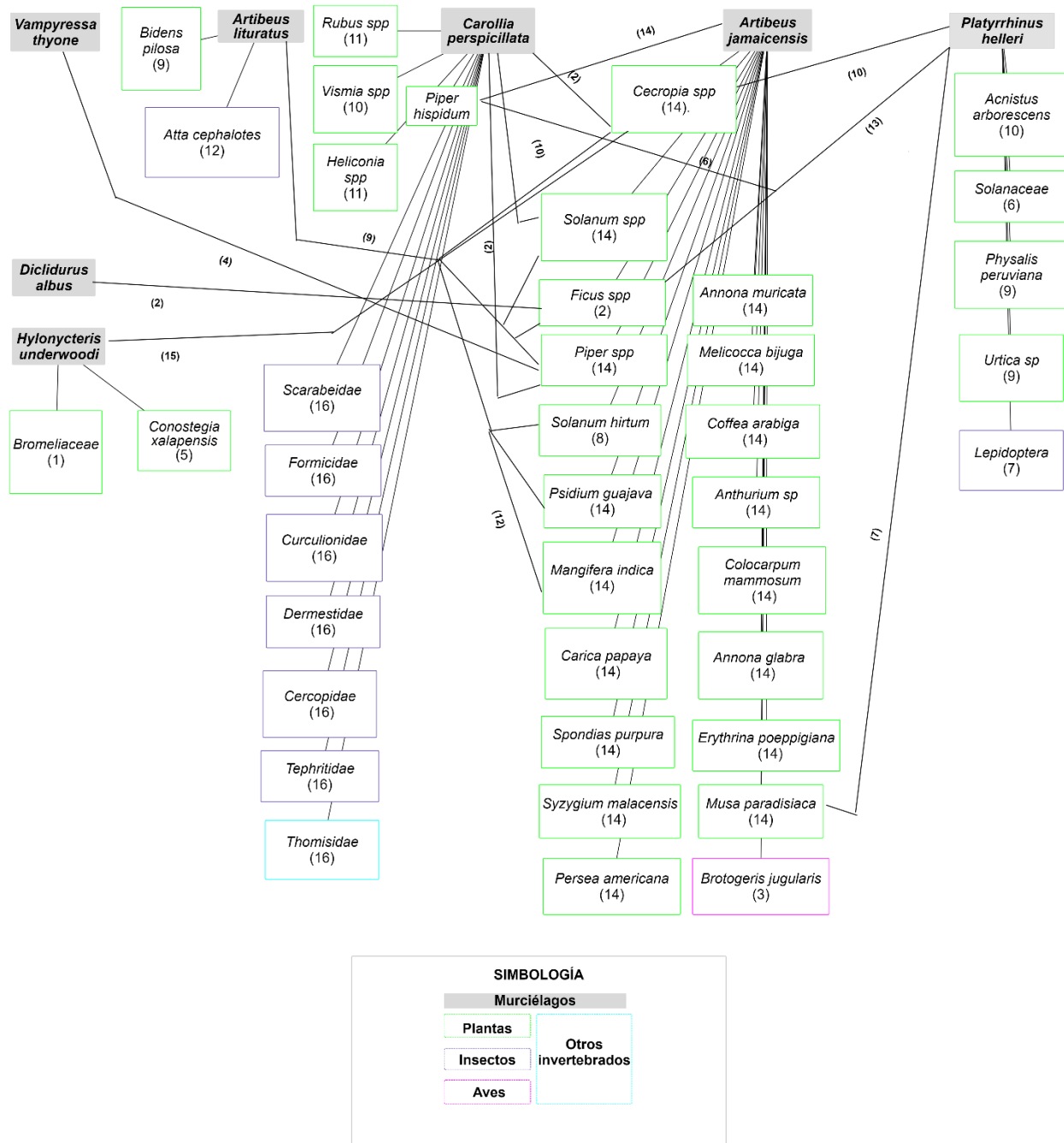


Figura 2.17. Red trófica teórica de mamíferos voladores registrados en Rincón de Mora, San Ramón, Costa Rica, complementada con información bibliográfica. (1) Aguilar y Rodríguez (2019), (2) Carrillo *et al.* (1999), (3) Castillo *et al.* (2018), (4) Castro-Luna y Galindo-González (2012), (5) Castro-Luna y Sosa (2009), (6) Da Silva *et al.* (2008), (7) Ferrell y Wilson (1991), (8) Flores-Martínez *et al.* (2000), (9) García Herrera *et al.* (2019),

(10) Laval y Rodríguez (2002), (11) Maguiña *et al.* (2012), (12) Montoya-Bustamante y Zapata Mesa (2017), (13) Mora *et al.* (2020), (14) Ortega y Castro Arellano (2001), (15) Tschapka (2003), (16) York y Bilings (2009).

Conclusiones

Los agroecosistemas con café estudiados propician interacciones en la cadena alimenticia a diferentes niveles.

El papel de los mamíferos como dispersores de semillas, así como su participación en la cadena alimenticia colaboran a conservar el agroecosistema con café.

Se identificaron seis niveles de consumo en la cadena trófica de los agroecosistemas con café de Rincón de Mora, mamíferos carnívoros grandes, mamíferos omnívoros grandes, mamíferos omnívoros medianos, mamíferos herbívoros medianos, mamíferos omnívoros pequeños y mamíferos insectívoros pequeños, lo que ayuda a la dinámica, estabilidad y flujo de energía de los cafetales estudiados.

La dispersión de semillas mediante endozoocoria, ectozoocoria y sinzoocoria, es posible de realizar por los mamíferos encontrados en el cafetal, pero no se descarta que los mamíferos hagan otros tipos de dispersión en estos agroecosistemas, no identificadas para este estudio.

La participación de mamíferos carnívoros y omnívoros ayudan a controlar poblaciones de vertebrados e invertebrados que pueden ser perjudiciales para el cultivo y las actividades que se desarrollan.

Los mamíferos voladores registrados son de la familia Phyllostomidae, que se caracterizan por ser frugívoros por lo que aportan directamente a la dispersión de semillas.

Agradecimientos

Se les agradece a los productores Olman Ramírez y Gerardo Quirós propietarios de las fincas de estudio por su anuencia y apoyo para realizar la presente investigación.

Asimismo, al SEP, CIPROC, PIRENA y UNA-JAGUAR por las facilidades ofrecidas para este estudio.

Referencias

Acosta, L y Aguanta, F. (2006). Un nuevo aporte en el conocimiento de la dieta de los murciélagos frugívoros *Artibeus lituratus* y *A. jamaicensis*. *Kempffiana* 2(1):127-133.

Aguilar-Rodríguez, P., Krömer, T., Tschapka, M., García-Franco, J., Escobedo-Sarti, J., MacSwiney, M. (2019). Bat Pollination in Bromeliacea. *Plant Ecology & Diversity* 12 (1): 1-19.

Altamirano, A., Soriano, M., Maldonado, M. (2013). Alimentación del coati *Nasua narica*, en la comunidad de las Ánimas, Municipio de Chapa de Mota, Estado de México, México. *Revista de Zoología* 24:26-26.

Aranda, M., López-Rivera, N., López-De Buen L. (1995). Hábitos Alimentarios del Coyote (*Canis latrans*) en la Sierra del Ajusco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 65:88-99.

Asensio N., Gomez-Marín, F. (2002) Interspecific interaction and predator avoidance behavior in response to tayra (*Eira barbara*) by mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Primates* 43, 339–41.

Ávila-Najera, D., Palomares, F., Chávez, C., Tigar, B., Mendoza, D. (2018). Animal Biodiversity and Conservation 41 (2): 257-266.

Barreto, G., Hernandez, O., Ojasti, J. (1997). Diet of peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*) in a dry forest of Venezuela. *J. Zool., Lond* 241:279-284.

Barros, F., Azevedo, P. (2014). Common opossum (*Didelphis marsupialis* Linnaeus, 1758): food and medicine for people in Amazon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10:65-78.

Bekoff, M. (1977). *Canis latrans*. *Mammalian species* (79): 1-9.

Best, T. (1995). *Sciurus variegatoides*. *Mammalian Species* (500) 1-6.

- Bone-Guzmán, R., Carazo, J. (2021). Depredación del sapo gigante (*Rhinella horribilis*) (Anura: Bufonidae) por el grisón (*Galictis vittata*) (Carnivora: Mustelidae). Cuadernos de Investigación 13 (2):1-5.
- Bracamonte, J. (2018). Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología. Ecología Austral (28):446-454.
- Campos (2016). Hábitos alimentarios de *Sciurus variegatoides* (Rodentia: Sciuridae) en áreas alteradas del Valle de El General, Costa Rica. 19 (1):9-12.
- Carrillo, E., Wong, G., Saenz, J. (1999). Mamíferos de Costa Rica. Primera edición. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo, Heredia, 250 p.
- Carrillo, E., Wong, G., Saenz, J. (2001). Hábitos alimentarios del mapachin (*Procyon lotor*) (Carnivora: Procyonidae) en un bosque muy húmedo tropical costero de Costa Rica. Revista Biología Tropical 49(3-4).
- Castañeda, R., Peñuela, M., Viana, C. (2015). Estudio etológico del *Sylvilagus brasiliensis*, del bosque seco tropical del departamento del Tolima (Colombia). Boletín Científico Centro de Museos Historia Natural 19(1): 147-154.
- Castillo, M., Fuentes, R., Nay, F. (2018). Nuevo aporte sobre la omnivoría ocasional en la dieta de *Artibeus jamaicensis* en Panamá. Scientia 28 (1):73-77.
- Caudill, A, De Clerck, F, Husband, T. (2014). Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals? Agriculture, Ecosystems and Environment 199: 85-93.
- Castro-Luna, A., Galindo-Gonzalez, J. (2012). Seed Dispersal by Phyllostomid Bats in Two Contrasting Vegetation Types in a Mesoamerican Reserve. Acta Chiropterologica, 14(1):133-142. DOI: <http://dx.doi.org/10.3161/150811012X654349>
- Castro-Luna, A., Sosa, V. (2009). Consumption of *Conostegia xalapensis* fruits and seed dispersal of *Coussapoa oligocephala* by the nectarivorous bat *Hylonycteris underwoodi* Thomas, 1903 (Chiroptera: Phyllostomidae).

Cely, M., Castillo-Figueroa, D. (2019). Diet of dominant frugivorous bat species in an oil palm landscape from Colombian Llanos: implications for forest conservation and recovery. *Therya* 10(2):149-153

CIGEFI (Centro de Investigaciones Geofísicas). (2019). Datos de la Estación Meteorológica de la Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. San Ramón, Alajuela.

Cloutier, D., Thomas, D. (1992). *Carollia perspicillata*. *Mammalian species* (417): 1-9.

Correa-Vaz, V., Tadeu-Santori, R., Jansen, A., Delciellos, A., D'Andrea, P. (2012). Notes on food habits of armadillos (Cingula, Dasypodidae) and anteaters (Pilosa, Myrmecophagidae) at Serra da Capivara National Park (Piauí State, Brazil). *Edentata* 13:84-89.

Cruz-Espinaza, A., González-Pérez, G., Santos-Moreno, A. (2010). Dieta del Coyote (*Canis latrans*) en Extepeji, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo* 8 (1): 33-45.

Currier, M. (1983). *Felis concolor*. *Mammalian Species* (200) 1-7.

Da Silva, A., Gaona, O., Medellín, R. (2008). Diet and trophic structure in a community of fruit eating bats in Lacandon Forest, México. *Journal of Mammalogy* 89(1):43-49.

Eisenberg, J. (1989). *Mammals of the Neotropics. Volume I*, The University of Chicago Press, Estados Unidos, 450 p.

Espinosa-Graciano, E., García-Collazo, R. (2017). Dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en el parque estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. *BYOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 10 (37):687-697.

Ferrell, C., Wilson, D. (1991). *Platyrrhinus helleri*. *Mammalian Species* (373) 1-5.

Flores-Martínez, J., Ortega, J., Ibarra-Manriquez, G. (2000). El hábito alimentario del murciélago zapotero (*Artibeus jamaicensis*). *Revista Mexicana de Mastozoología* (4); 22-39.

Galetti M, Camargo H, Siqueira T, Keuroghlian A, Donatti CI, Jorge MLSP, *et al.* (2015). Diet Overlap and Foraging Activity between Feral Pigs and Native Peccaries in the Pantanal. PLoS ONE 10(11): e0141459. DOI: 10.1371/journal.pone.0141459

García-Herrera, L., Ramírez-Fráncel, L., Reinoso-Flórez, G. (2019). Consumo de plantas pioneras por murciélagos frugívoros en un fragmento de bosque seco tropical (Colombia). Ciencia en Desarrollo 10 (2): 1-9.

García-Robledo C, Kuprewicz E, K. (2009). Vertebrate Fruit Removal and Ant Seed Dispersal in the Neotropical Ginger *Renealmia alpinia* (Zingiberaceae) - Biotropica 41: 209-214.

Gómez-Martínez, M., Gutierrez, A., DeClerck, F. (2008). Four-eyed opossum (*Philander opossum*) predation on a coral snake (*Micrurus nigrocinctus*). Mammalia 72: 350-351.

Gomper, M. (1995). *Nasua narica*. Mammalian Species (487): 1-10.

Grajales-Tam, K., González-Romero, A. (2014). Determinación de la dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biosfera Mapimi, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 553-564.

Grotta-Neto, F., Mello, M., Mello, R., Bernardi, I., Carrano, E., Passos, F. (2020). Natural History Notes The role of tayra (*Eira barbara*) as predator of medium and large-sized mammals. Austral Ecology: 46(2) 329-333. DOI 10.1111/aec.12982

Guerrero, S., Badii, M., Zalapa, S., Flores, A. (2002). Variación espacio-temporal en la dieta del coyote en la costa norte de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana 20(2): 145-157.

Guerrero, S., Badii, M., Zalapa, S., Flores, A. (2002). Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana 86: 119-137.

Guerrero, S., Sandoval, M., Zalapa, S. (2000). Determinación de la dieta del mapache (*Procyon lotor hernandezii* Wagler, 1831) en la costa sur de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana 80:211-221.

- Henner-Lotze y Anderson (1979). *Procyon lotor*. Mammalian Species (119) 1-8.
- Janzen, D. H. (1991) Historia natural de Costa Rica. Primera edición. Editorial Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 822 pp.
- Korschgen, L. (1980). Procedimientos para el análisis de los hábitos alimentarios. Manual de técnicas de gestión de vida silvestre 703 p.
- Knox, J., Homan, J. (1974). *Hylonycteris underwoodi*. Mammalian Species (32):1-2
- LaVal, R., Rodríguez, B. (2002). Murciélagos de Costa Rica BATS. Primera edición. INBIO, Santo Domingo, Heredia, Costa Rica, 320p.
- Levey, D.J. (1999). Foraging Ovenbird Follows Armadillo. Wilson Bulletin 111: 443-444.}
- Lizcano, D. (2018). Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres: algunas recomendaciones sobre su uso, programas disponibles para manejar archivos y posibilidades adicionales con los datos. Notas Mastozoológicas (5): 31-35.
- López, J., Vaughan, C. (2007). Food niche overlap among neotropical frugivorous bats in Costa Rica. Revista de Biología Tropical 55(1): 301-313.
- Maguña, R., Amanzo, J., Huamán, L. (2012). Dieta de murciélagos filostómidos del valle Kosñipata, San Pedro, Cusco, Perú. Revista Perú Biología 19(2):159-166.
- Manson, R., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S. y Mehltreter, K. (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz; Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto de Ecología e Instituto Nacional de Ecología, México, 348 p.
- Martínez-Romero, L., Mandujano, S. (1995). Hábitos alimentarios del pecarí de collar (*Pecari tajacu*) en un bosque tropical caducifolio de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana 64:1-20.
- Mc Bee, K., Baker, R. (1982). *Dasyopus novemcinctus*. Mammalian species (162): 1-9.
- Medina-Fitoria A., Martínez-Fonseca J., Gutiérrez A., van den Berghe E., Jarquín O., Aguirre Y., Salazar M., Robleto S., Toval N., Tórrez M. y Díaz F. (2018). Las ardillas de

Nicaragua (Rodentia, Sciuridae): una actualización basada en análisis fenotípico. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época* 8(2): 48–80.

Mencía, D. (2021). Las ardillas mis vecinas, ¿Cómo se han adaptado a las ciudades? Desde el Herbario CICY 13:91-95.

Mengak, M. (2017). Nine-banded Armadillo (*Dasybus novemcinctus*). WSNR: 17-36.

Metzger, M., Washinger, D., Iudica, C. (2017). Winter diet in correlation to sexual dimorphism in Pennsylvania Coyotes (*Canis latrans*). *Open Journal of Ecology* 7:324-335.

Moguel, P. y Toledo, V. (1999). Conservación de la biodiversidad en sistemas tradicionales de México. *Biología de la conservación* 13:11-21.

Montes, R., Mora, O., Mukul, J. (2012). Forage intake of the collared peccary (*Pecari tajacu*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25:586-591.

Montoya-Bustamante, S., Zapata-Mesa, N. (2017). Accidental consumption of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) by *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae).

Mora, J.M., Mendez, V. (1999). White-nosed coati *Nasua narica* (Carnivora: Procyonidae) as a potential pollinator of *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae). *Revista de Biología Tropical* 47 (4):719-721.

Mora, J.M, López, L, Sánchez, R., Ruedas, L. (2020). Murciélagos de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. Primera edición. Coordinación de Investigación, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, 179 p.

Moreno, R., Kays, R., Samudio, R. (2006). Competitive release in diets of ocelot (*Leopardus pardalis*) and puma (*Puma concolor*) after jaguar (*Panthera onca*) decline. *Journal of Mammalogy* 87(4):808-816.

Olmos, F. (1993). Diet of sympatric Brazilian caatinga peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Journal of Tropical Ecology* 9: 255-258.

- Ortega, J., Castro-Arellano, I. (2001). *Artibeus jamaicensis*. Mammalian species (662): 1-9.
- Passos, F, Graciolli, G. (2004). Observações da dieta de *Artibeus lituratus* (Olfers) (Chiroptera, Phyllostomidae) em duas áreas do sul do Brasil. Revista Brasileira de Zoológica 21(3): 487-489.
- Pereira, A., Dos Reis, N., Orsi, M., Vidotto-Magnoni, A. (2019). Dieta de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Mammalia, Chiroptera) em un fragmento florestal urbano da cidade de Londrina, Paraná, Brasil. Biotemas 32(2):79-86
- Pérez-Cortez, S., Reyna-Hurtado, R. (2008). La dieta de los pecaríes (*Pecari tajacu* y *Tayassu pecari*) en la región de Calakmul, Campeche, México. Revista Mexicana de Mastozoología 12:17-42.
- Posadas-Rivera, H., Martínez-Coronel, M., Müdespacher-Ziehl, C., Gaona, S. (2007). Composición de la dieta de *Artibeus jamaicensis* de Chiapas, México. Vertebrata Mexicana (20):9-13
- Presley, S. (2000). *Eira barbara*. Mammalian species (636): 1-6.
- Prud, C., Cain, J. (2021). Habitat diversity influences puma *Puma concolor* diet in the Chihuahuan Desert. Wildlife Biology (4), wlb-00875.
- Ramírez, D., Rivero, A., Villalobos, H., Marín, M., Valverde, L., Acosta, V. (2018). Depredación oportunista sobre *Turdus grayi* (Passeriformes: Turdidae) por *Dasyprocta punctata* (Rodentia: Dasyproctidae) en San Vito, Costa Rica. Notas Mastozoológicas, 4 (2), 11–12. DOI: <https://doi.org/10.47603/manovol4n2.11-12>.
- Ríos-Blanco, M., Pérez-Torres, J. (2015). Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un bosque seco tropical (Colombia). Mastozoología Neotropical 22(1):103-111.
- Rojas, A., Dávila, A. y Castaño, J. (2014). Morfometría de excretas de cuatro especies de roedores en una plantación forestal en la cuenca del río Cauca. Boletín Científico Centro de Museos de Historia Natural (18):138-143 p.

Rojas-Rodríguez, F., Canessa-Mora, R., Ramírez-Rojas, J. (2020). Cafetales arbolados: Valle Central de Costa Rica. 1 ed Editorial Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 212 p.

Saenz-Bolaños, C., Montalvo, V., Carrillo, E., Fuller, T. (2018). Tayra (*Eira barbara*) predation of a brown-throated three-toed sloth (*Bradypus variegatus*) in Costa Rica. *Edentata* 19: 70-73.

Sánchez, R. (1991). Utilización del hábitat, comportamiento y dieta del mono Congo (*Alouatta palliata*) en un bosque premontano húmedo, Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Maestría en Manejo de Vida Silvestre, Programa Regional en manejo de vida silvestre para Mesoamérica y el Caribe, Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, 109 p.

Sánchez-Brenes, R., Moya, M. (2018). Biodiversidad en fincas cafetaleras de Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 18 (31): 68-86. DOI [10.15517/PA.V18I31.35666](https://doi.org/10.15517/PA.V18I31.35666)

Sánchez-Brenes, R., 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* 37:1-15.

Skutch, A. 1971. *A Naturalist in Costa Rica*. Univ. Florida Press, Gainesville, 378 pp.

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

Torre, I., Freixas, L., Arrizabalaga, A., y Díaz, M. (2016). The efficiency of two widely used commercial live traps to develop monitoring protocols for small mammal biodiversity. *Ecological Indicators* (66): 481-487.

Tschapka, M. (2003). Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of Neotropical flower-visiting bats. *Journal of Zoology* (263):7-21.

Valenzuela-Galván, D. (1998). Natural history of the white-nosed coati, *Nasua narica*, in a tropical dry forest of western Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:26-44.

Villafañe-Trujillo, A., López-González, C., Kolowski, J. (2018). Throat patch variation in Tayra (*Eira barbara*) and the potential for individual identification in the field. *Diversity* 10(7): 1-23.

Villalobos-Chaves, D., Spinola-Parallada, M., Heer, K., Kalko, E., Rodríguez-Herrera, B. (2017). Implications of a specialized diet for the foraging behavior of the Honduran white bat, *Ectophylla alba* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Mammology* 98 (4):1193-1201.

Wainwright, M. (2002). *The natural history of Costa Rican Mammals*. 1 Ed. Zona Tropical Publications, Miami, Estados Unidos, 423p.

Walker, E. P. (1968) *Mammals of the world*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, United.

Woodman, N. (2000). *Cryptotis merriami* Choate in Costa Rica: Syntopy with *Cryptotis nigrescens* (Allen) and possible character displacement (Mammalia: Insectivora). *Journal of Science* (36): 3-4.

Yensen, E., Tarifa, T. (2003). *Galictis vittata*. *Mammalian Species* (727):1-8.

6. Discusión

Gliessman *et al.* (2000) indicaron que hacen faltan estudios que incorporen explícitamente la conceptualización de fincas de café como agroecosistemas. En tanto que Manson *et al.* (2008) señalaron que a partir de esta época existen cada vez más estudios sobre el papel de las fincas de café en el apoyo a la conservación de especies. En Mesoamérica, se han realizado 16 estudios sobre mamíferos en agroecosistemas con café, la mayoría de ellos dirigidos a nivel de riqueza y abundancia, de los cuales tres se han realizado en Costa Rica (Pacheco *et al.* 2006, Caudill *et al.* 2014 y Sánchez y Moya, 2018). En la presente investigación se trató de ir más allá de riqueza y abundancia por lo que también se midió la diversidad y los servicios ecosistémicos de participación en la cadena trófica y dispersión de semillas.

En términos de riqueza se logró registrar 22 especies de mamíferos en un espacio de 6 ha, mientras que los otros estudios en Costa Rica (Pacheco *et al.* 2006, Caudill *et al.* 2014 y Sánchez y Moya, 2018) y demás investigaciones en Mesoamérica (Cuadro 1) llegaron máximo a 13 especies. Para obtener este resultado por encima de las demás investigaciones, se notaron dos factores claves. El primero de ellos fue la intensidad de muestreo (3 años) y el segundo que fue usar diferentes métodos de muestreo, donde el más efectivo fueron las cámaras trampa, método que ayudó con el registro de 18 de 22 especies reportadas. Asimismo, el estudio de Sánchez y Moya (2018) ayudó a complementar la riqueza de estos cafetales con seis especies más registradas anteriormente.

Se notaron tres grupos de mamíferos bien diferenciados, los de abundancia mayor con cuatro especies que se encontraron durante la mayoría de la investigación: *D. punctata* especie principal, *D. marsupialis*, *P. lotor* y *D. novemcinctus*. Estos mamíferos también se muestrearon en las investigaciones de Gallina *et al.* (1996), Daily *et al.* (2003) y Caudill y Rice (2016), tanto en México como en Costa Rica. Por lo tanto, el café con sombra se vuelve un hábitat propicio para estas especies e incluso se puede decir que *D. punctata*, *D. marsupialis*, *P. lotor* y *D. novemcinctus* son especies residentes de los cafetales de

Rincón de Mora, donde de acuerdo con Mora (2000), cumplen papeles ecológicos en la dinámica y equilibrio del ecosistema. Los mamíferos de abundancia media se dividieron en dos grupos. El primero conformado por *C. latrans*, *N. narica*, *H. salvini*, *P. melanurus* y *S. variegatoides*, tuvieron más presencia y se puede pensar que también son residentes, mientras que *S. gabbi* y *E. barbara* con menos presencia puede que estén de paso por este hábitat. Si bien es cierto no se muestreó el estrato arbóreo, esto acción pudo haber aumentado los datos de *N. narica*, *P. melanurus* y sobre todo *S. variegatoides* (Aranda, 2012). *Heteromys salvini* fue el roedor más pequeño detectado en Rincón de Mora, este género se ha registrado en cafetales de diferentes estudios (Mendoza y Hovarth, 2013, García-Estrada *et al.* 2015).

Los mamíferos de menor abundancia encontrados son aquellos que se catalogan como carnívoros depredadores, *P. concolor* y *G. vittata*, además del *C. centralis* una especie catalogada como rara y de la cual existe poca información. Estas dos últimas especies fueron reportadas por primera vez en un agroecosistema con café en estos cafetales (Sánchez-Brenes y Monge, 2019, Sánchez-Brenes y Monge, 2022), lo cual es un aporte de esta investigación a nivel mesoamericano. De igual manera, *D. alba* fue reportado por primera vez en Rincón de Mora. Además de otros mamíferos voladores *A. jamaicensis* (artibeo jamaicano), *A. lituratus* (artibeo correcto), *H. underwoodi* (murciélago de Underwood), *P. helleri* (murciélago de Heller) y *V. thyone* (vampirosa pequeña) reportados en Sánchez y Moya (2018) que completa esta lista, la especie *C. perspicillata* se observó en ambas investigaciones.

Los periodos de actividad reflejaron dos acciones muy marcadas, la primera de ellas fue que el mayor pico de interacción en el cafetal se relacionó con la etapa fenológica de floración y llenado de fruto. En esta etapa fenológica, las prácticas agrícolas que se realizaron fueron de aplicación de abonos donde se ocupaban de máximo dos personas en las 6 ha mientras que cuando hubo menos presencia de mamíferos en la cosecha, donde hay más presencia de personas. A nivel de horarios, la mayoría de las especies muestreadas se observaron en la franja horaria nocturna, no obstante, *D. punctata* el mamífero de mayor abundancia presentó actividad diurna y crepuscular tal y como lo

observaron Sánchez-Brenes y Monge (2021). Según los índices de diversidad calculados se obtuvo un 1,80 en Shannon, el cual es un valor de diversidad media, en un área menor a estudios como el de Cruz-Lara *et al.* (2004).

Se identificaron seis niveles de participación en la cadena trófica, en la cúspide se identificaron las especies *P. concolor* y *G. vittata* como carnívoros, posterior a estos dos omnívoros grandes *C. latrans* y *E. barbara*. Seguido de omnívoros medianos donde se destaca el consumo de *Dasyprocta punctata* hacia un *Polyporus* sp., dado que la mayoría de las investigaciones mencionaban que depredaban hongos (Reid, 1997, Carrillo *et al.* 1999) sin mayor identificación. Asimismo, esta especie presentó un comportamiento de consumo de *Inga densiflora*, donde enterró la semilla tal y como lo describió Jansen (1991) con otra Fabaceae *Hymenea courbaril* en Guanacaste. Por lo tanto, se destaca a *Dasyprocta punctata* como una especie clave en la dispersión de semillas grandes. Otro dato relevante fue el consumo de *Conostegia xalapensis* por parte de *P. melanurus* ya comprobado en su dieta por Cloutier y Thomas (1992) y reafirmado en esta investigación como dispersor. El otro zorro *D. marsupialis* y *N. narica* en conjunto con *P. melanurus* consumen murciélagos en el estrato arbóreo (Carrillo *et al.* 1999, Reid, 1997, Cloutier y Thomas 1992 y Ortega y Castro-Arellano 2001).

Para *Procyon lotor* se detectó en su dieta escarabajos de la subfamilia Aphoniidae y también se notó el consumo de *Oreochromis niloticus* y *Pangasius hypophthalmus*, reafirmando su hábito omnívoro. Los armadillos *D. novemcinctus* con mayor presencia y *C. centralis* observado dos veces se alimentan de algunos insectos que pueden causar daños a la plantación con lo cual contribuyen al bienestar del cultivo (Mc Bee y Baker 1982, Carrillo *et al.* 1999, Reid, 1997). En cuanto a herbívoros medianos se registraron a *Sylvilagus gabbi* que su dieta se basa en gramíneas y *S. variegatoides* un gran dispersor de semillas medianas como por ejemplo *P. guajava* y semillas pequeñas como *A. arborescens* (Reid, 1997, Wainwright, 2002). Mientras que *H. salvini* se determinó como el único dispersor directo del cultivo principal *C. arabica* un aporte nuevo para esta especie al encontrarse tres granos de café en sus abazones y comprobando su condición de dispersor de semillas grandes. Los murciélagos registrados al ser de la familia

Phyllostomidae (Mora *et al.* 2020) son consumidores de frutos y por ende, dispersores de diferentes semillas.

Bajo el escenario de esta investigación, se nota que los mamíferos son claves en las funciones ecosistémicas de dispersión de semillas y participación en la cadena trófica en los agroecosistemas con café de Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Según Lin (2011), un agroecosistema que contenga un alto grado de diversidad funcional suele ser mucho más resiliente contra los diferentes tipos y grados de perturbaciones. Mientras que Rosset y Altieri (2018) indican que la biodiversidad mejora las funciones del ecosistema, porque los componentes que pueden parecer redundantes al final quizá resulten importantes ante un cambio medioambiental inesperado. Asimismo, Cabell y Oelofse (2012) señalan que las redundancias en este sentido, ya que los mamíferos más abundantes, permiten que el sistema siga funcionando y proporcionando servicios ecosistémicos. La riqueza de especies 28 mamíferos en Rincón de Mora, también funciona como amortiguador para evitar el fracaso del sistema ante las fluctuaciones medioambientales, en donde se puede incrementar la capacidad compensatoria del agroecosistema; si cae o falla una especie, otras pueden asumir su papel. Los sistemas diversos fomentan las redes tróficas complejas, y ello, a su vez, aumenta las conexiones e interacciones potenciales entre sus miembros, esto crea muchas vías alternativas para el flujo de energía y de materia (Power y Flecker 1996).

7. Conclusiones

Se reafirma que los agroecosistemas con café no necesariamente reemplazarán la funcionalidad de un bosque, pero es un hábitat secundario que puede colaborar en la protección de mamíferos y otras especies de flora y fauna.

Este estudio podría colaborar en la creación de un certificado que ayude en la protección y conservación de los mamíferos y a la vez, le dé un valor agregado a la finca.

En términos de riqueza se logra una cantidad de registros de 28 especies, la más alta reportada para un agroecosistema con café en Costa Rica.

En términos de abundancia, se tiene la presencia cuatro especies con mayores reportes. Estas son: *D. punctata*, *D. marsupialis*, *P. lotor* y *D. novemcinctus*, que se podrían considerar como residentes.

Los periodos de actividad registraron mamíferos en cualquier momento del día, mientras que la actividad de estos disminuye conforme se va llegando a prácticas cafetaleras donde implica mayor presencia del ser humano como la cosecha.

Se logró identificar seis diferentes niveles de hábitos alimentarios en la cadena trófica, en la cual la mayoría se representa por los onmívoros medianos, seguido por sus depredadores carnívoros y omnívoros grandes, mientras que los dos últimos niveles no menos importantes inciden en la dinámica del cafetal.

La dispersión de semillas se da en todos los niveles tróficos identificados y se debe tomar en cuenta a los mamíferos como agentes importantes de dispersión en estos ecosistemas, dado que dispersan semillas de todo tipo mediante diferentes formas.

La depredación también juega un papel importante en la dinámica del cafetal, dado que los mamíferos son controladores biológicos de muchas especies, tal y como lo muestra la red trófica realizada.

Las cámaras trampa fue el método de muestreo más efectivo dado que su funcionalidad permite estar activas siempre, mientras que los demás métodos de muestreo pueden tener diferentes circunstancias que inducen a tener menores registros.

Para futuras investigaciones se podría muestrear el estrato arbóreo con el fin de obtener más datos de mamíferos que habitan en ese lugar.

8. Literatura citada

Altieri MA. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:19-31.

Anthony, N., Ribic, C., Bautz, R., y Garland, T. (2005). Comparative effectiveness of Longworth and Sherman live traps. *Wildlife Society Bulletin* 33 (3): 1018-1026.

Arellano L, Favila M, Huerta C. (2005). Diversity of dung and carrion beetles in a disturbed Mexican tropical montane cloud forest and on shade coffee plantations. *Biodiversity and Conservation* 14:601-615.

Audersik, T, Audersik, G. (1997). *Biología: La vida en la Tierra*. 4ta Edición, Prentice Hall, Denver, Colorado, Estados Unidos, 947p.

Bandeira F, Martorell C, Meave J, Caballero J. (2005). The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14:1225-1240.

Boonstra, R. y Rodd, H. (1983). Efficiency of pitfalls versus live traps in enumeration of populations of *Microtus pennsylvanicus*. *Can. J. Zool* 62:758-765.

Cabell, J.F., Oelofse, M. (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, 17: 18–23.

Cáceres, N., Napoli, R., y Hannibal, W. (2011). Differential trapping success for small mammals using pitfall and standard cage traps in a woodland savannah region of southwestern Brazil. *Mammalia* 75: 45-52.

Carrillo, E., Wong, G., Saenz, J. (1999). *Mamíferos de Costa Rica*. Primera Edición, Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo, Heredia, 250 p.

Caudill, A (2013). Assessment of mammal biodiversity in coffee-dominated landscapes of India and Costa Rica. A dissertation Doctor of Philosophy in Environmental Science, University of Rhode Island, 120 p.

Caudill, A., Vaast, P., y Husband, T. (2014). Assessment of small mammal diversity in coffee agroforestry in the Western Ghats, India. *Agroforest Syst* 88: 173-186 p.

Caudill, A., Rice, R. (2016). Do Bird Friendly Coffee Criteria Benefit Mammals? Assessment of Mammal Diversity in Chiapas, México. *Plos One*. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165662>

Cloutier, D., Thomas, D. (1992). *Carollia perspicillata*. *Mammalian species* (417): 1-9.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, Santiago, Chile 93 p.

CONAGEBIO, MINAE, SINAC. (2014). V Informe de País al CDB. Ana Lucía Orozco, Editora. PNUD. Proyecto Estrategia Nacional de Biodiversidad. Mimeografiado.

CONAGEBIO, FAO, MINAE, SINAC. (2015). El Estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura. Informe Nacional, 174 p.

Consejo Nacional de Rectores (CONARE). (2014). Vigésimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Sostenible/PEN Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica). San José, Costa Rica.

Contreras, R. (2010). Diversidad de pequeños mamíferos no voladores en los agroecosistemas cafetaleros de sombra en la Chinantla Alta, Oaxaca, México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México, 70p.

- Corella, M. (2016). Agroforestería y Biodiversidad: La importancia de los sistemas agroforestales en la conservación de especies. *Biocenosis* (30): 59-62.
- Cruz-Lara LC., Lorenzo C., Soto L., Naranjo E. y Ramírez-Marical N. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoo Mex* 20:63–81.
- Dienle, Z. (2016). Terrestrial small mammal diversity and microhabitat associations in shade coffee agroecosystems. Thesis Master Science, University of Michigan, 41 p.
- Drickamer, L. y Mikesic, D. (1993). Differences in trapping and killing efficiency of sherman, Victor and Museum Special traps for house mice. *The American Midland Naturalist* (130):397-401.
- Escobar, B. (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 de Pachuj) De la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago Atitlán -RUMCLA-. Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos, Guatemala, 77 p.
- Espinal, M. y Mora, J.M. Noteworthy record of *Eptesicus brasiliensis* (Vespertilionidae) in Honduras. *Ceiba* (53):77-80.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R. y Merrit, D Jr. (1994). Non-flying mammals and landscape changes in the tropical rainforest region of Los Tuxlas. *Ecography* 17: 229-241.
- Faminow, M. y Rodríguez, E. (2001). Biodiversity of flora and fauna in shaded coffee systems. International Centre for Research in Agroforestry, 43 p.

Gallina, S., Mandujano, S. y González-Romero, A. (1992.) Importancia de los cafetales mixtos para la conservación de la biodiversidad de mamíferos. *Boletín Soc.Ver. Zool.* 2: 11-17.

Gallina, S., Mandujano, S., González-Romero, A. (1996). Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agrofor. Syst.* 33, 13–27.

Garbach, K., Milder, JC., Montenegro, M., Karp, D., y DeClerck, FJ. (2014). Biodiversity and Ecosystem Services in Agroecosystems. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, Volume 2, 21 p.

García-Burgos J. (2007). Comparación de la riqueza de mamíferos medianos en un gradiente de manejo de cafetales del centro de Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, Veracruz, México 121 p.

García-Estrada, C., Peña-Sánchez, Y. y Colín-Martínez, H. (2015). Diversidad de mamíferos pequeños en dos sitios con diferente grado de alteración en la Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (86) 1014-1023.

Gascon C, Lovejoy TE. 1998. Ecological impacts of forest fragmentation in central Amazonia. *Zoology-Analysis of Complex Systems* 101(4):273-280.

Gliessman SR. 2000. *Agroecology*. CRC Press, Boca Raton, FL. 384 p.

Greenberg R, Bichier P, Cruz Angón A, Reitsma R.(1997a). Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology*11(2):448-459.

Greenberg R, Bichier P, Sterling J. (1997b). Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica* 29(4):501-514.

Guhl, A. (2004). Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997 *Cenicafé*, 55(1): 29-44 p.

Guhl, A. (2009). Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales*. Universidad de los Andes, No. 32.

Hergoualc'h, K., Blanchart, E., Skiba, U., Hénault, C., Harmond, J.-M. (2012). Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora* in Costa Rica. *Agriculture. Ecosyst. Environ.* 148, 102–110.

Hietz, P. (2005). Conservation of vascular epiphyte diversity in Mexican coffee plantations. *Conservation Biology* 19(2): 391-399.

Innes, D., y Bendell, J. (1988). Sampling of small mammals by different types of traps in Northern Ontario, Canada. *Acta Theriologica* Vol, 32,33: 443-450.

Klinger, R. (2006). The interaction of disturbances and small mammal community dynamics in a lowland forest in Belize. *J Anim Ecol* 75:1227–1238.

Komar, O. (2006). Priority contribution, ecology, and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International* 16:1-23.

Kraker-Castañeda, C. y Pérez-Consuegra, S. (2011). Contribución de los cafetales bajo sombra en la conservación de murciélagos en la Antigua, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana* 27: 291-303.

Kremen, C., Ostfeld, R. (2005). A call to ecologists: Measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment* (3): 540–548.

Lambert, TD., Malcolm, JR. y Zimmerman, BL. (2006) Amazonian small mammal abundances in relation to habitat structure and resource abundance. *J Mammal* 87:766–776.

Ley N°7788. (1998). Diario Oficial la Gaceta, San José, Costa Rica, de Biodiversidad, 30 de abril de 1998.

Lin, B. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *BioScience*, 61: 183–193.

Lyra, M.C. y Pivello V.R. (2001). Combining live trap and pitfall to survey terrestrial small mammals in savanna and forest habitats, in Brazil. *Mammalia*, 65 (4):524- 530.

López-Barrera F. (2004). Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas*. Revista electrónica de la Asociación Española de Ecología Terrestre (<http://www.revistaecosistemas.net>)

Manson, R., Hernández-Ortiz, V, Gallina, S., Mehlreter, K. (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, 348p.

Manson, R., López, F., Sosa, V., Ortega, A. (2018). Biodiversidad en cafetales y otros servicios ambientales en cafetales manual de mejores prácticas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Ciudad de México, México, 71 p.

Margalef, R. (1974). *Ecología*. 1 ed, Ediciones Omega, Barcelona, España, 945p.

Marineros, L., Vega, H., Adams, J. y McKewy, M. (2016). Notes and noteworthy records of *Caluromys derbianus* (Marsupialia: Didelphidae) in Honduras. *Revista Biodiversidad Neotropical* (6): 77-84.

Mayfield M, Daily G. (2005). Countryside biogeography of neotropical herbaceous and shrubby plants. *Ecological Applications* 15(2):423-439.

Mc Bee, K., Baker, R. (1982). *Dasypus novemcinctus*. *Mammalian species* (162): 1-9.

Mendoza, V. y Horvath, A. (2013). Roedores y murciélagos en la zona cafetalera del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *THERYA* 4:409-423.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2010). Guía técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible, Ficha Técnica 8: Sistemas Agroforestales. 1 ed San José, Costa Rica, 180 p.

Moguel, P. y Toledo, V. (1999). Conservación de la biodiversidad en sistemas tradicionales de México. *Biología de la conservación* (13): 11-21.

Mora, J.M, López, L, Sánchez, R., Ruedas, L. (2020). Murciélagos de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. 1 ed. Coordinación de Investigación, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, 179 p.

Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*10(2):58-62.

Nestel D, Dickshen F, Altieri M. (1993). Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indicator of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2:70-78.

Nicolas, V., y Colyn, M. (2006). Relative efficiency of three types of small mammal traps in an African rainforest. *Belg. Zool* 136 (1):107-111.

Niculaes, C. (2006). A comparative analysis of efficiency for two types of traps used in the study of small mammals. *Biologie animala*, 52: 237-241.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2014). Sustainability Assesment of Food and Agriculture Systems (SAFA). Versión 3.0, Organización de Naciones Unidas, Roma, Italia, 268 p. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf>

Organización de Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivos del Desarrollo Sostenible: Objetivo 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: un requisito esencial para el desarrollo sostenible. Volumen 51: 4.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). Agricultura sostenible y biodiversidad: Un vínculo indisoluble. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 48 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). The contributions of livestock species and breeds to ecosystem services. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 24 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). Directrices voluntarias para la incorporación general de la biodiversidad en las políticas, los programas y los planes de acción nacionales y regionales sobre nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 8 p.

Ortega, J., Castro-Arellano, I. (2001). *Artibeus jamaicensis*. Mammalian species (662): 1-9.

Pacheco, J., Ceballos, G., Daily, G., Ehrlich, P., Suzan, G., Rodríguez-Herrera, B., Marce, E. (2006). Diversidad historia natural y conservación de los mamíferos de San Vito de Coto Brus, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 54(1): 219-240. DOI [10.15517/rbt.v54i1.13998](https://doi.org/10.15517/rbt.v54i1.13998)

Perfecto I, Rice R, Greenburg R, Van der Voort, M. (1996). Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. Bioscience 46(8):598-608.

Perfecto I, Vandermeer J, Hanson P, Cartín V. (1997). Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. Biodiversity and Conservation 6(7):935-945.

Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., Vendermeer, J., (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodivers. Conserv.* 12, 1239–1252.

Philpott, S.M., Bichier, P., (2012). Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas Mexico. *Agri. Ecosyst. Environ.* 149, 171–180.

Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F. y Halffter, G. (2005). Frog, bat and dung beetle diversity in cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19: 400-410.

Ponce-Sanizo, G. y Andresen, E. (2018). Dispersión de semillas por monos (*Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi*) y escarabajos coprófagos en la Selva Maya de Guatemala y México. *La primatología en Latinoamérica 2, Tomo II Costa Rica-Venezuela*. Ediciones IVIC. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela 471-480 p.

Potvin C, Owen T, Melzi S, Beaucage P. (2005). Biodiversity and modernization in four coffees producing villages of Mexico. *Ecology and Society* 10(1):18.

Power, A.G., Flecker, A.S. (1996). “The role of biodiversity in tropical managed ecosystems.” In G.H. Orians, R. Dirzo, J.H. Cushman (eds.), *Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests*. New York: Springer-Verlag.

Pineda E, Moreno C, Escobar F, Halffter G. (2005). Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19(2):400-410.

Ricketts T, Daily G, Ehrlich P, Fay J. (2001). Country-side biogeography of moths in a fragmented landscape: biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15(2):378-388.

Rosset, P, Altieri, M. (2018). *Agroecología: Ciencia y Política*. 1 ed Editorial Icaria, La Paz, Bolivia, 208 p.

Rumiz, D. (2010). Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia. I ed, Centro de Ecología, 53-73 p.

Saldaña-Vásquez, R. (2008). Comparación de la diversidad de murciélagos filostómidos en fragmentos de bosque mesófilo de montaña y cafetales de sombra, del centro de Veracruz. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, Veracruz, México, 80p.

Sánchez, R., Moya, M. (2018). Biodiversidad en fincas cafetaleras de Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. Revista Pensamiento Actual (31): 68-86.

Sánchez-Brenes, R., Monge, J. (2019). El armadillo *Cabassous centralis* (Cingulata: Chlamyphoridae) en agroecosistemas con café. Cuadernos de Investigación 11(3): 436-443. DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2724>

Sánchez-Brenes, R., Monge, J. (2021). Periodos de actividad y dieta de *Dasyprocta punctata* (Gray 1842) (Rodentia: Dasyproctidae) en agroecosistemas con café, San Ramón, Costa Rica. Acta Zoológica Mexicana (NS) 37:1-15. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712346>

Sánchez- Brenes, R., Monge, J. (2022). El grison, *Galictis vittata* (Carnivora: Mustelidae) en agroecosistemas de café, Costa Rica. Cuadernos de Investigación 14(1): e3796 DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3796>

Sánchez, R., Brenes, L., Chavarría, K., Mejías, Y. (2019). Diversidad y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en el sendero La Fila Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, Alajuela, Costa Rica. Revista Pensamiento Actual (19): 175-189. DOI 10.15517/pa.v19i33.39619

Santos-Filho, M., Silva, D., Sanaiotti, T. (2006). Efficiency of four trap types in sampling small mammals in forest fragments, Mato Grosso, Brazil. Mastozoología Neotropical 13 (2):217-225.

Schroth G, Fonseca G, Harvey C, Gascon C, Vasconcelos H, Izac A. (2004). Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington, DC, 523 p.

Solís-Montero, L., Flores-Palacios, A. Cruz Angón-A. (2005). Shade-coffee plantations as refuges for tropical wild orchids in Central Veracruz, México. *Conservation Biology* 19 (3): 908-916.

Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Caballero-Nieto, J. (2002). Shade over coffee: Its effect on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, México. *Agroforestry Systems* 55(1): 37-45.

Steffan-Dewenter, I., (2002). Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecol. Entomol.* 27, 631–637.

Tan, Z. (2016). Terrestrial small mammal diversity and microhabitat associations in shade coffee agroecosystems. Master Science, Thesis, Natural Resources and Environment Department, University of Michigan, United States, 41 p.

Taulman, J., Thill, R., Wigley, B., Melchior, A. (1992). A Comparison of bottles and snap traps for short-term small mammal sampling. *Am. Midl. Nat.* 127:208-210.

Tejeda-Cruz C, Sutherland WJ. (2004). Bird response to shade coffee production. *Animal Conservation* 7:169-179.

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677.

Theuerkaur, J., Rouys, S., Jourdan, H., Gula, R. (2011). Efficiency of a new reverse bait trigger snap trap for invasive rats and new standardized abundance index. *Ann Zool Fennici* 48: 308-318.

Tlapaya, L. y Gallina, S. (2010). Cacería de mamíferos medianos en cafetales del centro de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* (26): 259-277.

Torre, I., Freixas, L., Arrizabalaga, A., y Díaz, M. (2016). The efficiency of two widely used commercial live traps to develop monitoring protocols for small mammal biodiversity. *Ecological Indicators* (66): 481-487.

Tscharntke, T., Klein, A., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. y Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*: (8): 857–874.

Vandermeer J, Carvajal R. (2001). Metapopulation dynamics and the quality of the matrix. *American Naturalist* 158(3):211-220.

Weihong, J., Veitch, CR. y Craig, J. (1999). An evaluation of the efficiency of rodent trapping methods: the effect of trap arrangement, cover type, and bait. *New Zealand Journal of Ecology* (23): 45-51.

Williams-Guillén K, McCann C, Martínez Sánchez J, Koontz F. (2006). Resource availability and habitat use by mantled howling monkeys in a Nicaraguan coffee plantation: can agroforests serve as core habitat for a forest mammal? *Animal Conservation* 9(3):331-338.

Williams-Guillén, K., Perfecto, I., (2010). Effects of agricultural intensification on the assemblage of leaf-nosed bats (Phyllostomidae) in a coffee landscape in Chiapas, Mexico. *Biotropica* 42, 605–613.

Whittaker, J., Feldhamer, G. y Charles, E. (1998). Captures of mice, *Peromyscus*, in two sizes of Sherman Live Traps. *The Canadian Field-Naturalist* Vol 112: 527-529.