



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE BIOLOGÍA

**Evaluación del uso que mamíferos medianos
y grandes hacen de los senderos en un
bosque mesófilo de montaña**

TESIS

**que como requisito parcial para obtener el título
profesional de**

BIÓLOGA

Presenta:

Indira Figueroa Torres

Director de tesis: Dr. Eduardo Mendoza Ramírez



Morelia, Michoacán

Junio 2016

Dedicatoria

A mi familia por ser un pilar fuerte en mi vida en la travesía para alcanzar mis sueños.

A todos aquellos que se han convertido en mis maestros de alguna manera tanto espiritual y académica.

A la madre tierra por brindar lo más hermoso y maravilloso en este plano físico
"La vida".

Agradecimientos

A mi director de tesis el Dr. Eduardo Mendoza Ramírez por abrirme las puertas de su laboratorio y confiar en mí para formar parte de este proyecto, compartiendo su experiencia y conocimientos. Así también, el tiempo que invirtió para mejorar y enriquecer este trabajo en cada una de las revisiones. De igual forma a mis sinodales: la Dra. Yvonne Herrerías Diego y el Dr. Javier Salgado Ortiz por el tiempo invertido y sus contribuciones para enriquecer y mejorar esta tesis.

A mis compañeros y amigos de laboratorio Anel, Oscar, Isa, Juanito, Lakshmi, Pau y Franceli primero que nada por brindarme su amistad, el ser parte de un equipo, compartir sus scripts, conocimientos y todo el apoyo en campo ya que sin ustedes no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Agradezco a mis papás Adrián y Lupita (Mariquita) por ser un pilar fuerte en mi vida, por inculcarme el amor por la naturaleza que en un futuro sería una razón para tomar una de las decisiones más importantes en mi vida, gracias por su comprensión y apoyo para alcanzar mis sueños. A mis hermanos Adrián, Mayra, Gabriel y Dalia les agradezco el estar ahí toda mi vida y su apoyo, los amo.

Agradezco también, a mis amigos de tantos años Jaime, Ale, Bianca y Karen gracias por estar siempre conmigo. Además a todos aquellos amigos que encontré durante mi travesía en la facultad: Claudia, Ely, Fany, Mariela, Beto, Alan, Ceci, Erandi, Wendy, Maggie, Bere, Sammy, Isma, entre otros.

Jaime Eduardo como nuestra amistad no hay dos, gracias por estar siempre que lo he necesitado y has estado ahí para apoyarme para liberar el estrés con risas y demás en todo este tiempo, te quiero.

Por ultimo quiero agradecer a Charly por estar conmigo, por ser mi amigo, mi apoyo y compañero en mis desvelos, te amo.

A la dirección de la Reserva de la Biosfera El TRIUNFO por sus facilidades para permitir la realización de este estudio.

Al todo el personal de la Reserva y en especial a los guardaparques y comunitarios, personas admirables por su gran apoyo.

Al programa de apoyo a proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN106114-3 "Análisis bayesiano aplicado" de la UNAM.

Contenido

Resumen	6
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Antecedentes	6
3. Objetivos	10
3.1 General.....	10
3.2 Particulares.....	10
4. Hipótesis	11
5. Área de estudio	12
5.1. Tipos de vegetación presentes en la REBITRI.....	13
5.2. Fauna de la REBITRI.....	14
6. Materiales y métodos	15
6.1. Diseño de foto-trampeo.....	15
6.1. Análisis de los datos.....	17
6.1.1. Comparación de la riqueza de especies.....	17
6.1.2. Comparación de las frecuencias de registros de las especies sobre y fuera de los senderos.....	17
6.1.3. Comparación de los patrones de actividad a lo largo del día.....	17
6.1.4. Análisis global de la variación en la frecuencia de registros de mamíferos en función de la colocación de cámaras sobre y fuera de senderos.....	18
7. Resultados	20
7.1. Comparación en la riqueza de especies sobre y fuera de los senderos.....	20
7.2. Comparación en las frecuencias de registros sobre y fuera de los senderos ..	23
7.3. Comparación de los patrones de actividad a lo largo del día sobre y fuera de los senderos.....	26
7.4. Análisis general de la variación en la frecuencia de registros de mamíferos en función de la colocación de cámaras sobre y fuera de senderos.....	31
8. Discusión	32
9. Conclusión	35
10. Bibliografía	36

Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Características y resultados principales de los estudios que han abordado el análisis del efecto de la colocación de cámaras trampa sobre y fuera de senderos en la descripción de parámetros poblacionales y de la comunidad de mamíferos silvestres.	9
Tabla 2. Especies que se registraron a lo largo del estudio.....	21
Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biosfera el Triunfo (REBITRI) y las zonas núcleos que la conforman.	13
Figura 2. Ubicación de los senderos en la zona núcleo I de la reserva de la biósfera El Triunfo.....	16
Figura 3. Curva de acumulación con las especies registradas sobre y fuera de senderos.....	22
Figura 4. Comparación de la frecuencia de registros de las especies de mamíferos en la zona núcleo I de la REBITRI obtenidos sobre y fuera de los senderos en cada una de las temporadas de muestreo.	24
Figura 5. Relación entre la frecuencia de los registros de las diferentes especies de mamíferos medianos y grandes sobre y fuera de los senderos en ambas temporadas de muestreo..	25
Figura 6. Patrones de actividad del puma y tapir descritos con base en los registros obtenidos sobre y fuera del sendero en la temporada abril-junio 2014.....	27
Figura 7. Patrones de actividad del ocelote, venado temazate rojo, pecarí y tapir descritos con base a los registros obtenidos sobre y fuera del sendero en la temporada octubre-diciembre 2014.....	30
Figura 8. Comparación de la frecuencia de registros de foto-trampeo de mamíferos medianos y grandes sobre y fuera de senderos con los datos de este estudio y los recopilados de la literatura..	31

Resumen

El uso de foto-trampas para el estudio de mamíferos silvestres ha permitido generar información más robusta y precisa sobre la ecología y conducta de las especies de este grupo en su hábitat natural. Sin embargo, persiste el debate sobre cuál es el diseño más adecuado del foto-trampeo. En particular hay estudios que han abordado el efecto de colocar las foto-trampas sobre o fuera de los senderos, sin existir un consenso definitivo aún sobre las ventajas de un diseño de muestreo o el otro. Para este estudio se recolectó información durante dos temporadas de muestreo (abril-junio 2014 “secas”; octubre-diciembre 2014 “lluvias”), con un diseño de foto-trampas pareadas sobre y fuera del sendero Palo gordo en la zona núcleo I de la Reserva de la Biosfera el Triunfo (REBITRI), Chiapas. Se encontró que la riqueza de especies fue mayor fuera del sendero en ambas temporadas (8 vs.12, primera temporada y 7 vs.11, segunda temporada). Sin embargo, especies como el tapir (*Tapirus bairdii*) y el puma (*Puma concolor*) fueron registradas con mayor frecuencia sobre los senderos. En contraste, el armadillo de nueve bandas (*Dasipus novemcinctus*) que fue registrado exclusivamente fuera del sendero. El número de registros de las especies registradas sobre y fuera de los senderos difirió significativamente (χ^2 , $p < 0.05$) y no se correlacionó ($r < 0.5$; $p > 0.05$). Por otra parte, existieron diferencias en los patrones de actividad de las especies registradas sobre y fuera de los senderos especialmente en el tapir y el venado temazate rojo (*Mazama temama*). La comparación general de especies en estudios anteriores mostro que el uso de los senderos por parte de los mamíferos puede estar relacionado a distintos factores (p.ej: hábitos alimenticios; peso) Este estudio proporciono evidencia sobre cómo afecta el registro de información sobre la actividad de los mamíferos cuando las foto-trampas son colocadas sobre o fuera de los senderos. Por lo que es clara la necesidad de emplear diseños de foto-trampeo estandarizados para recaudar información más robusta y precisa, en el monitoreo de mamíferos medianos y grandes.

Palabras clave: mamíferos; senderos; foto-trampas; diseño de foto-trampeo.

Abstract

The use of camera-traps for the study of wild mammals is helping to generate more robust and accurate information on the ecology and behavior of the species from this group. However, controversy remains regarding optimal camera-trapping design. In particular studies exists regarding the effect of placing camera-traps on or off trails. This study recorded information during two sampling seasons (April-June 2014 “dry” season and, October-December 2014 “wet” season), using a paired design of camera-traps in the core zone I of Biosphere Reserve El Triunfo (REBITRI), Chiapas. I found species richness off trails was higher in both seasons (8 vs. 12, first season, and 7 vs. 11 second season). However, species like tapir (*Tapirus bairdii*) and the mountain lion (*Puma concolor*) were recorded more frequently on trails. In contrast, species such as the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) was only recorded off trails. There were differences in the frequency of records of the species on or off the trails (χ^2 , $p < 0.05$) and a low relationship between them ($r < 0.5$; $p > 0.05$). There were differences in activity patterns along the day of the red deer (*Mazama temama*) and tapir depending on whether data came from off or on the trail. This study provides further evidence about how camera placement affects estimation of important population and community-level parameters. It is evident the need to implement and apply standardized camera-trapping designs to record accurate and robust information during the monitoring of medium and large mammals.

Key words: mammals; trails; camera-traps; camera-trapping design.

1. Introducción

Los mamíferos silvestres son un grupo altamente diverso que a través de su evolución han desarrollado atributos de historia de vida que les han permitido ocupar de manera exitosa hábitats y nichos muy contrastantes (Luo 2007; Baillie *et al.* 2010). Asimismo, los mamíferos desempeñan papeles ecológicos muy importantes. Por ejemplo, los herbívoros afectan la dinámica de regeneración de la vegetación y en última instancia su diversidad, a nivel de comunidad, al consumir distintas partes de las plantas, como el follaje y pulpa de los frutos (Camargo-Sanabria *et al.* 2014). De igual manera, los mamíferos carnívoros pueden tener un impacto sobre la abundancia de los animales de los que se alimentan (Miller *et al.* 2001). A los efectos directos que tiene la actividad de los mamíferos silvestres se suman los efectos indirectos. Por ejemplo, los castores al construir sus refugios tienen un impacto en general sobre la dinámica de los ecosistemas riparios y de las especies que se les asocian (Reichman y Seabloom 2002). En reconocimiento de los importantes papeles ecológicos que los mamíferos silvestres desempeñan se les han aplicado distintos términos, tales como especies claves o ingenieros del ecosistema (Jones *et al.* 1994).

Desafortunadamente buena parte de la diversidad taxonómica, funcional y filogenética representada por los mamíferos está en riesgo de perderse por el impacto que las actividades humanas tienen sobre sus hábitats y poblaciones (Dirzo *et al.* 2014). De acuerdo a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) cerca de una cuarta parte de las especies conocidas de mamíferos se encuentra bajo una fuerte amenaza (Baillie *et al.* 2010).

Resulta por lo tanto evidente que tanto desde el punto de vista del aporte que hacen a la biodiversidad en general y al funcionamiento de los ecosistemas, como desde el punto de vista del grado de amenaza que experimentan, es prioritario monitorear el estado de las poblaciones de mamíferos silvestres. Esto es particularmente necesario en las regiones tropicales que se distinguen por ser las más diversas pero también las más amenazadas (Trolliet *et al.* 2014, Yoccoz *et al.* 2001; Ahumada *et al.* 2011).

En el caso particular de los mamíferos que habitan los bosques tropicales se ha aplicado una variedad de métodos con el fin de obtener información básica sobre sus poblaciones (p.ej., abundancia, densidad, patrones de actividad, etc.) y sus comunidades (riqueza de especies y diversidad). Sin embargo, dada la dificultad de observar a esta fauna en su hábitat natural, buena parte del conocimiento que se ha generado se basa en evidencia indirecta de su presencia. Este tipo de evidencia incluye: pisadas, excretas, rascaderos y echaderos. Si bien la aplicación de estos métodos ha permitido generar información relevante sobre la ecología y estado de conservación de la fauna de mamíferos de los bosques tropicales, es evidente que existen factores que pueden afectar de manera importante la calidad de la información obtenida, generando sesgos durante la estimación de parámetros a nivel poblacional y de comunidad (Lyra *et al.* 2008).

De manera más reciente, el foto-trampeo ha surgido como una herramienta de gran utilidad para estudiar a los mamíferos silvestres (Foster y Harmsen 2012). El uso de foto trampas, es una técnica poco invasiva, ya que su uso tiene un efecto poco evidente sobre el comportamiento de la fauna (Rovero *et al.* 2013). Además,

permite generar información permanente sobre la fauna registrada y monitorear continuamente el área bajo estudio (Kays *et al.* 2009). La información generada por las foto-trampas ha demostrado ser efectiva para diferentes propósitos como: la realización de inventarios taxonómicos, estimaciones de la abundancia y riqueza de especies así como el análisis de aspectos conductuales (Meek *et al.* 2014; Di Bitteti *et al.* 2014). Estas características del foto-trampeo han tenido un importante impacto positivo en los programas de monitoreo para la fauna silvestre (Foster y Harmsen 2012).

Dadas las ventajas que el foto-trampeo presenta con respecto a otros métodos de muestreo de la fauna su uso se ha vuelto prácticamente indispensable en los estudios modernos que involucran el estudio de poblaciones de mamíferos silvestres. Sin embargo, este método como cualquier otro es susceptible de producir información con algunos sesgos (Ahumada 2011; Cusack *et al.* 2015). Dado que cada vez es más amplia la adopción del foto-trampeo para el estudio de mamíferos medianos y grandes resulta fundamental el comprender de manera más precisa cuáles son los factores que pueden afectar la calidad de la información que genera.

2. Antecedentes

Existen diferentes aspectos relacionados con el uso de las foto-trampas que pueden afectar las características de la información que generan. En particular ha llamado la atención el efecto que puede tener la forma en cómo se disponen en el campo. Un ejemplo de esto se da cuando se decide colocar las foto-trampas sobre o fuera de senderos. Son aun relativamente pocos los estudios que han abordado este tema y entre los existentes hay importantes diferencias en términos de los enfoques metodológicos empleados.

Tobler *et al.* (2008) colocaron foto-trampas sobre senderos para hacer un inventario de las especies de mamíferos medianos y grandes, encontrando un número menor de especies del que se esperaba lo que atribuyeron a una tendencia de varias especies a evadir los senderos.

Asimismo, en un estudio sobre la ecología del gato de bengala (*Prionailurus bengalensis*) y la civeta de las palmeras (*Paradoxurus hermaphroditus*) en tres reservas en Borneo, se encontró que su frecuencia de registro era mayor sobre senderos (Sollman *et al.* 2013) (Tabla1).

Uno de los trabajos más citados respecto al uso de los senderos por los mamíferos: es un estudio enfocado a analizar la relación depredador-presa, en la región norte de Belice (Cockscomb Basin Wild Sanctuary, CBWS) realizados por Weckel *et al.* (2006). En este estudio se colocaron cámaras-trampa sobre y fuera de los senderos, encontrándose que especies como el jaguar (*Panthera onca*) y el tapir (*Tapirus bairdii*) fueron mayormente registradas sobre los senderos. En

contraste, especies como el armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y la paca (*Agouti paca*) fueron registradas con mayor frecuencia fuera de los senderos (Tabla1). Un segundo estudio realizado en este mismo sitio por Harmsen *et al.* (2010) mostró una mayor preferencia del puma (*Puma concolor*) por el uso de los senderos mientras que el jaguar (*Panthera onca*) fue más propenso a salirse de los senderos durante sus desplazamientos (Tabla1). Estos resultados difirieron de los obtenidos por Weckel *et al* (2006) que indicaban que el jaguar usaba exclusivamente los senderos.

Blake and Mosquera (2014) realizaron un estudio en los bosques bajos del este de Ecuador donde colocaron cámaras trampa sobre y fuera de senderos. Estos autores encontraron que hubo especies que sólo fueron fotografiadas fuera de los senderos como el armadillo gigante (*Prionomys maximus*) pero en general no encontraron diferencias notorias en la cantidad de registros de la fauna sobre y fuera de los senderos (Tabla.1). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Di Bitetti *et al.* (2014) en un estudio realizado en el parque Nacional Iguazu en Misiones, Argentina. En este estudio se obtuvo un mayor número de fotografías y riqueza de especies en las cámaras colocadas sobre los senderos que las obtenidas en las cámaras que se colocaron fuera de ellos (15 especies vs. 10 especies) (Tabla.1).

Por lo tanto, si bien existe cierta información básica, no existe un consenso sobre cuáles son los efectos de colocar las foto-trampas sobre y fuera de los senderos en términos de la estimación de parámetros básicos de las poblaciones y comunidades de mamíferos. Asimismo, hay parámetros, por ejemplo los patrones de actividad diaria, sobre los cuales no se ha evaluado este posible efecto. Este

estudio, por lo tanto se enfocó en evaluar el efecto que tiene la ubicación de foto-trampas sobre y fuera de senderos en la estimación de distintos parámetros de las poblaciones y la comunidad de mamíferos silvestres de talla mediana-grande en la Reserva de la Biosfera El Triunfo en Chiapas, México.

Tabla 1. Características y resultados principales de los estudios que han abordado el análisis del efecto de la colocación de cámaras trampa sobre y fuera de senderos en la descripción de parámetros poblacionales y de la comunidad de mamíferos silvestres.

Autores	Hábitat	País	Variables de respuesta	Efecto
Weckel et al. 2006	Bosque tropical húmedo	Belice	Riqueza de especies	Hay especies que usan los senderos y otras que no
Harsem et al. 2010	Bosque tropical húmedo (broad-leaf)	Belice	Frecuencia de registro	Las especies varían sus preferencias de usar los senderos.
Sollman et al. 2013	Bosque tropical lluvioso	Isla de Borneo	Frecuencia de registros	Los mamíferos son registrados con mayor frecuencia sobre los senderos que fuera
Blake and Mosquera 2014	Bosque tropical lluvioso	Ecuador	Riqueza de especies y frecuencia de registros.	No hay diferencia en el uso de los senderos, no afecta la disposición de las cámaras
Di Bitetti et al. 2014	Bosque subtropical húmedo	Argentina	Riqueza de especies y frecuencia de registros	La probabilidad de registrar los mamíferos sobre los senderos es mayor que fuera de los mismos

3. Objetivos

3.1 General

Analizar cómo afecta el registro de mamíferos silvestres medianos y grandes el colocar cámaras-trampa sobre y fuera de senderos.

3.2 Particulares

- Analizar cómo se modifica el inventario de especies de mamíferos medianos y grandes cuando las cámaras-trampa se colocan sobre y fuera de senderos.
- Analizar cómo varía la frecuencia relativa de registros de mamíferos medianos y grandes cuando las cámaras se colocan sobre y fuera de senderos.
- Analizar el efecto que tiene sobre la descripción de los patrones de actividad a lo largo del día de mamíferos medianos y grandes al colocar cámaras-trampa sobre y fuera de senderos.

4. Hipótesis

Debido a que distintas especies pueden presentar diferentes preferencias en relación con el uso de senderos para su desplazamiento, el hacer muestreos sobre y fuera de los senderos puede provocar que la estimación y descripción de parámetros tales como: la abundancia relativa, riqueza de especies y actividad diaria se afecten.

5. Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Reserva de la Biosfera El Triunfo (REBITRI) que se encuentra localizada en el sureste del estado de Chiapas entre las coordenadas 15°09'10" y 15°57'02" Norte y 92°34'04" y 93°12'42" Oeste (Figura 1). La REBITRI está situada dentro de la provincia fisiográfica de las Tierras Altas de Chiapas-Guatemala, específicamente en la subprovincia Sierra de Chiapas. Esta región presenta un relieve muy accidentado, con pendientes que sobrepasan los 60° y una variación altitudinal que va desde los 450 a 2,450 m (INE/SEMARNAP 1999, Lira *et al.* 2004).

LA REBITRI cuenta con una superficie de 119,177 ha dividida en 5 zonas núcleo: El Triunfo (11, 550 ha), Ovando (2,188 ha), Cuxtepeques (1,201 ha), El Venado (4,061 ha) y La Angostura (6,822 ha) (Figura 2). La zona núcleo I El Triunfo (ZNIET), presenta una variación altitudinal que va desde los 1000 a los 2450 m (INE/SEMARNAP 1999, Lira *et al.* 2004). Dentro de este zona núcleo se localizan seis senderos: Palo Gordo (3.5 km), Bandera (3 km), Costa (4 km), Finca Prusia (33.5 km), Monos (2.3 km) que son usados periódicamente para labores de monitoreo y vigilancia de la reserva.

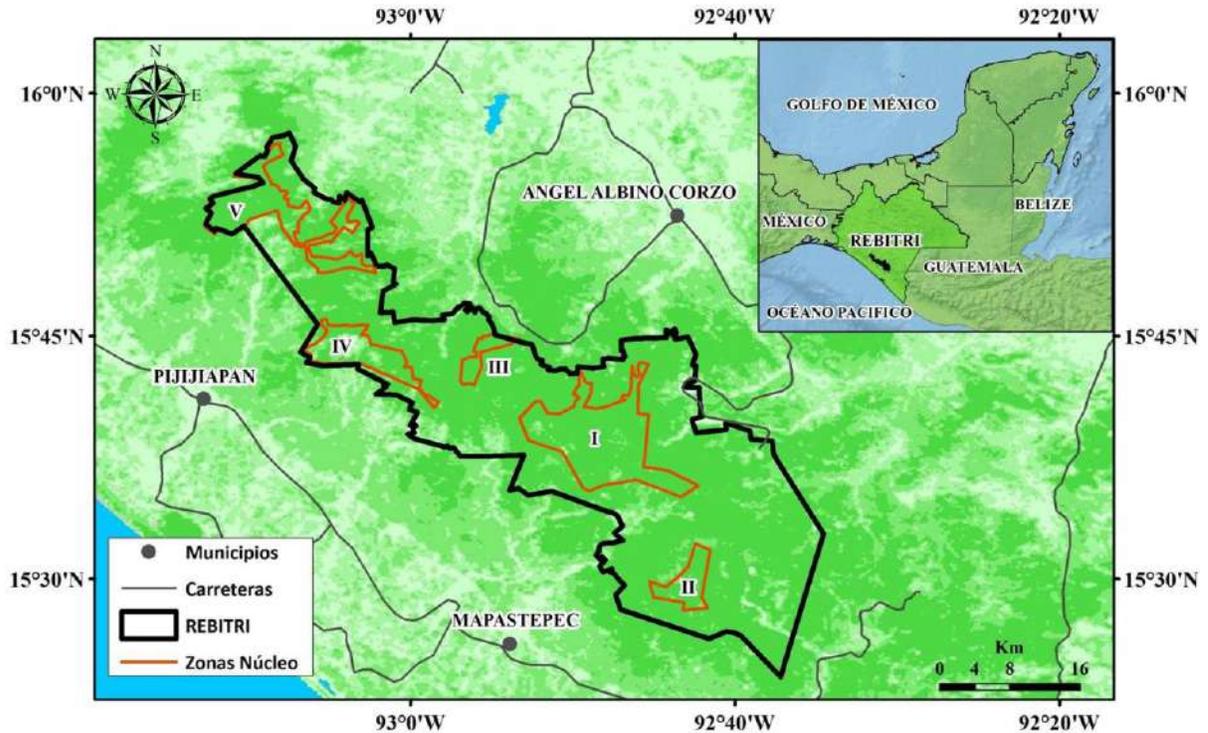


Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biosfera el Triunfo (REBITRI) y las zonas núcleos que la conforman. I El Triunfo; II Ovando; III Cuxtepeques; IV El venado; V La Augusta

El clima predominante en la REBITRI de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), es el A(m) (m), que corresponde a semicálido húmedo y el C (m) (w) que corresponde a templado-húmedo, con abundantes lluvias en verano. La temperatura media anual varía entre 18-22°C y la precipitación anual va de 2500 a 3500 mm (INE/SEMARNAP 1999; Lira *et al.* 2004).

5.1. Tipos de vegetación presentes en la REBITRI

Dentro de la REBITRI están representados 10 tipos de vegetación que incluyen: matorral perennifolio, bosque lluvioso de montaña, bosque perennifolio de neblina,

bosque de galería o ripario, bosque estacional perennifolio, bosque de pino-encino, bosque de pino-encino y selva baja caducifolia. La depresión central y los valles intramontanos de la Sierra Madre están ocupados por cultivos, pastizales y vegetación secundaria en diferentes estadios de desarrollo. En total dentro de la REBITRI se han contabilizado 751 especies de angiospermas pertenecientes a 407 géneros y 138 familias.

5.2. Fauna de la REBITRI

En la REBITRI se han registrado 548 especies de vertebrados terrestres, en particular se han documentado 22 especies de anfibios, 63 especies de reptiles y 390 especies de aves (INE/SEMARNAP 1999). Así mismo, se han registrado 112 especies de mamíferos principalmente de afinidad neotropical o mesoamericana lo que corresponde al 56% del total de especies registradas en Chiapas y al 23% de las registradas en México (Espinoza *et al* 1998). La REBITRI ocupa el segundo lugar en riqueza de especies de mamíferos entre las áreas naturales protegidas del país, solamente después de la reserva de la biosfera Montes Azules también localizada en Chiapas (INE/SEMARNAP 1999).

Entre las especies distintivas de la reserva destacan el quetzal (*Pharomachrus mocinno*), el pavón (*Oreophasis derbianus*), la tångara de alas azules (*Tangara cabanisi*), el pajuil (*Penelopina nigra*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el tapir (*Tapirus bairdii*) y cinco especies de felinos, incluido el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*) (INE/SEMARNAP 1999).

6. Materiales y métodos

6.1. Diseño de foto-trampeo

Se realizaron dos temporadas de foto-trampeo, la primera transcurrió de abril a julio de 2014 y la segunda de septiembre a diciembre de 2014. Estas temporadas coincidieron con las épocas de secas y de lluvias respectivamente. Se colocaron 10 pares de foto-trampa (marca Stealthcam modelo STC-AC54OIR y STC-U838NXT Digital Scouting) por temporada usando como referencia el sendero Palo Gordo (Figura 2). Cada par contó con una cámara-trampa dirigida hacia el sendero y una cámara colocada a una distancia perpendicular, dentro del bosque, entre 20 m y 50 m. Ambas cámaras fueron fijadas a troncos de árboles a una altura aproximada de 50 cm sobre el suelo.

La distancia mínima entre pares de cámaras-trampa fue de 500 metros en línea recta, que se midió con la ayuda de un GPS portátil (Garmin 60Csx) (Figura 2). La vegetación en frente a las cámaras fue parcialmente removida para evitar interferencias con el sensor de las cámaras y para extender su campo de visión. Las foto-trampas se programaron para tomar una serie de 4 fotos cada vez que eran activadas, para posteriormente entrar en un período de reposo de un minuto.

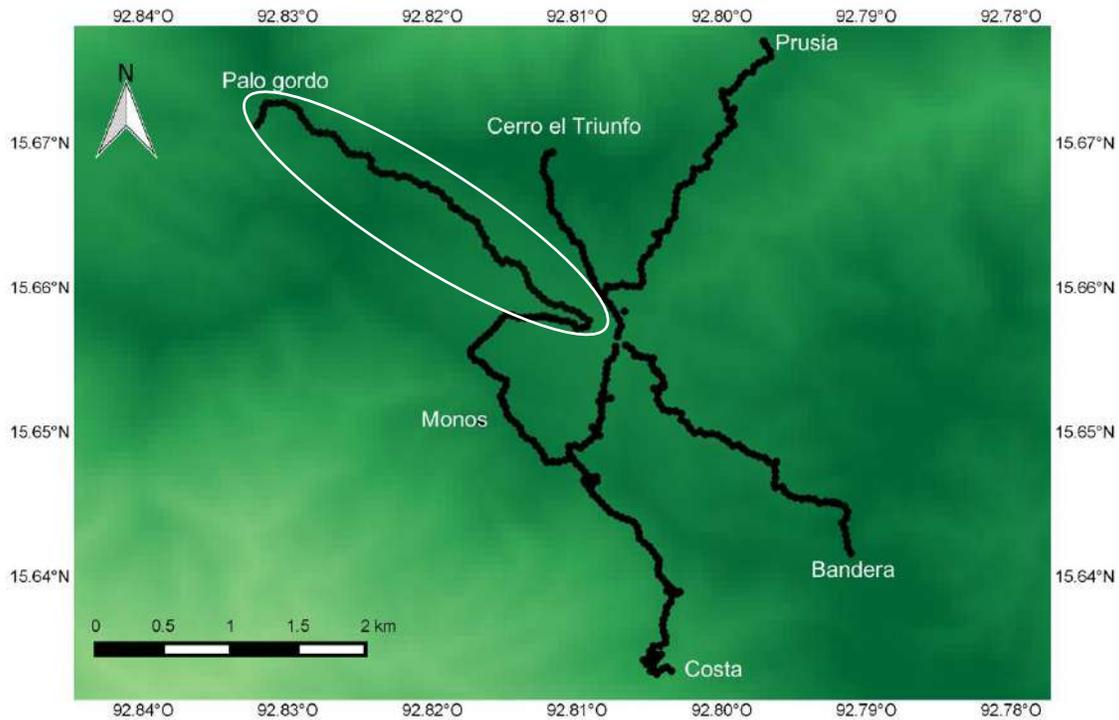


Figura 2. Ubicación de los senderos en la zona núcleo I de la reserva de la biósfera El Triunfo. Se destaca el sendero Palo Gordo el cual se utilizó como base para el muestreo en el que se recabaron los datos para este estudio.

6.2. Organización de la base de datos de registros de las especies sobre y fuera de los senderos

Las fotos que se generaron en los dos periodos de foto-trampeo, se organizaron por especie, estación, hora y fecha de registro utilizando el software gratuito *Camera base 1.6* (Tobler *et al.* 2008). Este software fue configurado para que las imágenes de una especie, capturadas en un mismo sitio y dentro de un periodo de 60 minutos se consideren como un solo registro. Esto con el propósito de reducir la posibilidad de contar fotos múltiples de un mismo individuo como registros independientes.

6.1. Análisis de los datos

6.1.1. Comparación de la riqueza de especies

Para comparar la riqueza de especies registrada sobre y fuera del sendero se elaboraron, en cada caso curvas de acumulación de especies usando el programa Estimates ver. 9.1. Así mismo, se calculó el estimador de riqueza de especies no paramétrico Jackknife 2 (Tobler *et al.* 2008).

6.1.2. Comparación de las frecuencias de registros de las especies sobre y fuera de los senderos

Se aplicó una prueba de Ji cuadrada para evaluar si existían diferencias en la frecuencia de registros de las especies de mamíferos en función de la colocación de las foto-trampa sobre y fuera del sendero. Para este análisis se seleccionaron arbitrariamente sólo las especies con un mínimo de cinco registros en el muestreo por cada temporada. De manera complementaria se realizó una correlación de Pearson utilizando el programa R 3.2.0 (Di Bitteti *et al.* 2014), para evaluar la relación entre la frecuencia de registros de las especies sobre y fuera del sendero en cada una de las temporadas de muestreo.

6.1.3. Comparación de los patrones de actividad a lo largo del día

Se seleccionaron de manera arbitraria las especies que tuvieron un mínimo de cuatro registros en cada una de las condiciones (sobre y fuera del sendero). Para este análisis se utilizaron todos los registros fotográficos sin agrupar en periodos de una hora. La información sobre los valores de las horas en que fueron obtenidos los registros de estas especies se transformó a radianes. Posteriormente se utilizó el paquete “Overlap” del programa R 3.2.0 (Linkie y Ridout 2011) para describir sus

patrones de actividad a lo largo del día y estimar el coeficiente de traslape entre la actividad de las especies sobre y fuera de los senderos. Para probar si existían diferencias en los patrones de actividad de una misma especie entre temporadas. Este paquete permite generar funciones de densidad, con el método de Kernel, a partir de la información del número de registros y la hora que fueron obtenidos. Estas funciones de densidad permiten describir el patrón de actividad de una especie a lo largo del día. Además permite comparar patrones de actividad entre pares de especies o de una misma especie entre temporadas, mediante el cálculo de un coeficiente de traslape ($\hat{\Delta}$). Este coeficiente va de 0 (sin traslape en la distribución estimada de la actividad de las especies) hasta 1 (traslape completo en las distribuciones estimadas de actividad). De las tres maneras para calcular el coeficiente de traslape se optó por reportar la función $\hat{\Delta}_1$, la cual funciona mejor para tamaños de muestra pequeños (Linkie y Ridout 2011).

6.1.4. Análisis global de la variación en la frecuencia de registros de mamíferos en función de la colocación de cámaras sobre y fuera de senderos

Finalmente se hizo una comparación general del efecto que se produce al colocar cámaras sobre y fuera de senderos combinando la información obtenida en este estudio y la reportada en estudios previos (Sollman *et al* 2013; Blake and Moskera 2014 y Di Bitetti *et al* 2014). Para seleccionar las especies incluidas en este análisis se tomaron en cuenta que los estudios respectivos reportaran el número de registros que se obtuvieron en cada una de las condiciones por especie individualmente. Por

otra parte, se recopiló información sobre el peso y gremio alimentario de las especies para las cuales se contó con la información previamente descrita

7. Resultados

Se acumuló un total de 2620 días cámara-trampa que produjeron 283 registros (una vez que fueron agrupados en intervalos de una hora). De estos, 154 se obtuvieron sobre el sendero y 129 fuera del sendero. En total se registraron 15 especies de mamíferos (Tabla 2).

7.1. Comparación en la riqueza de especies sobre y fuera de los senderos

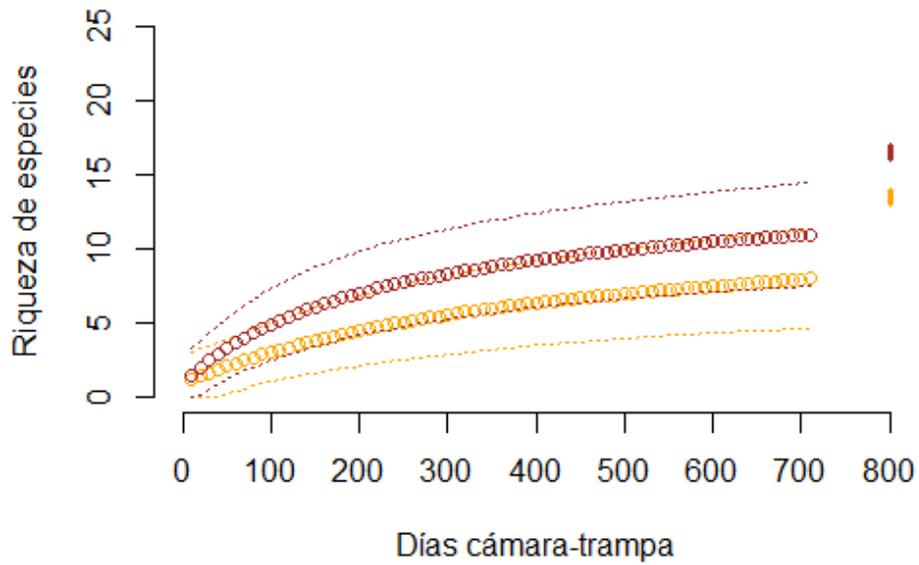
En la primera temporada (abril-junio 2014) se completó un total de 1420 días cámara-trampa y se registraron un total de trece especies de mamíferos (Tabla 2). Ocho de estas especies fueron registradas sobre el sendero y doce fuera del sendero (Figura 5). En la segunda temporada (octubre-diciembre 2014) se completó un total de 1200 días cámara-trampa y se registraron un total de doce especies de mamíferos (Tabla 2). Siete de estas especies fueron registradas sobre el sendero y once fuera (Figura 3).

Tabla 2. Especies que se registraron a lo largo del estudio. Se indica si fueron registrados sobre o fuera del sendero su peso promedio y grado de amenaza de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Especies	Temporada 1		Temporada 2		Peso (g)	Amenaza
	Sobre	Fuera	Sobre	Fuera		
<i>Cuniculus paca</i> (Paca)	0	1	0	0	699	LC
<i>Bassaricus suchrasti</i> (Cacomixtle)	0	0	0	2	1100	LC
<i>Diidelphis marsupialis</i> (Tlacuache)	3	12	0	1	1530	LC
<i>Leopardus wedii</i> (Tigrillo)	1	0	0	3	3250	NT
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Zorra gris)	0	0	0	1	3833	LC
<i>Conepatus leuconotus</i> (Zorrillo cadeno)	0	3	2	5	4163	LC
<i>Eira barbara</i> (Viejo de monte)	0	1	0	0	4500	LC
<i>Nasua narica</i> (Coatí)	0	3	1	0	4578	LC
<i>Dasyopus novemcintus</i> (Armadillo de nueve bandas)	0	7	0	1	6290	LC
<i>Leopardus pardalis</i> (Ocelote)	4	3	7	4	12250	LC
<i>Mazama temama</i> (Venado temazate rojo)	2	10	12	19	16500	DD
<i>Pecari tajacu</i> (Pecarí de collar)	12	2	8	17	21133	LC
<i>Puma concolor</i> (Puma)	47	14	11	4	53954	LC
<i>Panthera onca</i> (Jaguar)	3	1	0	0	83943	NT
<i>Tapirus bairdii</i> (Tapir centroamericano)	18	8	23	8	293781	EN

Categorías de amenaza de las especies de acuerdo la IUCN DD: datos insuficientes; EN: en peligro; LC: preocupación menor; NT: casi amenazado.

A) Temporada 1



B) Temporada 2

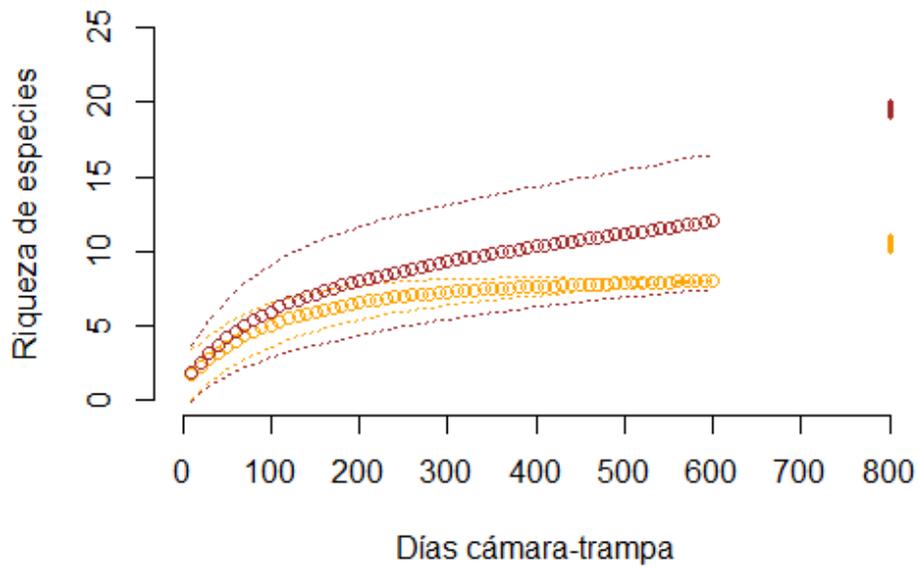


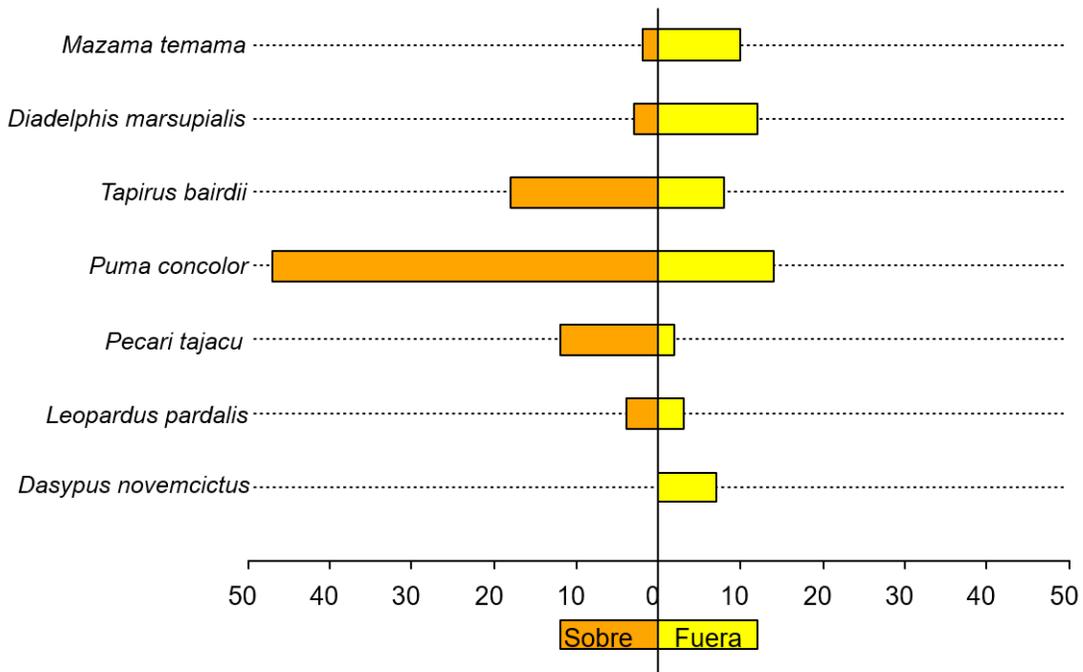
Figura 3. Curva de acumulación con las especies registrada sobre (amarillo) y fuera (rojo) de senderos. Las curvas punteadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. Las barras al final de la gráfica representan el estimador de riqueza de especies Jackknife 2.

7.2. Comparación en las frecuencias de registros sobre y fuera de los senderos

Existieron diferencias significativas entre la frecuencia de registros de las especies sobre y fuera del sendero tanto en la primera temporada ($X^2=42.3$, g.l.=6, $P<0.001$) como en la en la segunda temporada ($X^2=17.2$, g.l.=5, $P=0.004$) (Figura 4).

Por otra parte, no se encontró una asociación entre la cantidad de registros de las especies sobre el sendero y los registros respectivos obtenidos fuera del sendero tanto en la temporada 1 como en la 2 ($r=0.46$, $P=0.2908$, g.l.=5 y $r=0.13$, $P=0.8037$, g.l.=4, respectivamente) (Figura 5).

A) Temporada 1



B) Temporada 2

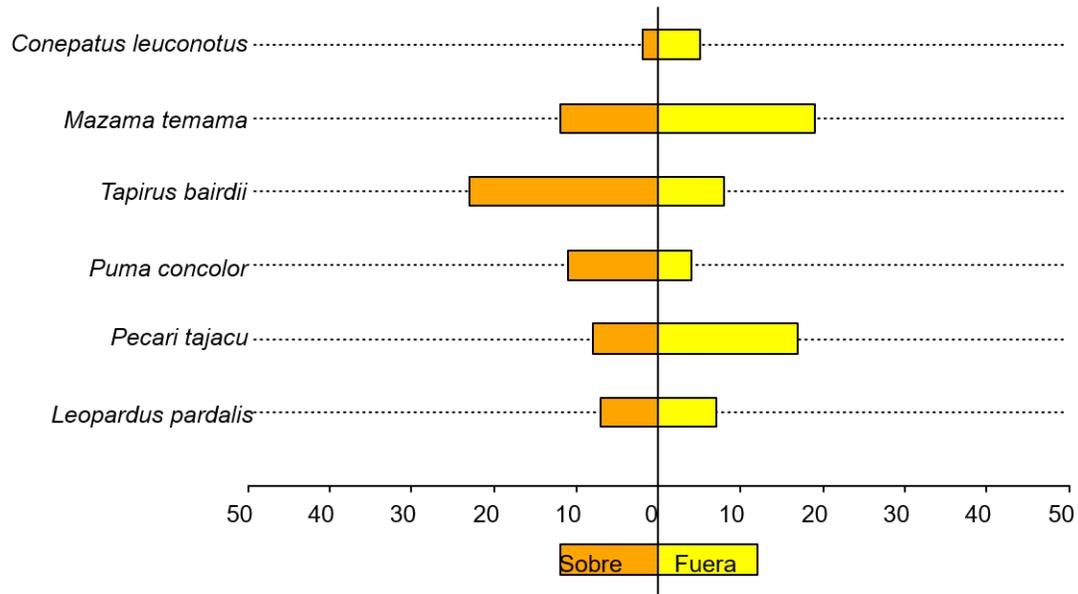


Figura 4. Comparación de la frecuencia de registros de las especies de mamíferos en la zona núcleo I de la REBITRI obtenidos sobre y fuera de los senderos en cada una de las temporadas de muestreo.

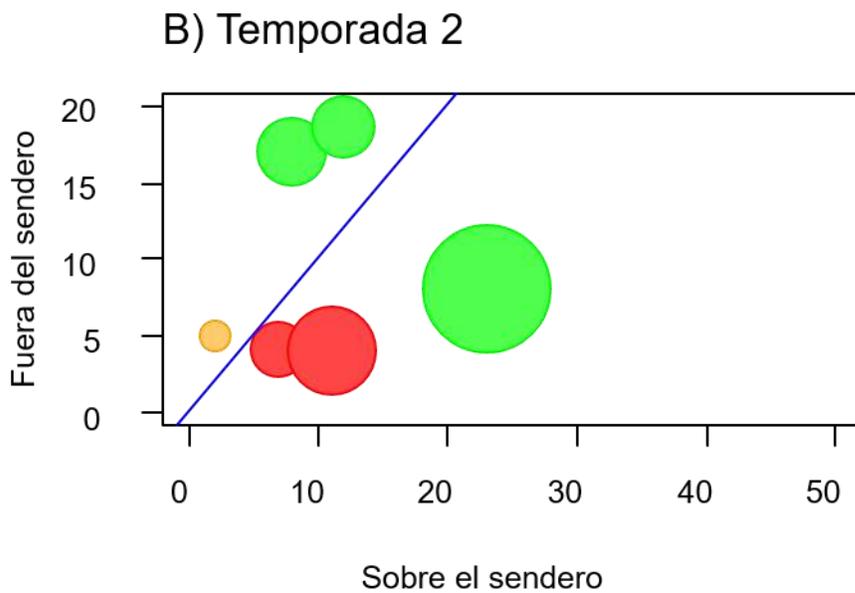
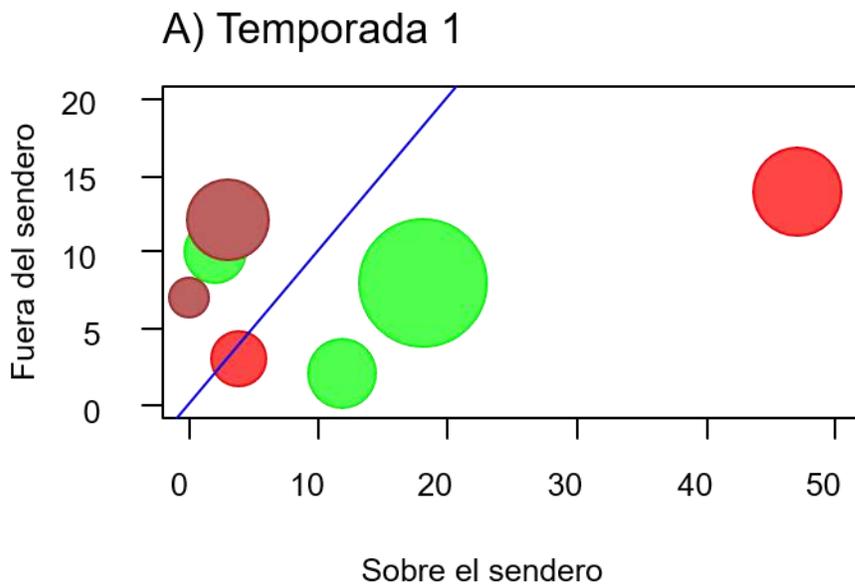
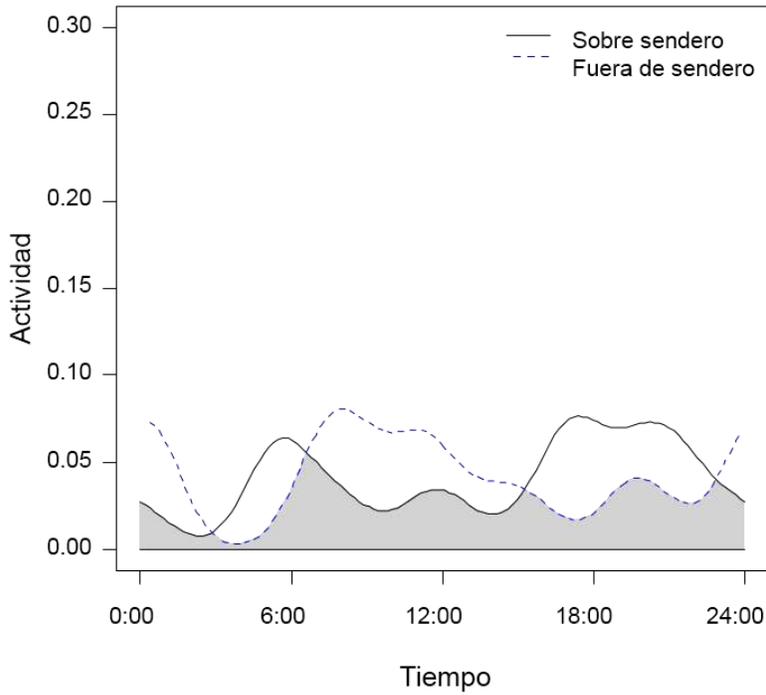


Figura 5. Relación entre la frecuencia de los registros de las diferentes especies de mamíferos medianos y grandes sobre y fuera de los senderos en ambas temporadas de muestreo. La línea azul representa una relación 1:1. El tamaño de los círculos representa el peso de los mamíferos y los colores su gremio trófico: rojo=carnívoro, verde=herbívoro, café=omnívoro y naranja=insectívoro.

7.3. Comparación de los patrones de actividad a lo largo del día sobre y fuera de los senderos

En la primera temporada sólo dos especies contaron con suficientes registros para comparar sus patrones de actividad sobre y fuera del sendero: puma (*P. concolor*) y tapir (*T. bairdii*). En el primer caso se encontró que el traslape fue $\hat{\Delta}_1 = 0.5999$ con intervalos de confianza del 95% (0.4234-0.7543) y en el segundo caso el traslape fue $\hat{\Delta}_1 = 0.3649$ con intervalos de confianza del 95% (0.2061-0.5239) (Figura 6).

A) *Puma concolor*



B) *Tapirus bairdii*

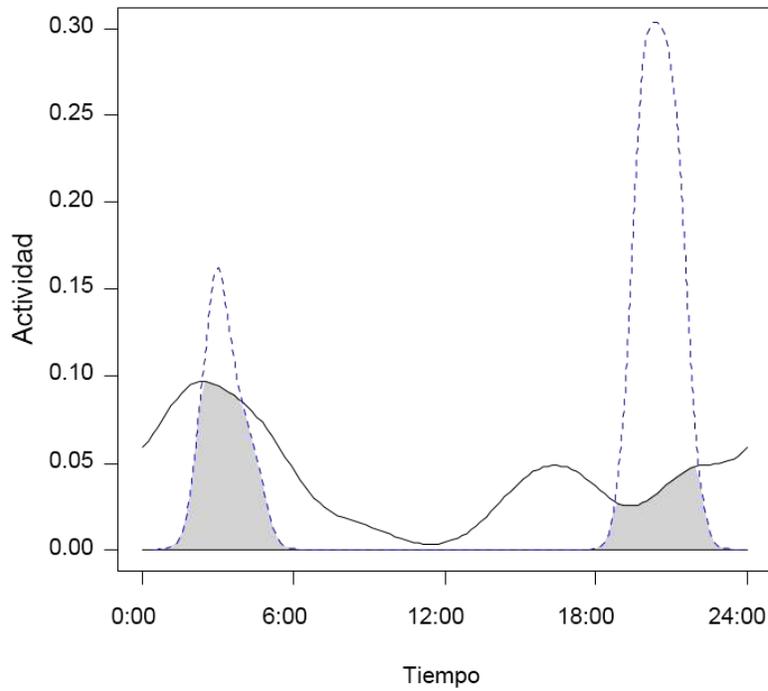
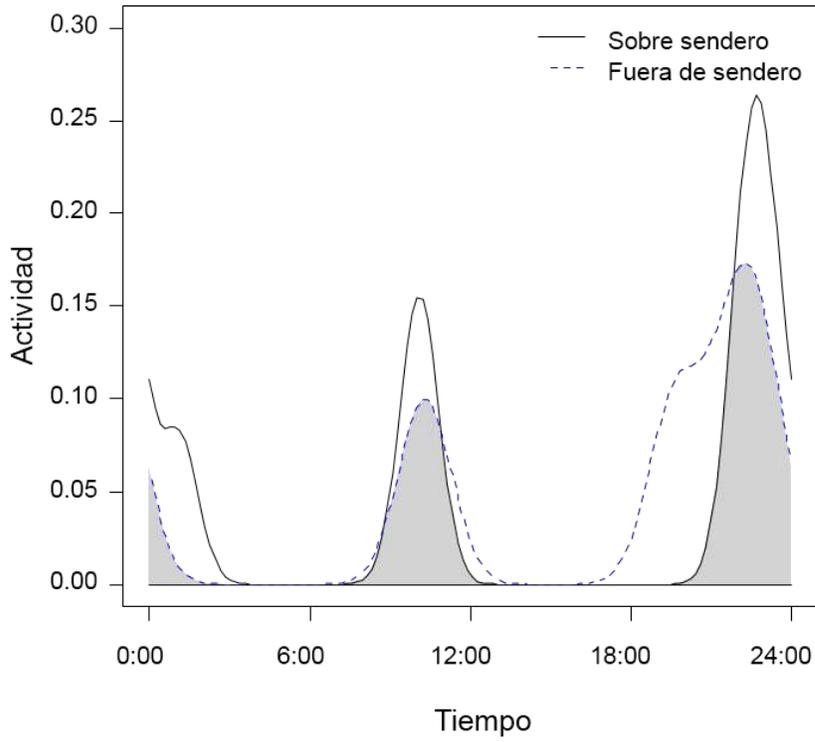


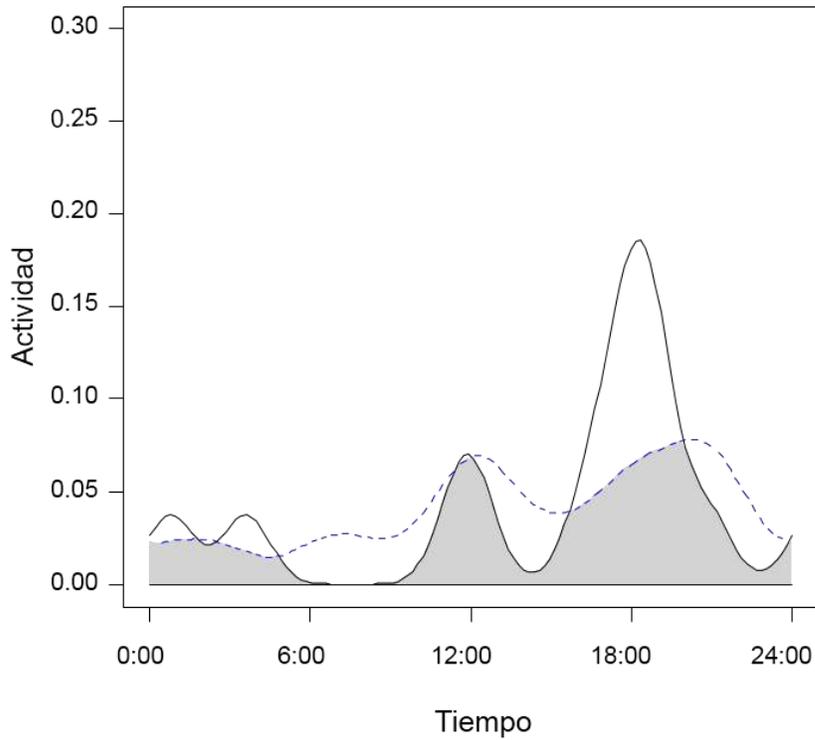
Figura 6. Patrones de actividad del puma y tapir descritos con base en los registros obtenidos sobre y fuera del sendero en la temporada abril-junio 2014. El área sombreada representa el traslape en la actividad.

En la segunda temporada de estudio fue posible hacer las comparaciones de los patrones de actividad para un mayor número de especies. En el caso del ocelote (*L. pardalis*) se obtuvo un valor de traslape de $\hat{\Delta}_1=0.6313$ (0.3747-0.8196), para el pecarí (*P. tajacu*) fue de $\hat{\Delta}_1=0.6934$ (0.3800-0.8894), tapir (*T. bardi*) de $\hat{\Delta}_1=0.7345$ (0.4919-0.8801) y para el venado temazate rojo (*M. temama*) de $\hat{\Delta}_1=0.6506$ (0.4168-0.8231) (Figura 7).

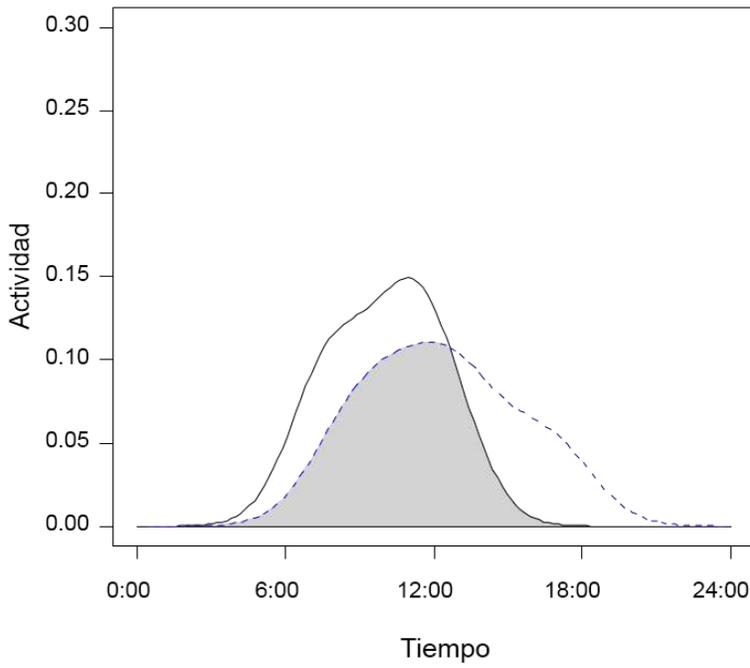
A) *Leopardus pardalis*



B) *Mazama temama*



C) *Pecari tajacu*



D) *Tapirus bairdii*

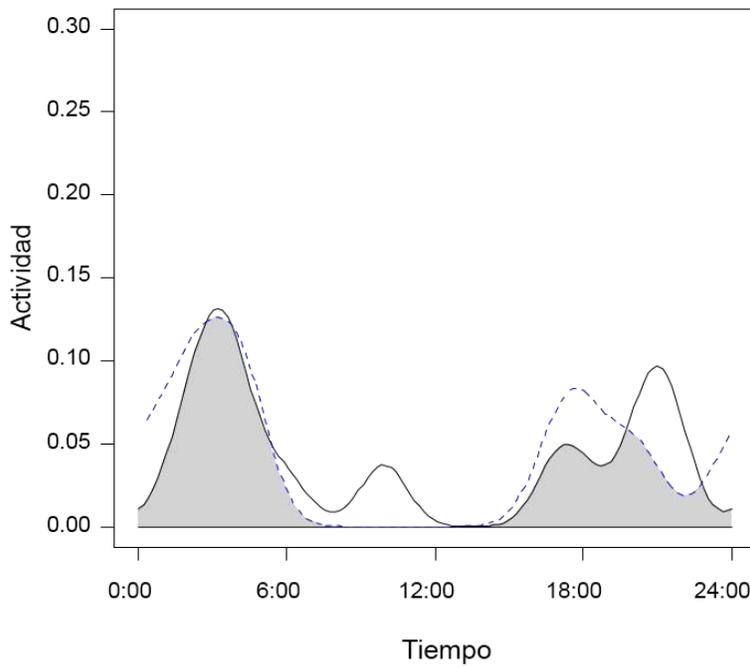


Figura 7. Patrones de actividad del ocelote, venado temazate rojo, pecarí y tapir descritos con base a los registros obtenidos sobre y fuera del sendero en la temporada octubre-diciembre 2014. El área sombreada representa el traslape entre las actividades.

7.4. Análisis general de la variación en la frecuencia de registros de mamíferos en función de la colocación de cámaras sobre y fuera de senderos

En la comparación de diferentes especies en trabajos anteriores las especies con hábitos carnívoros mostraron más afinidad a utilizar los senderos. Las especies pertenecientes a otros gremios no muestran una preferencia como tal, como se muestra en la Figura 8.

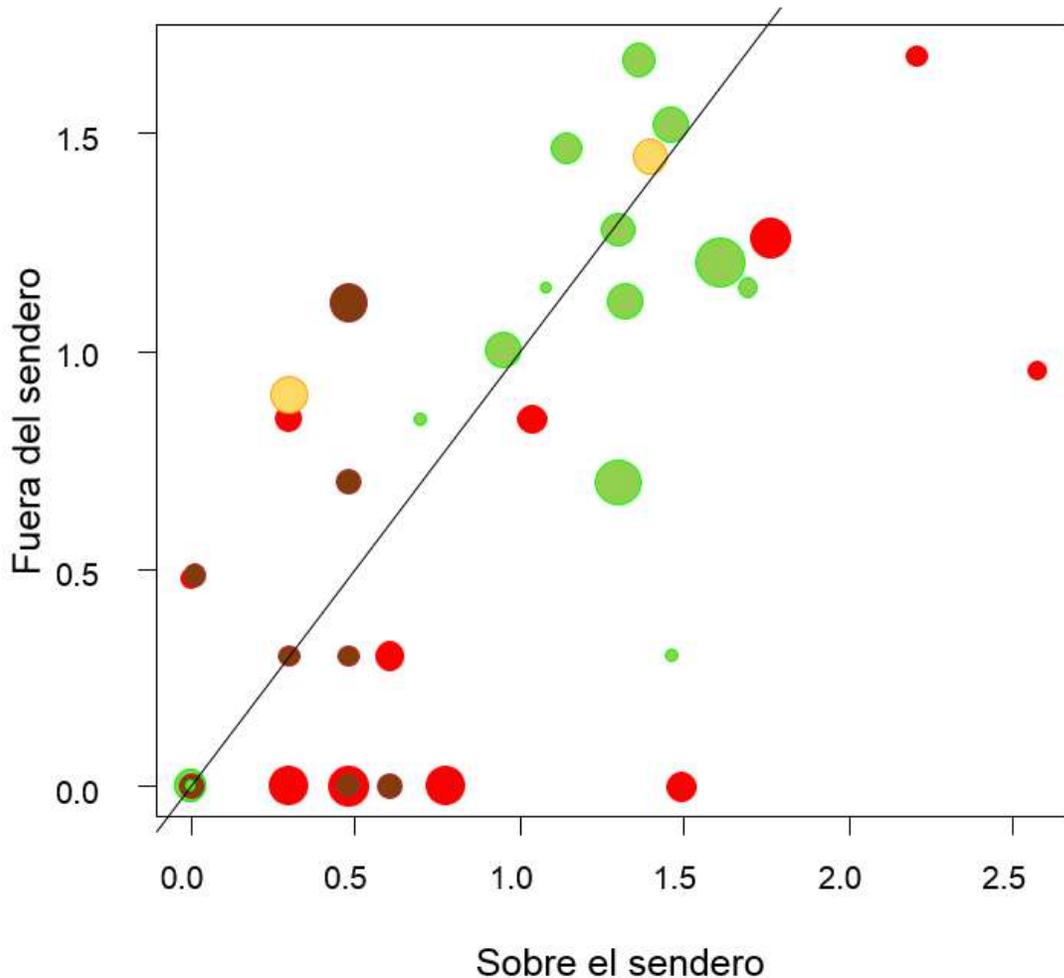


Figura 8. Comparación de la frecuencia de registros de foto-trampeo de mamíferos medianos y grandes sobre y fuera de senderos con los datos de este estudio y los recopilados de la literatura. Gremio: rojo= carnívoro, verde= herbívoro, café= omnívoro y amarillo= insectívoro. El tamaño de las figuras representa el peso de las especies.

8. Discusión

Los resultados de este estudio sirven para confirmar que la colocación de foto-trampas sobre o fuera de senderos afecta la estimación de parámetros poblacionales de mamíferos silvestres de talla mediana y grande. Esto muy probablemente está relacionado con la existencia de diferencias en la ecología de las distintas especies de mamíferos registradas (p.ej., su probabilidad de ser depredadas o su requerimiento de desplazamiento).

En este estudio se registró un mayor número de especies fuera de sendero, lo que contrasta con estudios previos donde no se han encontrado diferencias al comparar el registro de especies sobre y fuera de los senderos (Harsem *et al.* 2010; Blake y Mosquera 2014) o donde se ha obtenido un mayor número de registros de especies sobre el sendero (Di Bitetti *et al.* 2014). En parte estos contrastes pueden deberse a efecto de la metodología aplicada como es el hecho de que en algunos estudios se utilizan tamaños de muestra muy pequeños para hacer las comparaciones del número de registros sobre y fuera de los senderos. Este tamaño de muestra pequeño puede provocar que no se encuentren diferencias en el uso de los senderos (Harmsen *et al.* 2010; Blake and Mosquera 2014). Por otra parte, existen varias posibles causas más relacionadas con la ecología de las especies, que pueden explicar porque la frecuencia de registros de las especies registradas sobre y fuera de los senderos fue contrastante.

Por ejemplo, el puma y el tapir fueron dos especies en las que se encontró una tendencia a utilizar los senderos con mayor frecuencia, lo que concuerda con estudios anteriores (Weckel *et al.* 2006; Harsem *et al.* 2010; Blake y Mosquera 2014; Di Bitetti *et al.* 2014). Asimismo el comportamiento observado del tlacuache (*D.*

marsupialis) de evitar el uso de senderos ha sido documentado previamente (Weckel *et al.* 2006; Harsem *et al.* 2010; Di Bitetti *et al.* 2010). Por otra parte el comportamiento registrado para el venado temazate (*M. temama*) contrasta con el de otras especies del mismo género (*M. americana* y *M. gouazoubira*) en las cuales no se han encontrado diferencias en cuanto al uso de senderos, pero coincide con lo encontrado en *M. nana*. (Weckel *et al.* 2006; Hersem *et al.* 2010; Blake and Mosquera 2014; Di Bitteti *et al.* 2014). La única especie que fue registrada exclusivamente fuera del sendero fue el armadillo de nueve bandas (*D. novemcintus*) lo que coincide con lo reportado en estudios previos (Weckel *et al.* 2006; Harmsen *et al.* 2010). El pecarí (*P. tajacu*) fue una especie notoria por cambiar su preferencia con respecto al uso de los senderos entre temporadas. Este comportamiento puede ser el resultado de algún factor estacional sin embargo, no se ha reportado previamente (Weckel *et al.* 2006; Harsem *et al.* 2010; Blake and Mosquera 2014; Di Bitetti *et al.* 2014).

En este estudio se encontró un mayor número de registros de mamíferos herbívoros (p.ej; venado temazate rojo) en la temporada de lluvias. Esto permitió hacer la descripción de sus patrones de actividad a lo largo de día, lo cual no fue posible en la temporada de secas. Resalta el hecho de que en las comparaciones de los patrones de actividad a lo largo del día con los registros provenientes de las cámaras colocadas sobre o fuera del sendero se hicieron evidentes diferencias notorias. En algunos casos estas diferencias se manifestaron como aumentos de la actividad en porciones del día (crepúsculo) en especies moviéndose a lo largo de los senderos (p.ej; tapir). Por otra parte otras especies presentaron patrones de actividad menos variables (p.ej; venado temazate). Finalmente, hubo algunas

especies (p.ej., puma) cuyos picos de actividad fueron opuestos dependiendo de que si fueron registrados sobre o fuera del sendero. Este tipo de resultados no se había reportado en estudios previos.

En general los estudios indican una preferencia, en mayor o menor grado, por parte de los mamíferos carnívoros para usar los senderos, particularmente en el caso de los felinos (Di Bitetti *et al.* 2014; Cushack *et al.* 2015). En el caso de los mamíferos herbívoros no se mostró una preferencia marcada por utilizar o evitar los senderos. Una excepción, es el caso del tapir en el que si se usa preferencialmente los senderos. Esto se puede deber al hecho que para esta especie puede resultar más sencillo desplazarse a través de los senderos que en áreas de vegetación más densa. En el caso de las especies de menor talla el uso de los senderos puede ser menos útil dado que las puede exponer a un mayor riesgo de depredación (Harmsem *et al.* 2010; Di Bitteti *et al.* 2014; Cusack *et al.* 2015). Por otra parte, es probable que la elección de la especies para usar o no los senderos también esté relacionado con algunos aspectos de la fisiología de las mismas (p.ej., su agudeza visual). De esta manera los patrones de uso de los senderos registrados en este estudio muy probablemente reflejan el efecto conjunto de la ecología de cada especie, las interacciones que establecen con otras especies incluso las características mismas del hábitat (p.ej., sotobosque y dosel cerrado).

9. Conclusión

El estudio de la ecología y de las comunidades de mamíferos silvestres requiere contar con estimaciones confiables de parámetros básicos (p.ej, abundancia, riqueza de especies, diversidad, etc.) el conocimiento de estos parámetros es también un elemento fundamental en el monitoreo de poblaciones y comunidades que es muy necesario para medir el impacto de la perturbación humana. Este estudio proporciona evidencia que muestra que una diferencia relativamente sutil en cómo se colocan las foto-trampas puede generar diferencias notables en los parámetros descritos a partir de esa información. Este hecho resalta la gran necesidad de avanzar en la implementación de protocolos de estudio y monitoreo estandarizados de manera que la información que generen sea más robusta y comparable.

10. Bibliografía

- Ahumada, J. A., Silva, C. E.F., Gajapersad, K, Hallam C, Hurtado, J, Martin, E, McWilliam, A, Mugerwa, O'Brien, T, Rovero, F, Sheil, D, Spironello, W R, Winarni, N. y Andelman J. 2011. Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*. 366: 2703-2711.
- Baillie, J. E., Griffiths, J., Turvey, S. T., Loh, J., y Collen, B. 2010. Evolution lost: status and trends of the world's vertebrates. *Zoological Society of London*. pp: 38-45
- Blake G. J. y Mosquera D. 2014. Camera trapping on and off trails in lowland forest of Eastern Ecuador: Does location matter?. *Mastozoología Neotropical*, 21: 17-26.
- Camargo-Sanabria, A. A., Mendoza, E., Guevara, R., Martínez-Ramos, M., y Dirzo, R. (2015). Experimental defaunation of terrestrial mammalian herbivores alters tropical rainforest understory diversity. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 282: 20142580.
- Cusack, J. J., Dickman, A.J., Rowcliffe, J. M., Carbone., Macdonald, D. W., y Coulson, T. 2015. Random versus Game Trail-Based Camera Trap Placement Strategy for monitoring Terrestrial Mammal Communities. *PLoS one*, 10:e0126373

- Di Bitetti, M. S., Paviolo, A., y De Angelo, C. 2014. Camera trap photographic rates on roads vs. off roads: location does matter. *Mastozoología neotropical*, 21: 37-46.
- Di Bitetti, M. S., Paviolo, A., y De Angelo, C. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology*, 270: 153-163.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., y Collen, B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345: 401-406.
- Espinoza, E.E. Anzures, D.A. y Cruz, A. E. 1998. Mamíferos de la Reserva De La Biosfera El Triunfo, Chiapas. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 3: 79-94.
- Foster, R. J. y Harsem, B. J. 2012. A critique of density estimation from camera-trap data. *The journal of Wildlife Management*. 76: 224-236.
- Foster, V. C., Sarmiento, P., Sollmann, R., Tôrres, N., Jácomo, A. T. A., Negrões, N., Fonseca, C. y Silveira, L. 2013. Jaguar and Puma Activity Patterns and Predator-Prey Interactions in Four Brazilian Biomes. *Biotropica*, 45:373-379.
- Harmsen, B. J., Foster, R. J, Silver, S., Ostro, L. y Doncaster, P.2010. Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera-trap studies: a case study from Belize. *Biotropica* 42:124-133.
- INE/SEMARNAP. 1999. Programa de Manejo de la Reserva de La Biosfera El Triunfo, México.INE-SEMARNAP. México D.F.107 pp.

- Jones, C. G., Lawton, J. H., y Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373-386.
- Linkie, M., y Ridout, M. S. 2011. Assessing tiger-prey interactions in Sumatran rainforests. *Journal of Zoology*, 284: 224-229.
- Lira, T.I., Piñera, N. E., D. M., Güiris, A. D. M, y Cruz, A. E. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (perossodactyla: tapiridae) en la Reserva de la Biosfera El triunfo (polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20:1-21.
- Lira-Torres, I., Briones-Salas, M., y Sánchez-Rojas, G. (2014). Abundancia relativa, estructura poblacional, preferencia de hábitat y patrones de actividad del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae), en la Selva de Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Rev. Biol. Trop*, 62: 1407-1419.
- Lyra-Jorge, M. C., Ciocheti, G., Pivello, V. R., y Meirelles, S. T. 2008. Comparing methods for sampling large and medium sized mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research*, 54: 739-744.
- Meek, P. D., Ballard, G., Claridge, A., Kays, R., Moseby, K., O'Brien, T. y Townsend, S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and conservation*, 23: 2321-2343.
- O'Connell, A. F., Nichols, J. D., y Karanth, U. K. 2011. *Camera Traps in Animal Ecology, Methods and Analyses*. Springer. Pp: 1
- Reichman, O. J., y Seabloom, E. W. 2002. The role of pocket gophers as subterranean ecosystem engineers. *Trends in Ecology & Evolution*, 17: 44-49.

- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D. y Meek, P. (2013). "Which camera trap type and how many do I need?" A review of camera features a study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*. 24: 148-156.
- Sollmann, R., Mohamed, A., Samejima, H. y Wilting, A. 2013. Risky business or simple solution-Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological conservation* 159: 405-412.
- Silveira, L., JácomoAnah, T.A, Diniz y Filho, J., Alexandre, F. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351-355.
- Tobler, M., Carrillo-P. S., Leite, P.R, Mares, R y Poell, R. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large and medium sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11:169-178.
- Trolliet, F., Huynen M. C., Vermeulen, C. y Hammbuckers, A. 2014. Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18: 446-454.
- Weckel, M., Giuliano, W. y Silver, S. 2006. Jaguar (*Phantera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of zoology*. 270: 25-30.
- Luo, Z. X. (2007). Transformation and diversification in early mammal evolution. *Nature*, 450:1011-1019.

Yoccoz, N. G., Nichols, J. D. y Boulinier, T. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in ecology & Evolution*,16: 446-443.