

**Efecto de barreras artificiales y presencia humana sobre los patrones de actividad y abundancia relativa de mamíferos terrestres en la Estación Ecológica “Las Guartinajas”, Córdoba, Colombia.**

Effect of artificial barriers and human presence on activity patterns and relative abundance of terrestrial mammals at “Las Guartinajas” Ecological Station, Córdoba, Colombia.

**Natalia Margarita Pinedo Cano\***, Jesús Ballesteros Correa & Julio Chacón Pacheco

Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas. Grupo de Investigación Biodiversidad Unicórdoba, Colombia. \*e-mail: nataliapinedoc@gmail.com

### Resumen

Los mamíferos terrestres ocupan grandes áreas para su desplazamiento, alimentación o reproducción. Estos eventos se han visto alterados por la intervención del hombre dentro de su hábitat natural, trayendo como consecuencias la disminución de sus poblaciones y modificaciones en sus actividades diarias. Las barreras artificiales como las cercas son una práctica humana de uso común, estas barreras pueden afectar el uso de las áreas adyacentes e inmediatas por parte de la vida silvestre, contribuyen a la fragmentación del hábitat e influyen en la distribución y comportamiento de las especies, sin embargo, el impacto que genera como gestión para la conservación es poco conocido. Mediante la técnica de fototrampeo se evaluó el efecto de las mallas de cerramiento presentes en la Estación Ecológica Las Guartinajas en el municipio de Tierralta, Córdoba-Colombia, sobre los patrones de actividad y abundancia relativa de mamíferos terrestres, y se estudió el efecto de la actividad humana. Con un esfuerzo de muestreo de más de 1000 días/cámara se registraron 10 especies de mamíferos terrestres pertenecientes a seis órdenes y 10 familias. La mayor diversidad y abundancia relativa se registró al interior de la Estación. Se identificaron cuatro especies nocturnas, una catemeral y una principalmente diurna; y las actividades humanas exponen un patrón de actividad mayormente diurno. Estos resultados no permiten establecer tendencias claras de cambios en los patrones de actividad de las especies como resultado de la presencia de las mallas de cerramiento; pero sí una aproximación al estado de las especies y la percepción que estas tienen sobre las cercas, con base en sus abundancias. Este trabajo genera información acerca del efecto de la intervención humana sobre la fauna silvestre, indagando acerca de los impactos generados por las barreras artificiales en el comportamiento de las especies.

**Palabras clave:** Abundancia relativa, barreras artificiales, mamíferos, patrones de actividad, superposición.

## Abstract

Land mammals occupy large areas for movement, feeding or reproduction. These events have been altered by the intervention of man within their natural habitat, resulting in the decline of their populations and changes in their daily activities. Artificial barriers such as fences are a common human use practice, these barriers can affect the use of adjacent and immediate areas by wildlife, contribute to habitat fragmentation and influence the distribution and behavior of species, however, the impact it generates as conservation management is little known. Using the camera trapping technique, the effect of the enclosing meshes present in the “Las Guartinajas” Ecological Station in the municipality of Tierralta, Córdoba-Colombia, on the activity patterns and relative abundance of terrestrial mammals, and human activity was also studied. With a test effort of more than 1000 days/camera, 10 species of terrestrial mammals belonging to six orders and 10 families were recorded. The greatest diversity and relative abundance were recorded inside the Station, four nocturnal species were identified, one catemeral and one mainly diurnal; human activities exhibit a pattern of activity that is mostly diurnal. These results do not allow establishing clear trends of changes in the activity patterns of species as result of the presence of the enclosing meshes; but it does provide an approximation to the state of the species and the perception they have of the fences, based on their abundances. This work generates information about the effect of human intervention on wildlife by inquiring about the impacts generated by artificial barriers on the behavior of species.

**Key words:** Activity patterns, artificial barriers, mammals, overlap, relative abundance.

---

## INTRODUCCIÓN

Los cambios en la estructura del paisaje debido al aumento exponencial de las poblaciones humanas y sus actividades en los últimos años, se considera la principal causa de la pérdida y fragmentación de numerosos hábitats naturales (Gurrutxaga-San Vicente & Lozano Valencia, 2008; Vallecillo Rodríguez, 2009). Estos procesos de fragmentación modifican la estructura del paisaje, alteran la integridad de ciertos procesos ecológicos y han hecho que las condiciones ambientales se vean modificadas (Garmendia et al., 2013; Lira-Torres et al., 2014) provocando disminuciones en poblacionales de especies, y alterando los patrones de comportamiento para aquellos grupos de especies poco tolerantes a las transformaciones ecosistémicas (Rodríguez Rojas, 2005). Cualquier barrera física artificial contribuye a la fragmentación del hábitat, influyendo en la distribución de las especies y su comportamiento (Cozzi et al., 2013). Con frecuencia, estas barreras limitan la conectividad entre parches de hábitat e intensifica o

reduce las interacciones entre especies restringidas dentro de los parches, progresivamente más pequeños y aislados (McDonald & St. Clair, 2004).

Las cercas o mallas de cerramiento son barreras artificiales, que se definen como una característica lineal física con componentes de soporte de carga vertical (postes) y estructuras no continuas (tablas, alambres, rieles, redes) que abarcan estos componentes verticales (McInturff et al., 2020). A diferencia de otros tipos de infraestructura lineal (carreteras, líneas eléctricas, ferroviarias, muros), no existe una síntesis de investigación formal sobre las cercas (Jakes et al., 2018). El cercado es una práctica común a nivel global y su influencia en la vida silvestre, los ecosistemas y actividades socioeconómicas es de gran alcance, pues su construcción es mucho más rápido, y se puede extender por incontables kilómetros de tierra, erigidas a diferentes escalas para propósitos muy variados (Linnell et al., 2016), lo que hace notable la ausencia de estudios sistemáticos de sus efectos ecológicos. Así mismo, el establecimiento del cercado en áreas protegidas para aislar la biodiversidad de las actividades humanas es un método que toma auge en la actualidad (D. Smith et al., 2020), pero a su vez, es un reconocimiento de que no estamos logrando coexistir con éxito (Hayward & Kerley, 2009).

Dado que la conservación de la biodiversidad es uno de los grandes retos a los que se enfrenta la sociedad actualmente, en la última década ha surgido un llamado a investigar los impactos ecológicos sobre la vida silvestre creados por las cercas (Vanak et al., 2010). En estudios recientes se ha trazado una línea base sobre los peligrosos colapsos sociales y ecológicos que pueden surgir por su implementación (Hayward & Kerley, 2009). La mayoría de las investigaciones sobre las interacciones entre la vida silvestre y las cercas se han concentrado en Estados Unidos, Australia, Sudáfrica, China y Botswana, donde cada país tiene un tipo de cerca focal claramente dominante dentro de su cuerpo de investigación (McInturff et al., 2020), y están documentadas a escalas espaciales locales, dando a conocer que las cercas no solo generan un efecto a nivel de especie, sino que también afectan las interacciones de la comunidad (Kopler & Malkinson, 2018; Massey et al., 2014; Moseby et al., 2020). En los trópicos, especialmente en América del Sur, donde se encuentra gran parte de la biodiversidad del mundo, y donde se presenta la mayor variación en los tipos de usos de la tierra típicamente acompañados de cercas, son escasas las investigaciones en relación con esta práctica (McInturff et al., 2020).

Uno de los componentes de la biodiversidad que puede ser afectado por el cercado en áreas protegidas son los mamíferos terrestres, debido a que ocupan grandes áreas para su desplazamiento, en búsqueda de recursos y reproducción (Almeida Estrella, 2019; Pirie et al., 2017). El hábitat natural de muchas especies de este grupo se ha reducido y fragmentando, obligando a las especies a modificar su actividad, uso de recursos y estructura social (Pardo et

al., 2018). Además de los impactos directos, la transformación de hábitat genera que las especies sean susceptibles a la extracción ilegal, atropellamientos y muertes asociadas al conflicto humano (Mosquera-Guerra et al., 2019).

Los mamíferos terrestres registrados para el departamento de Córdoba, representan una alta diversidad de taxones (Chacón-Pacheco et al., 2022; Racero-Casarrubia et al., 2015), que son importantes para el mantenimiento de las condiciones del hábitat y los ecosistemas, pues conservan la dinámica y flujo de energía de los mismos, mediante servicios ecológicos vitales (Ballesteros-Correa & Linares, 2015). A pesar de esto y de la existencia de áreas naturales protegidas, como lo es el Parque Nacional Natural Paramillo (PNNP), muchas de las especies de mamíferos se han visto fuertemente afectadas en los últimos años debido a la destrucción y modificación de sus hábitats, producto de actividades humanas como: minería, obras de infraestructura de alto impacto (hidroeléctricas), el conflicto armado, la cacería sin control, actividades turísticas no sostenibles y cultivos ilícitos (Observatorio de Conflictos Ambientales, 2017; Pérez-Torres et al., 2016; Racero-Casarrubia & González-Maya, 2014).

La capacidad de las especies para adaptarse a las actividades humanas determinará sus posibilidades de supervivencia frente al cambio de hábitat antropogénico (Sih et al., 2011). Por lo general, las respuestas a la alteración del hábitat se analizan a través de métricas como la diversidad taxonómica de especies y la abundancia de animales (Rovero et al., 2014) junto con estimaciones más recientes de ocupación (Bonilla-Sánchez et al., 2020; Moura et al., 2022). Sin embargo, características morfológicas, fisiológicas o fenológicas como lo son los rasgos funcionales, que aparte de determinar la variedad de roles que cumplen las especies en un ecosistema, también permite evaluar la respuesta de las especies a diversas afectaciones antrópicas y naturales (Vásconez Echeverría, 2020). Dentro de la variedad de estos rasgos, se destaca el análisis del nicho temporal o patrones de actividad, que determinan la proporción de tiempo en la que cada especie se encuentran realizando sus actividades ecológicas (Rowcliffe et al., 2014).

A medida que las cercas se usan cada vez más, y se utilizan como una herramienta de conservación, se ha vuelto imperativo revisar sus usos para obtener un mayor conocimiento ecológico y sociológico sobre los efectos de su implementación, así como para identificar posibles fallas y riesgos que las cercas pueden ocasionar (Hayward & Kerley, 2009). El estudio de estos efectos, permitirá comprender mejor los mecanismos de conectividad, y con esto poder reestablecer o aumentar el flujo entre las poblaciones de especies útil como estrategia de conservación (Rubiano Pérez, 2019). Además, comprender la influencia del uso de barreras físicas nos ayuda a percibir la capacidad de persistencia de las especies en entornos dominados por humanos e indagar en la ecología de las especies, promoviendo información para la planificación del manejo ambiental y aumentar el conocimiento local de los taxones (Martinez-Medina et al., 2018; Steinbeiser et al., 2019).

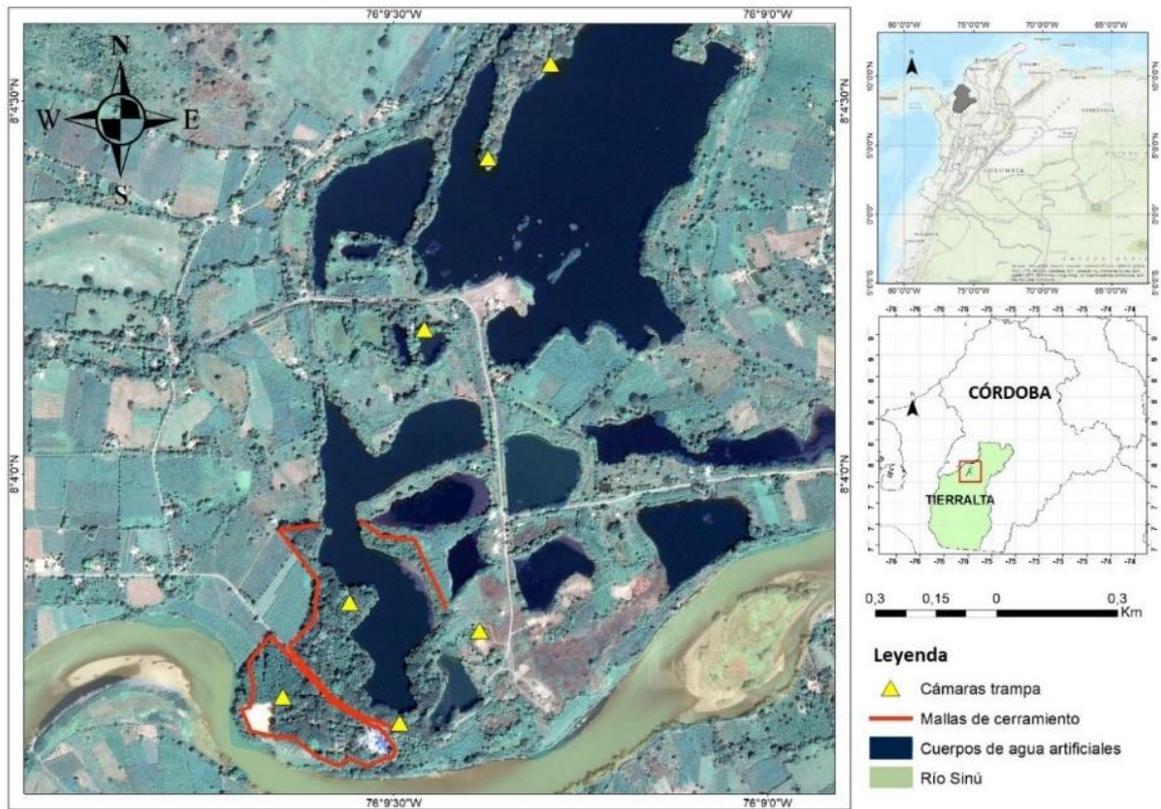
Este estudio evalúa el efecto de barreras artificiales y la presencia humana sobre los patrones de actividad y abundancia relativa de mamíferos terrestres asociados a la Estación Ecológica “Las Guartinajas” en el municipio de Tierralta, Córdoba-Colombia; y se espera contribuir a la planeación del manejo y conservación de especies silvestres asociadas a la Estación y aportar bases a la naciente ecología de cercas, con el fin de gestionar y mitigar una de las alteraciones más generalizadas de nuestro planeta por parte de la humanidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Ecológica “Las Guartinajas” localizada en el corregimiento de Pasacaballos, municipio de Tierralta, Córdoba-Colombia (Figura 1), en una extensión de 17 Has. El lugar pertenece a una zona de bosque húmedo tropical (bh-T), caracterizado por ser un área de restauración luego de la construcción del actual embalse de la Hidroeléctrica URRÁ, y que presenta un equipamiento de mallas que encierran parcialmente la Estación que está asociada a sistemas agropecuarios extensivos y lagos artificiales. La vegetación se encuentra organizada en diversos estratos, presentando plantas en los niveles herbáceos, arbustivos, dosel y emergente (Fundación Biozoo, 2007).

La Estación es zona de recarga hídrica de la cuenca alta del río Sinú, que cuenta con mallas de cerramiento, senderos, sistema de riego, vallas, un lago artificial, clínica veterinaria, serpentario, bioterio, un vivero en construcción, zona administrativa (oficinas, auditorios, hospedaje), zona de conservación de flora (Arboreto, banco de semillas), zona de conservación de fauna y una zona de uso sostenible, donde se llevan a cabo proyectos en los que se aprovechan los subproductos del bosque. El hábitat de fauna acoge a una diversidad faunística como guartinajas (*Cuniculus paca*), chigüiros (*Hydrochoerus isthmius*), ñeques (*Dasyprocta punctata*), zainos (*Dicotyles tajacu*), primates y otras especies que son rehabilitadas y mantenidas en excelentes condiciones, animales que antes de ser devueltos al medio natural sirven a propósitos de educación ambiental.



**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo en el departamento de Córdoba, Colombia.

## Métodos.

Las mallas de contención encierran parcialmente el área de la Estación cubriendo 3,05 km de longitud con una altura de 2,50 m., esta delimitación y el patrón heterogéneo de cobertura definieron el **diseño de muestreo** (Figura 1). Durante el periodo de agosto 2021 y febrero 2022, se instalaron siete cámaras-trampa marca Bushnell Trophy Cam tres al interior de la Estación y cuatro en el exterior del cerramiento, a una distancia promedio de 300 m en puntos con cobertura boscosa. Aunque no supera la distancia mínima recomendada entre sitios para inventarios de mamíferos terrestres (Díaz-Pulido & Payán Garrido, 2012), este protocolo se utilizó basado en el estudio de Pardo et al. (2018, 2021), apoyando la sugerencia de que esta distancia entre sitios corresponde al diámetro promedio de las áreas de distribución de las especies de mamíferos comunes que se encuentran en el área de estudio, donde seguimos la naturaleza lineal del tipo de vegetación, y por supuesto, la malla del cerramiento de la Estación. Las cámaras fueron georreferenciadas con un GPS marca Garmin® y se fijaron a arboles a una altura de 30-40 cm del nivel del suelo. Estuvieron en funcionamiento las 24 horas del día, configuradas para registrar tres fotos con un intervalo de 1 segundo entre fotos.

## Análisis de información.

Para determinar el esfuerzo total de muestreo, definido en días/cámara, se multiplicó el número total de cámaras trampa empleadas por el total de días de muestreo (Lira-Torres & Briones-Salas, 2012). Para evaluar la representatividad y completitud del muestreo se realizaron curvas de rarefacción/extrapolación con respecto al tamaño de la muestra, extrapolando al doble del número de individuos con intervalos de confianza de 95% para comparar la riqueza observada y estimada entre los sitios (Mandujano & Pérez-Solano, 2019). Estos análisis se realizaron mediante el paquete *iNEXT* del programa R (Hsieh et al., 2016, 2020).

Para estimar **los patrones de actividad** diaria de los mamíferos terrestres, se incluyeron aquellas especies con más de 11 registros fotográficos independientes, el cual ha sido considerado como el número mínimo para describir los patrones (Maffei et al., 2002; Monroy-Vilchis et al., 2009). Un registro independiente considera: (1) fotografías consecutivas de diferentes individuos; (2) fotografías consecutivas de individuos de la misma especie tomadas con más de 1 hora de diferencia; y (3) fotos no consecutivas de individuos de la misma especie (Monroy-Vilchis et al., 2011; O'Brien et al., 2003). Se usó el mismo marco para evaluar la influencia de la actividad humana dentro y fuera de la Estación. Se definió la actividad humana como cualquier actividad en la que se registran humanos en las cámaras.

Las especies fueron clasificadas en cuatro categorías: (a) diurnos para aquellas especies que presenten una actividad entre 08:00-18:00 horas; (b) nocturnos para aquellas que presenten una actividad entre 20:00-06:00 horas; (c) crepusculares, que puede ser matutino entre 06:00-08:00 horas o vespertino entre las 18:00-20:00 horas (Maffei et al., 2002; Monroy-Vilchis et al., 2011); y (d) catemerales, donde la actividad de las especies este distribuida a lo largo de todo el período de las 24 horas (Cortés-Marcial & Briones-Salas, 2014; Lira-Torres & Briones-Salas, 2012). Estos análisis se ejecutaron mediante el paquete *Overlap* del programa R (Meredith & Ridout, 2020).

Para determinar la diferencia en los patrones de actividad de las especies al interior y exterior de la Estación, se siguió el método propuesto por Ridout & Linkie (2009). En este método, los períodos de actividad de las especies se estiman utilizando la función de densidad de probabilidad circular de Kernel, y las similitudes entre dos patrones de actividad (p.ej., entre diferentes hábitats o entre especies) y se cuantifican mediante el coeficiente de superposición ( $\Delta$  o  $D_{hat}$ ). Este coeficiente varía de 0 (es decir, no se superponen), cuando dos patrones de actividades son diferentes o se segregan entre sí, hasta 1 si son completamente similares (es decir, se superponen por completo). Se determinó el índice de sobreposición a aquellas especies que contaban con registros suficientes (>11 registros independientes). Estos análisis se ejecutaron mediante funciones del paquete *CamtrapR* del programa R (Niedballa et al.,

2022), el cual traza estimaciones de densidad Kernel y calcula el coeficiente de superposición  $\Delta_1$  o  $Dhat_1$  sugerido para muestras con menos de 50 registros (Meredith & Ridout, 2021).

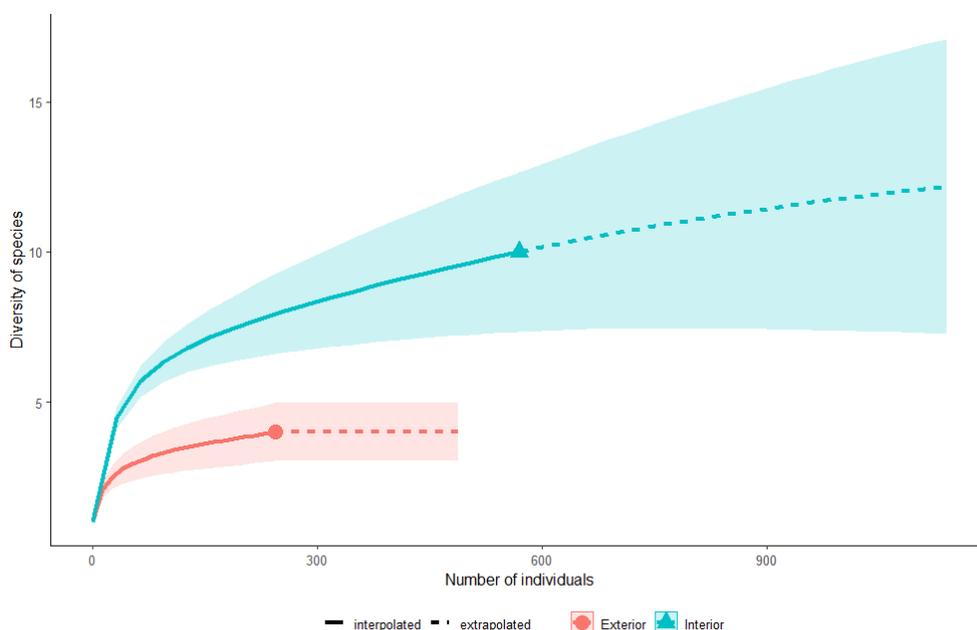
La **abundancia relativa de las especies** se determinó a través del paquete *RAI* del programa R (Johnson & Stine, 2019), el cual emplea un modelo clásico y uno alternativo, este último utiliza el número total de registros fotográficos independientes con relación al esfuerzo de muestreo y un factor de corrección estándar, comparando la misma especie en los diferentes sitios de muestreo (Mandujano & Pérez-Solano, 2019). Se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de las abundancias relativas al interior y exterior de la Estación, y posteriormente se aplicó una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para determinar diferencias estadísticas significativas entre los sitios.

## RESULTADOS

Con un esfuerzo de muestreo de 1316 días/cámaras-trampa se registraron 814 fotografías independientes de 10 especies de mamíferos terrestres que se incluyen en seis órdenes y 10 familias. 570 de los registros se dieron al interior de la Estación, y 244 se registraron en el exterior (Tabla 1). Hubo un registro de 14 fotografías independientes de actividad humana, cuatro al interior de la Estación y 10 al exterior.

Las **curvas de acumulación** indican una diferencia significativa en la riqueza de especies entre las dos áreas, siendo mayor al interior de la Estación, con seis especies. La completitud de muestreo fue del 99% en ambos casos, lo cual indica un muestreo representativo. En el análisis de las curvas de rarefacción por sitio, se destaca una tendencia asintótica en la curva de acumulación de especies para el exterior de la Estación, mientras que la curva del interior de la Estación sugiere que podría haber más especies en el área estudiada. Los intervalos de confianza asociados de estas curvas no se superponen, lo que indica que la diversidad entre los sitios fue significativamente diferente (Figura 2).

**Patrones de actividad.** De las 10 especies de mamíferos identificadas, sólo seis registradas de forma independiente (Figura 3) fueron utilizados para estimar de manera confiable sus patrones de actividad. Se identificaron cuatro especies nocturnas (*Proechimys* sp, *Didelphis marsupialis*, *Sylvilagus* sp, *Dasyprocta punctata*), una catemeral (*Procyon cancrivorus*), y una principalmente diurna (*Sciurus granatensis*). *Proechimys* sp solo se registró al interior de la Estación activa durante toda la noche con picos de actividad antes del amanecer. *Didelphis marsupialis* presentó una concentración de la actividad entre las 18:00 h y las 06:00 h. *Sylvilagus* sp mostró tres picos de actividad, con actividad importante entre 18:00 –20:00 h con tendencia estar inactivo a medianoche. *Dasyprocta punctata* al igual que *Proechimys* sp solo se registró al interior de la Estación, presentando dos picos de actividad, uno alrededor de las 19:00 h y el otro entre 02:00 h – 05:00 h.

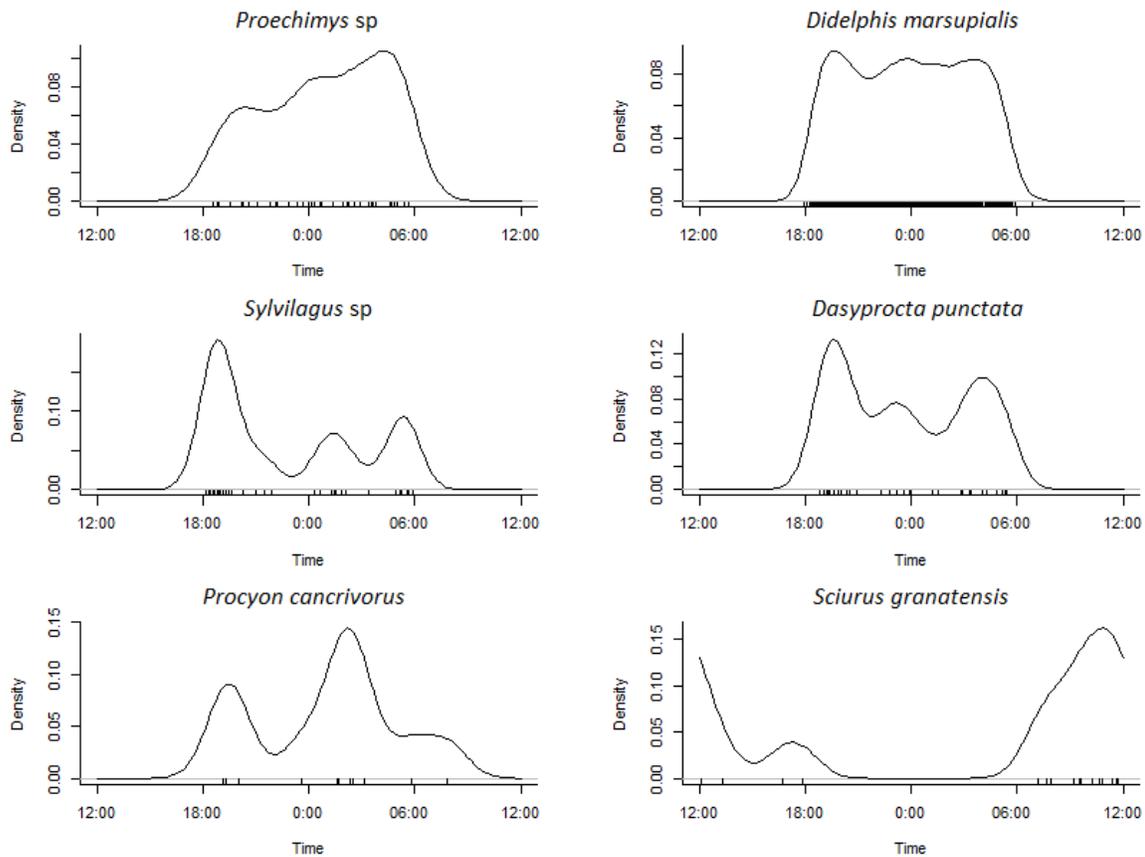


**Figura 2.** Curva de rarefacción-extrapolación basado en el tamaño de la muestra para la riqueza de especies de mamíferos terrestres. Las líneas continuas representan curvas de rarefacción con valores de riqueza observados, y las líneas discontinuas representan la extrapolación. Las áreas sombreadas representan el intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 1.** Especies de mamíferos terrestres registradas en la Estación Ecológica “Las Guartinajas”. Se presenta el número de registros independientes para cada especie al interior y exterior de la estación. Se adiciona el índice de abundancia relativa (RAI) para todo el estudio, al interior y exterior de la Estación.

Orden	Especie	Nombre común	No. registros independientes		RAI	RAI interior	RAI exterior
			Interior	Exterior			
Carnivora	<i>Procyon cancrivorus</i>	Mapache	6	5	0.84	1.06	0.66
	<i>Cerdocyon thous</i>	Perro de monte	1	-	0.08	0.18	-
	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Yaguarundi	1	-	0.08	0.18	-
Cingulata	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo	2	-	0.15	0.35	-
Didelphimorphia	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zarigüeya común	456	215	50.99	80.85	28.59
Lagomorpha	<i>Sylvilagus sp</i>	Conejo	14	23	2.81	2.48	3.06
Pilosa	<i>Tamandua mexicana</i>	Tamandua	1	-	0.08	0.18	-
Rodentia	<i>Proechimys sp</i>	Rata espinosa	42	-	3.19	7.45	-
	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla cola roja	15	1	1.22	2.66	0.13
	<i>Dasyprocta punctata</i>	Ñeque	32	-	2.43	5.67	-
TOTAL	10		570	244			

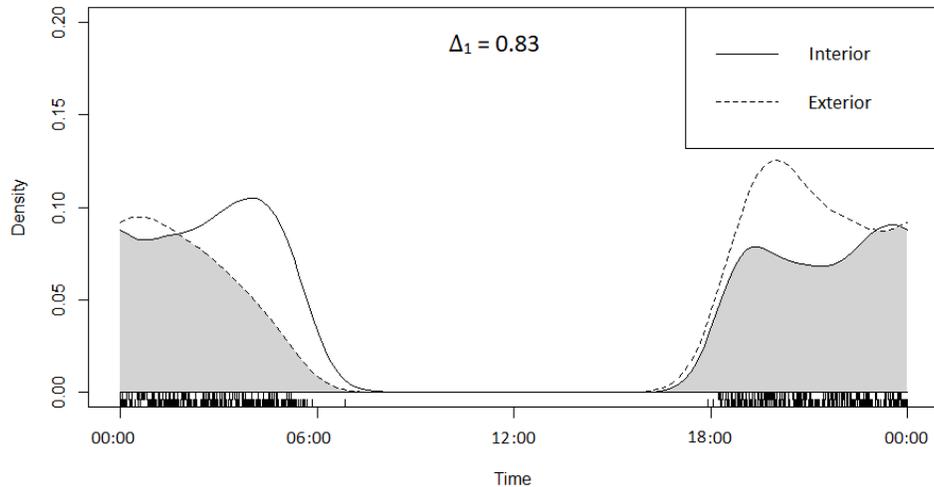
Por su parte, *P. cancrivorus* presenta una actividad principalmente nocturna con picos de actividad entre 19:00-20:00 horas, y de las 02:00-03:00 horas; pero también registró actividad durante el crepúsculo y el día. Mientras que para *S. granatensis*, la actividad se registró a lo largo del día iniciando sus actividades alrededor de las 07:00 horas, con un mayor pico de actividad cerca al mediodía, y un ligero aumento de la densidad a las 17:00 horas. Se registró que las actividades humanas exponen un patrón de actividad mayormente diurno, con picos alrededor de las 11:00 horas encontrándose en bajas densidades en el crepúsculo vespertino.



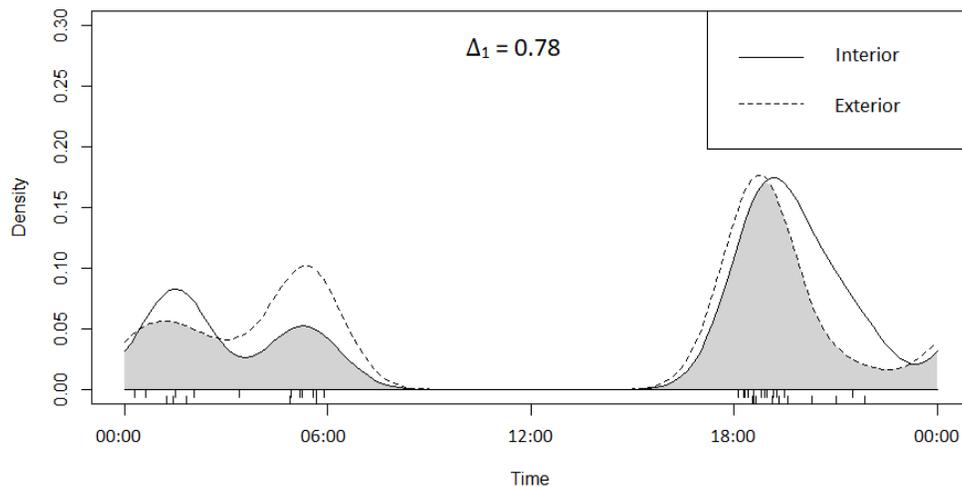
**Figura 3.** Estimaciones de patrones de actividad de seis especies de mamíferos terrestres registradas en la Estación Ecológica “Las Guartinajas”.

Se estimó la superposición de los patrones de actividad entre el interior y el exterior de la Estación para dos especies; y se encontró que *D. marsupialis* mantiene un patrón de actividad nocturno en ambos hábitats con una superposición de  $\Delta_1 = 0.83$ . Al interior de la Estación *D. marsupialis* mostró un pico alrededor de las 04:00 h, prefiriendo estar activo al amanecer; mientras que, al exterior su pico de actividad se centra aproximadamente a las 19:00 h después del anochecer (Figura 4). Por su parte, *Sylvilagus* sp, mostró una superposición de

actividades de  $\Delta_1 = 0.78$ , observándose picos de actividad entre las 18:00 y 19:00 h, y entre las 00:00 y las 06:00 h (Figura 5) en ambos hábitats.



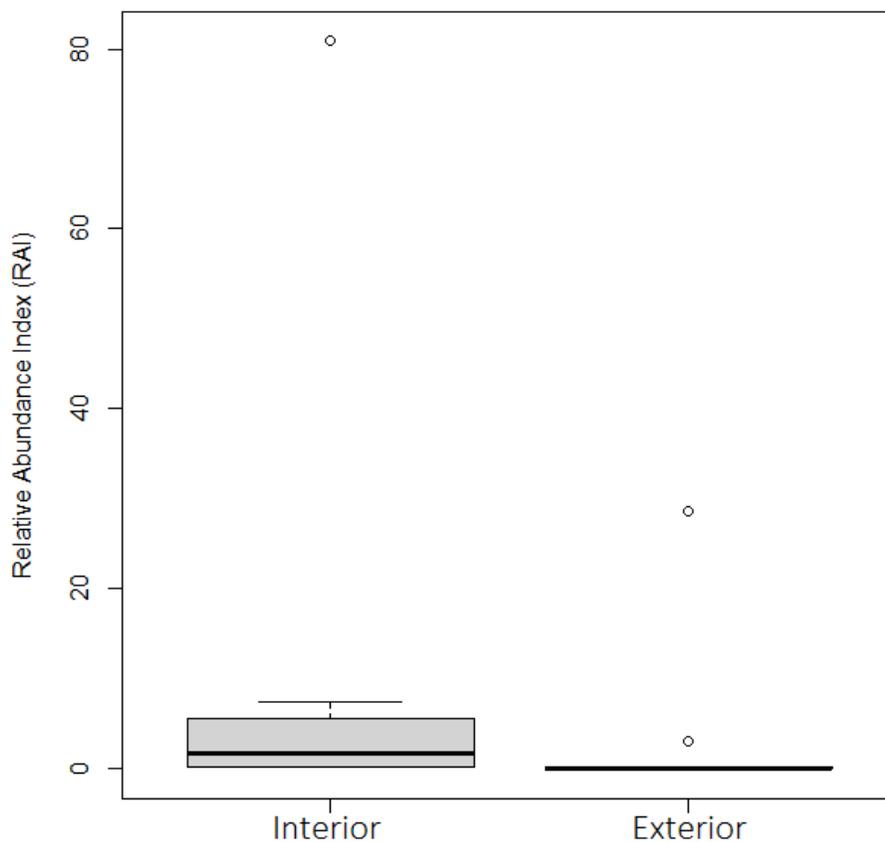
**Figura 4.** Análisis de superposición de patrones de actividad de *Didelphis marsupialis* al interior y exterior de la Estación Ecológica “Las Guartinajas”. Se presenta el coeficiente de superposición Dhat1 ( $\Delta_1$  sugerido para muestras con menos de 50 registros). La región sombreada indica la superposición de actividad de la especie entre ambos sitios.



**Figura 5.** Análisis de superposición de patrones de actividad de *Sylvilagus* sp al interior y exterior de la Estación Ecológica “Las Guartinajas”. Se presenta el coeficiente de superposición Dhat1 ( $\Delta_1$  sugerido para muestras con menos de 50 registros). La región sombreada denota la superposición de actividad de la especie entre los dos sitios, según la densidad del Kernel varía de 0 a 1, siendo 1 completamente superpuesto.

Las especies que presentaron los mayores valores de **abundancia relativa** (RAI) en todo el estudio, y al interior de la Estación fueron *D. marsupialis*, *Proechimys* sp y *D. punctata* (Tabla 1), mientras que *Dasypus novemcinctus*, *Cerdocyon thous*, *Herpailurus yagouaroundi* y *Tamandua mexicana* fueron las especies menos abundantes. Sin embargo, al exterior de la Estación no hubo registro de estas tres últimas y *Proechimys* sp.

En relación con los valores de abundancia relativa, hubo diferencias estadísticamente significativas  $U= 80$ ,  $p\text{-value} = 0.023$  (IC 95% = 0.177 - 5.673) entre las abundancias relativas de los mamíferos registrados entre los dos sitios evaluados, lo que indica que presentan distintas abundancias, con preferencia hacia el interior de la Estación (Figura 7).



**Figura 7.** Comparación de los promedios de los índices de abundancia relativa de especies de mamíferos terrestres registradas al interior y exterior de la Estación Ecológica las Guartinajas. El ancho de la caja representa la distancia entre el primer y el tercer cuartil, la línea interior la mediana y la barra vertical los valores máximos de la varianza. Los puntos por fuera de la caja corresponden a posibles valores atípicos.

## DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta el esfuerzo de muestreo, se considera que la riqueza de especies fue baja, representando solo un 7% de la riqueza de especies de mamíferos registrada para el departamento de Córdoba (Chacón-Pacheco et al., 2022), y cerca del 2% para Colombia (Ramírez-Chaves et al., 2021). En general, los registros de captura de especies individuales fueron bajos, especialmente al exterior de la Estación, lo que limitó la comparación entre los dos sitios, y entre la actividad humana, que también presentó registros insuficientes para un análisis más confiable. Rodentia y Carnivora presentaron la mayor riqueza con tres especies cada uno, éste último representado por mesodepredadores (*P. cancrivorus*, *C. thous* y *H. yagouaroundi*); sin embargo, fueron registros raros y no se logró registros independientes suficientes (>11). Los resultados indican que la riqueza y la composición se reducen significativamente al exterior de la Estación en comparación con el interior, a pesar de esto, este estudio permite acercarse a comprender el efecto del cercado sobre el comportamiento y abundancia de especies de mamíferos terrestres, contribuyendo al conocimiento sobre la ecología de cercas y trazar esfuerzos futuros en conservación acordes con la dinámica de las especies.

Se han propuesto e implementado varios modelos de conservación acompañados de cercas para facilitar la coexistencia entre la vida silvestre y el ser humano en medio de un mosaico de usos de la tierra y actividades humanas (Carter et al., 2012), es el caso de la Estación Ecológica “Las Guartinajas”, lugar con espacios potenciales para el ecoturismo y escenario para la conservación e investigación de la fauna y flora de la región en el marco del desarrollo y uso sostenible del bosque húmedo tropical del Alto Sinú (Dueñas Gómez, 2023). Si bien las cercas pueden generar beneficios de conservación para la biodiversidad, también pueden convertirse en amenazas. En última instancia, el efecto de una cerca en una especie estará determinado por factores extrínsecos, como las características de la cerca, el entorno circundante y la perturbación humana (Wilkinson et al., 2021), y factores intrínsecos como características físicas y de comportamiento de la especie en cuestión que puede presentar plasticidad conductual, patrones de actividad, y patrones de movimiento (Pirie et al., 2017).

Se ha documentado que algunas especies de mamíferos pueden tener la capacidad de modificar sus patrones de actividad al presentarse un obstáculo en su entorno (Sánchez-Prieto et al., 2010), que se convierte en un limitante para el acceso a recursos esenciales y hábitats adecuados (McInturff et al., 2020). No podemos relacionar estas bases con los registros de este trabajo, dado a que las especies para las cuales hubo suficientes datos para evaluar la superposición entre sitios no mostraron evidencia que sugiriera modificación de los patrones de actividad por la presencia de las mallas de cerramiento; y más aún, porque la mayoría de las especies presentaron patrones de actividad nocturno. Sin embargo, encontramos

evidencia de que *Dasyprocta punctata*, que solo se registró al interior de la Estación, tiende a modificar sus patrones de actividad, probablemente para evitar las actividades humanas al estar activo en horario nocturno; contrario a lo que se ha reportado en gran parte de Colombia donde suele tener hábitos predominantemente diurnos (Alcalde-Trejos, 2021; Caceres-Martínez et al., 2016; Torres & Rojas, 2021).

La presencia humana como parte del ecoturismo de la Estación, puede tener un impacto en el comportamiento y la actividad de las especies. Está documentado que los animales ajustan su comportamiento cuando perciben la presencia humana directa como una amenaza, incluso en respuesta a actividades benignas como caminatas o paseos, desencadenando efectos de miedo que pueden afectar a especies del más alto nivel trófico (Wilson et al., 2020). Esta tendencia a aumentar la actividad nocturna ha sido identificada en otros mamíferos en Colombia (Pardo et al., 2021; Ballesteros & Jorgenson, 2009) y en respuesta al ecoturismo en otros lugares de Suramérica (Ouboter et al., 2021).

Por otro lado, la abundancia relativa frente a los mecanismos de comportamiento eventualmente explicaría mejor el efecto del mallado y la presencia humana sobre los mamíferos terrestres ya que varía entre las especies, posiblemente en relación con los rasgos funcionales. Por ejemplo, los paisajes antropogénicos favorecen taxones más pequeños (Peles et al., 1999), por lo tanto, el aumento de la coexistencia de pares que contienen dichos taxones puede deberse a la amplificación de la abundancia. Esto se observa al analizar el índice de abundancia relativa de *Proechimys* sp, que aunque solo se registró al interior de la Estación, fue una de las especies más abundantes, siendo de gran relevancia su presencia teniendo en cuenta que estos roedores son prescindibles en paisajes transformados, por las diferentes funciones ecológicas que cumplen como control biológico de plagas y dispersores de semillas, que ayuda a la regeneración natural del bosque (Romero Oviedo, 2020), además de ser presa principal de *Leopardus pardalis* (Díaz-Pulido & Payán Garrido, 2011; Parodi, 2015).

Es particularmente probable que los carnívoros muestren cambios de comportamiento motivados más por el miedo a la presencia humana, que a las mallas de cerramiento. En este caso, las especies menos abundantes corresponden en su mayoría a mesocarnívoros (*P. cancrivorus*, *C. thous* y *H. yagouaroundi*) que requieren un área más extensa para sobrevivir, por lo que pueden no ser abundantes en el área al momento del muestreo; y además, ajustan sus distribuciones según la oferta de presas. Los mesodepredadores pueden ver a los humanos como "superdepredadores" amenazantes, ya que los humanos los cazan y matan al percibirlos como un problema sobre las especies de producción (aves de corral, ganadería ovina y porcina, entre otras) (Chacón-Pacheco & González-Maya, 2013; Chacón-Pacheco & Salcedo López, 2017), como resultado, los mesopredadores pueden aumentar su estado de alerta y

comportamientos de evitación en respuesta a los humanos, más que otras amenazas de los mamíferos, por ejemplo, los perros domésticos (Moura et al., 2022).

Ahora bien, aunque sea en menor medida el efecto de las mallas sobre mesocarnívoros no es menos importante. *Cerdocyon thous* y *H. yagouaroundi* solo se registraron al interior de la Estación, *P. cancrivorus* se registró en ambos sitios. Esto también es relevante debido a que se puede inferir que este conjunto de especies percibe la malla como un obstáculo y trae consigo su desplazamiento espacial o temporal, afectando la dinámica de la comunidad al alterar la co-ocurrencia y las interacciones entre especies. Es posible que estos mesocarnívoros estén más desplazados que las especies presa, lo cual se concluye por sus bajas tasas de captura. Este desplazamiento puede, en algunos casos, provocar cambios en las dietas y las subsiguientes interacciones tróficas (Smith et al., 2018), y aumentar los índices de defaunación, ya que las especies de mayor tamaño están relacionadas directamente con procesos ecológicos importantes como la herbivoría, frugivoría y dispersión de semillas, control poblacional de otras especies (depredación) y reciclaje de nutrientes (Bassa-Hernández, 2019). El desplazamiento espacial o temporal también puede alterar las relaciones competitivas al desplazar desproporcionadamente a las especies competidoras o al aumentar la superposición de nichos entre especies que anteriormente ocupaban nichos separados (Smith et al., 2018), como potencialmente puede estar sucediendo con las especies nocturnas (*Proechimys* sp, *D. marsupialis*, *Sylvilagus* sp, *D. punctata*).

Asimismo, *Tamandua mexicana* y *D. novemcinctus* tuvieron bajos índices de abundancia relativa. Estos taxones y gran parte de mamíferos terrestres presentan importantes relaciones biológico-sociales debido a que muchas de las especies tienen alto valor para las comunidades humanas (Racero-Casarrubia & Ballesteros-Correa, 2019). Estas bajas abundancias están estrechamente relacionadas con la percepción y uso de mamíferos silvestres por parte de las comunidades locales en áreas próximas a la Estación, donde el principal uso es como fuente de alimento (Racero-Casarrubia & Ballesteros-Correa, 2019). Especies como *D. novemcinctus*, guartinajas, cerdos de monte y venados son las presas favoritas objeto de cacería, posiblemente por la calidad de su carne; además existe una tendencia a tener fauna silvestre como mascotas, contribuyendo a un aumento sustancial de la demanda de animales silvestres (Racero-Casarrubia & Ballesteros-Correa, 2019). Ésta igualmente es una de las razones por las que algunas especies presentan extirpación local en varias subregiones del departamento de Córdoba (Racero-Casarrubia et al., 2015).

La estructura forestal es otro factor que puede influir en la abundancia relativa de los mamíferos (Villalobos Sandoval, 2005). En coberturas de bosque con fragmentación baja se destaca la presencia de especies especialistas, en contraste con las coberturas de bosque con fragmentación alta donde se encuentran especies generalistas (Romero Oviedo, 2020). Al

interior de la Estación “Las Guartinajas” se caracteriza por presentar diversos estratos vegetales y una actividad ecoturística, a diferencia del exterior que presenta un alto grado de intervención donde se realizan diversas actividades agropecuarias, y los parches de bosque son muy reducidos. Ligado a lo anterior, hay que tener en cuenta aspectos ecológicos de las especies que pueden explicar los valores de índice de abundancia relativa. *Didelphis marsupialis* fue la especie más abundante, en su historia natural esta especie se destaca como una especie omnívora oportunista y puede distribuirse a lo largo de extensas áreas geográficas con poblaciones abundantes (Fonseca et al., 2022). Esto demuestra que no se ve afectada por la cantidad y calidad de los recursos disponibles en los sitios evaluados, reflejando el uso del hábitat de manera dinámica de acuerdo con sus necesidades.

Parte de los hallazgos son contradictorios a las predicciones, los patrones de actividad no lograron explicar de manera sólida el efecto del mallado, aunque la abundancia relativa evidencia una relación positiva. La posible explicación para esto podría ser que el conjunto de mamíferos en esta área es relativamente resistente mientras persista una cubierta forestal mínima, tal vez como consecuencia de las largas transformaciones paisajísticas, esto puede ser aún más evidente por la reducción de la riqueza de especies. Sin embargo, los parches de bosques más pequeños pueden proporcionar solo una fuente temporal de recursos y ser inadecuados para sustentar una fauna diversa de mamíferos, lo que conlleva a valores bajos de diversidad funcional (Oliveira et al., 2020).

Si bien los cambios en la concurrencia de especies podrían afectar varias funciones de los ecosistemas, estas consecuencias ecológicas no se han documentado más allá de las implicaciones para la supervivencia de especies individuales (Massey et al., 2014; McInturff et al., 2020). Así, el grado en que las actividades humanas y las barreras artificiales modifican el comportamiento de las especies y la probabilidad de que estos cambios de comportamiento puedan llegar a afectar las funciones del ecosistema, dependerá en parte, de la distribución espacio-temporal de las perturbaciones por las actividades humanas, y el diseño y extensión de las cercas (Wilson et al., 2020). Sin esta comprensión sistemática, no será posible la creación de paisajes más sostenibles donde las personas y la vida silvestre puedan coexistir. Cuando las especies coexisten en un sistema de paisaje, deben divergir en al menos una de las tres dimensiones del nicho (espacio, tiempo y selección de recursos), ya que una superposición completa en las tres dimensiones conducirá a la exclusión local del competidor menos eficiente (Gracanin & Mikac, 2022). En áreas antropogénicas, los animales enfrentan desafíos adicionales relacionados con la presencia de humanos y sus actividades, y aunque algunos no soportan la presión, otros tienen a adaptarse y coexistir con los humanos (D. Smith et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Este estudio es pionero en la búsqueda de la comprensión del efecto del cercado sobre el comportamiento y abundancia de especies de mamíferos terrestres en Colombia, lo cual es una base de la naciente ecología de cercas. Los estudios sobre la ecología de cercas y cerramientos pueden proporcionar información importante sobre la diversidad de mamíferos terrestres en un área determinada. Aunque las conclusiones pueden variar según el contexto y las características del entorno, se puede llegar a las siguientes conclusiones comunes:

- Las cercas y cerramientos pueden tener un impacto significativo en la diversidad de mamíferos terrestres; que, dependiendo del diseño, altura, material y la ubicación de las cercas, los cercamientos pueden fragmentar el hábitat y actuar como barreras físicas limitan la capacidad de los mamíferos para dispersarse, lo que a su vez puede reducir la diversidad de especies en un área determinada. Algunas especies pueden evitar o cambiar su movimiento debido a la presencia de estas estructuras, mientras que otras pueden utilizarlas como límites para su rango de hogar.
- Los cerramientos de hábitat pueden alterar los patrones de actividad diaria de los mamíferos terrestres. Al limitar su acceso a ciertas áreas o recursos, los mamíferos pueden ajustar su comportamiento para evitar o adaptarse a los cerramientos. Por ejemplo, algunas especies pueden mostrar una actividad reducida durante el día y aumentarla durante la noche para evitar la interacción con los humanos u otros obstáculos.
- Los efectos de los cerramientos en los patrones de actividad de los mamíferos terrestres pueden variar según la especie y las características individuales. Algunas especies pueden mostrar una mayor tolerancia a los cerramientos y adaptarse más fácilmente, mientras que otras pueden sufrir un impacto más significativo.

## RECOMENDACIONES

En la implementación de cercados y cerramientos es importante diseñarlos de manera que minimicen su impacto en los patrones de actividad de los mamíferos terrestres. Esto implica considerar la altura, el material y la ubicación de los cerramientos para permitir el movimiento de las especies y mantener la conectividad entre hábitats.

Con respecto al estudio desarrollado, se recomienda un mejor diseño de muestreo para lograr un mayor esfuerzo de muestreo, de tal manera que se posibilite la realización de pruebas estadísticas más robustas. La sistematización de información y seguimiento continuo, permitirán establecer si el uso de las mallas de cerramiento en la Estación Ecológica “Las

Guartinajas” es exitoso y coherente con la ecología de las especies, estableciendo así medidas de manejo, que permitan la conservación de la diversidad taxonómica y funcional de las especies en la comunidad local.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Omacha por el financiamiento del proyecto y a la Estación Ecológica “Las Guartinajas” de la Empresa Urrá S.A. E.S.P. por el apoyo logístico para el desarrollo de la investigación. A la Universidad de Córdoba, y a mis directores a quienes admiro y respeto; gracias por darme la oportunidad de crecer y construir las competencias necesarias en el desarrollo de mis actividades como bióloga profesional. A Leonid Guerra Galván por la logística y desarrollo del proyecto en la Estación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde-Trejos, A. (2021). *Patrones de actividad, uso de hábitat y abundancia relativa de *Dasyprocta punctata* (Rodentia: Dasyproctidae) en un paisaje de bosque tropical del Magdalena Medio, Caldas, Colombia*.  
<https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/17200>
- Almeida Estrella, S. E. (2019). *Diversidad y patrones de actividad de mamíferos terrestres medianos y grandes del bosque protector Selva Viva, cantón Tena, Napo – Ecuador* [Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Licenciado en Ciencias Biológicas y Ambientales. Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito: UCE. 54 pp.]. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Ballesteros-Correa, J., & Linares, J. (2015). *Fauna de Córdoba*. Grupo de investigación Biodiversidad Unicórdoba. Facultad de Ciencias Básicas. Fondo Editorial Universidad de Córdoba. Colombia.
- Bassa-Hernández, D. (2019). *Defaunación de mamíferos medianos y grandes en paisajes fragmentados de bosque seco tropical en sistemas de ganadería extensiva en Córdoba, Colombia*. Trabajo de Grado, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Universidad de Córdoba. 31 pp.
- Bonilla-Sánchez, A., Gómez-Ruiz, D. A., Botero-Cañola, S., Rendón-Jaramillo, U., Ledesma-Castañeda, E., & Solari, S. (2020). Riqueza y monitoreo de mamíferos en áreas protegidas privadas en Antioquia, Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 27(2), 266–281. <https://doi.org/10.31687/saremmn.20.27.2.0.11>
- Caceres-Martínez, C. H., Acevedo Rincón, A. A., & González-Maya, J. F. (2016). Terrestrial medium and large-sized mammal’s diversity and activity patterns from Tamá National Natural Park and buffer zone, Colombia. *Therya*, 7(2), 285–298.  
<https://doi.org/10.12933/therya-16-397>
- Carter, N. H., Shrestha, B. K., Karki, J. B., Pradhan, N. M. B., & Liu, J. (2012). Coexistence between wildlife and humans at fine spatial scales. *Proceedings of the National*

- Academy of Sciences of the United States of America*, 109(38), 15360–15365.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1210490109>
- Chacón-Pacheco, J., & González-Maya, J. F. (2013). NOTEWORTHY RECORD OF SUBSISTENCE HUNTING AND MEAT CONSUMPTION OF JAGUARUNDI (*Puma yagouaroundi*) IN COLOMBIA ISSN: 2007-4484 *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época*, 1, 1–4.
- Chacón-Pacheco, J., & Salcedo López, J. C. (2017). Percepción y uso de mamíferos no voladores en las localidades de Aguas Blancas y el Chimborazo en la Subregión Costanera del departamento de Córdoba, Colombia. *Mammalogy Notes*, 4(1), 32–35.  
<https://doi.org/10.47603/manovol4n1.32-35>
- Chacón-Pacheco, J., Sánchez-Londoño, J. D., Villada-Cadavid, T., & Ballesteros-Correa, J. (2022). Actualización de la lista de mamíferos silvestres del departamento de Córdoba, Colombia. *Biota Colombiana*, 23(1), 1–23.
- Cortés-Marcial, M., & Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1433–1448.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.13285>
- Cozzi, G., Broekhuis, F., McNutt, J. W., & Schmid, B. (2013). Comparison of the effects of artificial and natural barriers on large African carnivores: Implications for interspecific relationships and connectivity. *Journal of Animal Ecology*, 82(3), 707–715.  
<https://doi.org/10.1111/1365-2656.12039>
- Díaz-Pulido, A. P., & Payán Garrido, E. (2011). Densidad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los llanos colombianos. *Mastozoología Neotropical*, 18, 63–71.
- Díaz-Pulido, A. P., & Payán Garrido, E. (Eds.). (2012). *Manual de fototrampeo Una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia.  
<http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31415/240.pdf;jsessionid=A4EBCA7EB92E1B3C89B84CE234D523DF?sequence=1>
- Dueñas Gómez, H. (2023). *INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ESTACIÓN ECOLÓGICA LAS GUARTINAJAS, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA. v1.0. No organization*. SiB Colombia.  
[https://doi.org/https://ipt.biodiversidad.co/permisos/resource?r=3593\\_proyectoguartinaja\\_20180822&v=1.0](https://doi.org/https://ipt.biodiversidad.co/permisos/resource?r=3593_proyectoguartinaja_20180822&v=1.0)
- Fonseca Prada, K. A., Botero Henao, N., Mendoza Mora, A., & Tunarrosa Echeverría, E. M. (2022). Patrones de actividad de mamíferos medianos en fragmentos de bosque de Marquetalia (Caldas, Colombia). *Revista Mutis*, 13(1), 1–13.  
<https://doi.org/10.21789/22561498.1852>
- Fundación Biozoo. (2007). *Sistematización de experiencias de 10 años de gestión 1997-2007*.
- Garmendia, A., Arroyo-Rodríguez, V., Estrada, A., Naranjo, E. J., & Stoner, K. E. (2013). Landscape and patch attributes impacting medium- and large-sized terrestrial mammals in a fragmented rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 29(4), 331–344.  
<https://doi.org/10.1017/S0266467413000370>
- Gracanin, A., & Mikac, K. M. (2022). Camera traps reveal overlap and seasonal variation in the diel activity of arboreal and semi-arboreal mammals. *Mammalian Biology*, 102(2),

- 341–355. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00218-y>
- Gurrutxaga-San Vicente, M., & Lozano Valencia, P. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geográficos*, 69(265), 519–543. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0427>
- Hayward, M. W., & Kerley, G. I. H. (2009). Fencing for conservation: Restriction of evolutionary potential or a riposte to threatening processes? *Biological Conservation*, 142(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.022>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2020). *Package ‘iNEXT.’* <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>>.License
- Jakes, A. F., Jones, P. F., Paige, L. C., Seidler, R. G., & Huijser, M. P. (2018). A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems. *Biological Conservation*, 227(September), 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.026>
- Johnson, K. D., & Stine, R. A. (2019). *Revisiting-Alpha-Investing for Polynomial Regression.* <http://arxiv.org/abs/1510.06322>
- Kopler, I., & Malkinson, D. (2018). Differential response of mammals to agricultural fences — The effects of species vagility and body size. *Basic and Applied Ecology*, 33, 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.08.010>
- Linnell, J. D. C., Trouwborst, A., Boitani, L., Kaczensky, P., Huber, D., Reljic, S., Kusak, J., Majic, A., Skrbinek, T., Potocnik, H., Hayward, M. W., Milner-Gulland, E. J., Buuveibaatar, B., Olson, K. A., Badamjav, L., Bischof, R., Zuther, S., & Breitenmoser, U. (2016). Border Security Fencing and Wildlife: The End of the Transboundary Paradigm in Eurasia? *PLoS Biology*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PBIO.1002483>
- 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, 566–585.
- Lira-Torres, I., Briones-Salas, M., Gómez de Anda, F. R., Ojeda-Ramírez, D., & Peláez Acero, A. (2014). Uso y aprovechamiento de fauna silvestre en la selva Zoque, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30(1), 74–90.
- Maffei, L., Cuellar, E., & Noss, A. J. (2002). Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco- Chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 11, 55–65.
- Mandujano, S., & Pérez-Solano, L. A. (Eds.). (2019). *Fototrampeo en R: organización y análisis de datos. Volumen I.* Instituto de Ecología AC. Xalapa, Ver., México. 248 pp.
- Martinez-Medina, D., Castillo-Figueroa, D., & Rodríguez-Posada, M. (2018). Patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en dos ecosistemas de sabana en los llanos orientales, Colombia. *Fundación Reserva Natural La Palmita. Grupo de Investigaciones Territoriales Para El Uso y Conservación de La Biodiversidad, Bogotá.* <https://doi.org/10.3390/d3020217.2>.
- Massey, A. L., King, A. A., & Foufopoulos, J. (2014). Fencing protected areas: A long-term assessment of the effects of reserve establishment and fencing on African mammalian diversity. *Biological Conservation*, 176, 162–171.

- <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.023>
- McDonald, R., & St. Clair, C. (2004). The effects of artificial and natural barriers on the movement of small mammals in Banff National Park, Canada. *Oikos*, *105*(2), 397–407. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12640.x>
- McInturff, A., Xu, W., Wilkinson, C. E., Dejid, N., & Brashares, J. S. (2020). Fence Ecology: Frameworks for Understanding the Ecological Effects of Fences. *BioScience*, *70*(11), 971–985. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa103>
- Meredith, M., & Ridout, M. (2020). *Package ‘overlap.’*
- Meredith, M., & Ridout, M. (2021). Overview of the overlap package. In *R project*. <https://cran.r-project.org/web/packages/overlap/overlap.pdf>
- Monroy-Vilchis, O., Rodríguez-Soto, C., Zarco-González, M., & Urios, V. (2009). Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology*, *59*(2), 145–157. <https://doi.org/10.1163/157075609X437673>
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., & Rodríguez-Soto, C. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, *59*(1), 373–383.
- Moseby, K. E., McGregor, H., Hill, B. M., & Read, J. L. (2020). Exploring the internal and external wildlife gradients created by conservation fences. *Conservation Biology*, *34*(1), 220–231. <https://doi.org/10.1111/cobi.13389>
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Aya Cuero, C., Bolívar, L., Valencia, K., Vargas-Arboleda, A. F., & Mantilla-Meluk, H. (2019). Mamíferos. In F. Trujillo & F. Anzola (Eds.), *Biodiversidad en el departamento de Arauca* (p. 384). Gobernación de Arauca, Fundación Omacha y Fundación Ecollano.
- Moura, C. W., Clucas, B., & Furnas, B. J. (2022). Humans Are More Influential Than Coyotes on Mammalian Mesopredator Spatiotemporal Activity Across an Urban Gradient. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *10*(June), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.867188>
- Niedballa, J., Courtiol, A., Sollmann, R., Mathai, J., Wong, S., Nguyen, A. T. T., bin Mohamed, A., Tilker, A., Guharajan, R., Alexiou, I., & Wilting, A. (2022). *Package ‘camtrapR.’*
- O’Brien, T. G., Kinnaird, M. F., & Wibisono, H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, *6*(2), 131–139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- Observatorio de Conflictos Ambientales, I.-U. (2017). *Hidroeléctrica Urrá I-II – Embera Katíos-ASPROCIG – Córdoba. Análisis de Impactos Ecosistémicos*.
- Oliveira, R. F., de Moraes, A. R., & Terribile, L. C. (2020). Effects of landscape and patch attributes on the functional diversity of medium and large-sized mammals in the Brazilian Cerrado. *Mammal Research*, *65*(2), 301–308. <https://doi.org/10.1007/s13364-019-00471-0>
- Ouboter, D. A., Kadosoe, V. S., & Ouboter, P. E. (2021). Impact of ecotourism on abundance, diversity and activity pattern of medium-large terrestrial mammals at Brownsberg Nature Park, Suriname. *BioRxiv*, 2021.04.07.438794. <https://doi.org/10.1101/2021.04.07.438794>
- Pardo, L. E., Edwards, W., Campbell, M. J., Gómez-Valencia, B., Clements, G. R., & Laurance, W. F. (2021). Effects of oil palm and human presence on activity patterns of terrestrial

- mammals in the Colombian Llanos. *Mammalian Biology*, 101(6), 775–789.  
<https://doi.org/10.1007/s42991-021-00153-y>
- Pardo, L. E., Oliveira, F. De, Campbell, M. J., Younes, N., Edwards, W., & Laurance, W. F. (2018). Identifying critical limits in oil palm cover for the conservation of terrestrial mammals in Colombia. *Biological Conservation*, 227(April), 65–73.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.026>
- Parodi, A. (2015). *Patrones de actividad e influencia del ciclo lunar en la actividad de una comunidad animal del Parque Nacional del Manu* [Universidad Peruana Cayetano Heredia. Facultad de Ciencias y Filosofía Alberto Cazorla Talleri].  
[http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/126/Patrones de actividad e influencia del ciclo lunar en la actividad de una comunidad animal del Parque Nacional del Manu.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/126/Patrones%20de%20actividad%20e%20influencia%20del%20ciclo%20lunar%20en%20la%20actividad%20de%20una%20comunidad%20animal%20del%20Parque%20Nacional%20del%20Manu.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Peles, J. D., Bowne, D. R., & Barrett, G. W. (1999). Influence of Landscape Structure on Movement Patterns of Small Mammals. In *Landscape Ecology of Small Mammals* (pp. 41–62). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-21622-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-0-387-21622-5_3)
- Pérez-Torres, J., Vidal-Pastrana, C., & Racero-Casarrubia, J. (Eds.). (2016). *Biodiversidad asociada a los sectores Manso y Tigre del Parque Nacional Natural Paramillo*. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.
- Pirie, T. J., Thomas, R. L., & Fellowes, M. De. (2017). Game fence presence and permeability influences the local movement and distribution of South African mammals. *African Zoology*, 52(4), 217–227. <https://doi.org/10.1080/15627020.2017.1410074>
- Racero-Casarrubia, J., & Ballesteros-Correa, J. (2019). Percepción y uso de mamíferos silvestres por las comunidades locales en el entorno al embalse Urrá I, Córdoba, Colombia. *Revista Etnobiología*, 17(3), 20–32.
- Racero-Casarrubia, J., Ballesteros-Correa, J., & Pérez-Torres, J. (2015). Mamíferos del departamento de Córdoba-Colombia : historia y estado de conservación Mammals of the Córdoba Department of Colombia : history and conservation status. *Biota Colombiana*, 16(2), 128–148.
- Racero-Casarrubia, J., & González-Maya, J. F. (2014). Inventario preliminar y uso de mamíferos silvestres por comunidades campesinas del sector oriental del cerro Murrucucú, municipio de Tierralta, Córdoba, Colombia. *Mammalogy Notes*, 1(2), 25–28.
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez Castro, A. F., Morales-Martínez, D. M., Rodríguez-Posada, M. E., Zurc, D., Concha Osbahr, D. C. Trujillo, A., Noguera Urbano, E. A., Pantoja Peña, G. . E., González-Maya, J. F., Pérez-Torres, J., Mantilla-Meluk, H., López Castañeda, C., Velásquez Valencia, A., & Zárrate-Charry, D. A. (2021). Mamíferos de Colombia. Version 1.12. *Sociedad Colombiana de Mastozoología*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.15472/kl1whs> accessed via GBIF.org on 2023-03-04.
- Ridout, M. S., & Linkie, M. (2009). Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14(3), 322–337. <https://doi.org/10.1198/jabes.2009.08038>
- Rodríguez Rojas, C. (2005). *Abundancia relativa de mamíferos en dos tipos de cobertura vegetal en la margen nor-oriental del Santuario de Flora y Fauna Otún Quimbaya, Risaralda*. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana.

- <<http://hdl.handle.net/10554/8642>>.
- Romero Oviedo, M. J. (2020). *Efecto de la fragmentación del paisaje sobre la diversidad de mamíferos terrestres en la vereda El Diamante, Tierralta - Córdoba*. Trabajo de Grado, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Universidad de Córdoba. 23 pp.
- Rovero, F., Martin, E., Rosa, M., Ahumada, J. A., & Spitale, D. (2014). Estimating Species Richness and Modelling Habitat Preferences of Tropical Forest Mammals from Camera Trap Data. *PLoS ONE*, 9(7), 103300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103300>
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C., & Jansen, P. A. (2014). Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1170–1179. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12278>
- Rubiano Pérez, J. C. (2019). *Evaluación de patrones de actividad del Coatí de Montaña Occidental (Nasuella olivacea) (Gray, 1865) y de la Zarigüeya Orejiblanca Andina (Didelphis pernigra) (Allen, 1900) sobre un gradiente de intervención humana en el departamento de Cundinamarca*. Trabajo de grado. Repositorio Universidad Libre. <<http://hdl.handle.net/20.500.12209/10128>>.
- Sánchez-Prieto, C. B., Carranza, J., Pérez-González, J., Alarcos, S., & Mateos, C. (2010). Effects of small barriers on habitat use by red deer: Implications for conservation practices. *Journal for Nature Conservation*, 18(3), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2009.09.002>
- Sih, A., Ferrari, M. C. O., & Harris, D. J. (2011). Evolution and behavioural responses to human-induced rapid environmental change. *Evolutionary Applications*, 4(2), 367–387. <https://doi.org/10.1111/J.1752-4571.2010.00166.X>
- Smith, D., King, R., & Allen, B. L. (2020). Impacts of exclusion fencing on target and non-target fauna: A global review. *Biological Reviews*, 95(6), 1590–1606. <https://doi.org/doi:10.1111/brv.12631>
- Smith, J. A., Thomas, A. C., Levi, T., Wang, Y., & Wilmers, C. C. (2018). Human activity reduces niche partitioning among three widespread mesocarnivores. *Oikos*, 127(6), 890–901. <https://doi.org/10.1111/oik.04592>
- Steinbeiser, C. M., Kioko, J., Maresi, A., Kaitilia, R., & Kiffner, C. (2019). Relative abundance and activity patterns explain method-related differences in mammalian species richness estimates. *Journal of Mammalogy*, 100(1), 192–201. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy175>
- Torres, D. A., & Rojas, A. E. (2021). Species richness, geographical affinities, and activity patterns of mammals in premontane Andean forests of the Magdalena river basin of Colombia. *Neotropical Biology and Conservation*, 16(145–166). <https://doi.org/https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e57109>
- Vallecillo Rodríguez, S. (2009). *Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de las especies*.
- Vanak, A. T., Thaker, M., & Slotow, R. (2010). Do fences create an edge-effect on the movement patterns of a highly mobile mega-herbivore? *Biological Conservation*, 143(11), 2631–2637. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.07.005>
- Vásconez Echeverría, Á. N. (2020). *Ensamblaje de mamíferos terrestres según sus patrones de actividad y diversidad funcional en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa*. Universidad

Central de Ecuador. Facultad de Ciencias Biológicas. Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales.

Villalobos Sandoval, S. M. (2005). *Comparaciones en la abundancia relativa de mamíferos medianos y grandes en diferentes tipos de cobertura, área cerritos - La Virginia, municipio de Pereira, Risaralda - Colombia*. [Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.].

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>

Wilkinson, C. E., McInturff, A., Kelly, M., & Brashares, J. S. (2021). Quantifying wildlife responses to conservation fencing in East Africa. *Biological Conservation*, 256, 109071. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109071>

Wilson, M. W., Ridlon, A. D., Gaynor, K. M., Gaines, S. D., Stier, A. C., & Halpern, B. S. (2020). Ecological impacts of human-induced animal behaviour change. *Ecology Letters*, 23(10), 1522–1536. <https://doi.org/10.1111/ele.13571>