

Universidad Nacional

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Escuela de Ciencias Biológicas

Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de los Recursos Naturales

Informe Escrito Final

Presencia y aspectos comportamentales del mapache (*Procyon lotor*) como insumo para la toma de decisiones sobre manejo y gestión de las áreas de uso público del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica

Trabajo Final de Graduación presentado como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Naturales

Daniela Segura Astúa: (1-1702 0612)

Campus Omar Dengo

Heredia, 2024

Este trabajo de graduación fue aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Biología Tropical.

Firmado digitalmente por
YARA AZOFEIFA ROMERO
(FIRMA)
Fecha: 2025.02.24 15:47:48
-06'00'

Dra. Yara Azofeifa Romero

Representante, Decano, quién preside

LILLIANA MARIA PIEDRA CASTRO (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-01-0807-0236.
Fecha declarada: 25/02/2025 01:54:07 PM
Esta es una representación gráfica únicamente,
~~verifique la validez de la firma.~~

Dra. Lilliana Piedra Castro

Representante de la Dirección de la (ECB)

Firmado digitalmente por
LAURA PATRICIA PORRAS
MURILLO (FIRMA)
Fecha: 2025.02.25 09:11:22
-06'00'

Dra. Laura Patricia Porras Murillo

Tutora

ALEXANDER ENRIQUE GOMEZ LEPIZ (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-01-0989-0305.
Fecha declarada: 25/02/2025 05:25:40 PM

Dr. Alexander Gómez Lépez

Asesor

Digitally signed by MICHELLE
VANESSA MONGE VELAZQUEZ
(FIRMA)
Date: 2025.02.25 09:24:28
-06'00'

M.Sc. Michelle Monge Velázquez

Asesora

Firmado digitalmente por
MONICA ISABEL RETAMOS
IZAGUIRRE (FIRMA)
Fecha: 2025.02.25 09:14:53 -06'00'

Dra. Mónica Retamosa Izaguirre

Invitada especial

Agradecimiento

El primer agradecimiento es para mi grupo asesor, por el apoyo brindado durante este proceso, por la oportunidad y la confianza de ser parte del proyecto; además, agradezco al ICOMVIS por brindarme el espacio y equipo de trabajo. Agradezco al profesor Alexander Gómez, por el apoyo al integrarse como nuevo asesor para mi proyecto; desde el inicio se mostró con interés de ayudarme y acompañarme en este proceso al sustituir a Grace Wong, a la cual también le agradezco su inicial interés.

A los demás docentes que fueron un soporte de una u otra forma en todo mi desarrollo académico y personal, como Alicia Fonseca, Yara Azofeifa y Tania Bermúdez por ser personas fundamentales en el proceso de mi licenciatura y bachillerato, al igual que Roberto Cordero, Rolando Calderón y Luis Vega; asimismo, agradezco a Oscar Ramírez, que en paz descanse, por haber sido un profesor indispensable en mi decisión de continuar con la carrera, ya que en los años que compartimos en la universidad dejó una marca imborrable en mi autodesarrollo y fue con mucho esfuerzo me convenció en continuar mis estudios en el ámbito de la biología. En definitiva, gracias a estos profesores aprendí y crecí; han sido una inspiración increíble en mí. No solo cumplen de forma constante y asertiva su trabajo para con la institución y los estudiantes, sino que son personas indispensables que hacen la diferencia en la vida de los estudiantes. De verdad fue un orgullo total haber compartido tantos años junto a ellos. Conjuntamente, agradezco a personas que no fueron parte de mi desarrollo en la carrera, pero fueron un soporte en la finalización del proyecto de graduación, tales como Byron Jiménez y Katalina Oviedo.

Agradezco a muchos compañeros que formaron parte mi formación en la universidad y me brindaron soporte para avanzar con el proyecto, como lo fue Jesús Herrera. Infinitamente agradecida a amigos Kevin, Pau, Gera y Karla, por escucharme infinitamente, consolarme y apoyarme; sin duda, son parte de mi vida y desarrollo constante; por quedarse conmigo a pesar de ellos también tener dificultades propias en la vida, por empujarme a seguir adelante con cada locura mía, por creer en mí y por salvarme cada vez que estaba en el borde.

Finalmente, agradezco al Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles (FOCAES) de la Vicerrectoría de Investigación en la Universidad Nacional. Por la ayuda económica proporcionada, la cual fue de gran importancia para continuar con las giras y revisión de datos. Además, a los guardaparques del Parque Nacional Manuel Antonio, los cuales siempre fueron muy afables en los días de gira y que siempre nos recibieron con mucha amabilidad, y al personal del SINAC que proporcionó información para este estudio.

Dedicatoria

Dedico este trabajo final de graduación a mi familia, especialmente a mis hermanos Jonathan Segura y Juan Pablo Segura. Por estar presente en cada etapa de mi vida a pesar de no estar de acuerdo en muchos aspectos. Asimismo, quiero dedicar este trabajo a mis abuelos Manuel Segura y Gonzalo Astúa que en vida siempre me apoyaron y creyeron en mí y que con mucho amor siempre estuvieron hasta sus últimos días para apoyarme, aconsejarme y alentarme a seguir adelante; y aunque no se encuentran conmigo actualmente, siempre los voy a tener presentes en cada momento de mi vida.

Índice de contenido

Miembros del tribunal	II
Agradecimiento	III
Dedicatoria.....	IV
Índice de contenido.....	V
Índice de cuadros	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de anexos	X
Índice de abreviaturas	XI
Resumen	XII

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.1.1. Antecedentes fuera del país	2
1.1.2. Antecedentes dentro del país	3
1.2. Justificación.....	4
1.3. Planteamiento del problema a investigar.....	6
1.4. Objetivos.....	6
1.5. Objetivos específicos.....	6
2. Marco Metodológico	7
2.1. Área de estudio	7
2.2 Generalidades del organismo objeto de estudio	8

2.3. Diseño de investigación.....	10
2.4. Descripción de las variables	12
2.5. Descripción del análisis realizado	13
2.5.1. Índice de tasa fotográfica.....	14
2.5.2. Patrón de actividad	15
2.5.3. Área de acción	16
3. Resultados	16
3.1 Presencia y tasa fotográfica.	17
3.1.1. Tasa fotográfica por sexo	18
3.1.2. Tasa fotográfica por meses y años.....	18
3.2. Patrón de actividad.	20
3.2.1. Patrón de actividad durante el periodo de estudio.....	20
3.2.2. Patrón de actividad por sexo.....	22
3.2.3. Patrón de actividad según los años y meses.	23
3.2.4. Patrón de actividad por el rango de visitación.....	25
3.2.5. Patrón de actividad por comportamiento registrado.....	27
3.3. Área de acción.	27
4. Discusión	31
4.1. Presencia y tasa fotográfica	32
4.2. Patrón de actividad	34
4.3. Área de acción mínima	40
5. Conclusiones.....	44
6. Recomendaciones	45
7. Fuentes de financiamiento	47

8. Referencias bibliográficas	47
9. Anexos	59

Índice de cuadros

Cuadro 1. Variables que se registraron en los videos de cámaras trampa.....	12
---	----

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de las estaciones de trampeo en el Parque Nacional Manuel Antonio, Puntarenas, Costa Rica.	8
Figura 2. Cámara trampa usada en el muestreo durante el trabajo de campo, con restos de plastilina y cinta.	11
Figura 3. Hotspot de las tasas fotográficas por estación de trampeo en el PNMA. Los colores más cálidos representan los valores más altos en tasa fotográfica.	17
Figura 4. Tasa fotográfica de mapache agrupado por mes de estudio en el PNMA. Nota.	19
Figura 5. Tasa fotográfica de los mapaches en el PNMA separados por año y meses de estudio.	20
Figura 6. Patrón de actividad por medio de un diagrama de rosa que representa la densidad de los registros de mapaches totales en intervalos de 24 horas.	21
Figura 7. Patrón de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel en el área del uso público del PNMA.	22
Figura 8. Patrones de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel separado por sexo.	23
Figura 9. Patrones de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel a partir de abril del 2021 a abril del 2022 (primer año de muestreo) y mayo del 2022 a mayo del 2023 (segundo año de muestreo).	24
Figura 10. Patrones de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel según rangos de visitación nula baja, media y alta.	26
Figura 11. Polígono mínimo convexo de las áreas mínimas de acción de los mapaches separado por sexo, dentro de las áreas de uso público del PNMA, durante todo el periodo de muestreo.	29
Figura 12. Mapaches con marcas visibles usados para estimar parte del área de acción mínima de la especie dentro de las áreas de uso común. A representa al mapache macho y el lado B a la hembra.	30

Figura 13. Polígono mínimo convexo que demarca el área de acción mínima utilizada por los dos mapaches identificados, además de la densidad de Kernel de ambos sexos.....31

Índice de anexos

Anexo 1. Ubicación de las estaciones de trampeo dentro de las zonas de uso público en el PNMA.....	59
Anexo 2. Comportamientos registrados por los mapaches en el PNMA.	60
Anexo 3. Parámetros generales del análisis de patrones de actividad.....	61
Anexo 4. Modelo mínimo adecuado según el criterio de información de Akaike.	63
Anexo 5. Tasa fotográfica tomada en cada estación de trampeo y separada por sexos.	64
Anexo 6. Graficos del periodo circular mensuales durante dos años de muestreo.	65

Índice de abreviaturas

ASP	Área Silvestre Protegida
CIA	Criterio de información de Akaike
DE	Desviación estándar
ES	Error estándar
IC	Intervalos de confianza
ICOMVIS	Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MLG	Modelo lineal generalizado
PMC	Polígono Mínimo Convexo
PNMA	Parque Nacional Manuel Antonio
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación

Resumen

Los mapaches (*Procyon lotor*) se adaptan fácilmente a diversos entornos, lo que genera cambios en su comportamiento, muchas veces ocasionados por acciones antropogénicas. Las variaciones en la dinámica de estos animales pueden reflejar la presión ejercida sobre el ambiente. La presencia y los patrones de comportamiento del mapache en el Parque Nacional Manuel Antonio pueden indicar el estado de este sitio y mostrar si está vulnerable debido a la alta cantidad de visitantes turísticos. Esto podría llevar a la implementación de medidas correctivas. Este estudio tuvo como objetivo general evaluar la presencia y aspectos del comportamiento del mapache (*Procyon lotor*) utilizando datos generados con fototrampeo como insumo para recomendaciones de manejo dentro de zonas de uso público del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Se colocaron 21 cámaras trampa en zonas cercanas a los senderos públicos de este parque nacional. De los videos obtenidos se extrajeron datos de hora, fecha, sexo y cantidad de individuos. Se utilizó RStudio para realizar los análisis estadísticos. Para analizar la tasa fotográfica (conteos por esfuerzo de muestreo) se realizaron modelos lineales generalizados. Se ejecutó el periodo temporal de Kernel y análisis circular para obtener el patrón de actividad y para estimar el área de acción se aplicó el polígono mínimo convexo con ArcGis PRO. Se registró una ocupación total de mapaches en la zona de estudio, con un área de acción mínima promedio de 122.04 ha y mostraron un comportamiento mayormente nocturno. En comparación con 2017, cuando eran predominantemente diurnos, su actividad cambió a nocturna; acompañada de un aumento en su área de acción mínima. Los cambios se asociaron a las medidas implementadas durante y después de la pandemia, la gestión de alimentos y la visitación turística. Se recomienda reforzar las medidas ya existentes para prevenir impactos negativos en el parque nacional.

Palabras clave: Área de acción, comportamiento animal, patrón de actividad, presión turística, tasa fotográfica.

1. Introducción

La adaptabilidad de los mapaches (*Procyon lotor*) a diversos entornos y recursos puede favorecer cambios en el comportamiento de estos animales; la influencia humana destaca como causa de estos comportamientos (Demeny et al., 2019; Grüneberger, 2022; Hernández-Hernández et al., 2018). Identificar variaciones en la dinámica de las especies silvestres puede reflejar la presión que sufre el ambiente (Daniels et al., 2019; Tanwar et al., 2021) y el estado de conservación que tiene el sitio, en especial en áreas protegidas como los parques nacionales (Cossios y Zevallos, 2019). Asimismo, Palencia et al. (2019) agregan que elementos como uso del hábitat, distancias recorridas y demás datos relacionados con la movilización son fundamentales para una comprensión más completa de una especie, lo cual es esencial para desarrollar posteriormente estrategias efectivas de conservación y manejo para los organismos y sus hábitats.

En el presente estudio, se evalúa la presencia y aspectos del comportamiento del mapache (*Procyon lotor*) utilizando datos generados con fototrampeo como insumo para recomendaciones de manejo dentro de zonas de uso público del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Debido a que la actividad turística es factor de presión social que afecta entornos naturales y, por ende, la conservación, donde el ser humano puede propiciar alteraciones en la fauna silvestre (Farrera-Hernández, 2017; Marín, 2016; Porras-Murillo et al., 2022; Tanwar et al., 2021). Parques nacionales con alta presencia de turistas, como el Parque Nacional Manuel Antonio (PNMA), llegan a ser lugares de relevancia para conocer posibles efectos que causa el factor humano sobre la fauna (Carrillo y Vaughan, 1993; Farrera-Hernández, 2017). Por lo tanto, evaluar aspectos del comportamiento de un animal silvestre en un parque nacional, como el PNMA, proporciona información clave sobre las condiciones del sitio, y el mapache es un buen modelo de estudio para evaluar el impacto del turismo y la formulación de recomendaciones de manejo en el parque nacional.

1.1 Antecedentes

1.1.1. Antecedentes fuera del país

La dieta de los mapaches incluye una variedad de fuentes de alimento vegetal y animal, como frutas, huevos e invertebrados; sin embargo, en sitios de mediana o alta perturbación, estos animales tienden a recurrir a fuentes de alimentos de fácil acceso y con mayor índice calórico, como restos de alimentos procedentes de las personas (Demeny et al., 2019; Hanson, 2019; O'Donnell y delBarco-Trillo, 2020). Esta generalidad alimenticia atrae a los mapaches hacia sitios con una gestión deficiente de residuos orgánicos e inorgánicos (Beasley y Rhodes, 2008). Por consiguiente, se genera mayor presencia de mapaches en sitios habitados por personas (Corman, 2011), lo que puede ocasionar problemas de coexistencia entre ambos (Beasley y Rhodes, 2008). En Estados Unidos, Prange et al. (2004) estudiaron cómo la abundancia y distribución de alimentos afectan el desplazamiento de *P. lotor* en paisajes rurales, suburbanos y urbanos en Estados Unidos. Descubrieron que los rangos de hogar y áreas núcleo de los mapaches disminuyen con el aumento de presencia humana, debido a la mayor disponibilidad de alimentos en estas zonas.

Hernández-Hernández et al. (2018) realizaron un monitoreo por medio de cámaras trampa para estimar la diversidad y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, en México. Entre las especies registradas, el mapache (*P. lotor*) fue el más abundante y mostró inicialmente comportamientos nocturnos. Se determinó que esta es una especie dominante del sitio y que ha mostrado cambios en sus patrones de actividad, ya que hay aumento de comportamientos diurnos, esto debido a la presión humana sobre los recursos alimenticios de esta especie. Debido a esto, se creó un programa de manejo y conservación de la fauna dentro del sitio, para abordar las alteraciones en el comportamiento del animal. Hanson (2019) estudió en el Refugio Spring Creek Prairie, Nebraska, los patrones de actividad de la fauna mediante cámaras trampa, analizó la influencia de la depredación y la disponibilidad de recursos. Encontró que los patrones de actividad de *P. lotor* varían según las estaciones y los cambios en el hábitat, vinculados al acceso a los recursos.

En otras especies, como el mapache cangrejero (*Procyon cancrivorus*), también se han utilizado cámaras trampa para estimar abundancia, desplazamiento, área de acción, densidad y patrones de actividad. Arispe et al. (2008) realizaron este tipo de estudio en Bolivia para mejorar el conocimiento sobre la historia natural y demográfica de la especie en zonas intervenidas por el ser humano. Entre los principales hallazgos, se observó que los mapaches en época lluviosa se desplazan más en comparación con la época seca y que presentan comportamientos principalmente nocturnos. Por otra parte, en un estudio en la Reserva Nacional Alpahuayo Mishana, Perú, realizado por Cossios et al. (2022), se determinó que el mapache cangrejero exhibe una actividad completamente nocturna.

1.1.2. Antecedentes dentro del país

En Costa Rica, el comportamiento de los mapaches ha sido objeto de estudio durante varios años. En 1988, Carrillo y Vaughan estudiaron en Costa Rica el rango de acción de una hembra de *P. lotor* en la Reserva Biológica Tapantí, encontraron que ocupaba áreas de 120 ha y 21 ha, con movimientos más frecuentes en periodos sin lluvia y actividad tanto diurna como nocturna (Carrillo y Vaughan, 1988). En 1990, Carrillo estudió en el PNMA los movimientos de *P. lotor* mediante radiotelemetría; observaron que el área de acción de los machos disminuía en periodos de alta visitación turística (diciembre a febrero). Durante estos meses, los mapaches mostraban actividad crepuscular al atardecer (17:00–22:00) y al amanecer (3:00–7:00), con patrones de actividad más alterados los fines de semana debido a la alta presencia de turistas que acampaban y hacían pícnicos (Carrillo y Vaughan, 1993). Los autores aseguraron que los turistas influyen en el comportamiento de los mapaches, ya que estos les proporcionan una fuente de alimento temporal y con bajo costo energético.

Algunas consideraciones relevantes sobre el comportamiento de esta especie fueron determinadas por Farrera-Hernández (2017), quien realizó estudios en el PNMA por medio de telemetría y marcaje. Esta investigadora observó que el área de acción promedio de los mapaches era menor en comparación con los estudios previos realizados por Carrillo (1990). Este cambio puede atribuirse al incremento en el uso y la visitación humana en el parque

nacional. Además, indicó que el área de acción de los mapaches podría variar según la abundancia de recursos disponibles; señaló que estos animales obtenían una parte significativa de su alimento de los turistas. Asimismo, indicó el cambio en el patrón de actividad de los mapaches, que pasaron de ser predominantemente nocturnos a diurnos, y coincidieron con el horario de operación del parque.

1.2. Justificación

Los patrones de actividad permiten comprender el papel ecológico de una especie, ya que proporcionan información relacionada con regímenes bióticos (como competencia, alimentación y depredación) y abióticos (como temperatura, humedad y precipitación), lo que influye en su distribución (Cox et al., 2021). Por lo tanto, el estudio del comportamiento animal tiene diversas aplicaciones en la conservación biológica (Marques y Fábian, 2018). En el PNMA se han registrado cambios en el comportamiento de *P. lotor* desde finales de los años 80, cuando registraron mapaches con un patrón de comportamiento catemeral y nocturno (Carrillo, 1990). Posteriormente, el comportamiento cambió de nocturno a diurno, lo cual coincidió con los horarios de visitación del parque nacional; asimismo, se encontró una reducción del área de acción de los mapaches, correlacionada con la concentración de turistas en el parque nacional (Farrera-Hernández, 2017). En los sitios en los cuales había mayor concentración de turistas se daban interacciones entre estos y los mapaches, ya que los turistas muchas veces proporcionaban alimento a la fauna (Carrillo, 1990; Farrera-Hernández, 2017; Porrás-Murillo et al., 2022).

Durante el cierre temporal del PNMA (con un cierre total del 20 de marzo del 2020 al 18 de mayo del mismo año), posteriormente hubo regulaciones en el ingreso de turistas. Disminuyó el ingreso de estos al parque nacional a causa de la pandemia de COVID19 y la posterior apertura. Tanto guardaparques como turistas y guías de turismo advirtieron sobre la ausencia de mapaches dentro de la zona de uso público del parque (Porrás-Murillo com. pers). Esta situación planteó la interrogante de la ubicación de los mapaches dentro del PNMA. Dados los antecedentes de cambios en el comportamiento de este organismo provocados por la interacción con turistas, el presente estudio busca comprender la dinámica actual de la especie

dentro de las zonas de uso público del parque nacional, su localización y patrones de actividad, y evaluar la influencia de la visitación turística sobre la especie.

Es importante conocer cómo influyen las actividades turísticas sobre el entorno y sus especies silvestres, debido a que, si se afecta de manera directa o indirecta la vida silvestre, el turismo también tendrá un efecto espejo ante la situación (Sun et al., 2020). El estudio sobre el comportamiento de especies generalistas es esencial para controlar y mitigar los posibles impactos en el ambiente con respecto a la presión humana (Alvarado-Barboza y Gutiérrez-Espeleta, 2013; Djekda et al., 2020; Sun et al., 2020). Asimismo, los estudios comportamentales dan respuesta a las presiones que sufre el ambiente y presentan datos clave para procesos de conservación (Marín, 2016; Romagosa, 2008; Tanwar et al., 2021), debido a que los cambios comportamentales en los animales silvestres son un reflejo del estado de conservación de un área protegida (Cossios et al., 2019). Si se genera el deterioro de los servicios de los ecosistemas, disminución de la calidad biológica del lugar y cambios sobre la biodiversidad, se crea una amenaza a la seguridad ecológica de un sitio (Sun et al., 2020). La biodiversidad es indispensable para un país considerado como estandarte en el turismo sostenible, como Costa Rica, ya que presenta altos índices de visitación (Monsalve-Pelaez et al., 2023; Núñez, 2020).

Obtener información actualizada sobre el comportamiento de los mapaches en las zonas de uso público del PNMA permitirá elaborar recomendaciones específicas y mejorar la gestión del parque nacional, especialmente en lo relativo a la cantidad de turistas y cómo minimizar la influencia de estos sobre el comportamiento de la fauna, además de las interacciones negativas que hay entre los turistas y los mapaches (Porrás-Murillo et al., 2022). Los resultados de este trabajo podrán ser utilizados por los tomadores de decisiones para mejorar la gestión del parque, impulsar la actualización de las normas referentes al manejo de los residuos y considerar un mayor monitoreo o seguimiento de las interacciones entre turistas y fauna. Conjuntamente, la información obtenida se podrá integrar en programas de educación ambiental, los cuales favorecerían la conservación de varias especies a la vez (Espinosa et al., 2014).

1.3. Planteamiento del problema a investigar

Durante el cierre del parque nacional y su posterior apertura bajo medidas de restricción sanitaria a causa de la pandemia del COVID19, tanto guardaparques como guías turísticos reportaron la ausencia de mapaches durante el día en las zonas de uso público del PNMA, lo que originó una serie de especulaciones, principalmente entre guías turísticos y guardaparques. Una de esas especulaciones fue que los mapaches murieron por la falta de la comida proporcionada por los turistas (Porrás-Murillo com pers). Al tomar en cuenta las variaciones comportamentales ya registradas (Carrillo, 1990; Farrera-Hernández, 2017) y las anteriores interacciones negativas entre turistas y fauna silvestre (Porrás-Murillo et al., 2022), se genera la necesidad de conocer la presencia y actividad actual de los mapaches dentro del parque nacional, por lo que actualmente se ejecuta un proyecto en el PNMA que incluye la colocación de cámaras trampa dentro del área de uso público para registrar la presencia de los mapaches y así dar una respuesta más adecuada a la siguiente interrogante:

¿Cuáles son los patrones de actividad y cómo se distribuyen los mapaches dentro del área de uso público del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica?

1.4. Objetivos

Evaluar la presencia y aspectos del comportamiento del mapache (*Procyon lotor*) utilizando datos generados con fototrampeo, como insumo para recomendaciones de manejo dentro de zonas de uso público del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

1.5. Objetivos específicos

Determinar la presencia y la tasa fotográfica de *P. lotor* empleando datos generados con cámara trampa en la zona del uso público del parque.

Determinar el patrón de actividad actual de *P. lotor* dentro de las zonas de uso público del PNMA, utilizando datos generados con cámaras trampa.

Estimar el área de acción de *P. lotor* usando datos generados con cámaras trampa en la zona del uso público en el PNMA.

2. Marco Metodológico

2.1. Área de estudio

El Parque Nacional Manuel Antonio es un área protegida ubicada en la región del Pacífico Central, en el cantón de Quepos, provincia de Puntarenas, Costa Rica (09° 26' N y 84° 09' O; Figura 1). Del territorio continental de Manuel Antonio, alrededor de un 35 % es bosque tropical húmedo; lo demás se compone de tipos de hábitat heterogéneos (Broadbent et al., 2012; SINAC, 2013). La época seca va de diciembre a mayo y la lluviosa, de junio a noviembre, con una precipitación anual promedio de 3,820 mm que puede presentarse de forma aislada en los periodos secos (Kauffman, 2014). El parque nacional tiene un promedio de 352 especies de plantas, 107 especies de mamíferos terrestres, 56 especies de anfibios, 335 especies de aves y 93 especies de reptiles reportadas en la zona continental (SINAC, 2013); por esto y por su belleza escénica, es un área protegida con alto interés turístico. El PNMA es el más visitado del país; para el año 2019 tuvo una visitación de 513 050 turistas (SINAC, 2019).

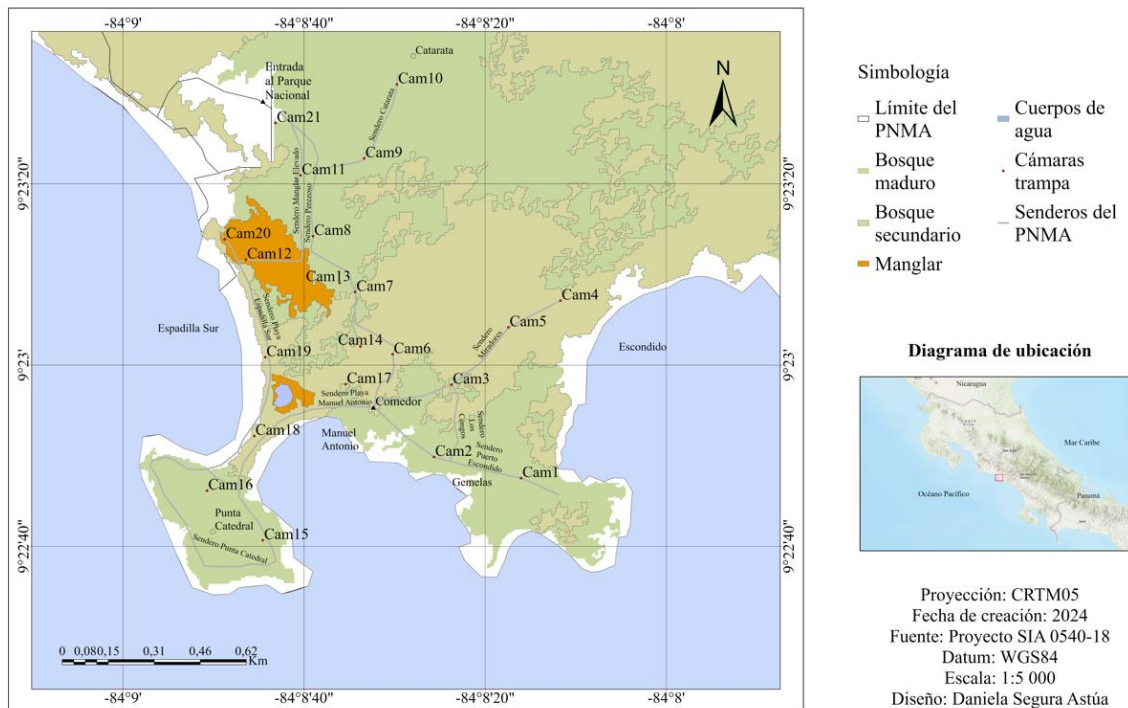


Figura 1. Ubicación de las estaciones de trampeo en el Parque Nacional Manuel Antonio, Puntarenas, Costa Rica. Elaboración propia.

2.2 Generalidades del organismo objeto de estudio

El mapache (*Procyon lotor*) (Linnaeus, 1758) es un mesocarnívoro de la familia Procyonidae, el cual es nativo de Norteamérica y Centroamérica, pero actualmente cuenta con una amplia distribución en toda América, Europa Central y Oriental, y Asia (Gehrt, 2003; Grüneberger, 2022; Komatsu et al., 2021; Valdez et al., 2022). Es una especie oportunista y generalista, adaptada para vivir en diversos entornos naturales e intervenidos por el ser humano, lo que ha causado que se encuentre expandido a lo largo del mundo (Grüneberger, 2022; Myśliwy et al., 2022), asociada a las altas tasas de reproducción y baja mortalidad a causa de otros depredadores (Lotze y Anderson, 1979). Tiene una esperanza de vida de 16 años en estado de cautiverio y en estado silvestre de 12 años, pero la mayoría de los organismos vive hasta cinco años, por lo cual se considera que hay un tiempo de reemplazamiento de la población cada

10 años; las causas de muerte más comunes son las enfermedades, escasez de alimento y atropellos (Salgado, 2015).

Dispone de un cuerpo redondo con cabeza corta y ancha, orejas separadas y redondas, hocico puntiagudo y corto, además de una cola anillada entre cinco y siete bandas (Koepfli et al., 2007). Posee una coloración oscura en el pelaje alrededor de los ojos, con un borde claro contrastante; con la cola peluda y anillada, con tonos claros y oscuros, y en el resto del pelaje mantiene un tono entre café y gris (Koepfli et al., 2007; Reid et al., 2010; Lotze y Anderson, 1979). Posee un tamaño mediano (Morton, 2021), con un peso entre cinco y ocho kilogramos (Lotze y Anderson, 1979). Son animales plantígrados; tienen cinco dedos, con garras cortas y recurvadas, sin capacidad retráctil, con una alta capacidad motora de manipular objetos con las patas, y al andar apoyan la planta de las patas, lo cual deja marca de los dedos sobre el suelo, los cuales son largos, separados y finos (Koepfli et al., 2007; Lotze y Anderson, 1979). El color de las patas es relativamente uniforme, por lo que se diferencia de *Procyon cancrivorus*; tiene la parte posterior de los muslos de un tono más oscuro, cercano al negro (Wainwright, 2007). Tienen un cerebro que es considerado grande para el tamaño del organismo, lo cual se suele relacionar con el desempeño cognitivo que estos poseen, una buena visión y destreza manual, lo que fomenta la exploración y habituación (Morton, 2021). La fórmula dental del mapache es: 3.1.4.2 / 3.1.4.2, 40 piezas totales; con las cúspides de premolares y molares redondeadas y aplanadas (Koepfli et al., 2007).

Los mapaches suelen mantener una proximidad a las zonas que poseen cuerpos de agua, ya que esta representa un elemento importante en la obtención de recursos (Fiderer et al., 2019; Janzen, 1991); también se pueden asociar a entornos más urbanos que faciliten la obtención de alimento (Salgado, 2015). La dieta del mapache es variada e incluye desde cangrejos, artrópodos, anfibios, huevos y hasta desperdicios o restos de alimentos en zonas urbanas (Salgado, 2015). Sin embargo, como es un animal oportunista que ha logrado adaptarse a diversos entornos, muchos con alta presencia humana, la disponibilidad de recursos tendrá efecto en su dieta; principalmente, si hay escasez de alimento, consumirá el que sea más fácil de conseguir, y en consecuencia se generarán cambios comportamentales (Demeny et al., 2019; Farrera-Hernández, 2017; Hernández-Hernández et al., 2018) o causará una expansión en las

zonas de uso por parte de estos animales (Komatsu et al., 2021; Rulison et al., 2012; Salgado, 2015).

Procyon lotor es una especie mayormente nocturna (con picos de actividad principalmente entre las 20:00 y 6:00 horas) y algunas poblaciones esporádicas poseen actividad de tipo catemeral (con horarios crepusculares y pocas horas durante el día); aun así, se quedan en los refugios durante la mayor parte del día, como huecos de árboles, madrigueras, cuevas, estructuras urbanas y demás, donde las hembras cuidan a las crías (Grüneberger, 2022; Hernández-Hernández et al., 2018; Kochmann et al., 2021; Salgado, 2015; Valdez et al., 2022). Su patrón de actividad, movilización y distribución está relacionado con la disponibilidad de recursos, tales como alimentación o reproducción, por lo cual logra adaptarse a diferentes entornos, aunque estén intervenidos por humanos (Hernández-Hernández et al., 2018; Prange et al., 2004).

Los mapaches poseen dimorfismo sexual, presentan los genitales expuestos en ambos sexos y diferencias de tamaño notable. Los machos son más grandes en comparación con las hembras (Salgado, 2015). Este mismo autor menciona que estos animales cuentan con un sistema poligínico: los machos dominantes se emparejan con varias hembras, mientras que las hembras solo se suelen emparejar con un solo macho. Los machos realizan una mayor expansión por requerimientos energéticos y de apareamiento, pero las hembras se suelen asociar a puntos específicos, como fuentes de agua, que les otorgan un recurso para el desarrollo de las crías (Salgado, 2015).

2.3. Diseño de investigación

Este proyecto de graduación forma parte del proyecto de investigación “Estado poblacional y salud del mono tití, mono carablanca y mapache en las áreas aledañas del Parque Nacional Manuel Antonio”, código SIA 0540-18, coordinado por el Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS-UNA). Se trabajó con los datos registrados por 16 cámaras trampa colocadas en abril del 2021 y cinco en octubre del 2021. Aunque el muestreo continuó, los datos para este trabajo se tomaron hasta mayo del 2023. Para cumplir los objetivos de esta tesis, solo se utilizaron los datos de mapaches.

Se utilizaron cámaras Bushnell Trophy Cam HD (119717CW) con iluminación infrarroja y con una memoria de 64 MB. Fueron colocadas dentro del área de uso público del parque, en sitios donde se habían registrado anteriormente mapaches o porque se encontraron rastros (huellas o heces) de los mismos (Figura 1). La ubicación de cada cámara fue registrada con un GPS (Anexo 1). Las cámaras se colocaron en árboles, a una altura de aproximadamente 50 centímetros sobre el nivel del suelo, y fueron configuradas para tomar videos con un tiempo aproximado de reacción y captura (tiempo de retraso) de 5 segundos ante cada movimiento, y con una duración de 12 segundos de grabación. Se colocó la hora y la fecha exacta en el registro de la configuración de la cámara. No se colocaron atrayentes o cebos.

Al activar y cerrar la cámara, se les colocó plastilina alrededor de los bordes para evitar que el agua ingresara al interior y se reforzó colocándole cinta de ducto encima de la plastilina (Figura 2). Finalmente, se corroboró que la cámara estuviera en funcionamiento, por medio de un sensor lumínico que se activa en presencia de movimiento. Se revisaron aproximadamente cada 60 a 90 días para asegurar el correcto funcionamiento de cada una y hacer cambios de baterías y de tarjetas de memoria.



Figura 2. Cámara trampa usada en el muestreo durante el trabajo de campo, con restos de plastilina y cinta. Foto propia.

Los videos obtenidos fueron procesados con el software Timelapse Image Analyzer 2.0, este software, el cual permitió registrar automáticamente la fecha y la hora en que cada mapache fue registrado, así se proporcionó un control preciso del tiempo. Posteriormente, se realizó una identificación de mapaches presentes en cada video, se registró el número de individuos avistados y, además, en la medida de lo posible, el sexo de cada uno y el comportamiento observado durante las grabaciones. Se definieron previamente las clases de comportamiento que serían utilizadas en el estudio (Anexo 2). Una vez complementada la revisión de los videos, los datos fueron exportados y organizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Esta información fue posteriormente utilizada para realizar análisis estadísticos.

2.4. Descripción de las variables

Cuadro 1. Variables que se registraron en los videos de cámaras trampa

Variable	Descripción de la variable
Cantidad de individuos	<p>Conteo de cada mapache que apareció en los videos. Cuando se observó un mapache caminar hacia una dirección y luego de segundos se observó el mismo mapache devolverse, se tomó solo como un único registro, para evitar la sobreestimación de la variable.</p> <p>Variable dependiente.</p>
Época climática	<p>La época seca abarca enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre. Los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre correspondieron a la época lluviosa.</p> <p>Variable independiente.</p>
Fecha del registro	El día, mes y año (con el formato de dd/mm/aaaa) en la cual se realizó el registro.

Variable independiente.

Hora del registro

Con un formato de hh:mm:ss.

Variable independiente.

Rango de visitación

Los datos de visitación diaria fueron proporcionados por el encargado del PNMA, y se refieren al número de turistas que ingresaron diariamente al parque nacional. Se generaron cuatro rangos con base en la capacidad de carga del parque nacional antes y después de la pandemia. Antes de la pandemia, la capacidad del parque era de 600 turistas entre semana y 800 los fines de semana, y posterior a la pandemia, la capacidad de carga fue subida a 1500 visitantes diarios. La visitación nula corresponde a los días con cero visitantes, martes en los cuales el parque nacional estuvo cerrado, de un turista a 600 turistas (visitación baja), de 601 a 1500 (visitación media), de más de 1500 visitantes diarios (visitación alta).

Variable independiente.

Sexo

Se registró hembra, macho y “No identificado”. Cuando se registraron individuos de ambos sexos en un video, fue clasificado como “grupo mixto”.

Variable dependiente.

2.5. Descripción del análisis realizado

Se utilizó una base de datos depurada que contenía registros independientes de mapaches. Los registros independientes son aquellos separados en intervalos de media hora para evitar la repetición de datos y la sobreestimación (Cossios y Zevallos, 2019). Se realizó una prueba de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, que indicó que los datos no seguían una distribución normal y, por lo tanto, se aplicó estadística no paramétrica. Los análisis se hicieron con el uso de Rstudio (RStudio Team, 2024) y ArcGis PRO (Esri, 2023).

2.5.1. Índice de tasa fotográfica

Para determinar la tasa fotográfica se usaron los registros fotográficos independientes entre los días activos de las cámaras trampa, multiplicado por 100 (Bowkett et al., 2008; Rovero y Marshall, 2009). Los días trampa corresponden a la diferencia entre las fechas iniciales de la colocación y activación de las cámaras con respecto a las fechas finales de estas.

Para la determinación del índice de tasa fotográfica se asumieron los siguientes supuestos señalados por Mandujano (2019):

1. Relación lineal positiva entre la abundancia y el índice.
2. Para una misma especie, el índice se comporta de manera similar en diversas localidades o estaciones del año.
3. Constante o similar probabilidad de detección para una misma especie.

Se aplicó un modelo lineal generalizado (MLG) para examinar la influencia de variables independientes sobre la variable respuesta, que es la tasa fotográfica. Se consideró la familia de Poisson para los modelos. Se utilizaron los paquetes Metrics (Hlavac, 2015) (calculó el error cuadrático del modelo que permitió conocer la discrepancia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo) y DescTools (Signorell et al. 2023) que permitió conocer el pseudo R-cuadrado (permitted evaluar el ajuste del modelo) de cada modelo. Los modelos construidos abarcaron diversas combinaciones de las variables independientes para conocer su posible efecto sobre la tasa fotográfica. Se utilizó el criterio de información de Akaike (CIA) para considerar el mejor ajuste y la raíz del error cuadrático medio (rmse) para medir la diferencia entre los valores observados con los valores predichos por el modelo y saber cuál modelo es el más preciso, además de conocer cuáles las variables influyeron sobre la tasa fotográfica. Se realizó un mapa de calor con ArcGis PRO (Esri, 2023) para la visualización de las tasas dentro del área de uso público del parque.

2.5.2. Patrón de actividad

Se utilizaron los paquetes “CircStats” (Lund y Agostinelli, 2012), “Activity” (Rowcliffe, 2023), “Scales” (Wickham & Seidel, 2022) y “Circular” (Agostinelli y Lund, 2017) para el análisis del patrón de actividad. El enfoque combinó el análisis del periodo circular y el periodo temporal de Kernel para poder caracterizar la actividad de los mapaches en momentos específicos del periodo circadiano. Esto permitió identificar patrones repetidos de actividad y estimar la distribución temporal para poder realizar comparaciones entre distintos grupos. Se comparó el patrón de actividad por rango de visitación, meses, años, comportamientos observados y sexo. Se consideraron los intervalos de tiempo propuestos por Arispe et al. (2008) y Hernández-Hernández et al. (2018), que corresponden a diurno (08:01-17:59), nocturno (20:01-05:59), crepuscular (06:00-08:00 y 18:00-20:00) y catemeral (aquellos registros que no coinciden con las clasificaciones anteriores y mantienen comportamientos diurnos, nocturnos y crepusculares de forma esporádica).

El análisis del periodo circular se realizó con la función “Circular” para ajustar los datos de tiempo en un formato de 24 horas y poder generar el diagrama de rosa. Para cada variable, se identificó la hora pico de actividad, definida como la hora de mayor concentración de eventos. Se calcularon medidas de tendencia central, dispersión, concentración e intervalos de confianza (Anexo 3). Adicionalmente, se aplicó el Watson test para dos muestras, el cual evaluó si dos distribuciones de actividad difieren significativamente. Además, se realizó el análisis de Rao’s Spacing el cual indicó si los datos están agrupados en ciertos intervalos, uniformidad o direccionalidad; un valor alto sugiere una distribución más uniforme. La función rho.circular se utilizó para calcular la longitud del vector promedio y proporcionar un indicador de la concentración de los datos.

Se utilizó la función de densidad de Kernel para modelar el patrón temporal de actividad, lo que permitió evaluar las horas de mayor actividad de los mapaches. Esta metodología complementó el análisis del periodo circular, proporcionó una representación más detallada de los niveles de actividad a lo largo del tiempo. Los paquetes “Activity” y “Scales” fueron utilizados en combinación con la función “Rescale” para convertir las horas en decimales y luego en radianes, lo que facilitó el ajuste de los modelos de Kernel. Seguidamente, se realizaron

tres modelos con el comando “Fitact”, lo que permitió estimar los niveles de actividad con base en una distribución estadística sobre los datos de tiempo en los que el mapache ha sido observado. Los intervalos de confianza que fueron corroborados mediante la función “BootCI”. Finalmente, las comparaciones entre los modelos de densidad de Kernel se realizaron con la función “compareCkern”, lo que permitió evaluar las diferencias en los patrones de actividad de distintos grupos.

2.5.3. Área de acción

Para determinar el área de acción mínima se utilizó el software ArcGIS Pro y se implementó el método de Polígono Mínimo Convexo (PMC). En este análisis, se emplearon las coordenadas geográficas correspondientes a los registros obtenidos, se empleó la herramienta Minimum Bounding Geometry y se utilizó la geometría CONVEX_HULL. Solo los registros separados por al menos 24 h fueron considerados independientes y utilizados en el cálculo, con el fin de obtener una estimación más precisa del área de acción mínima (Maffei y Taber, 2003). Adicionalmente, durante el análisis de cada video se identificaron rasgos característicos que permitieron diferenciar entre individuos. Esto facilitó el seguimiento específico de un macho y una hembra, y permitió realizar un análisis detallado del uso del espacio por cada uno de ellos.

3. Resultados

Entre el 14 de abril de 2021 y el 22 de mayo de 2023 se registraron 4 022 videos con presencia de mapaches, que sumaron 5 409 individuos observados. Tras ajustar los registros para considerar solo las detecciones independientes (separadas por >30 min), se obtuvo un total de 3 798 vídeos y 5 105 mapaches observados. En 2021 se registraron 1,032 videos de mapaches. En 2022 se registraron 2,640 videos; y en los meses de estudio correspondientes a 2023, se registraron 350 videos. A partir de este punto, se hará referencia únicamente a los registros independientes.

3.1 Presencia y tasa fotográfica.

Se registraron mapaches en las 21 cámaras colocadas, lo que reflejó su presencia dentro de toda el área de uso público del parque nacional (Figura 3). En promedio, se registraron 3,78 (DE = 0,273) observaciones diarias por estación de trampeo y cada video mostró un promedio de tres mapaches (DE = 0,241). El 16,923 % de los mamíferos registrados en el parque nacional corresponden a mapaches.

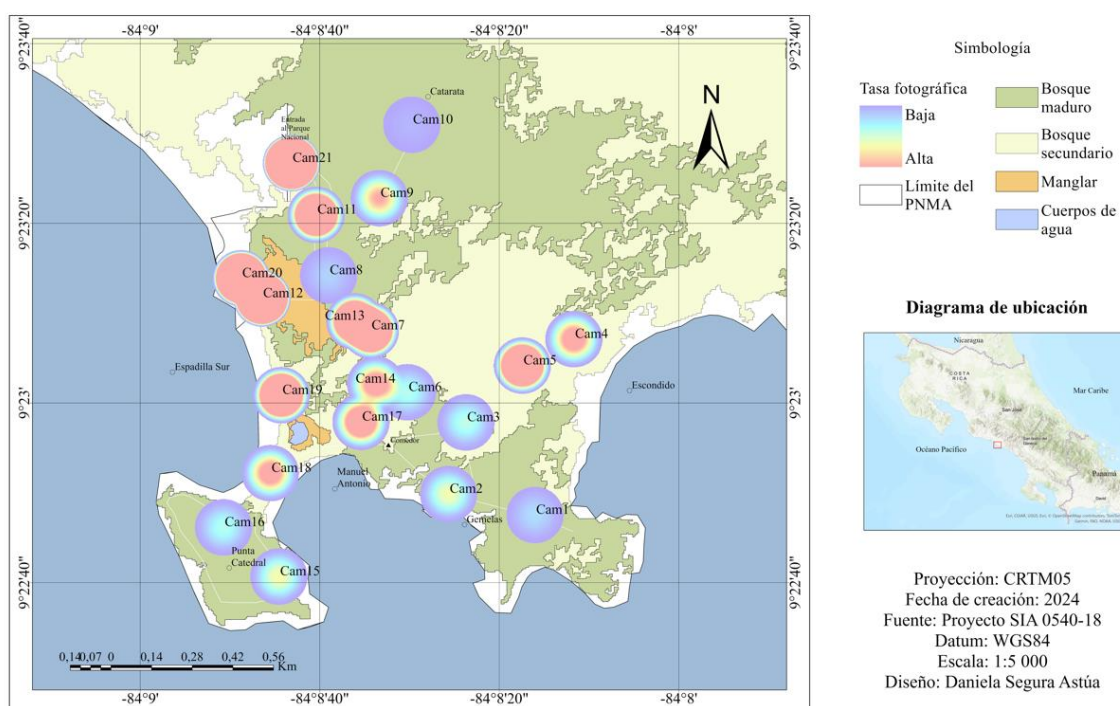


Figura 3. Mapa de calor de las tasas fotográficas por estación de trampeo en el PNMA. Los colores más cálidos representan los valores más altos en tasa fotográfica. Elaboración propia.

Se registró una tasa fotográfica de mapaches de 3,94 detecciones por cada 100 fotografías (Anexo 4). Además, el modelo lineal generalizado (MLG) empleado para analizar la variación de la tasa fotográfica a lo largo de la semana indicó que los martes presentaron una tasa fotográfica más alta en comparación con los demás días (ES = 0,135, Z = 2,147, p = 0,031,

CIA = 42 801,50). En promedio, la tasa fotográfica fue 1,765 veces mayor los martes en comparación con el resto de la semana.

Las zonas con tasa fotográfica elevada coincidieron con los puntos en donde suele haber alta presencia de turistas en el parque, como la zona de la entrada principal del parque nacional y los senderos que conducen al manglar (Anexo 5), esta es la ruta más usada por los turistas para acceder a la playa. También hubo una elevada tasa fotográfica en la zona cercana a la soda del parque. Las zonas con menor tasa fotográfica correspondieron a las zonas más alejadas del área de uso público, el sector de sendero Catarata, Miradores, Puerto Escondido y Punta Catedral (Figura 1). El MLG mostró que la ubicación de las estaciones de trampeo tuvo un efecto significativo sobre la tasa fotográfica (ES = 0,003, Z = 4,260, p = 2,04e-05). El MLG indicó que más del 50 % de las observaciones de mapaches durante todo el estudio provinieron de estas zonas. En particular, la zona de la entrada (estación de trampeo 21) mostró una significancia (ES = 0,392, Z = 4,211, p = 0,0002), se sugiere que esta área es un punto clave para la presencia y detección de los mapaches.

3.1.1. Tasa fotográfica por sexo

La tasa fotográfica en la zona de uso público del parque nacional mostró una variación significativa en función del sexo de los mapaches. Durante el periodo de estudio, las hembras presentaron una tasa de 52,53/100 fotografías, mientras que para los machos exhibieron una tasa significativamente mayor, con 109,38 detecciones por cada 100 fotografías (Anexo 5). El análisis estadístico, realizado mediante el MLG, confirmó que los machos presentaron una tasa fotográfica significativamente más alta en comparación con las hembras (ES = 0,071, Z = 11,291, p = -2e-16).

3.1.2. Tasa fotográfica por meses y años.

El análisis de los datos mostró una diferencia significativa en la tasa fotográfica entre los meses de muestreo, lo que indicó una variación entre la presencia de los mapaches a lo largo del año (ES = 0,107, Z = 15,500, p = 2e-16). Los meses con las tasas fotográficas más elevadas coincidieron con la época lluviosa, agosto y noviembre son los periodos de mayor actividad

registrada. Agosto presentó la tasa fotográfica más alta ($ES = 0,114$, $Z = 5,285$, $p = 6,67e-05$), con un promedio de detecciones que fue 1,332 veces mayor en comparación con el resto de los meses. Le siguió noviembre con una tasa también significativa ($ES = 0,122$, $Z = 3,419$, $p = 0,009$). En contraste, marzo, que coincide con el final de la estación seca, presentó la tasa fotográfica más baja ($ES = 0,119$, $Z = -4,419$, $p = 0,003$ (Figura 4).

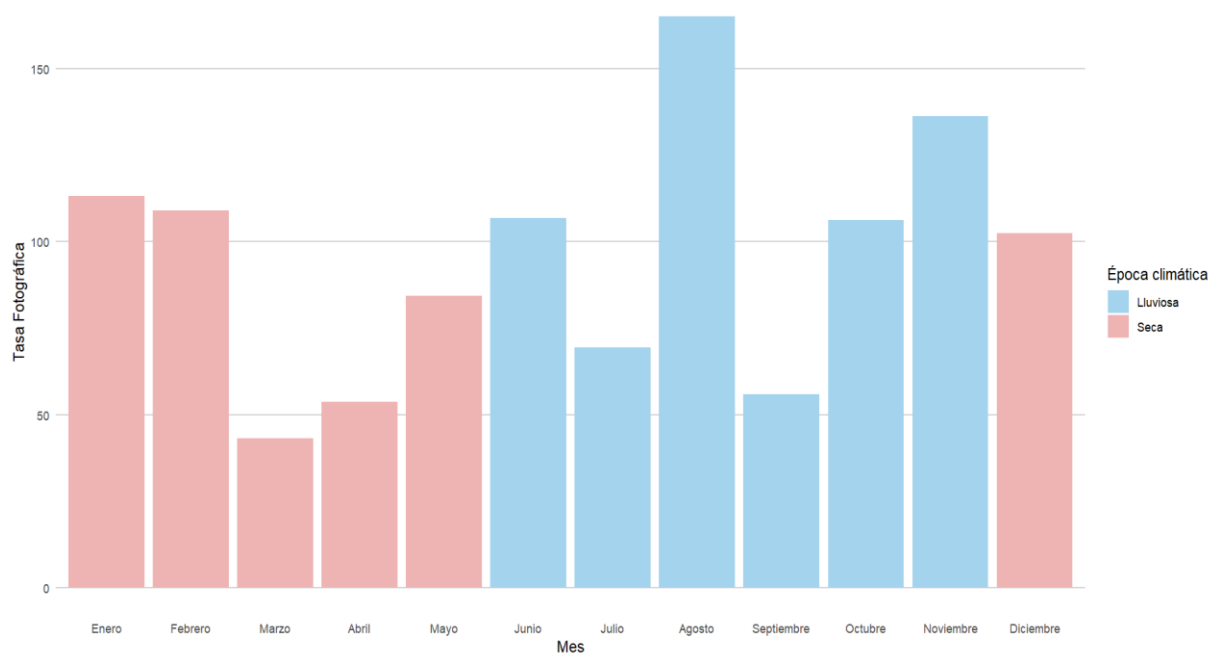


Figura 4. Tasa fotográfica de mapache agrupado por mes de estudio en el PNMA. Nota. Elaboración propia.

En cuanto a las variaciones interanuales, se observó que la tasa fotográfica también mostró diferencias en función del año y los meses de muestreo respectivos ($ES = 0,107$, $Z = 4,512$, $p = 0,0002$). Noviembre de 2021 destacó con una tasa fotográfica de 328,571 ($ES = 0,114$, $Z = 4,285$, $p = 0,0005$), lo que representó 1,215 detecciones más que en noviembre del 2022. Por su parte, agosto del 2021 presentó una tasa fotográfica de 445,057, superior a la de agosto del 2022 ($ES = 0,078$, $Z = 2,145$, $p = 0,004$). Diciembre del 2022 mostró la tasa fotográfica más baja del año, con 24,575, presentó diferencias estadísticas notables ($ES = 0,167$, $Z = 2,091$, $p =$

0,001) y un promedio de detecciones 1,133 veces menor en comparación a los demás meses (Figura 5).

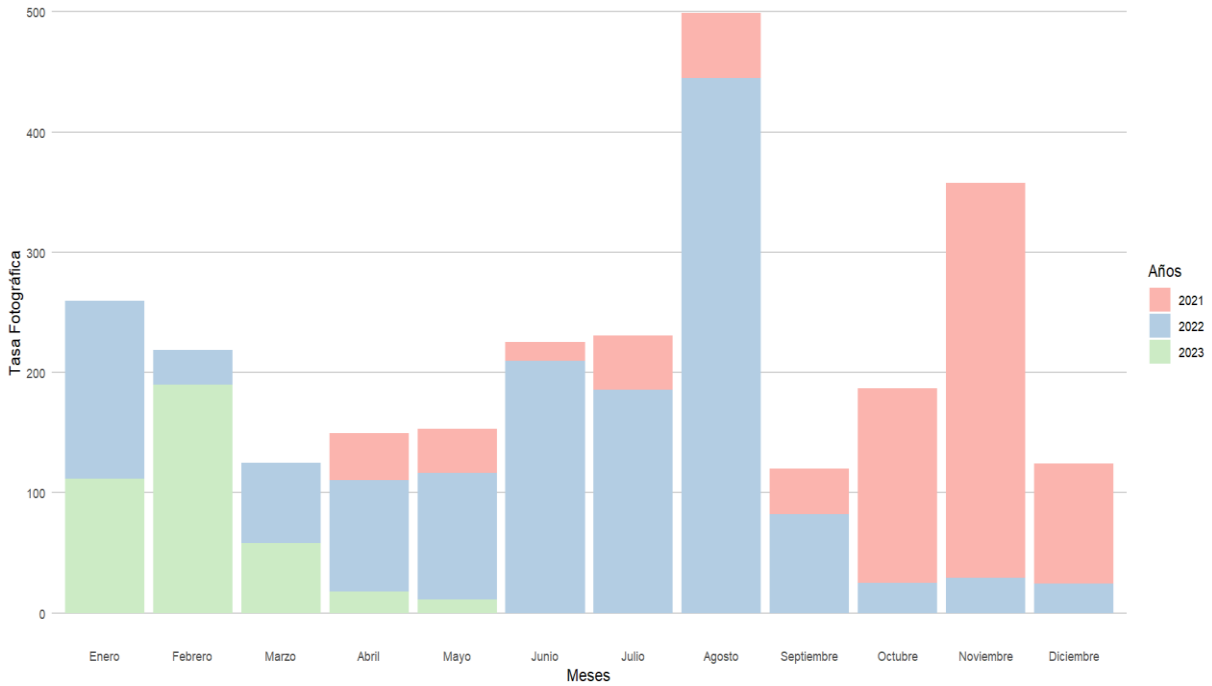


Figura 5. Tasa fotográfica de los mapaches en el PNMA separados por año y meses de estudio. Elaboración propia.

3.2. Patrón de actividad.

3.2.1. Patrón de actividad durante el periodo de estudio.

A nivel general, los mapaches dentro de las áreas de uso público del parque nacional presentaron un patrón de actividad predominantemente nocturno. Con un valor de longitud del vector promedio de 0,321 lo que indicó que la concentración es moderada en los eventos en torno a un tiempo en específico. A pesar de haber presentado dispersión, esta no fue completamente aleatoria; asimismo, la prueba de uniformidad de Rao Spacing mostró un valor de $p < 0,05$, lo cual indicó que, aunque la concentración no fue muy fuerte, existe un patrón que

se aleja de la aleatoriedad. A pesar de que mantuvieron un comportamiento mayormente nocturno, este no se agrupó en una hora específica de la noche y los valores diurnos hicieron que el valor del vector disminuyera (Figura 6). Por lo tanto, aunque hubo un rango amplio de actividad durante la noche, no se identificó una hora específica de mayor actividad.

Presentó interacciones principalmente de las 18:00 y las 06:00 horas, horario catemeral, con una media estadística a las 23:06 horas (95 % IC, 19:05 – 00:00), con picos de actividad a las 20:00 y 02:00 horas. También se observó actividad durante el día, particularmente entre las 09:00 y las 15:00 horas; coincidió con tiempo en el cual el parque nacional se encuentra con alta actividad y movimiento de turistas dentro de las zonas de uso público.

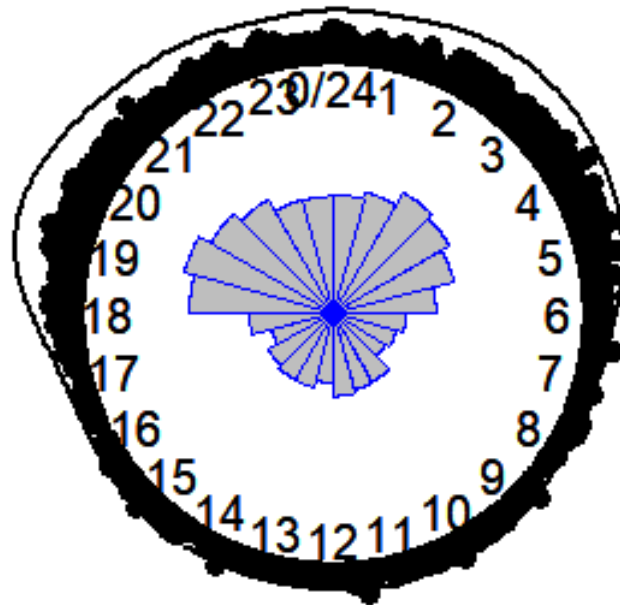


Figura 6. Patrón de actividad por medio de un diagrama de rosa que representa la densidad de los registros de mapaches totales en intervalos de 24 horas. Elaboración propia.

Con base en la densidad de actividad en función del tiempo (Figura 7), se observó un patrón bimodal en el periodo de 24 horas, que resaltó de manera similar lo presentado por el

patrón circular, en donde la actividad de los mapaches fue menor durante el día; sin embargo, con el periodo temporal se observó una actividad mínima en las horas de mañana y la tarde. La actividad principal se concentró en el periodo de la noche, con picos de densidad cercana a los 300, aproximadamente a las 05:00 y las 20:00. Posterior a esos picos de actividad, disminuyó la actividad nocturna; sin embargo, siguió dominante con respecto a la diurna. Ambas figuras coincidieron en que los mapaches tuvieron un patrón de actividad predominantemente nocturno.

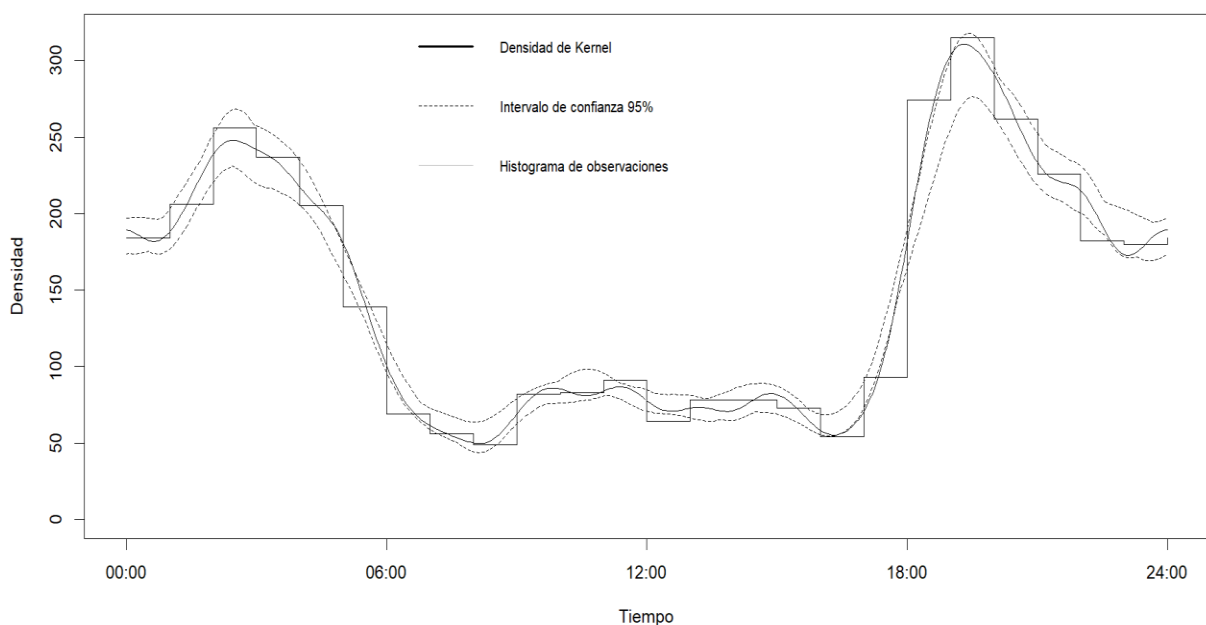


Figura 7. Patrón de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel en el área del uso público del PNMA. Elaboración propia.

3.2.2. Patrón de actividad por sexo.

El patrón de actividad nocturna predominó para ambos sexos. Según el periodo circular, las hembras presentaron mayor actividad alrededor de las 20:00 y las 03:00 horas, con una media estadística a las 22:26 h (95 % IC, 21:05 – 22:08). Los machos, por otra parte, presentaron un patrón de actividad más irregular, con picos también durante el día, especialmente a las 07:00, 09:00, al mediodía y entre las 14:00 y 15:00 horas. La actividad nocturna predominó, con una

media estadística a las 23:11 h (95 % IC, 22:09 – 23:09) y con picos de actividad a las 18:00 y 19:00 horas. La prueba de Watson Test indicó que ambos sexos difirieron significativamente en su patrón de actividad ($p = 0,0002$). Asimismo, el análisis de compareKern, para el periodo temporal de Kernel, corroboró también dicha diferencia significativa (obs = 0,869, null = 0,952, seNull = 0,008, $p < 0,0001$) dado que el valor observado (0,869) fue menor que el valor nulo (0,941), sugirió la diferencia entre los patrones de actividad entre las hembras y los machos, además de que el valor p sugirió una elevada significancia entre ambos sexos. Las hembras mostraron mayor actividad diurna (Figura 8).

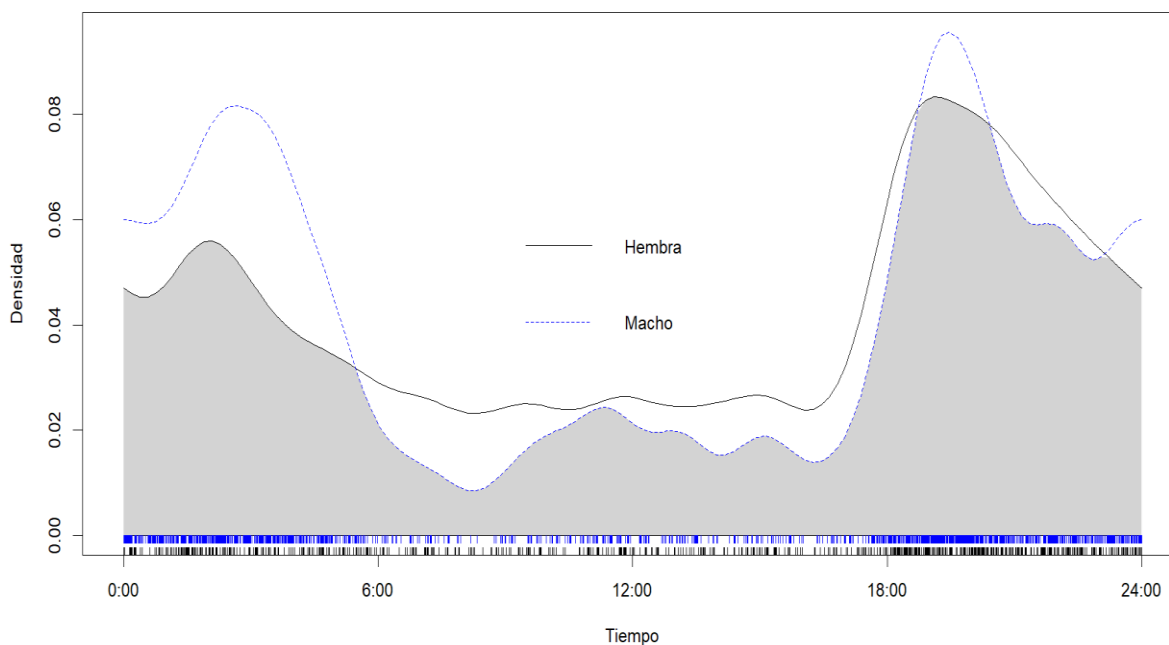


Figura 8. Patrones de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel separado por sexo.
Elaboración propia.

3.2.3. Patrón de actividad según los años y meses.

Según el periodo circular, entre abril del 2021 y abril del 2022 (primer año de muestreo), se presentó un patrón de comportamiento nocturno más pronunciado, con pocos picos de

actividad diurna. La actividad diurna fue más evidente en las horas de la mañana. De mayo del 2022 a mayo del 2023 (segundo año de muestreo), se notó un incremento en la actividad diurna, con picos de actividad que van de las 07:00 a las 16:00 horas. En el rango de abril del 2021 a abril del 2022, la actividad registró una media estadística a las 23:09 horas (95 % IC, 20:01 – 01:56); posteriormente, en el siguiente rango (mayo del 2022 a mayo del 2023), la media cambió a las 22:08 horas (95 % IC, 19:45 – 02:15), lo cual marcó un cambio en la media estadística anual (Watson Test con un $p = 0,0004$). El periodo temporal de Kernel reforzó el análisis del periodo circular (obs = 0,886, null = 0,954, seNull = 0,009, $p < 0,0001$), presentó diferencia entre los años de muestreo (Figura 9).

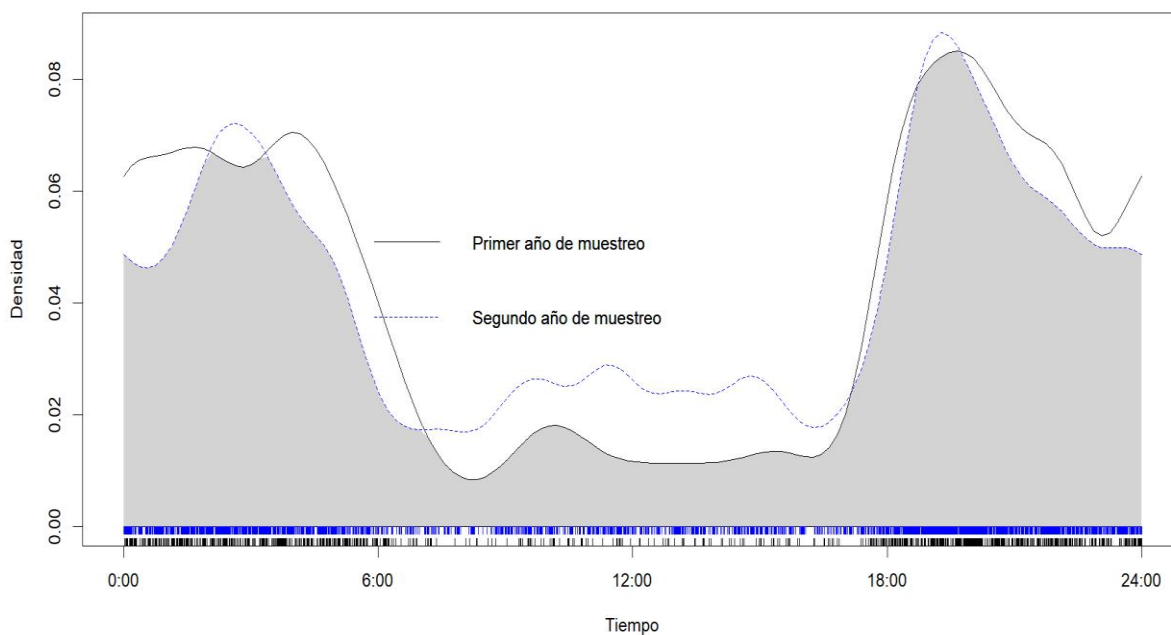


Figura 9. Patrones de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel a partir de abril del 2021 a abril del 2022 (primer año de muestreo) y mayo del 2022 a mayo del 2023 (segundo año de muestreo).

Elaboración propia.

En cuanto a los análisis mensuales, se identificaron variaciones en los patrones de actividad, aunque la actividad nocturna prevaleció en la mayoría de los meses (Anexo 6), especialmente en enero, febrero, abril, mayo, junio, julio, octubre, noviembre y diciembre,

meses correspondientes en su mayoría a la época seca. Por otra parte, marzo, presentó picos considerables de actividad de las 19:00 a las 20:00 horas, pero también mostró un patrón de actividad diurno entre el mediodía y las 16:00 horas, con una media estadística a las 21:52 h (95 % IC, 19:08 – 23:08). Durante la época seca, marzo fue el mes con mayor frecuencia de registros diurnos. Por otra parte, en agosto, correspondiente a la época lluviosa, se registró mayor actividad diurna, con una media a las 20:02 h (95 % IC, 14:16 – 01:06).

3.2.4. Patrón de actividad por el rango de visitación.

Durante los días de visitación baja en el PNMA, se observó un patrón de actividad mayormente nocturno (Figura 10). La densidad de registros diurnos fue cercana a cero y la media estadística de actividad se registró a las 23:55 horas (95 % IC, 23:01 – 01:04). En contraste, durante los días de visitación nula y media, se documentó más registros diurnos, con una densidad alta alrededor de mediodía (95 % IC, 15:01 – 23:09; 95 % IC, 00:00 – 04:05 respectivamente). En días de visitación alta, el patrón de actividad mostró menor variabilidad en comparación con los otros rangos de visitación (95 % IC, 21:09 – 22:08). El modelo del periodo temporal de Kernel indicó que el patrón de actividad registrado durante la visitación baja difirió significativamente entre los patrones de actividad registrados en los demás rangos de visitación: visitación alta ($p = 0,00001$), visitación media ($p = 0,0002$) y visitación nula ($p = 0,000005$).

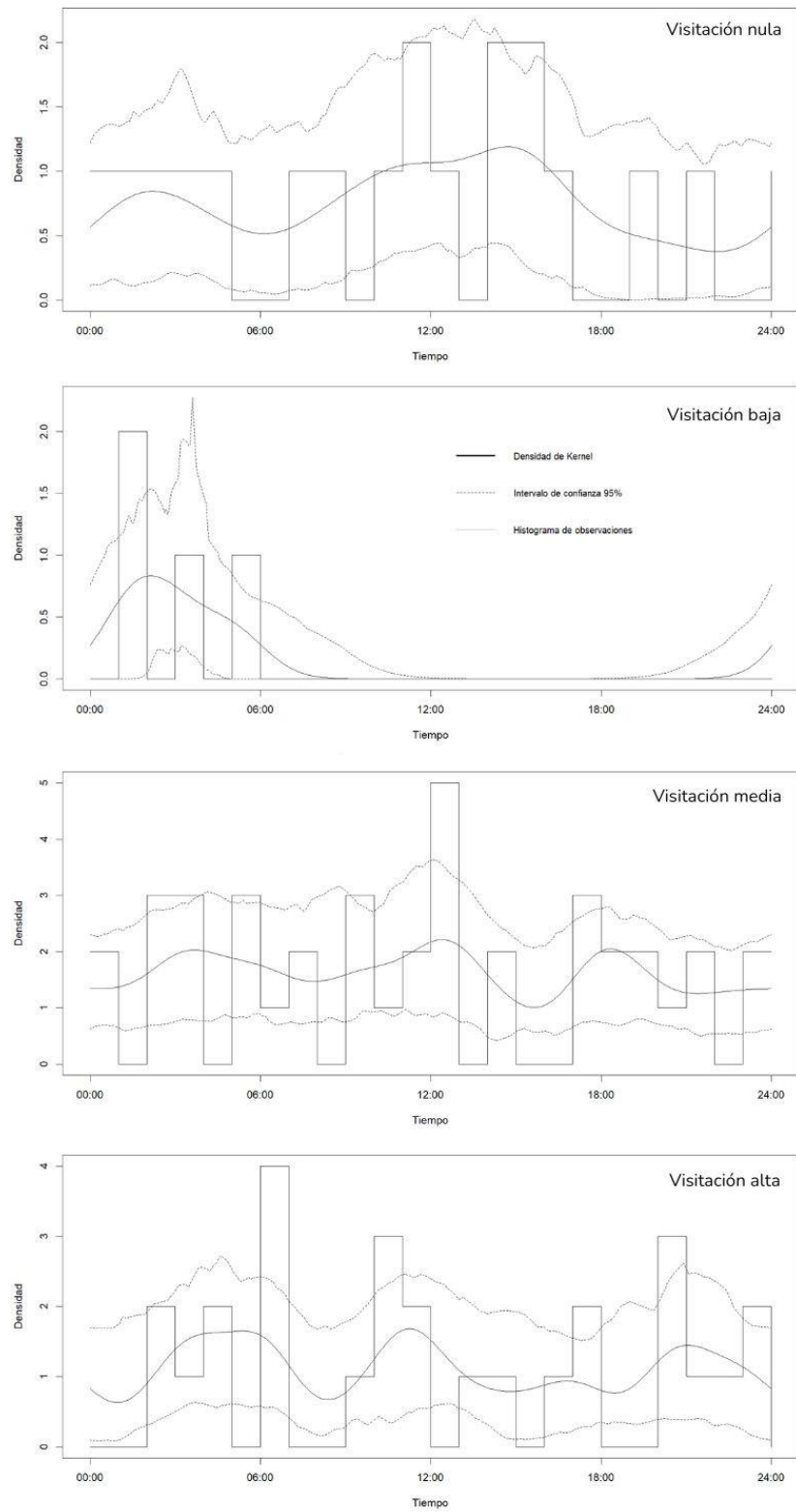


Figura 10. Patrones de actividad por medio de estimación del periodo temporal de Kernel según rangos de visitación nula baja, media y alta. Elaboración propia.

3.2.5. Patrón de actividad por comportamiento registrado

Se observaron diez comportamientos en los mapaches durante el estudio; los más frecuentes fueron caminar y explorar el sitio. El comportamiento de caminar presentó una media estadística de acción a las 22:51 h (95 % IC, 22:06 – 23:09), con un total de 1 940 registros. La exploración del sitio mostró una media estadística de actividad a las 23:39 h (95 % IC, 23:00 – 00:00), con 1 416 registros. Ambos comportamientos siguieron un patrón de actividad similar al patrón general observado en la especie, caracterizado por una predominancia nocturna. El juego también fue un comportamiento nocturno destacado, aunque con menor frecuencia en comparación con caminar y explorar. Otros comportamientos, sin embargo, evidenciaron una mayor variabilidad en los horarios de actividad (Anexo 3).

El comportamiento de alimentación mostró picos de actividad definidos a lo largo de las 24 horas, con una media estadística de actividad a las 23:05 horas (95 % IC, 21:1 – 00:00). Estos picos se concentraron entre las 20:00 y las 21:00 horas, así como entre la 01:00 y las 02:00 horas. No obstante, también se observaron picos de actividad cercanos a las 07:00 horas, que coinciden con la apertura del parque, y entre 15:00 y 16:00 horas, horario que coincide con su cierre. Asimismo, hubo actividad alta cercana al mediodía.

Por último, el comportamiento de correr presentó una media estadística de actividad a las 19:25 horas (95 % IC, 21:01 – 06:26), y mostró mayor variación que otros comportamientos con una tendencia catemeral. Se observaron picos de actividad tanto en horas nocturnas como diurnas, similar al comportamiento de alimentación, pero con una mayor prevalencia durante el día. Por último, el comportamiento de reproducción mostró un patrón de actividad que predominó durante el horario de la mañana, con una media estadística a las 05:58 h (95 % IC, 03:00 – 10:04).

3.3. Área de acción.

El área de acción mínima de los mapaches coincidió con el área de uso público del PNMA. Se identificaron sitios con una presencia constante de individuos, como la entrada al parque, áreas cercanas a la playa y otras zonas con registros dispersos a lo largo del periodo de estudio. Además, se documentaron sectores con muy pocos registros durante los dos años de

estudio, los cuales se encuentran más alejados del centro de la zona de uso público, como el área del sendero de Puerto Escondido y el sendero Catarata. Este último, en particular, solo tuvo registro en 2021, sin ningún otro registro en los años posteriores. Asimismo, en los últimos meses de muestreo no hubo más registros de mapaches en las estaciones de trampeo más alejadas del área de uso público del parque nacional, lo cual señaló una concentración en las zonas centrales del área de uso público.

El área de acción mínima de los machos fue de 122,04 ha, mientras que el área correspondiente para las hembras fue de 99,52 ha. La Figura 11 ilustró el área de acción mínima tanto para machos como para hembras. Los datos sugirieron la existencia de tres estaciones de trampeo en donde no se registraron hembras durante los dos años de muestreo. El primero de estos puntos correspondió al sendero Catarata, una zona caracterizada por su lejanía a las áreas más frecuentadas por turistas. El segundo punto sin presencia de hembras fue cerca de una estación de trampeo ubicada en las proximidades de la calle interna del parque nacional, que conduce a la zona del comedor. Finalmente, la tercera zona sin registros de hembras correspondió a la estación de trampeo 16, situada al final del sendero Playa Espadilla, en dirección al sendero Punta Catedral.

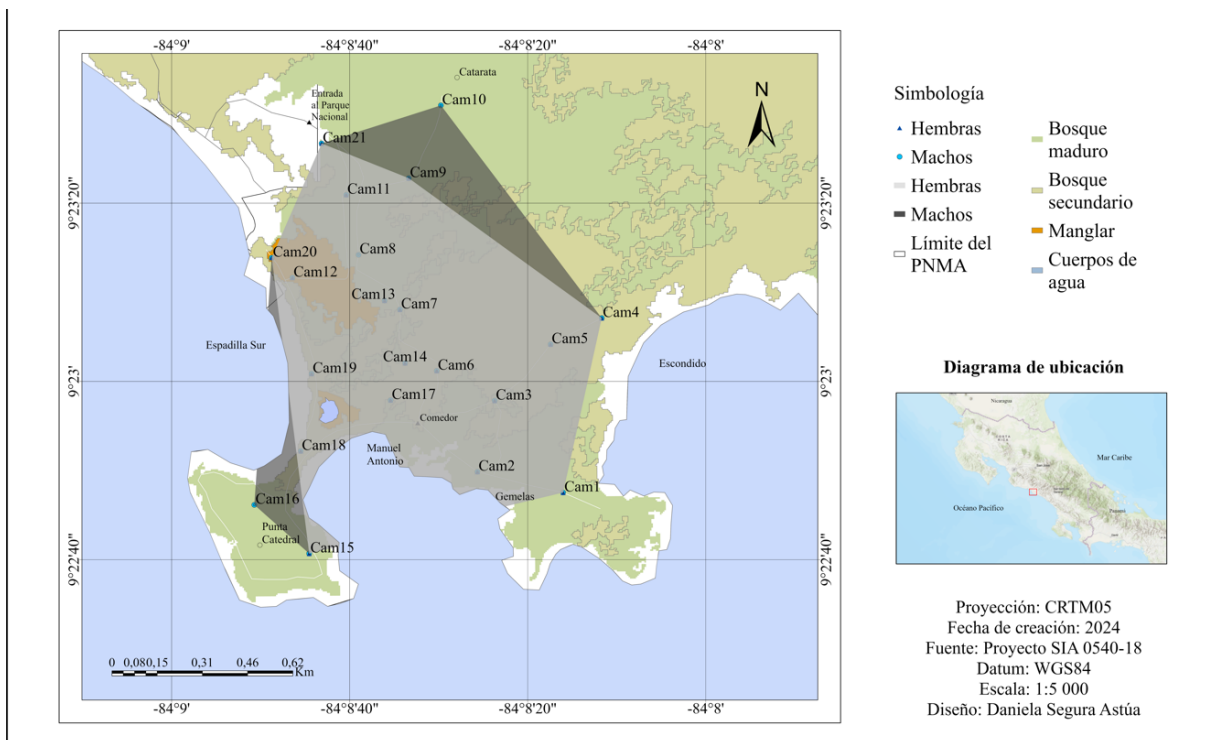


Figura 11. Polígono mínimo convexo de las áreas mínimas de acción de los mapaches separado por sexo, dentro de las áreas de uso público del PNMA, durante todo el periodo de muestreo.

El área de acción mínima de los dos individuos identificados, un macho y una hembra, se presentó en la Figura 12. Ambos mapaches fueron registrados tanto en días de media como de alta visitación; este último rango fue el que concentró el mayor número de registros. El individuo macho fue registrado en 44 ocasiones a lo largo de siete estaciones de trapeo distribuidas en diversas zonas clave del parque nacional: la zona cercana a la entrada, el sendero Manglar El Elevado, sendero Plata Espadilla Sur, sendero Punta Catedral y al inicio del sendero Catarata. Por otro lado, la hembra fue registrada en cinco estaciones de trapeo y detectada en 15 ocasiones. Los registros del macho se dieron en el periodo del 2021 al 2023, mientras que la hembra fue registrada entre el 2021 al 2022. En ambos casos, la zona de la entrada del parque nacional presentó la mayor densidad de registros durante el tiempo de muestreo, como lo indicó el análisis de densidad de Kernel.



Figura 12. Mapaches con marcas visibles usados para estimar parte del área de acción mínima de la especie dentro de las áreas de uso común. A representa al mapache macho y el lado B a la hembra.

El análisis del área de acción mínima reveló que el área mínima ocupada por el macho (39,878 ha) se superpuso parcialmente con la de la hembra (16,350 ha) (Figura 13). A pesar de esta superposición, se observó que la hembra concentraba su actividad principalmente en el centro de la zona de uso público del parque nacional. Asimismo, el 72,7 % de la actividad realizada por el macho en dicha área fue realizada en horario diurno, mientras que el uso de área por parte de la hembra solo presentó un 12,5 % de registros diurnos.

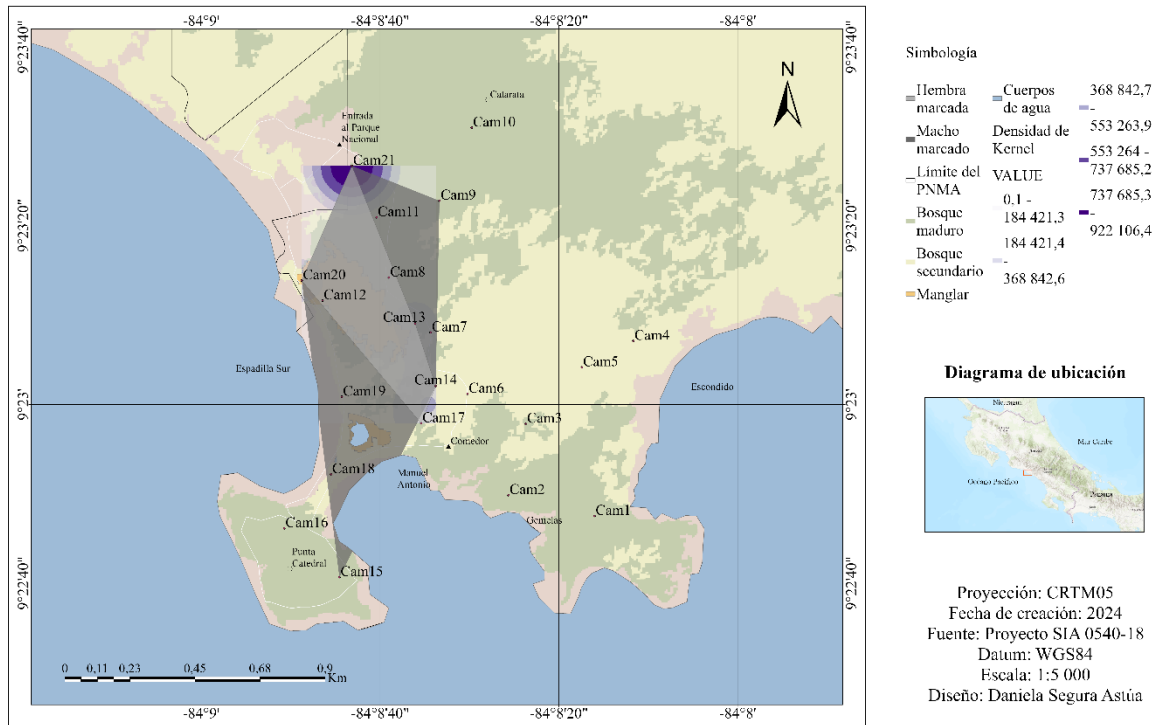


Figura 13. Polígono mínimo convexo que demarca el área de acción mínima utilizada por los dos mapaches identificados, además de la densidad de Kernel de ambos sexos.

4. Discusión

Los resultados de esta investigación, basados en cámaras trampa, proporcionaron nuevos aportes sobre la dinámica espacial y temporal de los mapaches, particularmente en relación con la presencia de turistas actual; estos acompañan lo investigado anteriormente con radiocollares en el PNMA (Carrillo, 1990; Ferrera-Hernández, 2017). Durante el estudio realizado por Carrillo (1990), la visitación anual al parque nacional fue estimada en aproximadamente 127 mil turistas. Posteriormente, Ferrera-Hernández (2017) registró un aumento de la visitación a 415 728 turistas en el 2015, y 445 128 turistas en el 2016. Este incremento continuó, entre abril hasta diciembre del 2021, el parque nacional recibió 237 649 turistas, mientras que en 2022 la cifra se elevó a 495 440 turistas. Esto supera los valores reportados anteriormente por Ferrera-

Hernández (2017). Además, en los primeros cinco meses (enero a mayo) del 2023, en el PNMA ya se habían registrado 255 107 visitantes, lo que sugirió una tendencia al alza sostenida con respecto a la visitación en el parque nacional.

4.1. Presencia y tasa fotográfica

Con base en estudios previos en el PNMA (Carrillo, 1990; Farrera-Hernández, 2017), se anticipaba que la tasa fotográfica de los mapaches sería baja en esta investigación, dado que se han producido cambios importantes en el entorno y los recursos disponibles que los mapaches tenían anteriormente. Farrera-Hernández (2017) destacó que estos animales tenían inclinación hacia los alimentos proporcionados por los turistas y que habían desarrollado una dependencia a la presencia humana. Sin embargo, las restricciones sanitarias a causa de la pandemia redujeron este recurso proporcionado por los turistas, lo cual afectó a la presencia de mapaches en el parque nacional. A pesar de la reducción de la población de mapaches en el PNMA observada por Farrera-Hernández (2017) en comparación con lo reportado por Carrillo (1990), en el presente estudio no se registraron cambios bruscos con respecto a la presencia de mapaches dentro de las zonas de uso público del parque nacional.

En cuanto a la tasa fotográfica, los resultados obtenidos variaron según el punto de muestreo. Kelly y Holub (2008), en su estudio realizado en Salt Pond Mountain, Virginia, reportaron una tasa fotográfica de 2,81/100 para *P. lotor*. Este valor fue comparable con las tasas más bajas registradas en algunas estaciones de trampeo en la zona de uso público del PNMA, y con una tasa fotográfica máxima de 3,94/100. Aunque la tasa en el PNMA fue mayor, esta diferencia no implica necesariamente una mayor densidad poblacional de *P. lotor*. En cambio, puede atribuirse a diferencias en el diseño experimental, el esfuerzo de muestreo, las características ecológicas de cada sitio y, a su vez, a la presión humana sobre el área de estudio, lo que pudo fomentar mayor presencia del mapache en esa zona y momento en específico.

La variabilidad en la tasa fotográfica entre diferentes estaciones de trampeo dentro del PNMA resaltó cómo las condiciones locales, incluida la presión de los visitantes, afectaron la presencia de los mapaches. En el actual estudio se observó cómo las zonas con mayor presión turística presentaron mayor presencia de mapaches y una mayor tasa fotográfica. Marques y

Fábian (2018) confirmaron que la cantidad de registros de individuos puede fluctuar según el punto de muestreo, colocación de las cámaras y el estado que tenga el entorno. Las zonas en el PNMA con alta presión turística, en las cuales se ubicaban las estaciones de trampeo 12, 20 y 21, registraron tasas fotográficas más altas, lo que coincide con los hallazgos de Prange, et al. (2004), quienes señalaron que los turistas tienden a generar atracción de los mapaches hacia áreas específicas, lo cual afectó la distribución y presencia de estos animales. Además, fue una zona expuesta por las actividades socioeconómicas aledañas al parque nacional. En contraste con zonas menos concurridas en el parque nacional, en donde estaban ubicadas las estaciones de trampeo 1 y 10, presentaron tasas fotográficas menores, lo que subraya la relación entre la presencia humana y la actividad de los mapaches.

Un aspecto de interés observado en este estudio es la presencia de los mapaches en relación con la presencia de turistas durante la semana. Los martes, cuando el parque estuvo cerrado, se registró una mayor tasa fotográfica en toda el área de uso público, en comparación con los fines de semana, lo que sugiere que estos animales ajustaron su comportamiento diario en respuesta a la presencia humana. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Medrano (2014), quien documentó que la presión turística en áreas de conservación tiende a generar una respuesta negativa en la presencia de fauna silvestre, particularmente en zonas con escasa cobertura vegetal, como la entrada del parque nacional o las zonas cercanas a la playa. Medrano (2014) también señaló que las especies omnívoras suelen mostrar mayor rechazo ante la presencia humana. Se podría suponer que los días en los cuales el PNMA estuvo cerrado, los mapaches aumentaron su movilidad para explorar el sitio y conseguir recursos, por lo cual salieron más y aumentó la presencia en esos días en particular; y durante los periodos con presencia humana, los movimientos se restringieron.

Los mapaches machos presentan requerimientos de recursos y parejas reproductivas mayores en comparación con las hembras, lo que está estrechamente relacionado con su comportamiento territorial y de competencia, lo que pudo impulsar a aumentar su desplazamiento en búsqueda de satisfacer estas necesidades (Salgado, 2015). Por lo tanto, es coherente que se haya observado en este estudio una tasa fotográfica más alta en machos, ya que la competencia por parte de los machos es mayor y les motiva a ser más activos. A su vez,

la actividad de los mapaches también pudo estar relacionada con factores climáticos, que afectaron la disponibilidad de alimentos en diferentes épocas climáticas; además, durante períodos de gestación, las hembras tienden a ser menos activas, ya que priorizan la seguridad de sus crías y suelen buscar alimentos cerca de sus refugios (Prange et al., 2004). En este contexto, la menor tasa de avistamientos de hembras en el PNMA pudo estar relacionada con esta reducción en el desplazamiento durante periodos de cría; sin embargo, una vez que las crías crecieron y se volvieron más independientes, las hembras reanudaron su búsqueda activa de recursos e incrementaron su actividad en el hábitat (Prange et al., 2004).

En relación con las diferencias en la tasa fotográfica observadas entre años y meses, es posible que estos cambios estuvieran influenciados por factores climáticos que no fueron registrados en este estudio, dado que el clima no es homogéneo todos los años en el PNMA. La variabilidad climática pudo afectar la presencia y actividad de los mapaches, quienes, ante condiciones de estrés ambiental, tienden a refugiarse, lo que resultó en una disminución de su actividad observable; alternativamente, los mapaches pudieron desplazarse hacia áreas con condiciones más favorables, lo que pudo generar fluctuaciones importantes en su presencia en sitios específicos dentro del parque nacional (Grüneberger, 2022). Además, los cambios climáticos pudieron aumentar las dificultades que enfrentan los mapaches para acceder a refugios y fuentes de alimento, particularmente el agua, un recurso vital para su supervivencia (Chamberlain et al., 2007; Janzen, 1991). Por ejemplo, la intensa sequía que a menudo se presenta en marzo y las fuertes lluvias que ocurren en septiembre en el PNMA crean un entorno complejo y desafiante para la búsqueda de recursos, por lo cual la presencia de estos animales en el parque pudo variar bruscamente (Grüneberger, 2022).

4.2. Patrón de actividad

Los resultados de este análisis revelaron que los mapaches en el PNMA mantuvieron un comportamiento predominantemente nocturno, con picos de actividad durante las horas crepusculares y algunos registros diurnos. Los resultados de este estudio y los anteriores evidenciaron los constantes cambios comportamentales que han realizado los mapaches dentro

del parque nacional (Carrillo, 1990; Farrera-Hernández, 2017). Carrillo (1990) describió un patrón similar, donde los mapaches mostraron actividad mayormente nocturna, con picos crepusculares y muy pocos registros diurnos. Sin embargo, Farrera-Hernández (2017) reportó un cambio hacia un patrón de comportamiento diurno (con baja presencia de registros nocturnos), donde los mapaches coincidían con el horario de mayor visitación del parque nacional. Los resultados actuales sugirieron un retorno parcial a un patrón nocturno, aunque con un número considerable de registros diurnos, particularmente en las horas de apertura y mediodía del parque, aunque no llegó a alcanzar lo reportado por Farrera-Hernández en el 2017.

Carrillo (1990) reportó picos de actividad por parte de *P.lotor* durante dos momentos clave, al atardecer (17:00 a las 22:00 h) y al amanecer (03:00 a las 07:00 h), y señaló que *Procyon cancrivorus* mantuvo una conducta principalmente nocturna, de tal forma que se trasladó de noche para evitar a los turistas. En contraste, Farrera-Hernández (2017) reportó que los mapaches mantuvieron mayormente una actividad diurna, con un rango de actividad entre las 08:00 a 14:00 h, lo que representó un 75,9 % de actividad en horario diurno. Los picos de actividad registrados por Farrera-Hernández (2017) se dieron entre las 14:00 y las 07:00 h. Esta autora asoció el área de acción de los mapaches con sus patrones de actividad e indicó que estos animales ajustaron su comportamiento en función de la presencia de turistas. Así, los mapaches tienden a permanecer activos durante los horarios y picos de visitación del parque nacional, lo que les permitió acceder a fuentes de alimento durante las horas de mayor actividad turística. Como resultado, Farrera-Hernández (2017) observó un aumento significativo en los registros diurnos durante las horas de apertura del parque, mientras que los registros nocturnos fueron notablemente escasos.

Sin embargo, en el presente estudio, se observó un patrón opuesto, en donde los picos de actividad más altos ocurren en horarios crepusculares y nocturnos, lo que reflejó el comportamiento natural de los mapaches (Grüneberger, 2022; Hernández-Hernández et al., 2018), con una curva de actividad similar a la presentada por Carrillo (1990), la cual comenzó alrededor de las 18:00 horas y disminuye hacia las 06:00 horas. A pesar de esta tendencia nocturna, también se registró actividad diurna, especialmente en las horas previas al mediodía. Este contraste en los patrones de actividad pudo estar relacionado con diferencias en la presión

turística, la disponibilidad de recursos y las condiciones específicas del PNMA. A diferencia de los resultados de Farrera-Hernández (2017), donde la alta densidad de visitantes parece haber inducido un cambio hacia la actividad diurna, en el PNMA la presión turística durante el estudio actual pudo no ser lo suficientemente constante o intensa como para modificar significativamente el comportamiento natural de los mapaches. Por lo tanto, nuestros hallazgos sugieren que, si bien los mapaches pudieron mostrar cierta plasticidad en sus patrones de actividad en respuesta a la presencia humana, esta adaptación no es uniforme y puede depender de factores locales específicos, como la densidad de turistas y la disponibilidad de recursos.

En otros estudios fuera de Costa Rica, se ha documentado un patrón de actividad mayormente nocturno para los mapaches. Carver et al. (2011), en un estudio en Virginia, Estados Unidos, documentaron que los mapaches (*Procyon lotor*) mantuvieron un tiempo medio de actividad alrededor de las 22:00 horas, sin observaciones de actividad diurna. De manera similar, Symmank et al. (2014), también en Virginia, reportaron picos de actividad crepusculares. Estos autores sugirieron que los mapaches ajustaron su comportamiento en estos períodos como una estrategia para evitar a los depredadores diurnos y nocturnos que habitan la región. Este tipo de comportamiento reflejaron la flexibilidad ecológica de los mapaches al poder ajustar sus patrones de actividad en respuesta a las presiones ambientales. Hanson (2019) corroboró estos hallazgos, observó que los mapaches exhiben su mayor actividad entre las 00:00 y las 06:00 horas, así como entre las 18:00 y las 00:00 horas, en un patrón que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio en el Parque Nacional Manuel Antonio. Grüneberger (2022), en un estudio realizado en Nebraska, Estados Unidos, reportó resultados similares y destacó la tendencia de los mapaches al ser más activos durante la noche, lo que sugirió que este comportamiento nocturno con picos crepusculares es generalizado, independientemente de la composición de la flora y fauna del área. La similitud entre los resultados obtenidos en el PNMA y los estudios previos sugirió que los patrones de actividad de los mapaches están mayormente influenciados por factores externos como la actividad humana.

Los patrones de actividad de los mapaches pudieron variar en respuesta a los estímulos presentes en su entorno, lo que se traduce en cambios en sus horas de actividad y reposo; a su vez se mencionó que estos patrones de comportamiento también dependieron de la ubicación en

la que se encuentren los animales, ya sea en un bosque profundo o en los bordes de este (Marques y Fábian, 2018). Por lo tanto, no se descartó la posibilidad de que los mapaches presenten más variaciones en el patrón de actividad fuera del área de uso público del PNMA. A pesar de esto, se sugirió que los animales que habitan en zonas con efecto de borde suelen experimentar alteraciones en sus patrones de actividad, ya que las actividades humanas representan una presión constante. Grüneberger (2022) apoya esta idea al indicar que los mapaches tendieron a ajustar su comportamiento en función de la disponibilidad de recursos. Este ajuste es crucial para su supervivencia, especialmente en entornos donde la presión humana es significativa, lo que pudo llevar a los mapaches a ser más activos durante horas en las que normalmente evitarían salir.

En relación con la influencia de la visitación turística, los datos del presente estudio sugirieron una conexión directa entre la cantidad de turistas y los patrones de actividad de los mapaches. Se observó un aumento significativo en la actividad diurna al comparar el primer año de muestreo con el segundo. Aunque este aumento pudo estar influenciado por factores climáticos u otras variables, los hallazgos respaldaron la idea de que el incremento en la visitación tuvo un impacto considerable en los cambios de actividad, como lo reportado por Farrera-Hernández (2017). Durante el primer año de muestreo, con una baja visitación, se registró un comportamiento predominantemente nocturno por parte de los mapaches. Sin embargo, a medida que la visitación aumentó, tanto en la transición del primer al segundo año (visitación media) como en el segundo año (visitación alta), se observó un incremento notable en la actividad diurna de estos animales. La actividad durante periodos de visitación nula, que abarca ambos años de muestreo, sugirió que esta actividad estuvo influenciada por la presión ejercida por los turistas durante los dos años de muestreo, por lo cual es coherente que presentara variación o baja precisión.

En relación con la diferencia de patrones de actividad entre ambos sexos, se esperaba que hembras y machos mostraran patrones de actividad similares; sin embargo, las diferencias observadas se podrían atribuir a factores relacionados con el éxito reproductivo de cada sexo. Debido a que las hembras, al estar más enfocadas en asegurar su reproducción, tienden a adaptar sus patrones de actividad en función de la disponibilidad de recursos en su entorno (Kamler y

Gipson, 2003; Prange et al., 2004). Esto implicó que su comportamiento está íntimamente relacionado con la distribución y abundancia de alimentos, lo que a su vez los lleva a ampliar sus horas de exploración para maximizar la búsqueda de recursos; por otro lado, los machos suelen ajustar sus patrones de actividad en respuesta al comportamiento de las hembras (Kamler y Gipson, 2003; Prange et al., 2004).

Este ajuste pudo estar influenciado por cambios estacionales y climáticos. Por ejemplo, durante los meses de altas temperaturas, los mapaches suelen ser más activos durante la noche para evitar la deshidratación (Carver et al., 2011). En contraste, durante el invierno, pueden aumentar su exploración en diferentes horarios en busca de alimentos (Kamler y Gipson, 2003). Estos patrones se reflejaron en el presente estudio, donde predominó el comportamiento nocturno durante la época seca. Sin embargo, en agosto, que corresponde a la época lluviosa, se registró la mayor actividad diurna. Esto sugiere que las condiciones ambientales pueden inducir cambios significativos en los patrones de actividad. Además, es razonable especular que, en marzo, uno de los meses más secos del año (Porrás-Murillo et al., 2022), los mapaches pudieron haber incrementado su búsqueda de alimento durante el día para compensar la escasez de recursos hídricos.

Finalmente, en cuanto a los patrones de actividad asociados a comportamientos, Ladine (2017) mencionó que las hembras pueden mostrar un aumento en la actividad diurna después de periodos de parto, con el objetivo de buscar alimento y evitar a los depredadores nocturnos. Sin embargo, este autor no documentó los momentos de apareamiento de los mapaches. En contraste, el PNMA sí se llegó a obtener esos registros, los cuales se dieron principalmente durante la madrugada y por la tarde. Asimismo, se observaron hembras y crías en horarios tanto nocturnos como diurnos, lo que no coincidió con las observaciones de Ladine (2017). Este autor señaló que los registros diurnos en su estudio fueron obtenidos a partir de una única cámara, lo que lo llevó a concluir que los mapaches solo se movilizaban durante el día y que las actividades restantes ocurren en la noche. Atribuyo esta dinámica a la alta abundancia de mapaches en el área estudiada. No obstante, en el PNMA, los datos actuales revelaron que los registros con comportamientos diurnos fueron de manera consistente, sin que se identificara un único comportamiento que ocurriera en un horario específico.

El comportamiento alimenticio de los mapaches presentó variaciones que pudieron estar influenciadas por múltiples factores, incluidos el sexo, las condiciones ambientales y la presión humana. En un estudio realizado en Virginia, Carver et al. (2011) observaron que los mapaches se alimentan predominantemente entre las 21:00 y las 06:00 horas. Además, estos autores sugirieron que los horarios de alimentación pueden diferir según el sexo, lo que indica una posible diferenciación en los roles o necesidades energéticas de machos y hembras; estos hallazgos resaltaron la capacidad de los mapaches para ajustar su comportamiento alimentario de acuerdo con las condiciones específicas de su entorno. Por otro lado, Carrillo y Vaughan (1988), en su estudio en Tapantí, reportaron que durante la época lluviosa los mapaches reducen su tiempo de búsqueda de alimento, lo que provoca una disminución en su actividad general. La hembra estudiada mostró más del 80 % de su actividad en ausencia de lluvia. Por otra parte, Carver et al. (2011) señalaron que las altas temperaturas pueden ser un influyente importante para la disminución de la actividad durante el día, lo que provocó que los mapaches se desplazaran de noche.

En contraste con estos estudios, los resultados del presente trabajo mostraron que los comportamientos de alimentación en el Parque Nacional Manuel Antonio se extendieron a lo largo de todo el día, con una media de actividad alimentaria alrededor de las 23:00 horas y varios picos en la mañana y la tarde. Este patrón coincidió con los horarios de llegada y salida de los turistas en el PNMA. Este patrón sugirió que en el parque nacional los mapaches ajustaron su comportamiento alimentario para aprovechar los recursos disponibles durante las horas de mayor actividad turística, lo cual contrastó con el patrón nocturno observado por Carver et al. (2011), lo que indicó una flexibilidad en su comportamiento alimentario que podría estar relacionada con la presión antropogénica en el área. La presencia de turistas pudo haber proporcionado a los mapaches una fuente de alimento predecible, lo que podría explicar la ampliación de su rango horario de alimentación; conjuntamente, la flexibilidad en sus horarios de alimentación podría estar relacionada con una menor presencia de depredadores en la zona, lo que les permite alimentarse con mayor seguridad durante el día (Ladine, 2017; Symmank et al., 2014).

4.3. Área de acción mínima

Debido a las limitaciones metodológicas del estudio, solo fue posible determinar el área de acción mínima de los mapaches dentro del área de uso público del PNMA; y se determinó que el área de acción mínima registrada en este estudio abarcó toda la zona de muestreo. Sin embargo, la baja cantidad de registros obtenidos en el sector del sendero Catarata sugiere que este sector podría no formar parte integral del área de acción habitual de los mapaches, más bien haber reflejado un patrón de movimiento esporádico. Es importante considerar que estos resultados pudieron estar influenciados por las limitaciones intrínsecas de las cámaras trampa, que cubren áreas geográficas reducidas y no permitieron la monitorización continua de grandes extensiones ni de ciertos ángulos visuales (Salgado, 2015). Además, este mismo autor indicó que el uso del espacio por parte de los mapaches puede ser dinámico y variar en respuesta a factores ambientales, como las alteraciones del hábitat o fluctuaciones en la disponibilidad de recursos, lo que podría explicar estos desplazamientos irregulares dentro del parque nacional.

Los cambios en la visitación del parque nacional en los últimos años han favorecido la interacción entre los turistas y la fauna silvestre (Farrera-Hernández, 2017). Lo cual pudo haber influido en la modificación del área de acción mínima usada por los mapaches, esto debido a que, entre mayor presencia de personas, se redujo el área mínima de acción usada por los animales, lo que genera una distribución cada vez más pequeña y estable (Prange et al., 2004). Conjuntamente, la mayor afluencia de turistas en el PNMA pudo estar vinculada a una mayor disponibilidad de recursos alimentarios para los mapaches de origen antrópico, como restos de alimentos, lo que incentivaría a los mapaches a explorar y frecuentar diferentes zonas del área de uso público, tal cual como se observó en los actuales resultados.

Farrera-Hernández (2017) determinó que los mapaches en el PNMA prefirieron establecer su área de acción y su núcleo en las zonas de uso intensivo del parque nacional, dado que la cantidad de recursos alimenticios generados por los turistas fue considerable. Este fenómeno sugiere que los mapaches han adaptado su comportamiento a las condiciones creadas por la actividad humana; priorizaron áreas a las cuales pueden acceder fácilmente a fuentes de alimento. Asimismo, mencionó que los mapaches dejaron de usar el manglar, puesto que el consumo de cangrejo dejó de ser indispensable para ellos ante esta situación. Sin embargo, en

el estudio actual, los mapaches del PNMA sí hicieron uso de la zona de manglar y además hubo diversos registros de mapaches consumiendo cangrejos. La zona de uso intensivo más notoria fue la estación de trampeo ubicada en la entrada del parque y esta fue la zona más expuesta del PNMA a la intervención humana. Esto pudo estar relacionado con el efecto de borde que presenta esta zona, la cual mantiene mayores recursos disponibles y menos presencia de grandes depredadores para los mapaches (Chamberlain et al., 2007).

Farrera-Hernández (2017) documentó una alta concentración de mapaches en las zonas cercanas a la playa, con escasos registros en otras partes del PNMA. En contraste, el presente estudio registró a estos animales a lo largo de la zona de uso público, lo que sugirió una posible expansión en el área de acción mínima utilizada por los mapaches. Se observó una alta densidad en áreas específicas como la entrada del parque, el sendero Playa Espadilla y el sendero Perezoso, lo que difiere con lo registrado por Farrera-Hernández (2017). Las interacciones con los turistas, la disponibilidad de recursos y la configuración del paisaje son factores clave para el desplazamiento de animales (Díaz-Molano, 2022). Además, la disminución de la visitación turística durante el periodo de pandemia por COVID-19 y las restricciones asociadas pudieron haber afectado temporalmente el comportamiento espacial de los mapaches, lo que se reflejó en los hallazgos actuales. La reducción en la presión humana durante ese periodo pudo permitir a los mapaches explorar y utilizar áreas del parque que anteriormente eran menos accesibles o atractivas debido a la alta actividad turística y por eso, se observaron cambios de los estudios anteriores al actual (Díaz-Molano, 2022).

Carrillo (1990) reportó un área de acción general para los mapaches en el PNMA de 21,7 ha (95 % IC, 10,2 – 33,2). Posteriormente, Farrera-Hernández (2017) indicó que el tamaño promedio del área de acción se redujo a 15,4 ha (95 % IC, 13 – 17,9) en un intervalo de 27 años. A pesar de esta disminución, según el análisis hecho por Farrera-Hernández (2017), no hubo diferencias significativas entre esos dos estudios. Actualmente, el área de acción mínima registrada fue de 132,30 ha, lo cual nos indica que el tamaño usado es mayor según lo reportado anteriormente; aunque hay que tener en cuenta el sesgo en la diferencia de metodología y análisis, es la información disponible para comparar.

Las investigaciones en el PNMA han demostrado que la interacción humana y la disponibilidad de alimentos antrópicos generaron variaciones significativas en los patrones de movimiento de los mapaches. La introducción de nuevas fuentes de alimentación por parte de los turistas, como restos de comida, pudo concentrar a los mapaches en áreas donde la probabilidad de obtener alimento es mayor, lo que generó agrupaciones alrededor de sitios con alta afluencia de visitantes (Carrillo, 1990; Farrera-Hernández, 2017). En ausencia de estas fuentes alimentarias, los mapaches tendieron a dispersarse en busca de recursos alimenticios naturales, lo que generó la eliminación del centro de acción fijo y expandió el área de acción mínima utilizada, lo que indicó que el área de acción de los mapaches estuvo influenciada por la fluctuación de disponibilidad de fuentes de alimentos y la presencia humana (Prange et al., 2004).

Las diferencias en el área de acción entre machos y hembras de mapache han sido documentadas en varios estudios. Carrillo (1990) registró un área de acción de 31,2 ha (95 % IC, 4,5 – 58) para los machos y para las hembras 15,4 (95 % IC, 12 – 18,6). Por otra parte, Farrera-Hernández (2017) reportó un área de acción para los machos de 18,1 ha (95 % IC, 15,4 – 20,8) y para las hembras de 14,1 ha (95 % IC, 11,5 – 16,7). Estos datos indicaron consistentemente que los machos mantuvieron un área de acción mayor en comparación con las hembras, un patrón que también se observó en la investigación actual, donde las áreas de acción se asemejaron más a las reportadas por Carrillo (1990). A pesar de la disminución general en el área de acción utilizada por los mapaches, esto no implicó necesariamente un uso simultáneo de los recursos en la misma área. Los desplazamientos dentro de un mismo territorio pudieron reflejar diferentes usos de recursos, como forrajeo, descanso y actividades reproductivas (Prange et al., 2004).

En otros estudios realizados en Estados Unidos, específicamente en Illinois, Kansas, Mississippi e Indiana, se refuerza el patrón de que los machos tienden a recorrer áreas más amplias que las hembras. Este comportamiento se atribuyó en parte a su necesidad de buscar pareja y recursos alimenticios en áreas dispersas, lo que les permitió minimizar la competencia (Beasley et al., 2007; Chamberlain et al., 2003; Kamler y Gipson, 2003; Prange et al., 2003; Salgado, 2015). Las hembras llegan a tener áreas de acción estables durante un año, lo que les

permitió asegurar el acceso a los recursos; conforme pasa el tiempo, suelen delimitar más su área de uso (Suzuki et al., 2003). Que haya sitios específicos utilizados por las hembras pudo denotar un mayor acceso de alimentos en dichas zonas, principalmente en periodos de gestación y lactancia, de tal forma que la actividad de las hembras se delimitó a áreas específicas, lo que pudo generar una diferencia del área de acción usada entre hembras y machos (Godinez, 2019; Prange et al., 2003).

Los mapaches han demostrado una notable capacidad de adaptación a una variedad de hábitats, incluidos aquellos con alta perturbación humana y, ante una disminución de recursos en su entorno natural, estos animales pudieron migrar a corto plazo hacia áreas con mayor presencia humana, donde tenían acceso a fuentes de alimento alternativo, a menudo de origen antropogénico (Cunze et al., 2023; Godinez, 2019). La presencia humana en cercanías de los hábitats naturales pudo modificar la distribución y acceso de los recursos; además, generó presión ecológica adicional junto con alteraciones ecológicas y cambios comportamentales en la fauna local (Godinez, 2019; Romagosa, 2008). A su vez, la variación en la disponibilidad de los recursos pudo causar que se fragmente el área de acción en zonas separadas durante temporadas específicas (Carrillo y Vaughan, 1988).

En el PNMA, la presencia de restaurantes y hoteles en los bordes del parque atrae a grandes cantidades de turistas, lo que se traduce en una acumulación de basura en las áreas circundantes. Esta situación se convierte en un atractivo para los mapaches, lo que puede alterar no solo sus poblaciones, sino también sus áreas de uso y aumentar su dispersión en la zona (Salgado, 2015), esto pudo generar implicaciones a largo plazo en la dinámica poblacional de los mapaches; a su vez, afectar la estructura de sus territorios y el equilibrio ecológico del parque nacional. Asimismo, la acumulación de basura y la presencia humana pudo incrementar la dependencia de la fauna hacia los recursos antropogénicos, lo que generó una reducción de movilidad en busca de alimentos y, en consecuencia, afectó sus patrones de comportamiento y distribución (Salgado, 2015).

A pesar de las regulaciones impuestas a través del decreto N° 38296-MINAE de la Ley N° 5100, que restringen el ingreso de comida por parte de los turistas en el PNMA y promovían el consumo exclusivo de alimentos vendidos dentro del parque nacional, hubo una suspensión

temporal de estas medidas. Según el oficio SINAC-SE-DE-187-2023, desde el 15 de febrero hasta septiembre de 2023, se permitió el ingreso de alimentos y bebidas por parte de los visitantes, lo que aumentó la probabilidad de interacción entre la fauna y los turistas debido a la atracción de los animales por la comida. Sin embargo, la presencia de residuos plásticos y demás desechos en el parque nacional fue constante durante todo el periodo de muestreo, a pesar de la vigencia teórica del decreto. Por lo que la efectividad de la normativa no solo depende de su implementación, sino de la capacidad de monitoreo y cumplimiento en el parque nacional, y de la conciencia de los visitantes sobre las implicaciones de sus acciones. El PNMA ha enfrentado desafíos similares en cuanto al ingreso de alimentos y elementos plásticos en el parque, lo que genera un aumento en la interacción entre los turistas y la fauna silvestre. Carrillo y Vaughan (1993) identificaron una correlación positiva entre la cantidad de basura generada por los turistas y la frecuencia de aparición de mapaches, tanto en horario diurno como nocturno. De tal manera que la introducción de comida y la falta de manejo adecuado de los residuos alimentarios favorecen un comportamiento oportunista en la fauna, lo cual altera los patrones naturales y aumenta el conflicto entre la vida silvestre y los humanos. Reducir la disponibilidad de alimentos artificiales es crucial, ya que el acceso a estos recursos no solo cambia los hábitos alimentarios y de movimiento de los mapaches, sino que también puede tener implicaciones para la salud de los animales y su interacción con otras especies.

5. Conclusiones

La tasa fotográfica de mapaches en las zonas de uso público del parque es alta y hay una mayor concentración de estos animales en los senderos cercanos a la entrada del parque, a la playa Espadilla Sur y el manglar, que corresponden con los sitios con mayor afluencia turística, mientras que las zonas más alejadas del parque presentan una menor tasa fotográfica. Además, se observa que la tasa fotográfica de los machos es superior a la de las hembras. El martes se destaca como el día de la semana con la mayor presencia de mapaches en toda el área de uso público. En cuanto a la estacionalidad, la época lluviosa muestra la tasa fotográfica más alta. A su vez, hubo un aumento general de la tasa fotográfica a lo largo de los años.

Los mapaches exhiben un comportamiento predominantemente nocturno, lo cual contrasta con los hallazgos del estudio previo realizado en el PNMA por Farrera-Hernández (2017). Sin embargo, se registran episodios de actividad diurna que coinciden con los horarios de mayor visitación al parque, especialmente durante las horas de apertura y cierre, así como al mediodía. Durante la época seca, se observa un aumento en los registros nocturnos, lo que sugiere cambios en los comportamientos de forrajeo de los mapaches. Además, se destaca que las hembras tienen más registros diurnos que los machos. En este sentido, se ha documentado un aumento de los registros diurnos desde 2021 hasta 2023, y corrobora que los días con visitación alta se asocian con un mayor número de registros diurnos, mientras que los días de visitación baja se relacionan con registros nocturnos.

Los mapaches se distribuyen en toda el área de uso público del parque. Los machos presentan mayor distribución que las hembras, y ambos sexos mantienen mayor actividad en las zonas centrales de las áreas de uso público y menores registros en las zonas alejadas del parque.

6. Recomendaciones

Para mejorar la precisión de los datos sobre la presencia y la tasa fotográfica de *Procyon lotor*, se recomienda complementar el uso de fototrampeo con técnica de marcaje de individuos. Identificar a cada ejemplar de manera única, permitirá reconocer cuando este sea registrado por las cámaras, para generar datos más precisos y diferenciados sobre la tasa fotográfica, lo que podría mejorar la estimación sobre la presencia de los mapaches en la zona de uso público del parque nacional.

En relación con la determinación del patrón de actividad de los mapaches, es importante analizar factores externos que puedan influir en su comportamiento, como las áreas urbanas adyacentes. Existe la posibilidad de que los mapaches presenten variaciones en el patrón de actividad en estos espacios y que esto se vea reflejado de manera parcial en los registros obtenidos únicamente con cámaras trampa en el área de uso público del parque nacional.

Se sugiere integrar la telemetría para rastrear a los mapaches fuera de las áreas cubiertas por el fototrampeo, y así reforzar los tres objetivos planteados. Esto permitiría obtener información más detallada sobre los movimientos de los individuos dentro y fuera del parque

nacional, y determinar si el área de acción se expande hacia parches de hábitat en paisajes suburbanos o urbanos, además para conocer cuánta área boscosa por fuera de la zona de uso público del parque nacional forma parte de su área de acción.

Para garantizar el bienestar de los mapaches y minimizar el impacto humano, se recomienda mantener la visitación del PNMA por debajo de las 600 personas diarias, ya que esta cifra representa la capacidad óptima del parque para evitar cambios comportamentales en los animales. Asimismo, se sugiere cerrar el parque al menos un día a la semana, para permitir a los animales explorar con mayor libertad y seguridad.

Dado el impacto que los turistas tienen sobre la fauna silvestre, se recomienda desarrollar programas de educación ambiental dirigidos por guardaparques o voluntarios capacitados, orientados a sensibilizar a los turistas sobre el comportamiento adecuado dentro de una ASP. Esto podría reducir las interacciones negativas entre la fauna silvestre y los turistas, favorecería una actividad turística más sostenible. Asimismo, se sugiere involucrar a los guías turísticos en la promoción del turismo sostenible. Su rol es importante para fortalecer comportamientos responsables por parte de los turistas, especialmente debido al creciente número de personas que visitan el PNMA. Ambas partes deberían asumir un papel activo en la prevención de conductas inapropiadas que puedan afectar al ecosistema.

También se recomienda crear espacios de divulgación científica y social referente al PNMA que resalten la importancia del desarrollo interdisciplinario y así, reforzar los esfuerzos en la gestión y manejo de los parques nacionales y su biodiversidad. Fortalecer los espacios de comunicación contribuiría a alinear las metas de los distintos actores involucrados, para evitar conflictos con sectores específicos interesados en el uso del área protegida.

Para garantizar el éxito de las estrategias de manejo del parque, es fundamental la participación de actores sociales como el SINAC, MINAE, la Municipalidad de Quepos y el ICT. Estos organismos deberían colaborar para fomentar la ciencia ciudadana y la educación ambiental en las comunidades locales relacionadas con el PNMA. Para facilitar esta cooperación, se recomienda realizar un mapeo de actores que identifique sus preocupaciones y perspectivas, para promover una gestión participativa y efectiva.

7. Fuentes de financiamiento

Agradezco el financiamiento otorgado por el proyecto “Estado poblacional y salud del mono tití, mono carablanca y mapache en las áreas aledañas del Parque Nacional Manuel Antonio”, código SIA 0540-18, a través del Fondo institucional de desarrollo académico (FIDA) y al Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles (FOCAES) de la Vicerrectoría de Investigación en la Universidad Nacional, por la beca que generó el soporte económico durante varios meses; este fue de gran importancia para con el desarrollo del proyecto de graduación, como la revisión constante de vídeos.

8. Referencias bibliográficas

- Agostinelli, C., & Lund, U. (2017). *circular: Circular Statistics* (Versión 0.4.95) [Paquete de R]. <https://cran.r-project.org/package=circular>
- Alvarado-Barboza, G., y Gutiérrez-Espeleta, G. (2013). Conviviendo con los mapaches: del conflicto a la coexistencia. *Biocenosis*, 27(1-2).
- Arispe, R., Venegas, C., y Rumiz, D. (2008). Abundancia y patrones de actividad del mapache (*Procyon cancrivorus*) en un bosque chiquitano de Bolivia. *Mastozoología neotropical*, 15(2), 323-333.
- Beasley, J. C., Devault, T. L., y Rhodes Jr, O. E. (2007). Home-range attributes of raccoons in a fragmented agricultural region of northern Indiana. *The Journal of wildlife management*, 71(3), 844-850. <https://doi.org/10.2193/2006-022>

- Beasley, J. C., y Rhodes Jr, O. E. (2008). Relationship between raccoon abundance and crop damage. *Human-Wildlife Conflicts*, 2(2), 248-259.
- Bowkett, A. E., Rovero, F., y Marshall, A. R. (2008). The use of camera-trap data to model habitat use by antelope species in the Udzungwa Mountain forests, Tanzania. *African journal of ecology*, 46(4), 479-487. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2007.00881.x>
- Broadbent, E. N., Zambrano, A. M. A., Dirzo, R., Durham, W. H., Driscoll, L., Gallagher, P., ... y Randolph, S. G. (2012). The effect of land use change and ecotourism on biodiversity: a case study of Manuel Antonio, Costa Rica, from 1985 to 2008. *Landscape ecology*, 27(5), 731-744. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9722-7>
- Carrillo, E. (1990). *Patrones alimentarios y hábitos alimentarios del mapachín (Procyon lotor) en el Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Costa Rica], *Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe*, 46(4), 479-487.
- Carrillo, E., y Vaughan, C. (1988). La influencia de la lluvia sobre los movimientos de un mapachín en un bosque nuboso de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 36, 373-376.
- Carrillo, E., y Vaughan, C. (1993). Variación en el comportamiento de *Procyon* spp. (Carnivora: Procyonidae) por la presencia de turistas en un área silvestre de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 843-848.

- Carver, B. D., Kennedy, M. L., Houston, A. E., y Franklin, S. B. (2011). Assessment of temporal partitioning in foraging patterns of syntopic Virginia opossums and raccoons. *Journal of Mammalogy*, 92(1), 134-139. <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-066.1>
- Chamberlain, M. J., Austin, J., Leopold, B. D., y Burger Jr, L. W. (2007). Effects of landscape composition and structure on core use areas of raccoons (*Procyon lotor*) in a prairie landscape. *The American midland naturalist*, 158(1), 113-122.
- Chamberlain, M. J., Conner, L. M., Leopold, B. D., y Hodges, K. M. (2003). Space use and multi-scale habitat selection of adult raccoons in central Mississippi. *The Journal of wildlife management*, 334-340.
- Corman, L. (2011). Getting their hands dirty: Raccoons, freegans, and urban 'trash.'. *Journal for Critical Animal Studies*, 9(3), 28-61.
- Cossios, E. D., Diaz, E., y Pizango, F. (2022). Mamíferos registrados con cámaras trampa en la zona de uso turístico de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 31(1), 31-45. <https://doi.org/10.24841/fa.v31i1.5644>
- Cossios, E., y Zevallos, A. (2019). Diversidad y actividad horaria de mamíferos medianos y grandes registrados con cámaras trampa en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 26(3), 325-332. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i3.16776>

Cox, D. T. C., Gardner, A. S., y Gaston, K. J. (2021). Diel niche variation in mammals associated with expanded trait space. *Nature communications*, 12(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22023-4>

Cunze, S., Klimpel, S., y Kochmann, J. (2023). Land cover and climatic conditions as potential drivers of the raccoon (*Procyon lotor*) distribution in North America and Europe. *European Journal of Wildlife Research*, 69(3), 62.
<https://doi.org/10.1007/s10344-023-01679-x>

Daniels, S. E., Fanelli, R. E., Gilbert, A., y Benson-Amram, S. (2019). Behavioral flexibility of a generalist carnivore. *Animal cognition*, 22(3), 387-396.
<https://doi.org/10.1007/s10071-019-01252-7>

Demeny, K., McLoon, M., Winesett, B., Fastner, J., Hammerer, E., y Pauli, J. N. (2019). Food subsidies of raccoons (*Procyon lotor*) in anthropogenic landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, 97(7), 654-657.
<https://doi.org/10.1139/cjz-2018-0286>

Díaz-Molano, A. L. (2022). *Identificación de los impactos generados por la actividad turística sobre la fauna silvestre y la comunidad local del área de Puerto Nariño, Amazonas*. [Trabajo de grado, Universidad Externado de Colombia]. Colecciones documentales de la Universidad Externado de Colombia.
<https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/4da7ab22-a405-4c42-b642-61d5cd6b2ffe>

Djekda, D., Bobo, K. S., Hamadjida, B. R., Azobou, K. B. V., y Ngouh, A. (2020). Camera trap is low-cost for mammal surveys in long-term: comparison with diurnal and nocturnal

surveys. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 46(1), 8149-8163.
<https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v46-1.8>

Espinosa, A., Llancaman, L., y Sandoval, H. (2014). Turismo de intereses especiales y parques nacionales: compatibilidad entre turismo de intereses especiales y gestión de parques nacionales. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 23(1), 115-130.

Esri. (2023). *ArcGIS Pro* (Versión 3.1) [Software]. Environmental Systems Research Institute, Inc. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

Farrera-Hernández, M (2017). *Aspectos ecológicos del mapache (Procyon lotor) y su relación con los turistas en el Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Costa Rica] Repositorio de la Universidad Nacional. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14037>

Fiderer, C., Göttert, T., y Zeller, U. (2019). Spatial interrelations between raccoons (*Procyon lotor*), red foxes (*Vulpes vulpes*), and ground-nesting birds in a Special Protection Area of Germany. *European journal of wildlife research*, 65(1), 1-19.
<https://doi.org/10.1007/s10344-018-1249-z>

Gehrt, S. D. (2003). Raccoons and allies. *Wild mammals of North America*, 611-634.

Grüneberger, M. (2022). Temporal, climatic and spatial variation in the distribution and activity patterns of the raccoon (*Procyon lotor*) in Hainich National Park, Germany [Master's thesis, Swedish University of Agricultural Sciences] https://stud.epsilon.slu.se/17568/1/Grueneberger_M_220222.pdf

- Godinez, S. A. L. L. (2019). *Áreas de actividad, patrones de actividad y estimación poblacional del mapache pigmeo en Cozumel, Quintana Roo*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación]. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/499>
- Hanson, D. (2019). *Activity Patterns of Nebraskan Wildlife on a Prairie Landscape* [Bachelor's thesis, University of Nebraska-Lincoln] Digital Commons University of Nebraska – Lincoln. <https://digitalcommons.unl.edu/envstudtheses/244>
- Hernández-Hernández, J. C., Chávez, C., y List, R. (2018). Diversity and activity patterns of medium and large mammals in La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 634-646. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33395>
- Hlavac, M. (2015). *Metrics: Evaluation Metrics for Machine Learning* (Versión 0.1.4) [Paquete de R]. <https://CRAN.R-project.org/package=Metrics>
- Janzen, D. H. (Ed). (1991). *Historia natural de Costa Rica*. Editorial Universidad de Costa Rica
- Kamler, J. F., y Gipson, P. S. (2003). Space and habitat use by male and female raccoons, *Procyon lotor*, in Kansas. *The Canadian Field-Naturalist*, 117(2), 218-223. <https://doi.org/10.22621/cfn.v117i2.685>
- Kauffman, L. (2014). Interactions between tourists and white-faced monkeys (*Cebus capucinus*) at Manuel Antonio National Park, Quepos, Costa Rica. *Primate tourism: A tool for conservation*, 215-229.

- Kelly, M. J., y Holub, E. L. (2008). Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern naturalist*, 15(2), 249-262. [https://doi.org/10.1656/1092-6194\(2008\)15\[249:CTOCTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1656/1092-6194(2008)15[249:CTOCTS]2.0.CO;2)
- Kochmann, J., Cunze, S., y Klimpel, S. (2021). Climatic niche comparison of raccoons *Procyon lotor* and raccoon dogs *Nyctereutes procyonoides* in their native and non-native ranges. *Mammal Review*, 51(4), 585-595. <https://doi.org/10.1111/mam.12249>
- Koepfli, K. P., Gompper, M. E., Eizirik, E., Ho, C. C., Linden, L., Maldonado, J. E., y Wayne, R. K. (2007). Phylogeny of the Procyonidae (Mammalia: Carnivora): molecules, morphology and the great American interchange. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43(3), 1076-1095. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.10.003>
- Komatsu, K., Iwasaki, T., Murata, K., Yamashiro, H., Goh, V. S. T., Nakayama, R., ... y Miura, T. (2021). Morphological reproductive characteristics of testes and fertilization capacity of cryopreserved sperm after the Fukushima accident in raccoon (*Procyon lotor*). *Reproduction in Domestic Animals*, 56(3), 484-497. <https://doi.org/10.1111/rda.13887>
- Ladine, T. A. (2017). Activity patterns and social organization of raccoons (*Procyon lotor*) in East Texas. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 1(1), 24-32. DOI: <https://doi.org/10.22120/jwb.2017.27203>
- Lotze, J. H., y Anderson, S. (1979). *Procyon lotor*. *Mammalian species*, (119), 1-8.

- Lund, U., y Agostinelli, C. (2012). *CircStats: Circular Statistics* (Versión 0.2.6) [Paquete de R].
<https://cran.r-project.org/package=CircStats>
- Maffei, L., y Taber, A. B. (2003). Área de acción, actividad y uso de hábitat del zorro patas negras, *Cerdocyon thous*, en un bosque seco. *Mastozoología Neotropical*, 10(1), 154-160.
- Mandujano, S. (2019). Índice de abundancia relativa: RAI. *Fototrampeo en R: organización y análisis de datos*, 1, 137-152.
- Marín, A. S. (2016). La etología como herramienta para la conservación de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 8, 391-399.
<https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.396>
- Marques, R. V., y Fábian, M. E. (2018). Daily activity patterns of medium and large neotropical mammals during different seasons in an area of high altitude Atlantic rain forest in the South of Brazil. *Rev Bras Zool*, 19(3), 38-64.
- Medrano, F. (2014). *Impactos del turismo sobre la fauna en áreas silvestres: evaluación en tres áreas protegidas de Chile y establecimiento de patrones de intolerancia a la actividad turística mediante una revisión sistemática*. [Tesis de ingeniería, Universidad de Chile]
Repositorio académico de la Universidad de Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148191>

- Monsalve-Pelaez, M., Tovar-Meléndez, A., y Salazar-Araujo, E. (2023). Revisión Documental sobre el Turismo Sostenible en el Marco de los ODS. *Revista Turismo & Desenvolvimento*, 40, 137-153. DOI: <https://doi.org/10.34624/rtd.v40i0.31483>
- Morton, F. B. (2021). Do wild raccoons (*Procyon lotor*) use tools?. *Animal cognition*, 24(3), 433-441. <https://doi.org/10.1007/s10071-020-01430-y>
- Myśliwy, I., Perec-Matysiak, A., y Hildebrand, J. (2022). Invasive raccoon (*Procyon lotor*) and raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) as potential reservoirs of tick-borne pathogens: data review from native and introduced areas. *Parasites & Vectors*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05245-3>
- Núñez, E. B. (2020). El contrapunteo entre imaginarios sociales y el desarrollo turístico: el caso de Costa Rica. *Ciencia y Sociedad*, 45(3), 45-63. DOI: <https://doi.org/10.22206/cys.2020.v45i3.pp45-63>
- O'Donnell, K., y delBarco-Trillo, J. (2020). Changes in the home range sizes of terrestrial vertebrates in response to urban disturbance: a meta-analysis. *Journal of Urban Ecology*, 6(1). <https://doi.org/10.1093/jue/juaa014>
- Palencia, P., Vicente, J., Barroso, P., Barasona, J. Á., Soriguer, R. C., y Acevedo, P. (2019). Estimating day range from camera-trap data: the animals' behaviour as a key parameter. *Journal of Zoology*, 309(3), 182-190. <https://doi.org/10.1111/jzo.12710>
- Pereira, R. L. A., y Oliveira, M. A. B. D. (2010). Etograma do Eira barbara (Carnivora: Mustelidae) em cativeiro. *Revista de Etologia*, 9(1), 45-57.

- Porras-Murillo, L. P., Wong, G., y Chacón, I. S. (2022). Human-wildlife interactions in a major tourist destination: Manuel Antonio National Park, Costa Rica. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(5). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230520>
- Prange, S., Gehrt, S. D., y Wiggers, E. P. (2004). Influences of anthropogenic resources on raccoon (*Procyon lotor*) movements and spatial distribution. *Journal of Mammalogy*, 85(3), 483-490. <https://doi.org/10.1644/1383946>
- Reid, F., Leenders, T., Zook, J., y Dean, R. (Eds). (2010). *The Wildlife of Costa Rica: A Field Guide (A Zona Tropical Publication)*. Comstock Publishing Associates.
- Romagosa, C. (2008). Impactos de la frecuentación turística en el Parque Natural de los Aiguamolls de l'Empordà. *Investigaciones geográficas*, 46, 107. <https://doi.org/10.14198/ingeo2008.46.06>
- Rovero, F., y Marshall, A. R. (2009). Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of applied Ecology*, 46(5), 1011-1017. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01705.x>
- RStudio Team. (2024). *RStudio: Integrated development environment for R* (Versión 2024.04.2) [Software]. Posit, PBC. <https://posit.co>
- Rowcliffe, J. M. (2023). *Activity: Animal Activity Statistics* (Versión 1.3.4) [Paquete de R]. <https://cran.r-project.org/package=Activity>

Rulison, E. L., Luiselli, L., y Burke, R. L. (2012). Relative impacts of habitat and geography on raccoon diets. *The American Midland Naturalist*, 168(2), 231-246.
<https://doi.org/10.1674/0003-0031-168.2.231>

Salgado, I. (2015). *Mapache – Procyon lotor*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Barja, I. (Eds.) [Electrónico]. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>

Signorell, A., Aho, K., Alfons, A., Anderegg, N., Aragon, T., Arachchige, C., Arppe, A., Baddeley, A., Barton, K., Bolker, B., Borchers, H., Caeiro, F., Champely, S., Chessel, D., Chhay, L., Cooper, N., Cummins, C., ...Dewey, M (2024). *DescTools: Tools for descriptive statistics* (Versión 0.99.50) [Paquete de R]. <https://cran.r-project.org/package=DescTools>

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2013. Plan General de Manejo PN Manuel Antonio (2013).
<https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Paginas/pmacopac.aspx?RootFolder=%2FES%2Fplanmanejo%2FPlan%20Manejo%20ACOPAC%2FPN%20Manuel%20Antonio%20%282013%29&FolderCTID=0x012000868869FD8C9D9845984A6AD16515BC66&View={72BEC79A-DBF1-4E7D-B8C4-4829233673FD>

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2019. Informe Anual Estadísticas SEMEC 2019-2020: SINAC en Números. San José.
<https://www.sinac.go.cr/ES/transprncia/Informe%20SEMEC/Informe%20SEMEC%202019-2020.pdf>

- Sun, M., Li, X., Yang, R., Zhang, Y., Zhang, L., Song, Z., ... y Zhao, D. (2020). Comprehensive partitions and different strategies based on ecological security and economic development in Guizhou Province, China. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122794. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122794>
- Suzuki, T., Aoi, T., y Maekawa, K. (2003). Spacing pattern of introduced female raccoons (*Procyon lotor*) in Hokkaido, Japan. *Mammal Study*, 28(2), 121-128. <https://doi.org/10.3106/mammalstudy.28.121>
- Symmank, M. E., Comer, C. E., y Kroll, J. C. (2014). Using infrared-triggered cameras to monitor activity of forest carnivores. *Southeastern Naturalist*, 13(sp5), 172-183. <https://doi.org/10.1656/058.013.s501>
- Tanwar, K. S., Sadhu, A., y Jhala, Y. V. (2021). Camera trap placement for evaluating species richness, abundance, and activity. *Scientific reports*, 11(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02459-w>
- Valdez, V., Álvarez, F., Layna, J. F., González, J. L., Herrera, J., de Lucas, J., ... y Rosalino, L. M. (2022). Raccoon (*Procyon lotor*) in Iberia: Status update and suitable habitats for an invasive carnivore. *Journal for Nature Conservation*, 66, 126142. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022>.
- Wainwright, M. (2007). *The mammals of Costa Rica*. Cornell University Press, Ithaca, RU
- Wickham, H., y Seidel, D. (2022). *Scales: Scale functions for visualization* (Versión 1.2.1) [Paquete de R]. <https://cran.r-project.org/package=scales>

9. Anexos

Anexo 1. Ubicación de las estaciones de trampeo dentro de las zonas de uso público en el PNMA

Cuadro 1. Coordenadas de las estaciones de trampeo y las zonas asociadas dentro del área de uso público del PNMA.

N° de cámara	Latitud	Longitud	Zona con vegetación asociada mencionada Farrera-Hernández (2017)
Cámara 1	9,37987	-84 137783	Bosque primario
Cámara 2	9,380518	-84 140458	Bosque primario
Cámara 3	9,382733	-84 139919	Bosque secundario
Cámara 4	9,385308	-84 136579	Bosque secundario
Cámara 5	9,38449	-84 138175	Bosque secundario
Cámara 6	9,383665	-84 141728	Bosque secundario
Cámara 7	9,385574	-84 142875	Bosque secundario
Cámara 8	9,387286	-84 14417	Bosque primario
Cámara 9	9,389667	-84 1426	Bosque primario
Cámara 10	9,391936	-84 141596	Bosque primario
Cámara 11	9,38915	-84 144553	Bosque primario
Cámara 12	9,386566	-84 146231	Manglar
Cámara 13	9,385854	-84 143356	Bosque primario
Cámara 14	9,383907	-84 142715	Bosque secundario
Cámara 15	9,377968	-84 145707	Bosque primario
Cámara 16	9,379487	-84 14742	Bosque primario
Cámara 17	9,38275	-84 143167	Bosque secundario
Cámara 18	9,381164	-84 145972	Bosque secundario
Cámara 19	9,383574	-84 145634	Bosque secundario
Cámara 20	9,387188	-84 146877	Manglar
Cámara 21	9,39075	-84 14532	Bosque primario

Anexo 2. Comportamientos registrados por los mapaches en el PNMA.

Cuadro 2. Comportamientos exhibidos por los mapaches en las zonas de uso público del PNMA.

Comportamiento	Aspectos que involucra
Alimentación	Llevar a la boca y masticar alimentos de origen animal o vegetal.
Caminar	Moverse de alguna manera, que se desplace de un punto hacia otro.
Correr	Moverse rápidamente.
Descanso	Mantener una postura acostada con las extremidades sueltas/relajadas y con los ojos cerrados o abiertos. Sentado, con postura con el pecho elevado, patas delanteras extendidas y patas traseras flexionadas, con la parte trasera en contacto con el sustrato.
Enfrentamiento	Interactuar entre ellos o con otra especie con fuertes patadas, rasguños o mordiscos, también puede mostrar la dentadura y gruñir.
Exploración del sitio	Investigar el ambiente, puede llevar el hocico dirigido hacia el sustrato o el aire, olfatear. Meter las manos delanteras en agua para buscar presas
Juego	Interactúa con otro mapache con patadas, rascadas y mordidas ligeras y/o brincos.
Limpieza	Lamer partes del cuerpo, incluida la región anogenital.
Marcaje	Frotar la región genital sobre un sustrato o tronco.
Reproducción	El macho persigue a la hembra hasta subirse al dorso de esta.

*Los comportamientos en el cuadro fueron considerados durante la revisión de videos; pero la descripción de los comportamientos fue tomada de Pereira y Oliveira, 2010.

Anexo 3. Parámetros generales del análisis de patrones de actividad.

Cuadro 3. Parámetros generales de los resultados de patrón de actividad, relacionados con la estadística aplicada.

	Intervalos de confianza al 95%	Media	Mediana	Longitud del vector promedio rho.circular	Desviación angular \pm	Desviación estándar \pm	Rao Spacing Test de uniformidad
Datos generales	19:05 – 02:41	23:06	22:52	0,321	1,21	1,51	Todos los datos mostraron direccionalidad, no están distribuidos al azar.
	Sexo						
Macho	22:09 – 23:09	23:11	23:03	0,318	1,168	1,513	
Hembra	21:05 – 22:08	22:26	22:19	0,284	1,231	1,625	
	Visitación turística						
Visitación alta	21:09 – 22:08	22:27	21:10	0,334	1,154	1,481	
Visitación media	23:04 – 00:05	23:07	22:06	0,310	1,174	1,53	
Visitación baja	23:01 – 01:04	23:07	22:04	0,805	1,091	1,345	
Visitación nula	22:01 – 23:09	22:08	22:04	0,317	1,168	1,514	
	Acción realizada por los mapaches						
Exploración	23:00 – 00:00	23:39	23:21	0,27	1,205	1,608	
Caminar	22:06 – 23:09	22:51	22:45	0,33	1,134	1,436	
Alimentación	21:01 - 00:00	23:05	22:13	0,32	1,49	1,158	
Correr	21:01 – 06:26	19:25	22:24	0,18	1,855	1,855	
Juego	21:01 – 23:05	22:38	21:02	0,51	0,762	0,828	
Reproducción	03:00 – 10:04	05:58	06:16	0,53	0,467	0,624	
	Meses durante el tiempo de muestreo						
Enero	22:05 – 00:00	23:42	00:29	0,36	1,129	1,424	
Febrero	22:05 – 00:03	23:55	23:18	0,5	0,995	1,17	
Marzo	19:08 – 23:08	21:52	20:16	0,32	1,164	1,504	
Abril	22:00 – 23:05	22:52	22:45	0,48	1,02	1,212	

Mayo	23:00 – 00:02	23:59	00:33	0,39	1,105	1,373
Junio	22:00 – 23:00	22:52	22:36	0,42	1,079	1,321
Julio	22:35 – 23:00	22:41	22:32	0,46	1,038	1,244
Agosto	14:06 – 01:06	20:02	19:28	0,048	1,38	2,466
Septiembre	23:01 – 02:09	22:52	21:55	0,17	1,29	1,889
Octubre	22:28 – 00:31	23:20	23:15	00,42	1,078	1,32
Noviembre	23:38 – 00:38	23:24	23:15	00,47	1,026	1,223
Diciembre	22:06 – 00:15	23:58	23:07	00,43	1,071	1,306
			Época climática			
Seca	03:09 – 12:03	22:09	22:02	00,42	1,1	1,3
Lluviosa	22:04 – 02:07	22:08	22:49	00,25	1,0	1,5

Anexo 4. Modelo mínimo adecuado según el criterio de información de Akaike.

Cuadro 4. Valores de las variables significativas del modelo lineal generalizado.

	Est	SE	Z	Pr(< z)	2,5%	97,5%	CIA
Intercepto	136,999	0,101	4,327	1,51e-05	-1,293	206,006	37 491,12
Cámaras	0,002	0,003	4,260	2,04e-05	-0,003	0,009	
Machos	0,552	0,071	11,291	2e-16	0,411	0,693	
Hembras	-0,863	0,104	-9,189	2e-16	-1,069	-0,658	
Marzo	-0,026	0,119	-4,419	0,003	-0,260	0,208	
Agosto	0,287	0,114	5,285	6,67e-05	0,484	0,789	
Noviembre	0,082	0,122	3,419	0,009	0,393	0,771	
Estación seca	-0,835	0,332	0,332	0,001	-1,487	-0,184	
Años	-0,109	0,107	4,512	0,0002	-0,321	0,102	
Nov2021	0,194	0,114	4,285	0,0005	-0,029	0,418	
Ag2021	0,365	0,078	2,145	0,004	0,212	0,519	
Dic2022	-1,125	0,167	2,091	0,001	-1,454	-0,797	

Anexo 5. Tasa fotográfica tomada en cada estación de trampeo y separada por sexos.

Cuadro 5. Valores de índice de tasa fotográfica, tomada de cada estación de trampeo durante todo el periodo de muestreo y separado por sexos.

N° cámara	Índice de tasa fotográfica	Índice de tasa	Índice de tasa
	total	fotográfica en machos	fotográfica en hembras
Cámara 1	1,455	0,291	0,436
Cámara 2	4,557	2,213	0,390
Cámara 3	2,995	2,083	0,260
Cámara 4	9,375	1,562	3,385
Cámara 5	30,729	20,703	6,119
Cámara 6	2,734	1,693	0,260
Cámara 7	37,109	17,448	2,083
Cámara 8	1,172**	0,260**	Ausencia**
Cámara 9	7,161	4,557	0,390
Cámara 10	0,391**	0,260**	Ausencia**
Cámara 11	31,732	7,278	2,911
Cámara 12	185,546*	22,005*	50,651*
Cámara 13	30,422	8,733	5,822
Cámara 14	9,375	6,380	0,781
Cámara 15	4,687	1,562	0,130
Cámara 16	2,734	0,390	Ausencia**
Cámara 17	12,811	3,827	1,331
Cámara 18	8,985	4,326	1,497
Cámara 19	34,941	8,319	3,660
Cámara 20	129,617*	69,717*	33,277*
Cámara 21	259,401*	118,635*	47,088*

Nota. Los valores más altos = *. Los valores más bajos = **.

Anexo 6. Graficos del periodo circular mensuales durante dos años de muestreo.

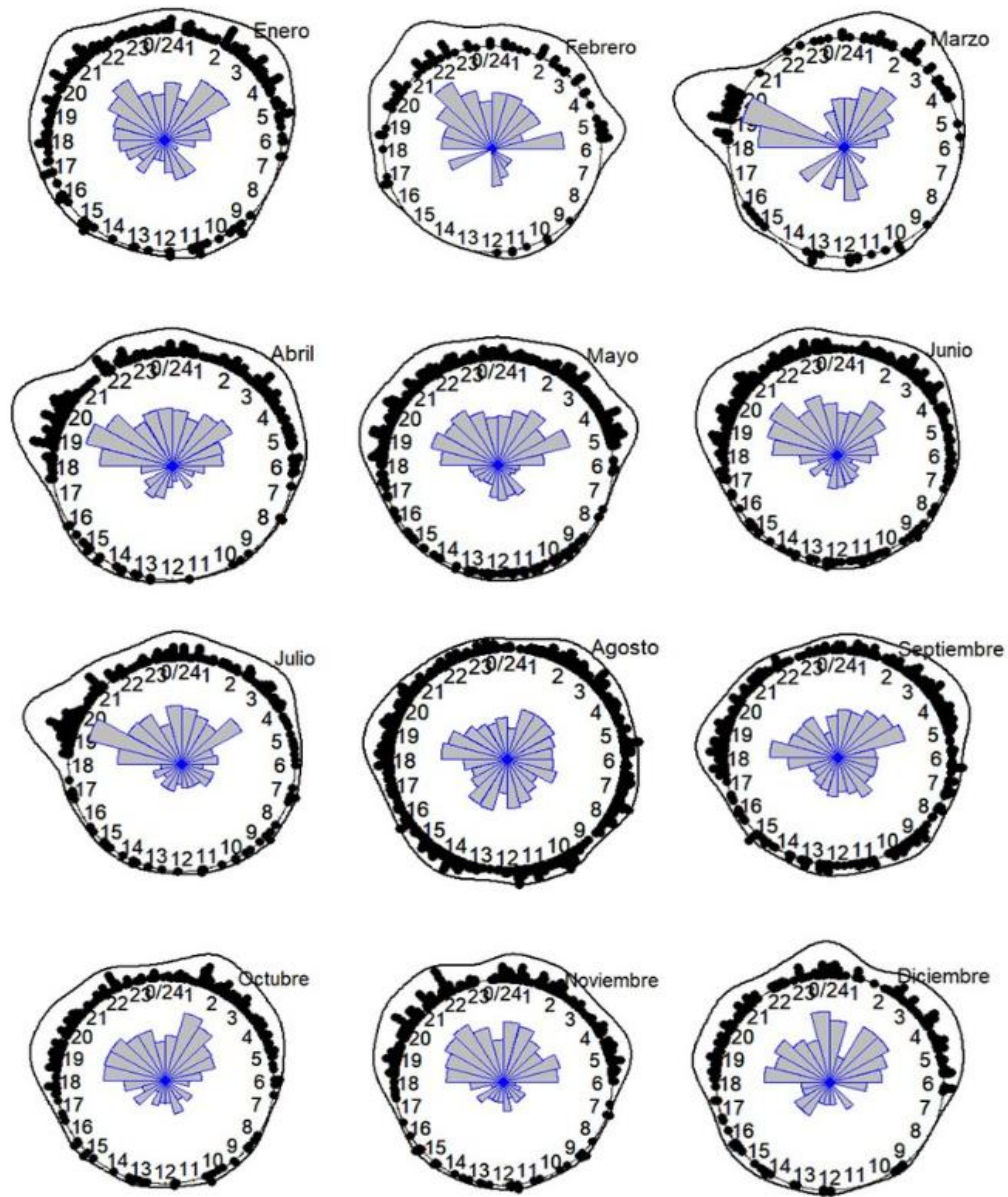


Figura 1. Diagrama de rosa de los periodos circulares mensuales durante el tiempo de muestreo.