



Variación en los patrones de actividad diaria de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en tres ecosistemas de México

Variation in the daily activity patterns of the gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*) in three ecosystems in Mexico

Eduardo Mendoza* , Franceli Macedo Santana

Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. Juanito Itzícuaro SN, 58330 Morelia, Michoacán, México

Historial

Manuscrito recibido: 10 de marzo de 2025

Manuscrito aceptado: 4 de septiembre de 2025

Manuscrito publicado: diciembre 2025

*Autor para correspondencia

Eduardo Mendoza

eduardo.mendoza@umich.mx

ORCID: 0000-0001-6292-0900

Resumen

El análisis de los patrones de actividad diaria de la fauna silvestre de mamíferos permite abordar distintos aspectos de su ecología como son la respuesta a la influencia de factores ambientales naturales y antropogénicos. Comparamos los patrones y niveles de actividad diaria de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en tres áreas protegidas de México a partir de datos de fototrampeo. Encontramos variación importante tanto en la distribución de la actividad a lo largo del día como en su nivel de actividad. Estos resultados ponen en evidencia la plasticidad que esta especie tiene en este atributo funcional, lo cual puede proporcionarle una ventaja para prosperar en una variedad de ambientes incluyendo los afectados por la actividad antrópica.

Palabras clave: atributos funcionales, conducta animal, fototrampeo, mamíferos silvestres, patrones ecológicos.

Introducción

Los mamíferos presentan distintos ciclos biológicos, uno de los más evidentes es el denominado ciclo circadiano, sincronizado en períodos de 24 horas en los que se presenta la alternancia de fases iluminadas por el sol y de oscuridad (Halle y Stenseth, 2000). Las actividades principales que realiza la fauna como descansar, alimentarse y socializar se distribuyen en horarios más o menos constantes dentro de estos ciclos (Bartness y Albers, 2000).

Gran parte de las especies de mamíferos concentran su actividad en la noche (nocturnas), sin embargo, hay especies cuya actividad se desarrolla mayoritariamente durante la fase iluminada del día (diurnas) o en períodos

Abstract

The analysis of the daily activity patterns of mammalian wildlife allows us to address different aspects of their ecology, such as the response to the influence of natural and anthropogenic environmental factors. We compared the patterns and daily activity levels of the gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*) in three protected areas of Mexico using camera-trapping data. We found significant variation in the activity distribution throughout the day and in its level. These results highlight this species' plasticity in this functional attribute, which may give it an advantage to thrive in various environments, including those affected by anthropogenic activity.

Keywords: animal behavior, ecological patterns, camera-trapping, functional attributes, wild mammals.

más restringidos, como el crepúsculo (crepusculares). Así mismo, hay especies que son activas en distintos momentos a lo largo del día (catemerales) (Ashby, 1972). Existe un alto grado de conservadurismo evolutivo en los patrones de actividad diaria de los mamíferos, sin embargo, no es un atributo que esté del todo fijo (Bennie *et al.*, 2014).

El estudio de los mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares subyacentes a los ciclos circadianos han recibido gran atención, lo que ha motivado incluso el surgimiento de un campo de investigación específico denominado cronobiología. De manera más reciente ha surgido un interés por evaluar en qué medida, la expresión de los ciclos circadianos,

estudiados primordialmente en animales seleccionados y en condiciones de laboratorio, es modulada por atributos intrínsecos de los animales como su talla corporal y sistemas sensoriales o por factores extrínsecos como las interacciones con otras especies (ej. presa-depredador, competencia), la variación en la temperatura y cobertura vegetal, e incluso la perturbación antropogénica (Vallejo-Vargas *et al.*, 2022).

El estudio de los patrones de actividad diaria de los mamíferos silvestres estuvo por mucho tiempo limitado por la imposibilidad de recabar el tipo de información requerida en los ambientes naturales en los que esta fauna está presente. Un factor decisivo, que cambió esta situación, fue la implementación generalizada de estudios de campo que utilizan cámaras trampa, las cuales registran la presencia de especies con información asociada sobre la hora de tal evento (Mendoza *et al.*, 2022).

Estudios globales han comenzado a abordar el análisis de los patrones de actividad diaria de los mamíferos silvestres en sus ambientes naturales (Bennie *et al.*, 2014; Vallejo-Vargas *et al.*, 2022). Estos estudios han encontrado que la distribución geográfica de especies de mamíferos con distintos patrones de actividad diaria sigue en buena medida los patrones generales de distribución de riqueza de especies de este grupo animal (ej. presencia de un mayor número de especies de hábitos nocturnos donde se concentran más especies en general). Sin embargo, existen excepciones notorias; por ejemplo, se ha observado que existe una concentración de especies de hábitos catemerales en la región boreal del continente asiático.

En el caso de los gremios de mamíferos, como las especies de herbívoros de las selvas húmedas, a medida que aumenta su talla corporal, presentan mayor actividad nocturna, lo que se ha interpretado como un mecanismo para evitar su sobrecalentamiento. Hay especies pertenecientes a otros gremios (ej. carnívoros) que en el mismo ambiente (selvas húmedas) tienen el comportamiento inverso, es decir, una mayor actividad diurna conforme la especie alcanza una talla corporal mayor (Vallejo-Vargas *et al.*, 2022). En consonancia, hay una amplia variedad de especies que modifican sus patrones de actividad diaria en respuesta a la perturbación antrópica, siendo la respuesta más común aumentar la actividad nocturna. Esta respuesta varía en su magnitud dependiendo de, entre varios factores, la talla corporal y el tipo de perturbación antrópica a la que se está expuesta (Gaynor *et al.*, 2018).

Con base en lo anterior, resulta evidente que se requiere examinar con mayor amplitud las características

de los patrones de actividad diaria de la fauna silvestre en distintas partes de su distribución. El avance en este sentido es importante para comprender los factores ecológicos que gobiernan la actividad de la fauna silvestre, pero también es de suma relevancia para evaluar en qué medida estos animales pueden responder al impacto de las actividades humanas. Este estudio se centra en el análisis de los patrones de actividad de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en tres bosques en buen estado de conservación ubicados en el occidente y sur del país. En particular nos enfocamos en describir cuantitativamente la variación de la actividad a lo largo del día y en estimar la proporción del mismo en la que esta especie es activa.

Metodología

Especie focal. La especie *Urocyon cinereoargenteus* (Schreber, 1775), comúnmente conocida como zorra gris, es un cánido generalmente solitario de tamaño mediano (800-1,125 mm de longitud total del cuerpo) y con un peso en su fase adulta entre 3 a 7 kilos. Los machos son ligeramente más grandes que las hembras (Fritzell y Haroldson, 1982). Es un animal muy ágil por lo que puede trepar fácilmente a los árboles. Habita áreas boscosas y de matorral, pero es muy adaptable por lo que puede encontrarse en zonas con vegetación perturbada e incluso dentro de las zonas urbanas. Puede estar activa en el día y noche (Aranda Sánchez, 2012). Utiliza los troncos huecos, raíces de árboles caídos, rocas o suelos descubiertos como sitios de refugio. Su alimentación es omnívora e incluye frutos, roedores, lagomorfos, insectos, etc. Su distribución geográfica es muy amplia ya que va desde el sur de Canadá hasta Colombia y Venezuela. Se puede encontrar en la mayor parte del territorio de México (Servín y Chacón, 2005; Aranda Sánchez, 2012) (**Figura 1**).

Sitios de estudio

Para este estudio se utilizó información obtenida mediante fototrampeo en tres áreas protegidas del país (**Figura 2**).

1. Reserva de la Biosfera El Triunfo (de aquí en adelante “El Triunfo”). Se localiza en la porción central de la Sierra Madre de Chiapas, entre los $15^{\circ}9'10''$ y $15^{\circ}57'02''$ latitud norte y $92^{\circ}34'04''$ y $93^{\circ}1'42''$ longitud oeste (**Figura 2**). El Triunfo tiene una superficie total de 119,177.29 hectáreas (INE/SEMARNAP, 1999); es una de las reservas más ricas y diversas en mastofauna del país con 112 especies de mamíferos, lo que representa



Figura 1. Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas. Foto: Jonatan Torres-Pérez-Coeto.

el 23 % de las especies registradas en México (Espinoza *et al.*, 1998). Además, protege la porción más extensa y mejor conservada del bosque mesófilo de montaña del país (Godínez-Gómez y Mendoza, 2019).

2. Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (de aquí en adelante “Yum Balam”), se ubica en el extremo norte del municipio de Lázaro Cárdenas, en el estado de Quintana Roo, entre los $21^{\circ}13'58''$ y $21^{\circ}42'18''$ de latitud norte y los $87^{\circ}52'13''$ y $87^{\circ}05'48''$ de longitud oeste (**Figura 2**). Tiene una extensión de 154,052.25. La temperatura media anual en la región es de 24.6-25.5 °C, y la precipitación media anual es de 1200 mm (SEMARNAT/ CONANP 2019). Dentro del área de protección de flora y fauna están representados 10 tipos de vegetación: manglar, matorral de duna costera, selva baja caducifolia, selva baja subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, petén, pastizales inundables, tasistales y vegetación secundaria. Algunas de las especies representativas de fauna son: Tortuga caguama (*Caretta caretta*), Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), Flamenco (*Phoenicopterus ruber*), Cigüeña jabirú (*Jabiru mycteria*), Espátula rosada (*Ajaia ajaja*), Mono araña (*Ateles geoffroyi*), Saraguato de manto (*Alouatta pigra*), Oso hormiguero

(*Tamandua mexicana*), Jaguar (*Panthera onca*), Puma (*Puma concolor*), Ocelote(*Leopardus pardalis*), Tigrillo o margay (*Leopardus wiedii*) (CONANP, 2024).

3. El Parque Nacional Barranca del Cupatitzio (de aquí en adelante “Barranca del Cupatitzio”) se localiza en el estado de Michoacán entre los $19^{\circ} 25' 11.28''$ y $19^{\circ} 26' 24.18''$ de latitud Norte y los $102^{\circ} 07' 40.04''$ y $102^{\circ} 04' 20''$ de longitud Oeste (**Figura 2**). La Barranca del Cupatitzio tiene una extensión de 458.21 hectáreas (CONANP, 2006). Su superficie está cubierta parcialmente por los derrames de lava del volcán Paricutín (originados en los años 1943 y 1952). Sus elevaciones máximas corresponden a los picos Loma Larga (2,075 m s.n.m.) y Cerro Chiquito (2,136 m s.n.m.). La vegetación natural de la zona se compone principalmente de bosque de pino, pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Bello y Madrigal-Sánchez, 1996). Se han registrado 43 especies de mamíferos, pertenecientes a 8 órdenes, 16 familias y 32 géneros (Chávez-León y Zaragoza Rivera, 2009). A un costado de Barranca del Cupatitzio se encuentra la ciudad de Uruapan (Hernández Salazar, 2020). En el 2010 esta ciudad tenía una población de 315,350 habitantes que para el año 2020 aumentó a 356,786. Por otro lado, el poblado de San Juan Parangaricutiro, que se ubica al oeste de Barranca del Cupatitzio tiene una población de 20,982 habitantes (Hernández Salazar,



Figura 2. Ubicación de las áreas naturales protegidas en las que se obtuvieron los datos de fototrampeo de la zorra gris que se utilizaron para este estudio.

2020). Este crecimiento poblacional se ha dado a la par del establecimiento de plantaciones de aguacate a costa de una disminución en la cobertura vegetal lo que junto con los incendios provocados ha afectado el interior de la reserva.

Diseño de muestreo

En El Triunfo se colocaron 20 cámaras trampa con sensores infrarrojos de movimiento (17 modelo Stealth cam STC-AC54OIR Digital Scouting Camera y 3 modelo Bushnell Trophy 119436CWP) en su zona núcleo I de agosto a diciembre de 2012. La ubicación de las cámaras se definió tomando como guía tres senderos: Palo gordo, Bandera y Costa usados por los guardaparques para actividades de monitoreo y ocasionalmente por observadores de aves. Partiendo del campamento se marcaron sobre los senderos puntos consecutivos a una distancia de 500 m usando un GPS, Garmin 60Csx. Posteriormente, se lanzó un volado para decidir a qué lado del sendero se caminaba una distancia de aproximadamente 15 metros para colocar la cámara. Se removió la vegetación frente a las cámaras para evitar interferencias con los sensores. Las cámaras fueron selladas con cinta adhesiva y protegidas con una cubierta plástica para evitar el efecto de la humedad ambiental y la lluvia; se programaron para tomar una serie de 3 fotos cada vez que eran activadas, para posteriormente entrar en un periodo de reposo de un minuto. Las cámaras

se revisaron mensualmente para asegurar su correcto funcionamiento y descargar las imágenes registradas.

En Yum Balam se colocaron 33 cámaras trampa durante cuatro meses, de agosto a diciembre de 2018. Las cámaras trampa (Cuddeback Modelo H-1453) se ubicaron en sitios de paso y senderos de la fauna dentro de la reserva y la zona aledaña. Las cámaras trampa se colocaron a una distancia mínima de 1.5 km entre ellas y su ubicación se georreferenció con un GPS portátil (Garmin 62). Se ubicaron nueve cámaras trampa dentro y 27 fuera de la reserva ya que la accesibilidad a la zona era bastante complicada. Las cámaras se fijaron en troncos de árboles a una altura aproximada de 50 cm. La vegetación frente a las cámaras fue parcialmente removida para evitar que al moverse las activaran y para extender el campo de visión. Además, se protegieron de la humedad ambiental y la lluvia con una cubierta de plástico adherente y cinta adhesiva; se programaron para tomar una serie de tres fotos cada vez que eran activadas. Se revisaron mensualmente para asegurar su correcto funcionamiento y descargar la información de las memorias.

En Barranca del Cupatitzio el muestreo se llevó a cabo de agosto a diciembre 2023, utilizando 8 cámaras trampa (Bushnell Trophy modelo 119837 y Browning Trail modelo BTC-5HD-MAX), repartidas sobre caminos, veredas y barrancos que abarcaron diferentes secciones de la reserva. La localización de las cámaras trampa fue registrada con un GPS portátil (Garmin eTrex). La

distancia promedio entre cámaras fue de 1.5 km. La mitad de las cámaras se configuró para tomar 3 fotografías por evento de activación y el resto se configuró en modo de video. Se realizaron visitas al parque aproximadamente cada 3 meses para descargar las imágenes captadas por las cámaras.

Elaboración de base de datos

Las fotos registradas durante el periodo de muestreo se organizaron por carpetas y se etiquetaron usando el programa DigiKam. Para identificar a las especies que salieron en las fotografías se usaron guías de campo (Aranda Sánchez, 2012). Posteriormente se extrajeron los metadatos de las imágenes usando el paquete CamtrapR (Niedballa *et al.*, 2016) en el programa R (R Core Team, 2022). De esta manera se generaron bases de datos con la información de las especies registradas, así como el día, hora y cámara de registro.

Análisis de datos

Patrones de actividad a lo largo del día. La descripción de los patrones de actividad de la zorra gris en los tres sitios de estudio se hizo a partir de generar curvas de densidad de probabilidad con base en la cantidad de registros obtenidos en distintos momentos a lo largo del día. Con este fin se transformó a radianes la información de la hora de registro de *U. cinereoargenteus* con ayuda del paquete “lubridate” (Grolemund y Wickham, 2011) en el programa R (R Core Team, 2022). Posteriormente se utilizó el paquete “Overlap” (Ridout y Linkie, 2009) para generar las curvas de actividad. Para comparar la semejanza entre estas curvas se realizó el cálculo de coeficientes de traslape (Δ) para cada par de ellas (Ridout y Linkie, 2009). Cuando $\Delta = 1$ indica que hay un traslape completo de las curvas (máxima semejanza), cuando $\Delta = 0$ no hay ninguna coincidencia en los patrones de actividad de las especies comparadas. Cuando el tamaño de la muestra disponible para las comparaciones fue menor a 75 registros de fototrampeo se utilizó la variante Δ_1 y cuando fue mayor se utilizó Δ_4 . Se calculó el intervalo de confianza del 95% de los coeficientes de traslape seleccionando las opciones bootCI y basic0 (Ridout y Linkie, 2009). De manera complementaria, se utilizó el paquete “Activity” de R (Rowcliffe, 2023) para realizar una prueba de aleatorización para determinar si existían diferencias estadísticas en los patrones de actividad que fueron comparados (H_0 = ambas curvas provienen de la misma distribución poblacional).

Patrones de actividad a lo largo del día. Para cada sitio se calculó el nivel de actividad de *U. cinereoargenteus*, este valor proporciona un estimado del porcentaje de

día que una especie es activa, sus valores van entre 0 y 100%. Este cálculo se realizó también con el paquete “Activity” (Rowcliffe, 2023). En este caso también se realizaron pruebas de aleatorización para comparar estadísticamente, entre pares de especies, las estimaciones de actividad y para generar los intervalos de confianza del 95% respectivos.

Resultados

En El Triunfo se obtuvieron 125 registros de *U. cinereoargenteus* (esfuerzo de muestreo = 1980 días cámara trampa), 37 en Yum Balam (esfuerzo de muestreo = 3795 días cámara trampa) y 147 en Barranca del Cupatitzio (esfuerzo de muestreo = 1080 días cámara trampa).

Patrones de actividad a lo largo del día

En Barranca del Cupatitzio *U. cinereoargenteus* tuvo su mayor pico de actividad cerca de las 02:00 horas y en las 16:00 a 18:00 tuvo otro pico, pero de menor magnitud. En El Triunfo hubo una mayor actividad de *U. cinereoargenteus* durante el día en comparación con la observada en Barranca del Cupatitzio y su mayor pico de actividad se alcanzó alrededor de las 21:00 horas. Finalmente, en Yum Balam el patrón de actividad de *U. cinereoargenteus* contrastó con el observado en Barranca del Cupatitzio y El Triunfo, ya que tuvo una importante actividad diurna, lo que se reflejó en que su mayor pico de actividad se presentó alrededor de las 11:00 horas (**Figura 3**).

De esta manera, los sitios con menor traslape en el patrón de actividad de *U. cinereoargenteus*, fueron Barranca del Cupatitzio y El Triunfo ($\Delta = 0.19$), mientras que el mayor traslape existió entre El Triunfo y Yum Balam ($\Delta = 0.48$) (**Tabla 1**). Sobre la diagonal de la **Tabla 1** se indican los valores de traslape entre las curvas de actividad de *Urocyon cinereoargenteus* junto con sus intervalos de confianza del 95% (entre paréntesis). Debajo de la diagonal se muestran los valores de probabi-

Tabla 1. Actividad de *Urocyon cinereoargenteus* en tres sitios de muestreo.

	El Triunfo	Barranca del Cupatitzio	Yum Balam
El Triunfo	—	$\Delta_4 = 0.19$ (0.129, 0.264)	$\Delta_1 = 0.48$ (0.349, 0.615)
Barranca del Cupatitzio	$p < 0.001$	—	$\Delta_1 = 0.25$ (0.154, 0.362)
Yum Balam	$p < 0.001$	$p < 0.001$	—

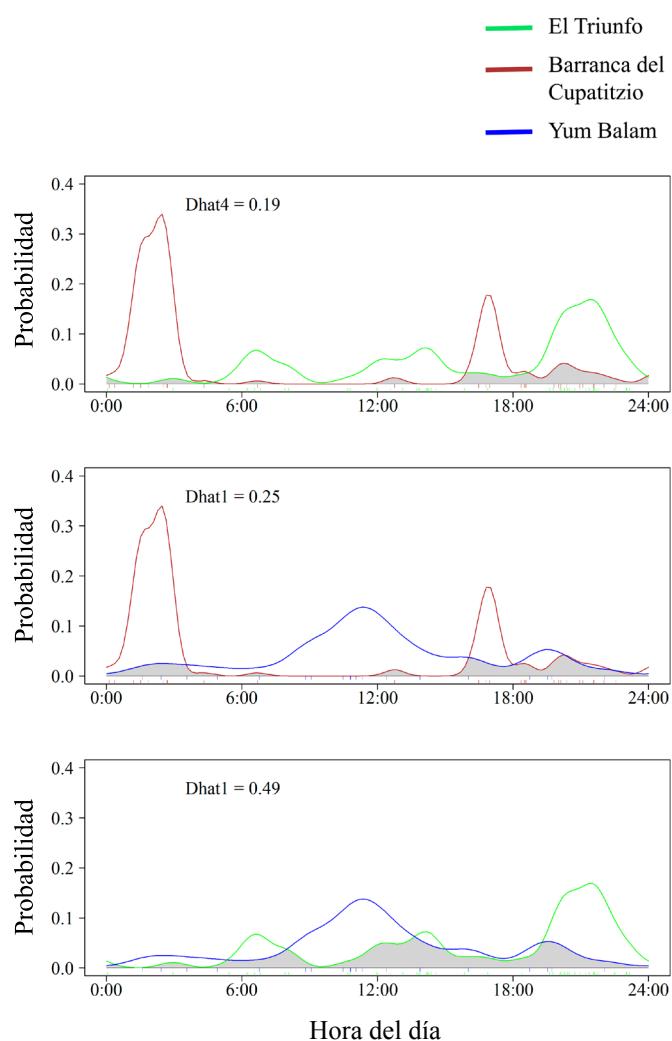


Figura 3. Curvas probabilísticas que describen los patrones de actividades a lo largo del día de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en tres áreas naturales protegidas de México a partir de datos de fototrampeo.

lidad asociados a la prueba de permutación realizadas para evaluar si existían diferencias significativas entre las curvas de actividad de *U. cinereoargenteus*. En todos los casos (comparaciones entre sitios) existieron diferencias significativas entre los patrones de actividad de *U. cinereoargenteus* (**Tabla 1**).

Nivel de actividad durante el día

La mayor actividad de *U. cinereoargenteus* se registró en Yum Balam seguida de El Triunfo, mientras que la menor actividad se encontró en Barranca del Cupatitzio (**Figura 4**). Sin embargo, sólo hubo diferencias estadísticamente significativas entre Yum Balam y Barranca del Cupatitzio ($p < 0.001$) y entre El Triunfo y Barranca del Cupatitzio ($p < 0.001$) (**Figura 4**).

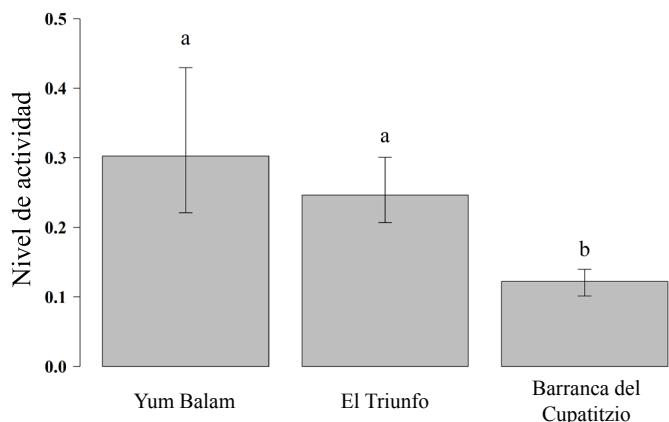


Figura 4. Niveles de actividad estimados para *Urocyon cinereoargenteus* en tres áreas naturales protegidas de México. Las barras de error corresponden a los intervalos de confianza del 95% y las letras diferentes indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas.

Discusión

En este estudio se registraron diferencias evidentes en la actividad de *U. cinereoargenteus* entre tres sitios de estudio con un nivel de conservación del hábitat relativamente bueno. Estas diferencias fueron particularmente evidentes al comparar la forma como la actividad de *U. cinereoargenteus* se distribuye a lo largo del día (i.e., patrones de actividad) sin embargo, también fueron evidentes al comparar sus niveles de actividad (i.e., porcentaje del día en el que la especie está activa). Entre los factores que pueden explicar estas diferencias en la actividad están las características bióticas y abióticas del hábitat (Vallejo-Vargas *et al.*, 2022). Por ejemplo, la existencia de una cobertura arbórea densa en El Triunfo puede favorecer que la actividad se distribuya de manera más uniforme a lo largo del día al no haber fluctuaciones muy marcadas en factores tales como la temperatura y luminosidad, que pudieran afectar el gasto metabólico de este cánido o la exposición a depredadores. Barranca del Cupatitzio fue el sitio que mostró picos de actividad más marcados. Una posible explicación de este patrón se relaciona con el hecho de que si bien este es un parque nacional no se escapa del todo a la perturbación antrópica. Una expresión de tal perturbación es la presencia de fauna introducida como son los perros domésticos (E. Perales, datos no publicados). Es posible que la notoria presencia en este sitio de los perros más la de otras especies como los coyotes (*Canis latrans*) pueda estar afectando los patrones de actividad de *U. cinereoargenteus* al aumentar la probabilidad de depredación o ataques (Egan *et al.*, 2021).

Las variaciones en los niveles de actividad entre

sitos, puede estar reflejando el balance entre una serie de factores tales como la disponibilidad de recursos alimenticios, el riesgo de ataque por otros animales y el gasto metabólico que se necesita para compensar las condiciones del ambiente (ej. fluctuaciones en la temperatura). Se requiere de una mayor amplitud de los muestreos—para registrar la variación temporal en los patrones de actividad—así como de diseños especialmente planeados para poder avanzar en el entendimiento del peso relativo de los factores bióticos y abióticos que afectan los patrones de actividad de la fauna silvestre (Frey *et al.*, 2017)

Si bien no es posible ahondar sobre las causas de la variación observada en los patrones de actividad de *U. cinereoargenteus*, el hecho de que muestre tal nivel de variación es en sí relevante. Es posible que esta flexibilidad para ajustar sus patrones de actividad diaria sea un factor que explique el éxito que tiene esta especie para mantener poblaciones incluso en condiciones de una importante perturbación antrópica (Castellanos-Morales *et al.*, 2008). Resulta de gran interés el evaluar si es posible encontrar en otras especies de mamíferos silvestres una correlación positiva entre la flexibilidad de sus patrones de actividad diaria y su éxito para sobrellevar el impacto antrópico.

Distintos estudios han clasificado a las especies de mamíferos silvestres en función de sus patrones de actividad diaria (ej. diurnos, nocturnos catemerales, etc). Estas clasificaciones son la base para realizar análisis globales, por ejemplo, de la distribución geográfica de especies con distintos patrones de actividad (Bennie *et al.*, 2014). Así mismo, este tipo de clasificación se ha incorporado en bases de datos que se utilizan ampliamente para el análisis de la diversidad funcional (Jones *et al.*, 2009; Ahumada *et al.*, 2011). Resulta por lo tanto de gran valor contar con criterios rigurosos para clasificar a las especies en función de sus patrones de actividad diaria. En la medida que existan estos criterios las comparaciones entre especies y dentro de especies, para distintas fechas o distintas poblaciones, serán más informativas y menos sesgadas.

Si bien existen guías generales para determinar cuándo una especie es diurna, nocturna, crepuscular o catemeral, es solo de manera reciente que se han propuesto métodos cuantitativos más rigurosos para llevar a cabo estas categorizaciones. Gerber *et al.* (2024) proponen un método probabilístico, a partir de modelos bayesianos, para poner a prueba hipótesis sobre el patrón de actividad diaria de mamíferos silvestres a partir de datos de fototrampeo. Este enfoque proporciona una metodología

replicable que puede ayudar a la estandarización de las comparaciones de estos patrones. Así mismo, brinda un enfoque más flexible para clasificar los patrones de actividad al brindar la posibilidad de explorar una variedad más amplia de categorizaciones tales como crepuscular-nocturno, diurno-crepuscular, etc. (Gerber *et al.*, 2024).

El uso de las cámaras trampa ha venido a revolucionar el estudio de los patrones de actividad de la fauna silvestre. Sin embargo, es sumamente deseable el combinar el uso de esta herramienta con otras técnicas (como el seguimiento de la fauna mediante tecnología GPS) para lograr descripciones aún más detalladas de los patrones de actividad diaria de la fauna (Edwards *et al.*, 2021).

Conclusiones

El estudio de los patrones de actividad diaria es un campo de investigación que ha recibido gran atención, debido a su relevancia para comprender cómo interactúan aspectos de la fisiología y ecología de la fauna de la fauna silvestre para facilitar su capacidad de adaptarse a la variación natural y antrópica en los ecosistemas. Conforme se avance en la implementación de estudios específicamente diseñados para evaluar el impacto que tienen distintos factores bióticos y abióticos sobre los patrones de actividad diaria de la fauna silvestre podremos tener una mayor posibilidad de prever su respuesta a factores como la urbanización y el cambio climático. Para este avance será de gran importancia el aplicar enfoques metodológicos robustos que permitan realizar diferentes comparaciones (entre especies, dentro de especies y a diferentes escalas geográficas) de manera estandarizada.

Agradecimientos

El Biól. Jonatan Torres-Pérez-Coeto y el Ing. Enil Perales Calderón generaron la información de campo en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, la Biól. Diana Saavedra generó la información de campo en el Área de Protección de Flora y Fauna de Yum Balam, el M. en C. Oscar Godínez Gómez apoyó en la generación de la información de campo en la Reserva de la Biosfera de El Triunfo. El Programa de Monitoreo Biológico (PROMOBI-CONANP) a través del proyecto “Monitoreo del tapir (*Tapirus bairdii*) en la reserva de la biosfera de El Triunfo y al proyecto “Análisis de Diversidad de Vertebrados Terrestres en Yum Balam” de la CONANP por el apoyo financiero para la realización del trabajo de

campo para generar las bases de datos que se analizaron en este estudio. El personal de la CONANP asociado al Parque Nacional Barranca del Cupatitzio y la Reserva Biosfera de El Triunfo dieron apoyo invaluable para la generación de los datos de campo que se utilizaron.

Referencias

- Ahumada JA, Silva CE, Gajapersad K, Hallam C, Hurtado J, Martin E, McWilliam I, Mugerwa B, O'Brien T, Rovero F, Sheil D, Spironello WR, Winarni N, Andelman SJ (2011). Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366:2703-2711. doi:10.1098/rstb.2011.0115.
- Aranda Sánchez MJ (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Primera edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, 110-111.
- Ashby KR (1972). Patterns of daily activity in mammals. *Mammal Review*, 1: 171-185. doi:10.1111/j.1365-2907.1972.tb00088.x.
- Bartness TJ, Albers HE (2000). Activity Patterns and the Biological Clock in Mammals. En: Halle S, Stenseth NC (eds) *Activity Patterns in Small Mammals. Ecological Studies*, vol 141. Berlin, Heidelberg, Springer. pp. 23-47. doi 10.1007/978-3-642-18264-8_3.
- Bello GMA, Madrigal-Sánchez X (1996). Estudio florístico del campo experimental «Barranca del Cupatitzio», Uruapan, Michoacán. Folleto Científico No. 2. INIFAP, CIRPAC, CAMPO EXP. URUAPAN. Morelia, Mich. p. 47.
- Bennie JJ, Duffy JP, Inger R, Gaston KJ (2014). Biogeography of time partitioning in mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111:13727-13732. doi:10.1073/pnas.1216063110.
- Castellanos Morales G, García Peña N, List R (2008). Ecología del cacomixtle (*Bassaris astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). En: Lorenzo C, Espinoza E, Ortega J (eds). *Avances en el estudio de los mamíferos*. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. pp. 371-381.
- Chávez-León G, Zaragoza Rivera S (2009). Riqueza de mamíferos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:95-104. doi:10.22201/ib.20078706e.2009.001.587.
- CONANP (2006). Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Barranca del Cupatitzio. CONANP. México DF. p. 192. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/3_libro_pm.pdf.
- CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. En: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=44®=9>, [consultado el 25 de octubre de 2024].
- Edwards S, Noack J, Heyns L, Rodenwoldt D (2021). Are camera traps a reliable method for estimating activity patterns? A case study comparing technologies for estimating brown hyaena activity curves. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 7:129-138. doi:10.1002/rse2.175.
- Egan ME, Day CC, Katzner TE, Zollner PA (2021). Relative abundance of coyotes (*Canis latrans*) influences gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*) occupancy across the eastern United States. *Canadian Journal of Zoology* 99:63-72. doi:10.1139/cjz-2019-0246.
- Espinoza M, Anzures EA, Cruz E (1998). Los Mamíferos de El Triunfo. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:79-94.
- Frey S, Fisher JT, Burton AC, Volpe JP (2017). Investigating animal activity patterns and temporal niche partitioning using camera-trap data: Challenges and opportunities. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 3(3):123-132. doi:10.1002/rse2.60.
- Fritzell EK, Haroldson KJ (1982). *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian species* 189:1-8. doi:10.2307/3503957.
- Gaynor KM, Hojnowski CE, Carter NH, Brashares JS (2018). The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science* 360:1232-1235. doi:10.1126/science.aar7121.
- Gerber BD, Devarajan K, Farris ZJ, Fidino M (2024). A model-based hypothesis framework to define and estimate the diel niche via the 'Diel. Niche'R package. *Journal of Animal Ecology* 93:132-146. doi:10.1111/1365-2656.14035.
- Godínez-Gómez O, Mendoza E (2019). Amenazas a la biodiversidad de la Reserva de la Biosfera El Triunfo. En: Enríquez PL, Martínez Camilo R, Carrillo García M (eds). *La Reserva de la Biosfera El Triunfo: avances y necesidades de investigación y conservación*. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur. pp. 187-194.
- Grolemund G, Wickham H (2011). Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software* 40:1-25. doi:10.18637/jss.v040.i03.
- Halle S, Stenseth NC (2000). Theoretical Considerations — Introduction. En: Halle S, Stenseth NC (eds), *Activity patterns in small mammals: Ecological studies*, vol 141. Berlin, Heidelberg, Springer. pp. 141-121. doi:10.1007/978-3-642-18264-8_2.
- Hernández Salazar J (2020). Fichas población 2020. Implanuruapan, 1. <https://implanuruapan.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/Fichas-poblacion-2020-.pdf>
- INE/SEMARNAP (1999). Programa de Manejo de la Reserva de La Biosfera El Triunfo, México. INE- SEMARNAP. México D.F. p. 107. https://simec.conanp.gob.mx/TTH/Triunfo/Triunfo_TTH_2000_2010.pdf.
- Jones KE, Bielby J, Cardillo M, Fritz SA, O'Dell J, et al. (2009). PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals: *Ecological Archives* E090-184. *Ecology* 90:2648-2648. doi:10.1890/08-1494.1.
- Mendoza E, Camargo-Sanabria AA, Godínez-Gómez O (2022). Is camera trapping helping us to fill knowledge gaps related to the conservation of wild mammals?. *Journal for Nature Conservation*

70:126282. doi:10.1016/j.jnc.2022.126282.

Niedballa J, Sollmann R, Courtiol A, Wilting A (2016). camtrapR: an R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution* 7:1457–1462. doi:10.1111/2041-210X.12600.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ridout M, Linkie M (2009). Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 14:322–337. doi:10.1198/jabes.2009.08038.

Rowcliffe M (2023). `_activity`: Animal Activity Statistics. R package version 1.3.3, <<https://CRAN.R-project.org/package=activity>>.

SEMARNAT/ CONANP (2019). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. SEMARNAT/ CONANP. México DF. p. 284. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/44_libro_pm.pdf.

Servín J, Chacón E (2005). *Urocyon cinereoargenteus* (Schreber, 1775): Zorra gris. En: Ceballos G, Oliva G (coord.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. México, D. F. Conabio-Fondo de Cultura Económica. pp. 354–355.

Vallejo-Vargas AF, Sheil D, Semper-Pascual A, Beaudrot L, Ahumada JA, Akampurira E, Bitariho R, Espinosa S, Estienne V, Jansen PA, Kayijamahe C, Martin EH, Lima MGM, Mugerwa B, Rovero F, Salvador J, Santos F, Spironello WR, Uzabaho E, Bischof R (2022). Consistent diel activity patterns of forest mammals among tropical regions. *Nature Communications* 13(1):7102. doi:10.1038/s41467-022-34825-1