



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA

Actividad temporal del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en sitios con distinto grado de integridad ecológica en la región de Tancítaro, Michoacán

Tesis

que como requisito parcial para obtener
el título profesional de

BIÓLOGA

Presenta

Myrna Johali Chávez Rosales

Nombre y grado del Director de tesis:

Dr. Eduardo Mendoza Ramírez

Co asesor

MC. Oscar Godínez Gómez

Morelia, Michoacán



Noviembre 2025

Dedicatoria

Este trabajo es fruto del infinito amor y apoyo de mi madre, Martha, quien me llenó de aliento durante todo el proceso y una vez que trascendió este plano, su recuerdo me motivó y me motiva cada día para continuar, todo el esfuerzo ha sido pensando en honrar su memoria.

Lo logramos amami.

Te amo.

A mi padre Ismael, quien me inculcó y cultivó la fascinación por la naturaleza, por tantos sacrificios, tu dolor, tu fortaleza y tu amor me sostuvieron firme durante todo el camino, a través de todo lo que vino y a través de todo lo que vendrá.

A mis hermanitos, Megan y Jonathan, cuyo amor y compañía me inspiraron en todo momento para esforzarme aún cuando sentí que el mundo se venía encima, y a la memoria de mi hermanita Montse.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi director de tesis, el Doctor Eduardo Mendoza Ramírez, quien aceptó recibirme en su laboratorio y guiarme durante este largo trayecto, regalándome su tiempo y su conocimiento para que este proyecto saliera adelante lo mejor posible.

A mi co-director, Oscar Godínez Gómez, cuya guía, paciencia y amistad a la distancia, ha sido fundamental durante la elaboración de esta tesis.

Al financiamiento otorgado por CONABIO, y a la CONANP por facilitar permisos.

Al Doctor Arnulfo Blanco García, quien apoyó de primera mano esta investigación, no solo con financiamiento, resolviendo complicaciones personalmente y por la confianza que nos brindó, además de ser una de las personas que más me inspiró durante mi formación.

Al Doctor Alejandro Salinas Melgoza, por su tiempo y sus comentarios para la elaboración de este proyecto.

A todos los monitores en campo en cada una de las comunidades en las que estuvimos, Angahuan, Apo, Condébaro, Tancítaro, Zirimondiro, especialmente a Don Chava en Nuevo San Juan Parangaricutiro y a Don Adolfo en Peribán. Su conocimiento es asombroso, nos sacaron de apuros en muchas ocasiones y nos compartieron pedacitos de su vida que atesoro.

A los integrantes del equipo Sipecam.

A mi madrina Magui, a quien considero casi una hermana mayor, me libró de muchas dificultades en campo y los meses siguientes me apoyó académica y emocionalmente desde el otro lado del mundo.

Por supuesto, a la Facultad de Biología, en donde se gestó y se avanzó hacia esta meta.

A mi familia, papá, Jonathan, Megan, no alcanzan las palabras ni las lágrimas para plasmar el agradecimiento que siento con ustedes. Gracias infinitas. Y también a mi gatito Senna que siempre que me senté a escribir estuvo a mi lado o acostado encima de mí.

A mi tía Male, a mi tía Tere y a sus familias que siempre estuvieron pendientes de mí y me reiteraron su apoyo y cariño incondicional en todo momento.

A la familia Tello Alcaraz; Anaid, Isabel y Juan Carlos, no habría podido continuar sin su apoyo, siempre estaré plenamente agradecida.

A toda la familia del GVL, especialmente a mis padrinos; Suri, Monse, Chemita y Nancy, cuyo impulso me permitió continuar en los momentos más difíciles de mi vida, me brindaron claridad y esperanza, gracias por siempre honrar el hombro con hombro.

A mis amigas Candy, Sabi, por todo su apoyo por tanto tiempo, las amo.

A Fany, Indra, Mary, Isita y a los Campeones, poder ser su amiga me llena de orgullo y felicidad.

Y por supuesto, a mi compañero de vida y mi pilar más importante, Mauricio Ramírez quien siempre me sostuvo, acompañándome en cada aventura, apoyándome en todo momento desde ir a muestrear hasta consolarme tiernamente en la adversidad, y a su familia Margarita, Óscar y Emmanuel, que prácticamente me adoptaron y a quienes aprecio con todo mi corazón.

A mi Poder Superior, porque tengo la certeza de que este trabajo se llevó conforme a su voluntad y me brindó todo aquello que necesitaba para lograrlo.

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	8
3. HIPÓTESIS	15
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	16
5. OBJETIVOS	17
5.1 Objetivo General	
5.2 Objetivos Particulares	
6. ÁREA DE ESTUDIO	18
7. MATERIALES Y MÉTODOS	21
7.1 Diseño de muestreo de fototrampeo	
7.2 Procesamiento y análisis de datos	
7.3 Evaluación de la frecuencia de registro de venado	
7.4 Actividad diaria del venado en sitios de integridad ecológica media y alta	
7.5 Nivel de actividad diaria (Porcentajes de actividad durante el día)	
8. RESULTADOS	26
8.1 Frecuencia de registro de venado	
8.2 Actividad diaria del venado en sitios de integridad ecológica media y alta	
8.3 Traslape de actividad diaria del venado en sitios de integridad ecológica media y alta	
8.4 Nivel de actividad diaria (porcentajes de actividad durante el día)	
9. DISCUSIÓN	32
10. CONCLUSIÓN	37
11. LITERATURA CITADA	38

RESUMEN

El venado cola blanca es un mamífero de gran importancia ecológica, económica, cultural y social a nivel nacional. Comprender sus patrones de actividad ayuda a evaluar el impacto de las actividades humanas en su comportamiento y sus poblaciones. Se evaluó la influencia del impacto humano sobre la actividad del venado en la región de Tancítaro, Michoacán, empleando la integridad ecológica como un indicador de la alteración antropogénica de la calidad del hábitat. Se instalaron un total de 50 estaciones de fototrampeo: 25 en bosques con alta integridad ecológica y 25 en bosques con integridad media. Se acumuló un esfuerzo de muestreo de 3376 días/cámara-trampa obteniéndose 46 eventos del venado (registros agrupados en intervalo de 60 minutos), 36 ocurrieron en bosques con alta integridad ecológica y 10 en integridad media. La frecuencia de captura en integridad alta fue de 0.63 registros/100 días-cámara-trampa, mientras que en bosques con integridad media fue de 0.15 registros/100 días-cámara-trampa. La actividad diaria fue de 32% y 13%, respectivamente ($p=0.007$). En ambos casos la actividad fue predominantemente diurna con un traslape de 0.4992 (Intervalo de Confianza: $\pm 95\% = 0.341 - 0.560$), pero con picos de actividad distintos, $p < 0.001$. Las diferencias observadas en la frecuencia de captura y los patrones de actividad diaria del venado entre sitios de distinta integridad ecológica evidencian que la alteración del hábitat influye en su comportamiento y poblaciones. Estos resultados confirman la utilidad de la integridad ecológica como indicador del impacto humano y pueden orientar estrategias de conservación y de manejo que benefician tanto a las poblaciones de venados como a las comunidades locales.

Palabras clave: Fototrampeo, frecuencia de registro, impacto humano, patrones de actividad, traslape de actividad.

ABSTRACT

The white-tailed deer is a mammal of great ecological, economic, cultural, and social importance nationwide. Understanding its activity patterns helps to assess the impact of human activities on its behavior and populations. The influence of human impact on deer activity in the Tancítaro region of Michoacán was evaluated using ecological integrity as an estimator of anthropogenic alteration of habitat quality. Fifty camera trap stations were set up, 25 in forests with high ecological integrity and 25 in forests with medium integrity. A sampling effort of 3,376 camera trap days was accumulated, resulting in 46 deer events (records grouped within 60-minute intervals), of which 36 occurred in forests with high integrity and 10 in forests with medium integrity. The frequency of capture in forests with high integrity was 0.63 records/100 camera trap days, while in forests with medium integrity, it was 0.15 records/100 camera trap days. Daily activity was 32% and 13%, respectively ($p = 0.007$). In both cases, activity was predominantly diurnal, with an overlap of 0.4992 (95% confidence interval = 0.341 - 0.560) but with statistically different peaks of activity. The differences observed in the frequency of capture and daily activity patterns of deer between sites of different ecological integrity show that habitat alteration influences their behavior and populations. These results confirm the usefulness of temporal activity patterns as a tool for assessing the impact of human disturbances on wildlife.

Key words: Activity patterns, camera trapping, capture frequency, human impact, overlap activity.

1. INTRODUCCIÓN

Las estimaciones de los parámetros poblacionales de la fauna silvestre son esenciales para la investigación ecológica, la conservación y el manejo de la biodiversidad (Henrich et al., 2022). La disponibilidad de este tipo de información permite analizar las dinámicas temporales y espaciales de las poblaciones de la fauna silvestre, evaluar la calidad de su hábitat y fundamentar la toma de decisiones para su manejo y conservación (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012; Sánchez-Rojas et al., 2009). Además, esta información facilita la evaluación de la influencia que factores externos tienen sobre la fauna silvestre, como lo son las actividades humanas (Burgos Solís, 2020). Estas actividades humanas se han convertido en un factor predominante que afecta el tamaño y la actividad de las poblaciones de la fauna silvestre, lo que repercute en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Reyes-Colli, 2016).

El monitoreo de la fauna silvestre permite, entre otros aspectos, la determinación de sus patrones de actividad diaria (Godínez-Gómez, 2014). Estos patrones de actividad reflejan respuestas evolutivas (i.e., adaptación) y ecológicas (i.e., dinámica poblacional) a diversos factores ambientales como el clima, la disponibilidad de recursos, la presencia de depredadores y la actividad humana (Gallina et al., 1998; Gallina y Bello Gutiérrez, 2014). En respuesta a estos factores las especies despliegan distintos patrones de actividad diaria que, en términos generales, pueden clasificarse como diurnos, nocturnos, crepusculares o catemerales (i.e., con actividad distribuida a lo largo de todo el día), según el momento del día en que se concentra su actividad (Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014). El estudio de estos patrones contribuye a comprender la relación que las especies tienen con los elementos que integran los ecosistemas que habitan, las actividades que desarrollan bajo distintas condiciones ambientales, su vulnerabilidad o capacidad de adaptación ante las modificaciones del hábitat (Figueroa Mero, 2025). Por ejemplo, para cubrir sus requerimientos alimenticios, algunas especies pueden optar por extender el tiempo dedicado al forrajeo mientras que otras modifican su actividad diaria para evadir a sus depredadores (Mosquera-Guerra et al., 2018). Otro factor que afecta la actividad diaria de muchos mamíferos es el estrés térmico (González Tenorio et al., 2021). A causa de este efecto, algunos mamíferos optan por descansar durante el

periodo diurno y realizar sus actividades de alimentación de noche, cuando la temperatura es menor (Gallina y Bello Gutiérrez, 2014).

Para comprender la relación de una especie con su entorno actual, es necesario emplear técnicas de monitoreo que favorezcan la obtención y sistematización de datos (Gastelum-Mendoza et al., 2014). Las metodologías tradicionalmente más utilizadas para estimar la abundancia y el tamaño poblacional de mamíferos silvestres se basan en evidencia indirecta de su presencia, como el conteo de rastros (p. ej., huellas) y grupos de excretas (pellets). Sin embargo, estos métodos son sensibles al tipo de hábitat donde se aplican (por ejemplo, las condiciones del terreno) y requieren personal capacitado para su implementación, lo que puede ser una limitación importante para su aplicación generalizada (Soria-Díaz y Monroy-Vilchis, 2015). Por ejemplo, se ha establecido una regla empírica según la cual 16.1 grupos de excretas corresponden a la presencia de un individuo de venado (Beltrán Vera y Díaz de la Vega Martínez, 2010). Sin embargo, este método puede llevar a sobreestimaciones, ya que existen zonas donde las excretas se concentran más que en otras (Navarro-Cardona, 2018). Así mismo, el muestreo basado en el registro de huellas o en la observación directa de individuos puede subestimar o sobreestimar el número de registros, ya que se desconoce si los rastros corresponden a uno o varios individuos y porque su detección varía según la temporada (e.g. lluvias vs. secas), y las características del sustrato (Galindo et al., 1985; Kobelkowsky-Sosa et al., 2001; Ortiz-Martínez et al., 2005; Ibáñez Barrera, 2015). Por lo anterior, resulta de gran importancia implementar técnicas de muestreo que permitan obtener información más sólida sobre parámetros poblacionales y que a su vez sean de fácil aplicación en distintos contextos (Lara-Díaz et al., 2011).

La técnica de fototrampeo ofrece ventajas sobre otros métodos como el trampeo tradicional y la telemetría, los cuales suelen ser más costosos, y además pueden alterar el comportamiento de la especie bajo estudio (Krausman, 2002; Monroy-Vilchis et al., 2010). Desde finales del siglo XX el uso de cámaras trampa ha impulsado significativamente la investigación ecológica, principalmente en mamíferos silvestres. Esta herramienta ha permitido desarrollar estudios sobre la presencia y ausencia de especies, la realización de inventarios faunísticos, el análisis de preferencias de hábitat, su etología, la diversidad de las comunidades y su

abundancia poblacional (Waldstein Parsons et al., 2017; Orellana y Bernabé, 2022). Las cámaras trampa ofrecen la ventaja de registrar una gran cantidad de información de forma continua en periodos cortos de muestreo y con costos económicos menores, en comparación con otros métodos de muestreo como el conteo de huellas y excretas, el uso de collares con GPS, los avistamientos directos, la captura y recaptura de individuos o el muestreo aéreo (Krausman, 2002; Palomares et al., 2007; Monroy-Vilchis et al., 2010; Soria-Díaz y Monroy-Vilchis, 2015). Reducen considerablemente la intervención humana que puede afectar la conducta de las especies focales o las características de su hábitat (Andrade-Ponce et al., 2021). Así mismo, su uso ha enriquecido el conocimiento sobre las interacciones ecológicas, actividades y patrones conductuales de distintas especies de mamíferos (Gastelum-Mendoza et al., 2014). Los datos obtenidos de esta manera brindan, entre otras cosas, información sobre sus abundancias y patrones de actividad diarios (Maffei et al., 2005; Sánchez-Julián, 2017).

Entre la fauna silvestre un grupo que ha recibido especial atención para la estimación de sus parámetros poblacionales es el constituido por las especies de interés cinegético. Un ejemplo representativo es el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) el ungulado con la distribución más amplia en el continente americano (Mandujano et al., 2010). En México esta especie se distribuye a lo largo de todo el país con excepción de la Península de Baja California y algunas zonas en el norte de Chihuahua y Sonora (Mandujano et al., 2010). El venado cola blanca es una especie importante desde las perspectivas económica, ecológica, cultural y social. En los ecosistemas que habita, el venado desempeña un papel importante como herbívoro, al influir en la dinámica poblacional de diversas especies de plantas (CONANP, 2014). Además, es una presa importante para mamíferos carnívoros de talla grande y contribuye a la dispersión de semillas de diversas plantas (Hernández-Miranda, 2019). En México, esta especie posee un alto valor para las comunidades rurales e indígenas, donde se aprovecha como fuente de alimento y medicina, además de otorgarle significados simbólicos dentro de su cosmología, mitología y rituales ceremoniales (García-Flores et al., 2021; Jean-Painter et al., 2017). En el sector rural de Michoacán, el venado cola blanca posee un alto valor cinegético y comercial, ya que su carne (carne de monte) se ofrece en diversos restaurantes situados a lo largo de las carreteras (Díaz-Pacheco y Morales-Torres, 2022). Debido a que el venado

cola blanca es una de las especies de mamíferos silvestres más aprovechadas, resulta fundamental disponer de información sobre sus poblaciones que ayude a desarrollar estrategias más eficaces para su manejo, aprovechamiento sustentable y conservación (Sánchez-Rojas et al., 2009; Leopold, 2000).

En la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) el venado cola blanca está clasificado como una especie de preocupación menor (UICN, 2023). En México, la Norma Oficial Mexicana 059 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019) no incluye al venado cola blanca dentro de las especies en riesgo debido a que su distribución es muy amplia (Villavicencio et al., 2017). Sin embargo, el venado cola blanca forma parte de la Lista de Especies y Poblaciones Prioritarias para la Conservación (DOF, 2014), que promueve la preservación tanto de la especie como de sus hábitats amenazados por considerarse de suma importancia (CONABIO, 2012).

De manera general, el hábitat ideal para el venado cola blanca corresponde a zonas que ofrecen alimento, cobertura y agua que pueden ser aprovechadas por la especie sin un detrimento de los recursos (Sánchez, 2017). La calidad del hábitat del venado está estrechamente vinculada al grado de integridad del ecosistema, entendida como la capacidad de mantener sus características estructurales (e.g., la cobertura del dosel), su diversidad (e.g., la riqueza de especies), sus procesos ecológicos (e.g., el ciclo de los nutrientes) y su conectividad espacial (e.g., los corredores) (Miller-ter Kuile et al., 2025). La degradación de la integridad ecológica, resultado de procesos inducidos principalmente por actividades humanas que alteran los procesos ecológicos que regulan la dinámica del hábitat (Mieles-Giler et al., 2024), no solo disminuye la calidad del hábitat, sino que también compromete la capacidad de los ecosistemas para sostener poblaciones saludables de fauna e incrementa su vulnerabilidad frente a perturbaciones futuras (Pillay et al., 2024); Ghazoul et al., 2015). En México, esta degradación se ha manifestado con frecuencia mediante el cambio de uso de suelo y la pérdida de cobertura de la vegetación natural para el desarrollo de infraestructura, la expansión agrícola y ganadera, así como a través de incendios forestales y el aprovechamiento ilícito de recursos naturales (Flores-Armillas, 2011; Hernández-Miranda, 2019).

Aunque se considera que el venado cola blanca no enfrenta una amenaza importante en México (Ureta et al., 2022), muchas de sus poblaciones se han visto afectadas ya que su hábitat se ha fragmentado, degradado o perdido (Tirira, 2011; Guano-Vasco, 2016). Sin embargo, es difícil tener un panorama general de su estado de conservación ya que la información disponible sobre sus parámetros poblacionales es limitada en varias de las regiones que habita en el país (Contreras-Moreno et al., 2015). En el estado de Michoacán, este mamífero es la principal especie sujeta a cacería debido a que las comunidades rurales lo utilizan con propósitos de subsistencia y comercio (Díaz Pacheco, 2011). Una de las regiones donde habita el venado cola blanca es en el Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro (APFFPT) donde se realizó este proyecto. Esta región es de gran importancia por sus servicios ecosistémicos y diversidad de especies endémicas y nativas (CONANP, 2014; Odenthal y Orozco-Ramírez, 2014).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la actividad temporal del venado cola blanca en sitios con distintos niveles de integridad ecológica en la zona del Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro, Michoacán. La generación de conocimiento del estado de conservación del venado cola blanca contribuirá al desarrollo de programas de manejo y conservación de la especie en el corto y mediano plazo en la región.

2. ANTECEDENTES

Biología, distribución y ecología del venado cola blanca

El venado cola blanca es un rumiante, perteneciente al orden Cetartiodactyla de talla mediana que mide entre 1.3 y 1.8 m de longitud total desde la cabeza hasta la cola y que alcanza un peso corporal de entre 22 y 70 kg (Arenas-Baéz, 2011). Las hembras pesan entre 25% y 40% menos que los machos (Fullbright y Ortega-Santos, 2007). Los machos poseen un par de astas que pierden anualmente en marzo y renuevan durante el mes de mayo (Arenas-Baéz, 2011). Este venado cuenta con alrededor de 14 subespecies (Ceballos y Oliva, 2005) (Figs. 1 y 2).



Figura 1. Ejemplares silvestres de *Odocoileus virginianus*. A) Venado macho (Autor: Carlos Javier Navarro Serment), B) Dos hembras (Autor: Carlos Galindo Leal). Fuente: <https://www.biodiversidad.gob.mx/conabio/banco-de-imagenes>.

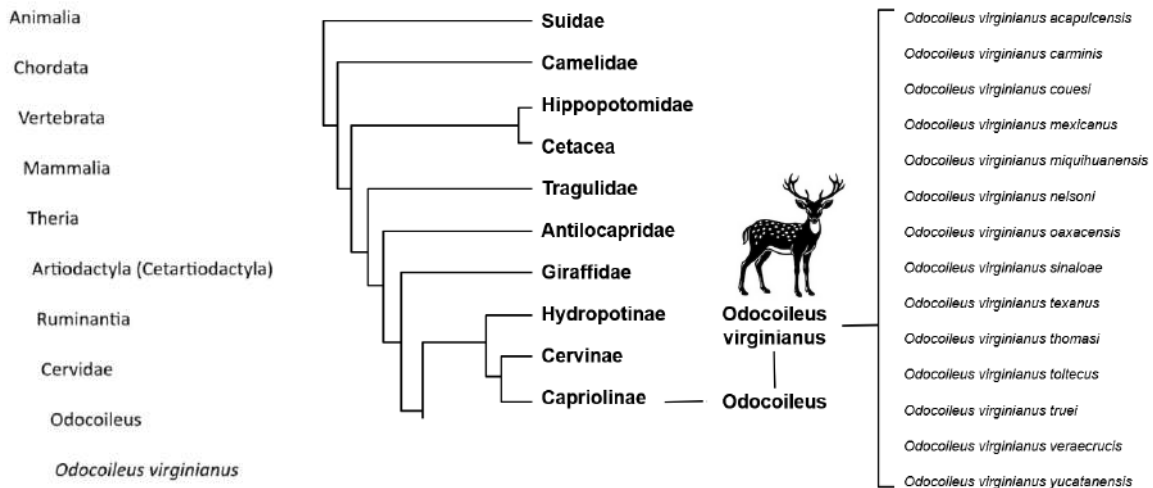


Figura 2. Taxonomía de venado cola blanca y árbol filogenético de Cetartiodactyla con énfasis en el venado cola blanca y sus subespecies en México (Modificado de Dunn et al., 2020).

El venado cola blanca habita en casi todo el país, exceptuando las zonas xéricas del noroeste (González y Briones-Salas, 2012). Su amplia distribución se debe a su enorme capacidad de adaptación a una diversidad de tipos de vegetación y climas (Flores-Armillas et al., 2013) (Fig. 3). Se le puede encontrar desde áreas bajas hasta zonas montañosas que superan los 3,500 m s.n.m. (Reyes-Colli, 2016).

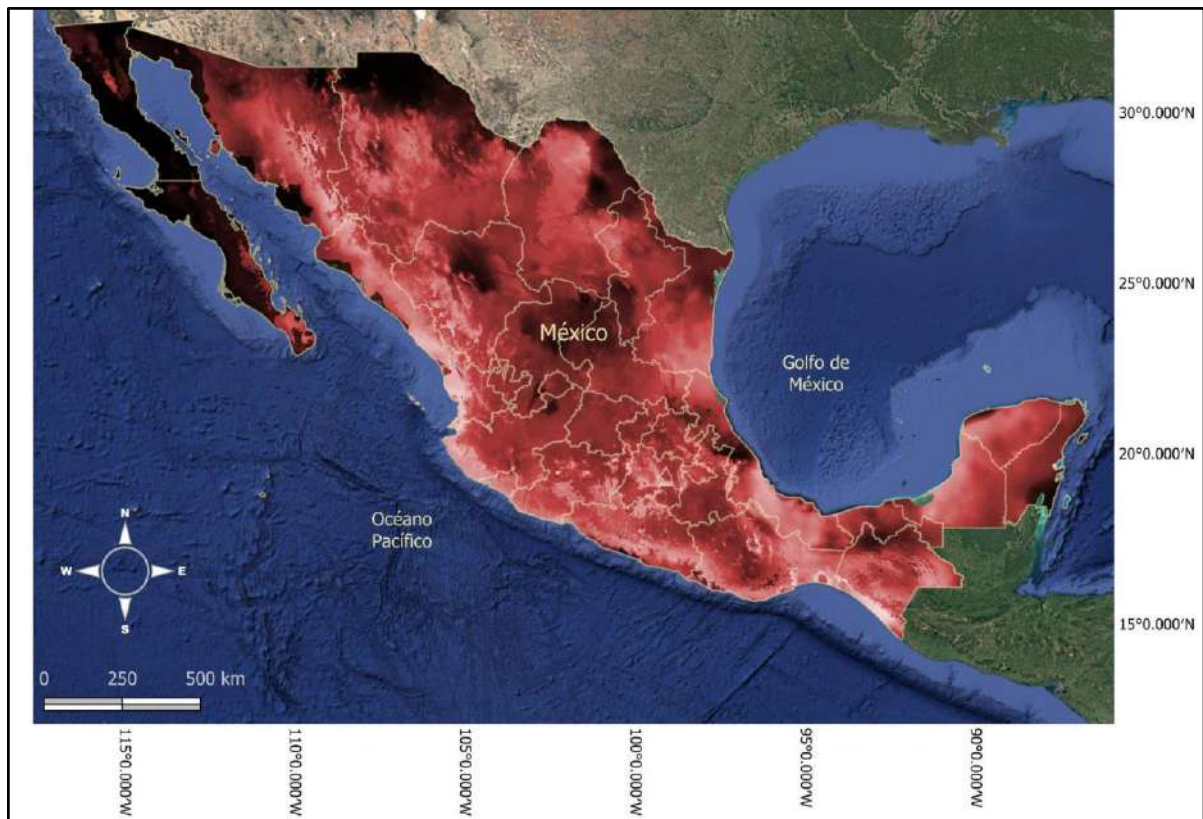


Figura 3. Distribución potencial del venado cola blanca en México. El tono claro representa áreas con alta idoneidad del hábitat, mientras que el tono oscuro indica zonas con baja idoneidad, según los valores continuos del modelo elaborado por Sánchez-Cordero y colaboradores (2020).

El venado cola blanca es una especie principalmente solitaria, aun así, puede formar grupos pequeños ya sea de un par de machos, varios juveniles o grupos de hembras acompañadas de sus cervatillos (Ockenfels, Brooks y Lewis, 1991; Reyes-Colli, 2016). Las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 16 y 18 meses de edad (Ceballos y Oliva, 2005). La temporada de reproducción comienza aproximadamente tres meses después de que comienzan a disminuir las horas de luz, aunque en latitudes cercanas al Ecuador puede ocurrir todo el año (Arenas-Baéz, 2011). La gestación dura entre 196 y 205 días; en el primer parto nace generalmente una cría, mientras que en los posteriores nacen dos o tres cervatillos (Ceballos y Oliva, 2005).

El venado cola blanca es una especie herbívora que consume ramas suaves de los arbustos, líquenes, hongos, frutos secos y pasto (Arenas Baéz, 2011). Esta

especie puede presentar actividad diurna y nocturna dependiendo de su distribución, la disponibilidad de recursos y la estacionalidad climática (Sánchez-Rojas, Gallina y Mandujano, 1997; Aranda, 2012; Reyes-Colli, 2016). Se ha documentado que la actividad de esta especie aumenta durante las primeras horas de la mañana y al atardecer, en función de la época reproductiva, la edad y sexo de los individuos y la actividad humana o la de sus depredadores naturales (Ceballos y Oliva, 2005).

Pese a que esta especie de venado puede hallarse en una gran diversidad de ecosistemas, muestra preferencia por zonas boscosas con una cobertura arbórea intermedia, las cuales emplea como refugio (Yáñez-Arenas et al., 2009). Asimismo, los venados tienden a ocupar áreas con alta humedad ambiental, ubicadas en laderas o cañadas, con una inclinación entre 10° y 45° que les ofrece protección frente a vientos intensos, la insolación y oscilaciones amplias de la temperatura (Sánchez-Rojas, 1997, Sierra-Franco, 2009). Sin embargo, la modificación de su hábitat ha reducido la extensión de su distribución y ha desplazado las poblaciones hacia zonas más secas, donde deben realizar un mayor gasto metabólico para enfrentar condiciones ambientales adversas (Montalvo et al., 2019). El ámbito hogareño de este mamífero varía entre los 5.18 km² y 10.57 km² (Ceballos y Oliva, 2005), mientras que la mediana de la distancia de su desplazamiento se ha estimado en 1.1 km en bosque de encino, pino-encino, pino, selva baja caducifolia y selva mediana caducifolia (Villavicencio et al., 2017).

Estudios previos de venado cola blanca

En México se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre el venado cola blanca, especialmente en ecosistemas tropicales (Sánchez-Rojas et al., 2009). Los estudios sobre esta especie abarcan aspectos biológicos, alimentarios, fisiológicos y ecológicos, principalmente en áreas naturales protegidas (García-Castro, 2009). Estos estudios han demostrado que el venado cola blanca es un organismo con alta plasticidad demográfica y conductual, lo que le permite restablecer sus poblaciones cuando las presiones que afectan a su crecimiento son suspendidas o mitigadas (Sánchez-Rojas et al., 2009). Un estudio de Medina-Torres y colaboradores (2008) indica que la presencia del venado cola blanca está determinada por el tipo de vegetación, la altitud, la pendiente de terreno y la cercanía al agua.

Por otra parte, de acuerdo con los resultados de Sánchez-Rojas y otros investigadores (2009) en la Sierra de Pachuca, Hidalgo, machos y hembras del venado cola blanca no muestran diferencias marcadas en sus preferencias de hábitat. En contraste, sí existen diferencias entre juveniles y adultos, ya que los primeros seleccionan más los ambientes con una densidad arbustiva mayor (Coronel-Arellano et al., 2009). Sin embargo, en países tropicales como Colombia se ha observado que los venados cola blanca muestran preferencia por áreas despejadas y pasan menos tiempo en el bosque denso, el cual utilizan sólo como refugio (Gómez et al., 2016). Por su parte, Ocaña-Parada (2014) señala que, en ciertas ocasiones, el venado cola blanca puede llegar a beneficiarse de la perturbación de la vegetación nativa, ya que puede alimentarse de plantas de vegetación secundaria, cohabitando con el ganado.

Otros estudios han profundizado en el estudio de las interacciones biológicas que influyen sobre la abundancia y densidad del venado cola blanca. Por ejemplo, los carnívoros depredadores actúan como reguladores de las poblaciones herbívoras. En el área de estudio de este trabajo, el venado cola blanca es depredado por el puma (*Puma concolor*), el coyote (*Canis latrans*) y el linco (*Lynx rufus*) (Coronel-Arellano et al., 2009). Asimismo, Jones y colaboradores (2016) mostraron que la cobertura forestal es un importante predictor de la detección del venado cola blanca y que, en cambio, presenta una relación negativa con la presencia de depredadores como el coyote (*C. latrans*).

Al igual que ocurre con otras especies de mamíferos silvestres, hasta hace poco tiempo las técnicas de muestreo más utilizadas para estimar la abundancia y tamaño poblacional del venado cola blanca utilizaban evidencia indirecta, como el conteo de rastros y excretas. Por ejemplo, en la UMA Ejido de Amanalco, Estado de México, Beltrán-Vera y Díaz de la Vega Martínez (2010) estimaron la densidad poblacional del venado cola blanca a partir del registro de su presencia a lo largo de transectos, obteniendo una densidad de entre 0.42 y 0.52 venados/ha. En otro estudio, en la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” en Chiapas, Chávez y colaboradores (2011) estimaron una abundancia de venado de 0.694 huellas/km mediante el registro de rastros. Mandujano et al. (2024) realizaron un análisis de la tendencia poblacional del venado cola blanca donde encontraron que la densidad

promedio nacional es de 6.9 venados/km², la densidad en el estado de Michoacán es de 7 venados/km², y la densidad de bosques templados es de 5 venados/km². En otra evaluación realizada por Jiménez junto con otros investigadores (2010) en Perú, obtuvieron una frecuencia de captura de venado cola blanca de 5.2 venados en la temporada de sequía y 0.8 venados en la de lluvias.

En cuanto a los estudios de fototrampeo con venados, en la región este de México, Huerta-Rodríguez (2022) registró una abundancia relativa de 11.01 ± 23.53 venados a lo largo de 420 días cámara-trampa. En Durango, Chávez Gamboa y colaboradores (2023) estimaron una abundancia relativa de 2.61 individuos, con 17 registros independientes en un área de bosque de pino-encino y pastizal. Por su parte, Plata-Pérez y otros investigadores (2024) reportaron en Puebla un total de 105 registros de fototrampeo de venado cola blanca y una abundancia relativa de 7.22 individuos en un área de 1,100 m². Al sur del país, Jiménez-Sánchez y asociados (2022) obtuvieron en Yucatán una frecuencia de registro 13.29 venados/100 días cámara trampa. Por otro lado, Portillo-Reyes y su equipo (2023) obtuvieron 16 registros de venados en 630 noches cámara-trampa en la Bahía de Chismuyo, Honduras. En comparación, un estudio llevado a cabo en Ecuador (Terán, 2023) obtuvo un total de 32 registros de una subespecie del venado cola blanca (*O. virginianus peruvianus*) en 350 días cámara trampa.

Soria-Díaz y Monroy-Vilchis (2015) emplearon cámaras trampa para identificar a los venados a nivel individual, lo que les permitió estimar una densidad entre 2.0 y 6.3 venados/km² en temporada de lluvias, y 0.8 a 12 venados/km² en secas en el centro de México. Sánchez Julián (2017), estimó la densidad de la especie en el rancho La Puerta, Saltillo, y registró 13 individuos diferentes en un área de 29.5 km² para una densidad de 0.44 ind./km² y un patrón de actividad diurno.

Fuera de México, Portillo-Reyes y colaboradores (2023) obtuvieron 16 registros de venados en 630 días cámara trampa en la Bahía de Chismuyo, Honduras. En comparación, un estudio llevado a cabo en Ecuador (Terán, 2023) obtuvo un total de 32 registros de una subespecie del venado cola blanca (*O. virginianus peruvianus*) en 350 días cámara trampa.

En las Montañas Rocosas de Canadienses, Khan y otros investigadores (2024) realizaron evaluaciones del venado cola blanca, compararon una baja y alta perturbación antropogénica, y encontraron que el venado es principalmente diurno en ambos ambientes, con picos de actividad cercanos al amanecer y al ocaso.

Existen varios estudios que han abordado el análisis de los patrones de actividad diaria del venado cola blanca a partir de la información generada mediante el fototrampeo. Por ejemplo, Córtes-Marcial y Briones-Sales (2014) encontraron en su estudio que la actividad en Oaxaca fue mayormente diurna, entre las 8:00 y 20:00 h.

López-Tello (2014) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán reportó una mayor actividad del venado se da a las 09:00, 11:00 y 18:00 h, y una menor entre las 24:00 y 01:00 h. Más recientemente, Hidalgo-Mihart y colaboradores (2024) evaluaron los patrones de actividad diaria de los venados en Campeche con datos de fototrampeo de 3 años. Ellos registraron actividad de venados principalmente diurna en veredas y caminos, con picos de actividad durante el alba alrededor de las 07:00 h y el ocaso alrededor de las 18:00 h. En el 2018, Encala Caicedo evaluó la actividad diaria del venado cola blanca en la Reserva biológica Uyuca, Honduras, y encontró que es más activo durante el día, con picos de actividad en los periodos de 5:00-6:00, 12:00-13:00 y 21:00-22:00 h. Estas variaciones podrían deberse a la disponibilidad de recursos, ya que a mayor disponibilidad de estos, el venado se encuentra activo durante el día (López-Tello, 2014)

Si bien los estudios de venado en México están más enfocados en estimar su abundancia y la densidad poblacional, la incorporación de estudios de fototrampeo enfocados a analizar sus patrones de actividad diaria está contribuyendo a tener un mejor panorama del estado de sus poblaciones y puede aportar información para mejorar las estrategias para su manejo y conservación.

3. HIPÓTESIS

Los venados cola blanca modifican sus patrones de actividad diaria en respuesta a la pérdida de integridad ecológica por disturbios antropogénicos que modifican su hábitat.

Predicciones:

Se espera encontrar una mayor actividad (frecuencia de registros) de los venados en zonas con un menor impacto de las actividades humanas (i.e., integridad ecológica alta) en comparación con zonas perturbadas (i.e. integridad ecológica media).

Por otro lado, se prevé que la actividad diaria del venado cola blanca (porcentaje del día en el que la especie es activa) sea mayor en zonas con alta integridad ecológica que en aquellas con integridad ecológica media.

Finalmente, se espera que los picos de actividad diaria del venado en las zonas con alta integridad ecológica se concentren en el período diurno mientras que en zonas con integridad ecológica media se desplacen hacia el período nocturno como estrategia para evitar interacciones negativas con humanos y su fauna asociada.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿La actividad antrópica genera alguna afectación en la actividad diaria del venado cola blanca?

¿Cómo influye la actividad humana en la frecuencia de captura del venado cola blanca?

5. OBJETIVOS

General:

- Evaluar la influencia del impacto humano (medido a partir de la integridad ecológica) en la actividad (frecuencia de registros, niveles y patrones de actividad a lo largo del día) del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la región de Tancítaro, Michoacán.

Particulares:

- Calcular y comparar la frecuencia de registros de fototrampeo de venado cola blanca entre sitios con integridad ecológica alta y media.
- Estimar y comparar el nivel de actividad (i.e., porcentaje de actividad a lo largo del día) del venado cola blanca en sitios con integridad ecológica alta y media.
- Analizar los patrones de actividad diaria del venado cola blanca en sitios con integridad ecológica alta y media.

6. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se deriva del proyecto Sitios Permanentes de Calibración y Monitoreo de la Biodiversidad (SiPeCaM) coordinado por la Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad (CONABIO). El sitio de estudio se encuentra en la región de Tancítaro, Michoacán, y corresponde al cúmulo 81, dividido en dos módulos, definido dentro de este proyecto (Figura. 4).

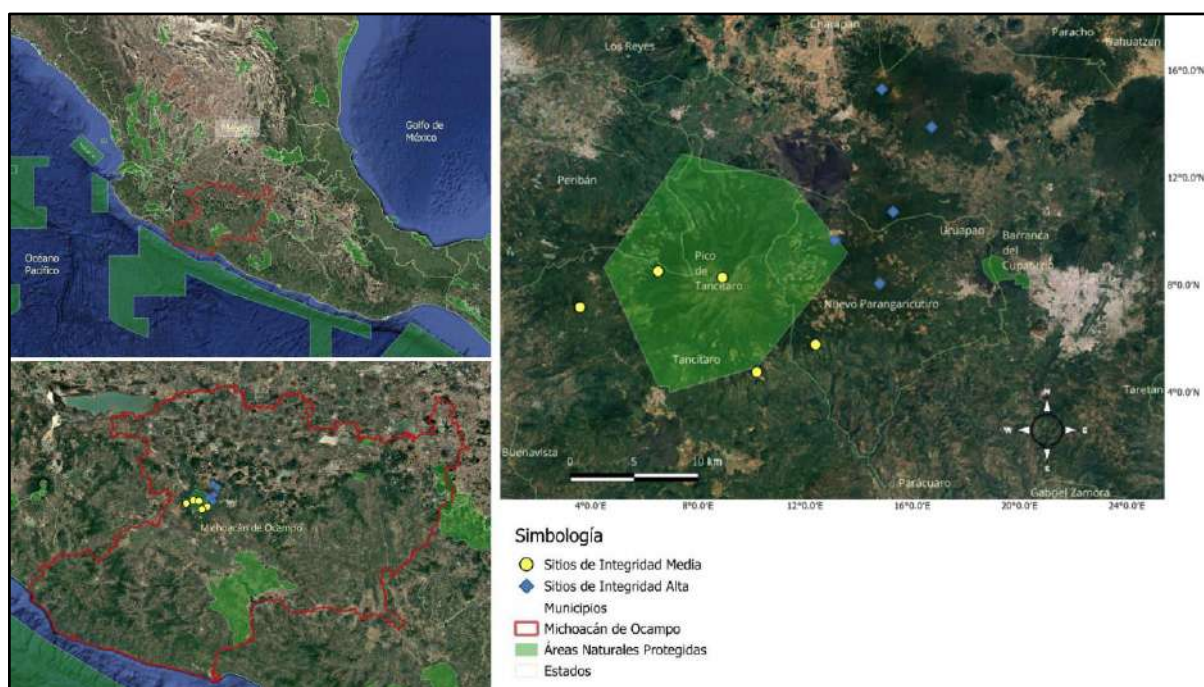


Figura 4. Ubicación del área de estudio y sitios de muestreo en la región de Tancítaro, Michoacán, México.

El área de estudio abarca parte de los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Tancítaro y Uruapan, específicamente la comunidad de Santiago Angahuan. Esta zona forma parte de la Meseta purépecha, y del Eje Volcánico Transversal y está en la proximidad del volcán Parícutín.

Los muestreos se realizaron en los ejidos de Aparícuaro, Apo, Zirimondiro y La Majada (Fig. 5). En esta zona se localiza el Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro (APFFPT). La APFFPT tiene una superficie de 19,000.00 ha y tiene una elevación que va de los 2,000 a los 3,860 metros sobre el nivel del mar (Ruiz, 2002).



Figura 5. A) Sitio de integridad ecológica media en el Prado de La Majada, dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro; B) Sitio de integridad ecológica alta en el Cerro en Angahuan.

La vegetación presente en la zona de estudio incluye bosque de pino, pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque de oyamel y pastizal (Ruiz, 2002: Tinajero-Berrueta, 2012). La zona boscosa se encuentra entre 1,900 y 3,200 metros sobre el nivel del mar, en una región topográfica accidentada, con pendientes entre 5% y 80% y laderas pronunciadas con orientación al sureste (INEGI, 2010). La mastofauna de la región incluye aproximadamente 95 especies de mamíferos entre las de talla media y grande destacan el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) el puma (*Puma concolor*), el gato montés (*Lynx rufus*), el coyote (*Canis latrans*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el conejo de monte (*Sylvilagus cunicularius*), el tlacuache norteno (*Didelphis virginiana*), el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*), el coatí (*Nasua narica*), el zorrillo de espalda blanca (*Conepatus leuconotus*), el pecarí de collar (*Pecari Tajacu*), el mapache (*Procyon lotor*) y la ardilla arborícola (*Sciurus aurogaster*) (Velázquez et al., 2003; CONANP, 2014; Gallardo-Téllez, 2021).

El suelo predominante en la región es de tipo andosol húmico de textura mediana, seguido por andosol ócrico de textura gruesa, regosol dístico grueso y faeozem háplico de textura mediana. El clima es mayormente templado húmedo con lluvias abundantes en el verano correspondiente a los tipos C(m) (w) y C(w2)(b) (Bello-González et al., 2015). La precipitación media anual varía entre 1,500 y 2,000

mm, y la temperatura media anual es de 18°C, con heladas frecuentes entre 20 y 40 días al año (INEGI, 2010).

Gran parte de los bosques de Michoacán se encuentran afectados por las actividades antropogénicas, principalmente por los incendios forestales y el cambio de uso de suelo (Gallardo-Téllez, 2021). De acuerdo al Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF – CONAFOR, 2025) en el año 2023 se deforestaron 8,845 hectáreas.

Así mismo, la fauna enfrenta problemáticas como la caza y la presencia de fauna feral o doméstica (CONANP, 2014). La región de Tancítaro no escapa al efecto de estos factores de perturbación; la expansión desmedida de huertas, ganadería, cacería, incendios (Ortiz-Rivera y Fuentes-Junco, 2020; Ramírez-Mejía et al. 2024).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de muestreo de fototrampeo

El diseño de muestreo siguió la estructura propuesta por la CONABIO (CONABIO, 2021), basada en cúmulos, módulos y nodos (Fig. 6). El cúmulo abarcó la totalidad de estaciones de fototrampeo e incluyó dos módulos, uno con integridad media y otro con integridad alta. Cada módulo estuvo conformado por cinco nodos (Fig. 6). La CONABIO (2021) definió los niveles de integridad ecológica con base en variables como el cambio de uso de suelo, la presencia de especies invasoras, el cambio climático y la sobreexplotación de recursos, así como los atributos ecorregionales derivados de diversas fuentes de información y el aporte de los expertos en cada ecosistema del país (CONABIO, 2021). En términos generales, la clasificación distingue ecosistemas bien conservados frente a otros con degradación moderada. Estas variables fueron incorporadas en un Índice de Integridad Ecosistémica, considerando valores del índice de 0.75 a 1 como integridad alta y de 0.5-0.75 como integridad media (CONABIO, 2021). La validación de los módulos se realizó mediante Evaluación Rápida de Integridad Ecosistémica, que consistió en un cuestionario de respuestas binarias (sí/no) para valorar su estructura, estado de regeneración, signos de disturbio general, especies indicadoras e impactos y amenazas observadas (CONABIO, 2021). Cuando los resultados de esta evaluación no coincidieron con la clasificación inicial, por ejemplo, zonas identificadas como de alta integridad que en campo mostraron condiciones degradadas, los puntos de muestreo fueron reubicados dentro de un radio aproximado de 2 km. Esta reubicación se efectuó con base en el índice de integridad ecosistémica y el conocimiento y la opinión de los monitores comunitarios, quienes recomendaron sitios con condiciones más acordes a la categoría de integridad asignada.

El diseño original de fototrampeo planteaba que por nodo se colocaran, cuatro cámaras formando un cuadrante, con una separación de aproximadamente 1 km entre ellas, una quinta cámara se coloca en el centro del cuadrante, equidistante del resto (Fig. 6). Sin embargo, el modelo final se adaptó por cuestiones de logística, e inseguridad (Fig. 6). Se utilizaron simultáneamente un total de diez cámaras trampa ©Reconyx modelo HyperFire 2 Pro con sensor de movimiento infrarrojo pasivo. Estas

cámaras trampa tienen respectivamente una distancia y área de detección de 10 a 30 metros y 60°, respectivamente (CONABIO, 2020). De manera simultánea, cada una de las cámaras permaneció en funcionamiento durante 30 días y posteriormente, se reubicó en los siguientes nodos, de manera sucesiva hasta completar cinco pares de nodos, el muestreo abarcó la temporada de secas y lluvias (CONABIO, 2020). Las cámaras captaron dos fotografías con espacio de un segundo y un video de 15 segundos. Se procuró colocarlas en árboles o rocas a aproximadamente 60 cm del nivel del suelo y cuando no fuera posible, se acondicionaron troncos a la orilla del camino.

Las cámaras permanecieron en funcionamiento durante 30 días y posteriormente, se reubicaron en los siguientes nodos, de manera sucesiva hasta completar los cinco pares de nodos. El muestreo abarcó la temporada de secas y lluvias (CONABIO, 2020).

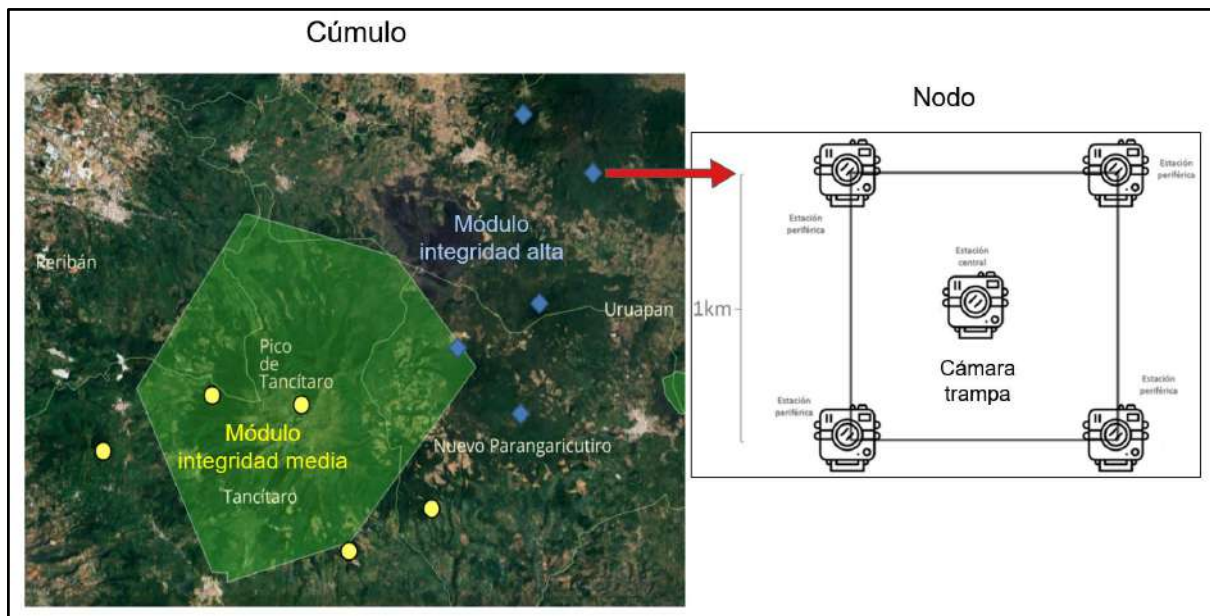


Figura 6. Diseño de muestreo de la fauna de mamíferos mediante foto trapeo en la región de Tancítaro, Michoacán, México. El polígono corresponde al área cubierta por el Parque Nacional Pico de Tancítaro.

Procesamiento y análisis de datos

La información registrada por las cámaras trampa se descargó para procesarla con los programas Digikam © y CamtrapR (Niedballa et al., 2016). Cada imagen fue etiquetada con el nombre de la especie y el número de individuos captados. En el paquete CamtrapR los metadatos de las imágenes fueron leídos para elaborar una base de datos con la información sobre la estación en la que se obtuvo la imagen, hora, fecha y sus coordenadas de registro.

Para comparar la frecuencia de registro del venado en condiciones de integridad media y alta, se agruparon las imágenes en intervalos de 60 minutos, esto con el fin de disminuir el efecto de tener secuencias consecutivas de imágenes de los mismos individuos. A las imágenes agrupadas se les denomina “eventos” de aquí en adelante. De cada evento registrado, se observaron las características físicas de los venados captados (presencia o ausencia de astas y si eran o no juveniles), sin llegar a hacer una identificación individual.

Evaluación de la frecuencia de registro de venado

La frecuencia de registro se calculó de la siguiente manera:

$$FR = \left(\frac{\text{No. de eventos}}{\text{Esfuerzo de muestreo}} \right) \times 100 \text{ días cámara trampa}$$

De manera alternativa y para minimizar el efecto que pudiera tener el que una cantidad considerable de los registros de fototrampeo se concentrara en tan solo unas cámaras trampa, se recalculó la frecuencia de registro, pero en este caso se multiplicó la frecuencia de captura por la proporción de cámaras trampa en las que se detectó la especie.

$$\text{Frecuencia de captura ponderada} = FR \times \frac{E}{TE}$$

Donde FR es la frecuencia de captura estandarizada a 100 días cámara trampa, E es el número de estaciones donde se detectó el venado cola blanca y TE

es el número total de estaciones de fototrampeo. Estos cálculos se realizaron en R (R Core Team, 2024).

Se hizo una identificación manual de algunas características distintivas de los venados en las imágenes capturadas como si tenían o no astas, o si eran juveniles (de talla pequeña).

Actividad diaria del venado en sitios de integridad ecológica media y alta

Para generar las curvas de actividad diaria de la especie, se aplicó el método no paramétrico de estimación de densidad de Kernel del paquete *Overlap* de R (Ridout y Linkie, 2009). Esta técnica permite estimar la función de probabilidad y genera una curva suavizada basada en la distribución de los datos que puede reflejar patrones multimodales en la actividad de la especie (Węglarczyk, 2018). Las curvas resultantes se graficaron mediante la función *densityPlot* (Meredith y Ridout, 2014).

Así mismo, se calculó el coeficiente de traslape ($\hat{\Delta}$) para medir el grado de similitud de la actividad diaria (i.e., semejanza de sus gráficas de actividad) del venado entre sitios con distinta integridad ecológica. Debido al número de registros ($n < 50$), se usó el estimador $\hat{\Delta}_1$. El coeficiente de traslape se obtuvo mediante la función *Overlap* del paquete de R (Meredith y Ridout, 2014). El valor de este coeficiente puede estar entre 0 (sin traslape) y 1 (traslape completo); el traslape es representado por el área compartida entre ambas curvas de densidad (Mooring y Eppert, 2022).

Para obtener los intervalos de confianza del 95%, se realizó un procedimiento de bootstrap con 1,000 repeticiones. Finalmente, se utilizó la función *CompareCkern* del paquete *Activity* (Rowcliffe, 2023) de R para evaluar si las curvas de actividad diaria diferían significativamente entre los niveles de integridad ecológica. Esta prueba evalúa la probabilidad de que dos curvas provengan de una misma distribución poblacional (Davis et al., 2022).

De manera complementaria se evaluó si existía una selección por parte de los venados para ser más activos en el crepúsculo, día o noche en ambas condiciones de integridad ecológica (i.e., media y alta). Para esto se utilizó el paquete de R *Diel*.

niche (Gerber et al. 2024). Este paquete utiliza un enfoque de estadística Bayesiana para calcular las probabilidades de actividad que una especie focal tiene en estas tres partes del día. Se parte de asumir que la disponibilidad de estos tres periodos a lo largo del día es de 0.10, 0.45 y 0.45, respectivamente. Se evaluó si la probabilidad de uso fue mayor que la que se esperaría dada la disponibilidad de tiempo dentro del periodo (i.e., hipótesis de selección). Para realizar este análisis se requirió contar con la información del número de registros de venado que se obtuvieron durante el crepúsculo, día o noche. Para ello, se consultó la página web: <https://www.sunrisesunset.com> con la finalidad de obtener la hora del amanecer y el atardecer para todos los días en los que se registró venado. Esta información se obtuvo para Morelia, que fue la localidad disponible más cercana al área de estudio disponible en la base de datos. A partir de esta información se dividió cada día en crepúsculo, día o noche. Para obtener el tiempo de duración del crepúsculo se restó y sumó una hora al tiempo de amanecer y atardecer (total 4 horas), el día correspondió al periodo entre el crepúsculo y el amanecer y la noche al periodo entre el crepúsculo y el atardecer (10 horas). Este análisis se realizó de manera separada para integridad media y alta.

Niveles de actividad diaria (Porcentajes de actividad durante el día)

Para analizar el porcentaje de tiempo en el que el venado cola blanca presentó actividad a lo largo del día se calcularon los niveles de actividad diaria, para esto se aplicó la función *CompareAct* del paquete *Activity* (Rowcliffe, 2023). Los intervalos de confianza del 95% se obtuvieron a través de un bootstrap con 1,000 repeticiones. Posteriormente, este valor se contrastó estadísticamente entre los sitios de integridad ecológica media y alta con la prueba de Wald, que evalúa la probabilidad de encontrar una diferencia en el nivel de actividad entre dos grupos del tamaño de la observada simplemente por azar (Viteri-Basso et al., 2024).

8. RESULTADOS

El esfuerzo total de muestreo acumulado fue de 3376 días/trampa, lo que resultó en la obtención de un total de 119 registros de venado cola blanca (Fig. 7-A y 7-B). De estos 89 registros se obtuvieron en integridad ecológica alta y 30 en integridad ecológica media.



Figura 7. Imágenes del venado cola blanca obtenidas en sitios de (A) integridad ecológica alta en el Cerro de Pario en Nuevo San Juan Parangaricutiro y (B) integridad ecológica media en el ejido de Apo en la región de Tancítaro, Michoacán.

Frecuencia de registro de venado

Se obtuvo un total de 46 eventos de presencia de venado cola blanca, de los cuales 36 correspondieron a sitios de integridad ecológica alta. En estos, se identificaron 4 correspondientes a venados con astas, 26 donde no tuvieron, y en 6 imágenes hubo venados juveniles. Por otro lado, hubo 10 imágenes en sitios de integridad ecológica media, en 5 de estos los venados presentaban astas, en 4 no se observaron y en uno la cabeza no era visible (Fig. 8) Se obtuvieron registros de venado cola blanca en seis de las 25 (24%) estaciones colocadas en el sitio de integridad ecológica media y en 10 de las 25 (40%) colocadas en sitios de integridad ecológica alta.

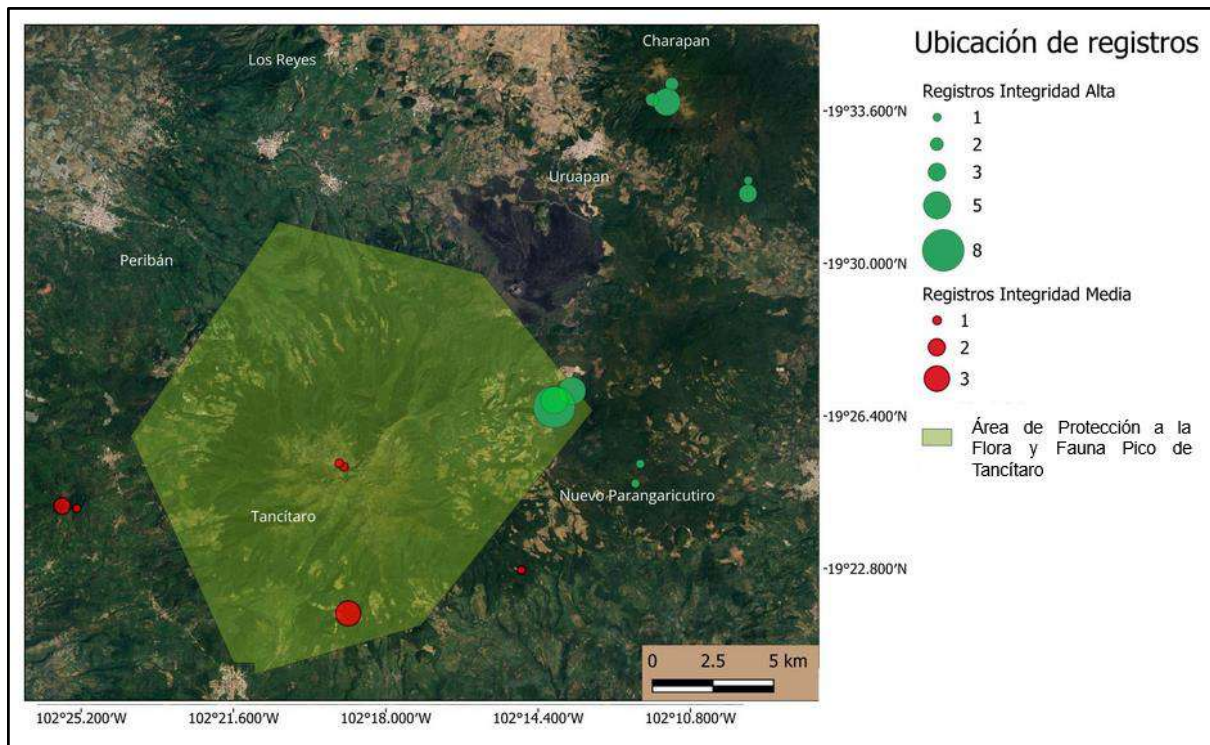


Figura 8. Ubicaciones y número de registros de venado cola blanca, las burbujas verdes corresponden a la integridad alta y las rojas a la integridad media. Ambas muestran la ubicación y cantidad de registros en función de su tamaño en el área de estudio en Tancítaro, Michoacán. El polígono corresponde al área cubierta por el Parque Nacional Pico de Tancítaro.

Se obtuvo una frecuencia de captura de 2.17 registros/100 días cámara-trampa en integridad ecológica alta y 0.80 registros/100 días cámara-trampa en integridad ecológica media (Fig. 9-A). Por otra parte, los valores de la frecuencia de captura ponderada fueron de 0.63 registros/100 días cámara-trampa en integridad ecológica alta y 0.15 registros/100 días cámara-trampa en integridad ecológica media (Fig. 9-B).

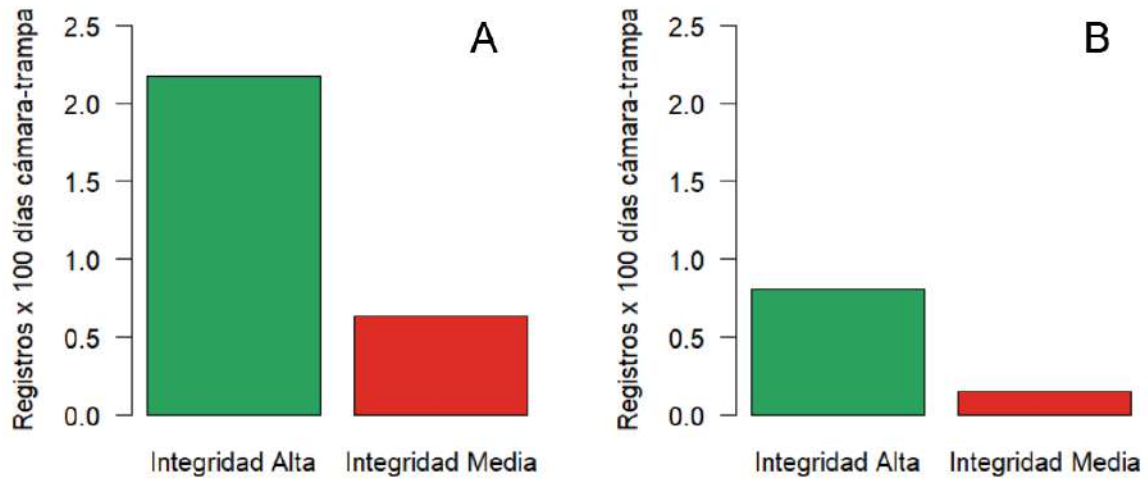


Figura 9. A) Registros obtenidos de venado cola blanca / 100 días cámara trampa sin ponderación. B) Registros de venado cola blanca ponderados por el número de cámaras en las que fueron registrados en Tancítaro, Michoacán.

Actividad diaria del venado en sitios de integridad ecológica media y alta

La actividad del venado en sitios de integridad ecológica alta fue mayormente diurna, concentrándose en 2 picos entre las 09:00 y 13:00 h aproximadamente. Otro pico de actividad ocurrió alrededor de las 18:00 h. En cambio, en los sitios de integridad ecológica media hubo un pico muy marcado de actividad a las 09:00 h y otro de menor tamaño alrededor de las 18:00 h que coincidió con uno de los picos de actividad en integridad ecológica media (Fig. 10).

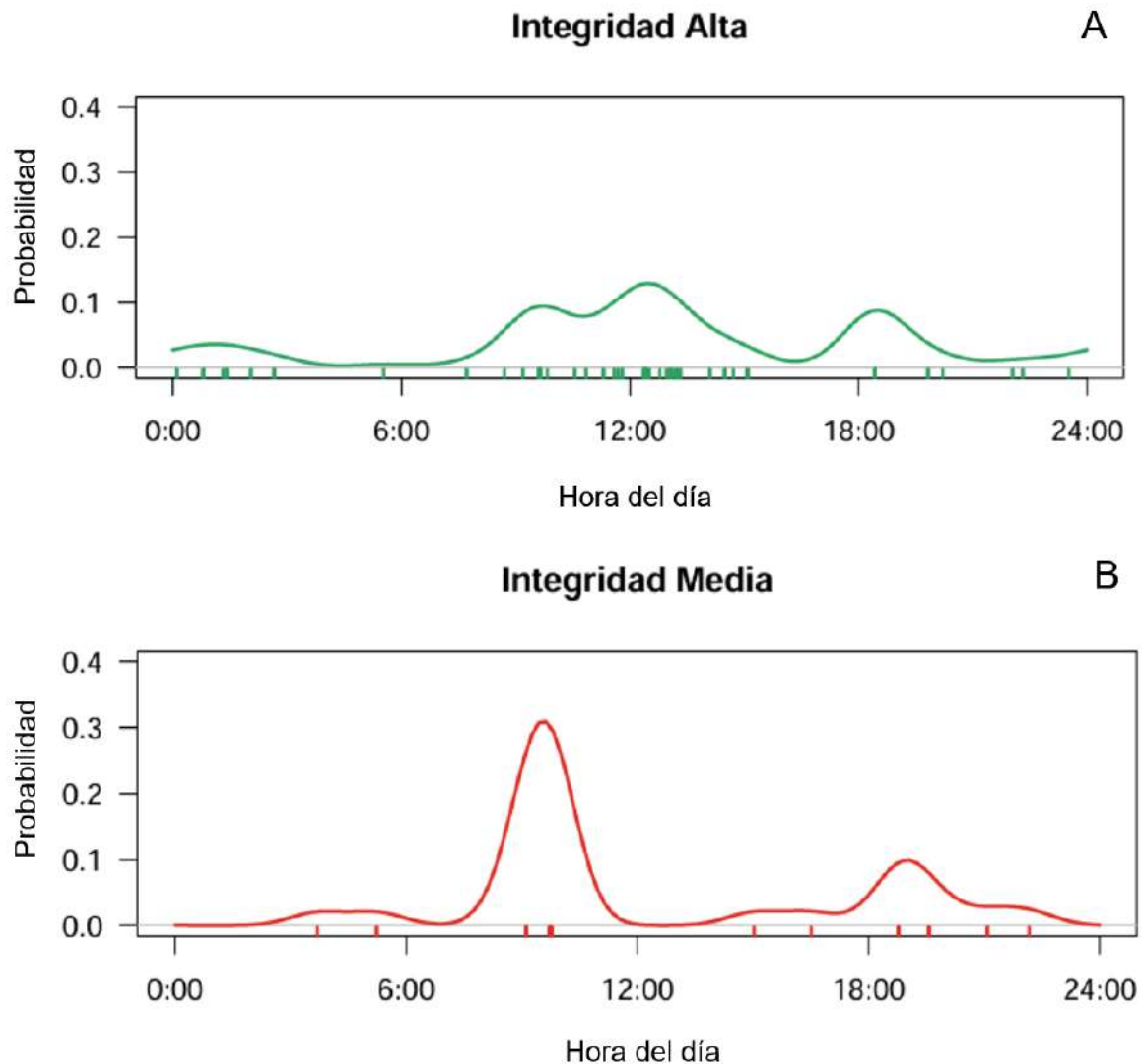


Figura 10. Actividad del venado cola blanca a lo largo del día en A) sitios de integridad ecológica alta, y B) integridad ecológica media en Tancítaro, Michoacán.

Traslape de actividad diaria del venado en sitios de integridad ecológica media y alta

Se obtuvo un coeficiente de traslape de actividad diaria del venado entre sitios de integridad ecológica media y alta de $\hat{\Delta}_1 = 0.4992$; Intervalos de confianza 95% = 0.341-0.560) (Fig. 11). A pesar de este grado de traslape en los patrones de actividad, existieron diferencias estadísticas significativas en los patrones de actividad ($W = 6.34$; $p < 0.001$).

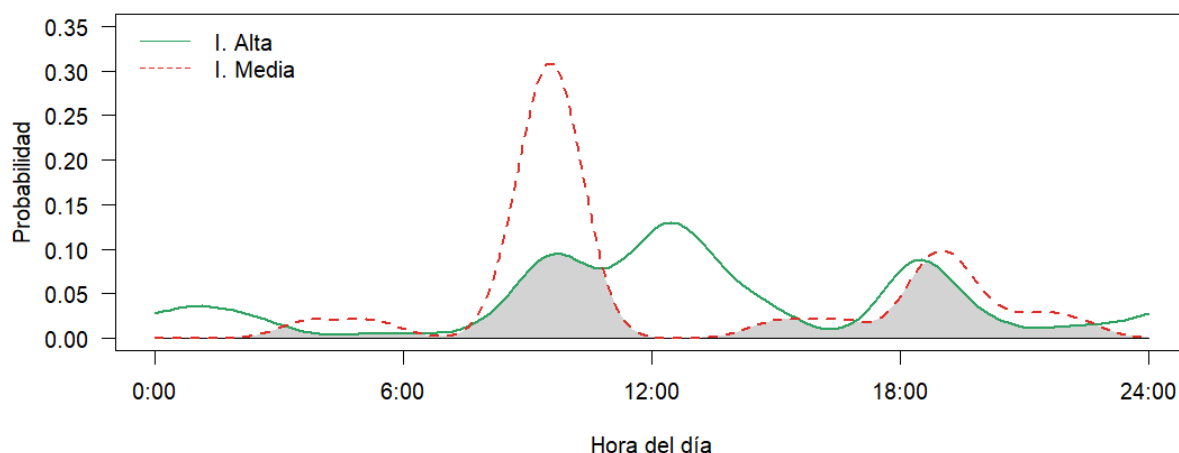


Figura 11. Curvas de densidad probabilística que describen los patrones de actividad diaria y traslape (área sombreada) que hay entre la actividad diaria del venado cola blanca en integridad ecológica alta (línea sólida verde) e integridad ecológica media (línea punteada roja) en la región de Tancítaro, Michoacán.

Se obtuvo un total de 39 registros en la integridad alta donde 2 fueron crepusculares, 28 diurnos y 9 nocturnos, mientras que en la integridad media hubo un total de 10 registros, de los cuales 2 corresponden al periodo crepuscular, 4 al diurno y 4 al nocturno. El análisis mostró que en la integridad alta los venados tienen un patrón de actividad donde claramente predomina el período diurno (Fig. 12). Para la integridad media los resultados no fueron concluyentes por el número reducido de datos.

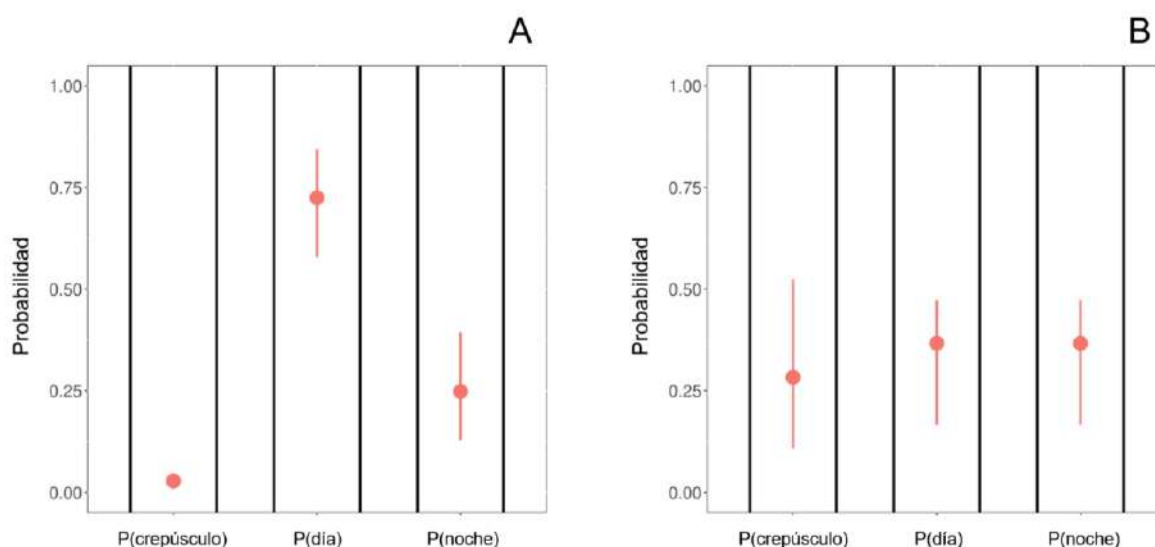


Figura 12. Actividad diaria del venado cola blanca en integridad ecológica alta A) donde se observa una actividad predominante diurna. En la integridad ecológica B) donde se observa una actividad predominante nocturna.

media B) no se observa diferencia entre periodos, en la región de Tancítaro, Michoacán. Las barras corresponden a los intervalos de credibilidad del 95%.

Nivel de actividad diaria (porcentajes de actividad durante el día)

El nivel de actividad del venado cola blanca fue mayor en los sitios de integridad ecológica alta (32%, intervalo de confianza de 95% = 27.4 - 37.9) que en los de integridad media (13%, intervalo de confianza del 95% = 10.9 - 17.8) (Fig. 13). La prueba estadística respaldó la existencia de diferencias en los niveles de actividad ($p = 0.007$).

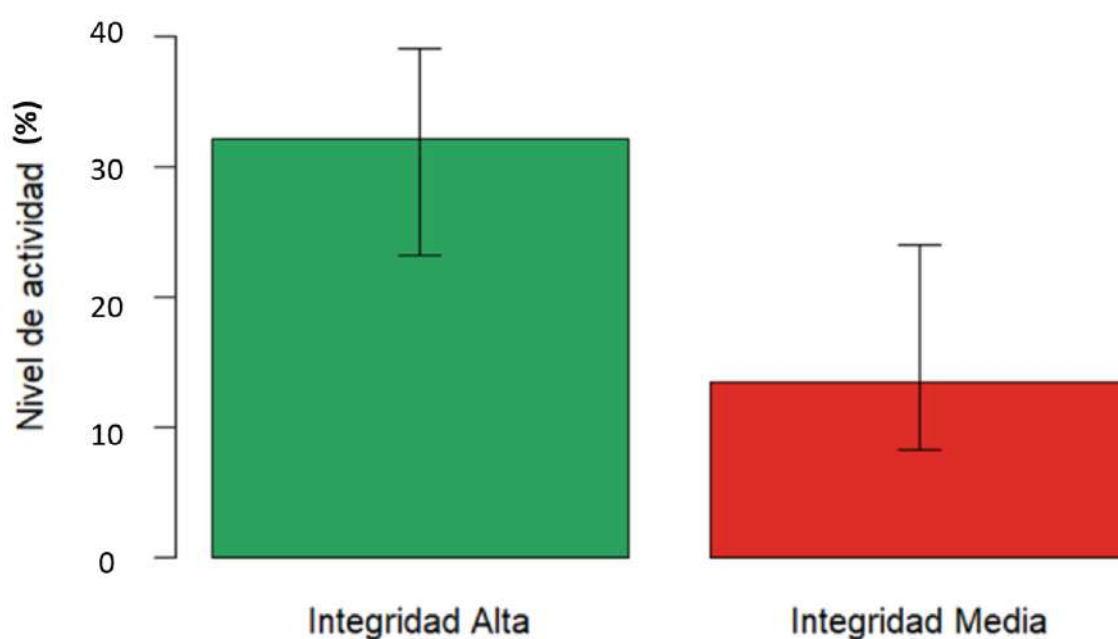


Figura 13. Niveles de actividad diaria (porcentaje del día que la especie es activa) del venado cola blanca en sitios de integridad ecológica alta e integridad ecológica media en la región de Tancítaro, Michoacán. Las barras de error corresponden a intervalos de confianza del 95%.

9. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio respaldan la hipótesis de que el venado cola blanca modifica sus patrones de actividad en respuesta a la actividad antrópica. Los análisis muestran un contraste en la frecuencia de registros, la actividad diaria y el nivel de actividad entre la integridad alta e integridad media. Estos resultados coinciden con lo reportado por Urbina (2019) quien menciona que el venado evita rasgos asociados con el nivel de integridad ecológica como los asentamientos humanos y la cercanía a los caminos, ya que estos se vinculan con un mayor riesgo de mortalidad. Por otra parte, García Castro (2009) encontró un mayor número de rastros de venado en un área conservada que en un área con aprovechamiento forestal. Las condiciones de área forestal (mayor disponibilidad de agua, alimento y cobertura forestal) coinciden con las características de los hábitats con alta integridad ecológica del presente estudio (obs. per.). Es posible que la mayor cantidad de registros de venado en áreas con integridad ecológica alta sea consecuencia del efecto combinado de la existencia de ambientes mejor preservados y una menor incidencia de actividades como la caza.

Así mismo, los resultados de este estudio respaldan la predicción de que el venado cola blanca presenta un mayor nivel de actividad a lo largo del día en zonas con integridad ecológica alta, es decir, en áreas donde el impacto de actividades humanas es menor. Esto puede ser resultado de la existencia de estrategias del venado para evitar a sus depredadores introducidos (p.ej. perros) y los encuentros con humanos. Si bien no fueron muy comunes, existieron registros de perros en las imágenes de fototrampeo.

La frecuencia de captura del venado fue relativamente baja (46 eventos) tomando en cuenta el esfuerzo de muestreo (3376 días/trampa). En otros estudios como el de Portillo-Reyes y colaboradores, (2023) se obtuvieron 16 eventos en 630 días/trampa. Monroy-Vilchis y su equipo (2011) registraron de manera independiente y por 100 días cámara-trampa 53 eventos de venado cola blanca, en la Sierra Nanchititla, México (en 4305 días cámara trampa) en un ecosistema de selva baja caducifolia y bosque de latifoliadas. Esto contrasta con los resultados obtenidos en este estudio donde el esfuerzo de muestreo fue menor y se obtuvieron más registros, posiblemente debido a la diferencia entre las áreas muestreadas además del contraste de vegetación

Respecto a la tercera predicción planteada que propone que los picos de actividad diaria en los sitios de alta integridad ecológica se concentrarían en el período diurno, mientras que en las zonas con integridad ecológica media se desplazarían hacia el período nocturno, se encontró un apoyo parcial. En los sitios de alta integridad ecológica el pico principal de actividad se dio entre las 11:00-13:00 h, y se observaron dos picos secundarios, uno entre 09:00-10:00 y otro alrededor de las 18:00 h. En contraste, en los sitios de integridad ecológica media el pico principal de actividad ocurrió a las 09:00 h y hubo un pico secundario a las 18:00 h, que coincidió con uno de los picos de integridad ecológica alta. De esta manera, si bien no hubo un desplazamiento marcado de actividad de venado hacia el periodo nocturno en integridad media, sí hubo un contraste marcado con el pico de actividad del venado en integridad alta. Otros estudios como el de Gaynor y colaboradores (2018) sostienen que la actividad del venado se desplaza hacia los horarios nocturnos en función de la presión de cacería o la cercanía a asentamientos humanos. Es posible que el contraste de la presencia humana en las integridades media y alta no fuera suficientemente marcado como para generar un mayor impacto en la ubicación de los principales picos de actividad. Por otra parte, el hecho de que en la integridad ecológica media la actividad se presenta en un pico en un solo momento del día, pudiera presentarse como estrategia del venado para enfrentar los retos de un ambiente con mayor perturbación. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar.

Soria-Díaz y Monroy-Vilchis (2015) en un ecosistema de baja actividad humana y bosques de pino reportaron que la actividad del venado cola blanca es mayor entre las 10:00 - 12:00 h, 16:00 - 18:00 h y 00:00 - 02:00 h, lo que coincide parcialmente con los resultados de este estudio. En cambio, Higdon y colaboradores (2019) documentaron que la actividad de las hembras presenta picos alrededor del mediodía, lo que podría estar relacionado con estrategias para eludir la depredación, ya que los mamíferos carnívoros son de hábitos nocturnos. Si bien este hallazgo coincide con los resultados de este estudio, en este caso no se realizó una diferenciación entre machos y hembras, lo que podría ser relevante para futuros estudios.

En un contexto más cercano al área de estudio, Gallardo-Téllez (2021) analizó los patrones de actividad de mamíferos dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro, así como otras localidades dentro de Uruapan y Acuitzio, encontrando actividad de venado entre las 11:10 y las 12:50 h. Estos hallazgos difieren de otros estudios previos, lo que sugiere que los patrones de actividad del venado cola blanca pueden estar influenciados por factores ambientales y antropogénicos locales. Una posible explicación para estas discrepancias es el incremento de la actividad agrícola, particularmente en los cultivos de aguacate en el estado de Michoacán. Estos sitios de monocultivo de aguacate pueden incrementar el riesgo de aislamiento de la población de venados y una modificación en la actividad diaria debido a la presencia de agricultores en la zona (Ramírez-Mejía et al., 2024).

Para futuras investigaciones en la región, un aspecto importante para examinar es la presencia del ganado, ya que se ha documentado que el venado muestra tendencia a evitar las concentraciones de ganado (Contreras-Moreno et al., 2015). Esta evitación podría llegar a modificar de igual manera la actividad del venado. La presencia de ganado representa una fuente de competencia, perturbación y posible transmisión de patógenos para el venado (Arellano-Alavez et al., 2021; Sánchez Julián, 2017).

El esquema de monitoreo propuesto por CONABIO, parece haber sido adecuado para los objetivos de este estudio. Sin embargo, hay algunos aspectos que podrían considerarse en futuras investigaciones. Por ejemplo, en el área de estudio se identificaron zonas con una amplia cobertura boscosa que fueron clasificadas como zonas de alta integridad ecológica. Sin embargo, presentan baja diversidad, ya que corresponden a monocultivos de pino, como los establecidos en el municipio de Nuevo San Juan. En contraste, también se registraron áreas que el mapa de Integridad Ecosistémica clasificaba como de integridad media, pero que en el campo mostraron condiciones relativamente bien conservadas. Sería relevante, además, incorporar el análisis de las tendencias temporales en la integridad ecológica, lo que permitiría distinguir entre sitios que mantienen su condición y aquellos que han experimentado degradación o recuperación. Estas discrepancias subrayan la importancia de la participación de los monitores comunitarios, quienes, gracias a su

conocimiento profundo del territorio, pueden contribuir a la identificación y selección de sitios más representativos y adecuados para el monitoreo.

Para mitigar estos efectos, se sugiere regular la cacería de subsistencia e implementar planes de vigilancia, de la especie, pero con capacitación y financiamiento para la comunidad donde se busque conservar un número favorable de individuos y otros puedan ser aprovechados, así como establecer reconversiones productivas de las huertas a sistemas más sustentables en la zona.

Si bien es cierto que el venado cola blanca no está actualmente clasificado como especie prioritaria en términos de conservación, el número de eventos puede llegar a bajar por lo que sigue siendo necesario su manejo y protección, para beneficio del ecosistema y el beneficio de las comunidades locales. A pesar de su alta capacidad de adaptación, las presiones ambientales y antropogénicas sobre su hábitat parecen estar provocando una disminución generalizada de sus poblaciones en vida silvestre. Por ello es recomendable una reevaluación de su estatus de conservación en normativas como la NOM-059 y en listas internacionales como la UICN.

El papel de las Áreas Naturales Protegidas es fundamental para la conservación del venado cola blanca. Son zonas que garantizan la protección de las características físicas y biológicas primordiales para la especie. Asimismo, son una posible alternativa para la preservación de la población viable de venados en su ambiente natural (Olivo Escudero, 2016). Por lo anterior, el mantenimiento del Área de Protección a la Flora y a la Fauna Pico de Tancítaro es vital, ya que se trata de una zona que ofrece muchas ventajas para la especie por sus elementos ambientales como la vegetación, el clima, el terreno, entre otros. Además, como parte de las estrategias de conservación se propone la fundación de una UMA de vida libre pero extractiva que permita a las personas de las comunidades proteger y aprovechar la flora y la fauna de su comunidad, trabajar en conjunto con instituciones o investigadores para mantener o mejorar la salud del ecosistema con la finalidad de preservar su patrimonio.

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan información valiosa sobre el comportamiento del venado cola blanca en la meseta purépecha. Sin embargo, es necesario continuar con estudios adicionales que faciliten la identificación de la tendencia en la actividad de este venado a lo largo del tiempo. Además, futuros estudios podrían considerar la influencia de factores como la edad y el sexo de los individuos, dado que estos aspectos también afectan su comportamiento. Adicionalmente, sería benéfico para el análisis de la población de venados implementar estudios de la densidad poblacional, modelos de ocupación para detección, dieta y preferencia de hábitat, la competencia con otros herbívoros o la interacción con los depredadores. Así mismo, sería importante establecer un programa de monitoreo permanente para conocer la dinámica poblacional del venado y conocer su respuesta a factores como los incendios, la variación en la precipitación y la estacionalidad.

10. CONCLUSIÓN

Con los estudios sobre actividad diaria del venado cola blanca en el estado de Michoacán podemos tener un panorama más extenso de cómo se desarrollan las dinámicas ecológicas con el factor humano de perturbación. Este estudio muestra cómo se afectan distintos aspectos de la actividad del venado bajo distintas condiciones de integridad ecológica. El contraste entre condiciones es claro; la disparidad entre integridades supone un llamado de alerta para accionar en favor de la conservación de la especie y su entorno.

La realización de este proyecto puede ayudar a sentar las bases de un futuro monitoreo a largo plazo, que involucre otras especies y factores que ayuden a tener un mejor entendimiento de los impactos de los cambios en la integridad ecológica sobre la fauna silvestre.

11. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Romero, J., y Medellín, R. A. (2005). **Odocoileus virginianus. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales.** Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Andrade-Ponce, G., Cepeda-Duque, J. C., Mandujano, S., Velásquez-C, K. L., Lizcano, D. J., y Gómez-Valencia, B. (2021). **Modelos de ocupación para datos de cámaras trampa.** *Mammalogy Notes*, 7(1), 200. <https://doi.org/10.47603/mano.v7n1.200>
- Arellano-Alavez T., Mendoza-Martínez G., Villarreal, Espino-Barros O.A., Martínez-García J.A., Hernández-García P.A., Plata-Pérez F.X. (2021) **Traslape de dieta entre el venado cola blanca y otros herbívoros en la Mixteca Poblana.** *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3), e3091. DOI:10.19136/era.a8n3.3091
- Arenas Baéz, P. (2011). **El fotoperiodo y su relación con la reproducción del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*) en el Altiplano Potosino.** Colegio de Postgraduados.
- Bello-González, M. Á., Hernández-Muñoz, S., Lara-Chávez, M. B. N., y Salgado-Garciglia, R. (2015). **Plantas útiles de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.** *Polibotánica*, 0(39). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.39.10>
- Beltrán Vera, C. Y., y Díaz de la Vega Martínez, A. D. (2010). **Estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*), introducido en la UMA "Ejido de Amanalco" Estado de México.** *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 17(2), 154-158. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10413200005>

Barroso, P. (2021). **Factores determinantes de la transmisión y persistencia de enfermedades compartidas en ungulados silvestres: análisis de series temporales.** Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos

Burgos Solís, Y. J. (2020). **La conservación del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*): percepción social y abundancia en una comunidad maya de Campeche.** Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yucatán.

Castillo Sarmiento, G. M. (2024). **Patrones de actividad del venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en el Coto de Caza El Angolo basado en información recogida por cámaras trampa.** Universidad Nacional Agraria La Molina.

Chávez Gamboa, J. A., Cruz García, F., García Mosqueda, G. E., y Ramírez Díaz, J. A. (2023). **Estimación poblacional de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) y abundancia relativa de fauna acompañante en el PP El Conejo, Ocampo, Durango.** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Ceballos, G. y Oliva G. (2005). **Los mamíferos silvestres de México.** Conabio/ Fondo de Cultura Económica.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Instituto Nacional de Ecología (INE), Dirección General de Vida Silvestre (DGVIS), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). (2012). **Propuesta de lista de especies prioritarias para la conservación en México.** Gob.Mx.
https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/files/PropuestaEspPrioritarias_ago2012_VerAct_Sept2013.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2019). **SITIOS PERMANENTE DE CALIBRACIÓN Y MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD.**

CONABIO (2024). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Registros de ejemplares, versión 2017-12. Publicación en el Geoportal y Enciclovida. México. Disponible en: <https://enciclovida.mx/especies/34845-odocoileus-virginianus>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2014). **Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Contreras-Moreno, F., Zúñiga-Sánchez, J. S., Bello-Gutiérrez J. (2015). **Parámetros Poblacionales De Odocoileus Virginianus (Cervidae) En Dos Comunidades De Tabasco, México**. Revista Latinoamericana De Conservación, 4. 7-13.

Cortés-Marcial, M., y Briones-Salas, M. (2014). **Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México**. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1433. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.13285>

Davis, R.S., Gentle, L.K., Mgoola, W.O., Stone, E.L., Uzal, A., Yarnell, R. W. (2023). **Using camera trap bycatch data to assess habitat use and the influence of human activity on African elephants (*Loxodonta africana*) in Kasungu National Park, Malawi**. *Mamm Biol* **103**, 121–132. <https://doi.org/10.1007/s42991-022-00330-7>

Diario Oficial de la Federación. 2014. **Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación**. Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F., México

Díaz-Pacheco, I., y Morales Torres, A. (2022). **El venado cola blanca, la danza de los pukes y la cosmovisión de los P'urhepechas en Michoacán**. *Therya Ixmana*, 1(3), 98–101. https://doi.org/10.12933/therya_ixmana-22-238

- Dunn, Rachel & Avery, Jori. (2020). **Ecomorphological variation in artiodactyl calcanei using 3D geometric morphometrics**. The Anatomical Record. 304. 10.1002/ar.24544.
- Elsen, P. R., Oakes, L. E., Cross, M. S., DeGemmis, A., Watson, J. E., Cooke, H. A., Darling, E. S., Jones K. J., Kretser, H. E., Mendez, M., Surya, G., Tully, y Grantham, H. S. (2023). **Priorities for embedding ecological integrity in climate adaptation policy and practice**. *One Earth*, 6(6), 632-644.
- Equihua, M., Nashieli, Maqueo, O., Benitez, G., Kolb, M., Michael, Julián, Maeda, P., y Palacios, J. (2014). **Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental**. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental (pp.687 - 710)
- Encalada Caicedo L. M. (2018). **Patrones de actividad diaria de mamíferos medianos y grandes de la Reserva Biológica Uyuca mediante fototrampeo**. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- Figueroa Mero, T. L. (2025). **Patrones de actividad y riqueza de mamíferos presentes en el bosque de la comuna Olón-Santa Elena** (La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena)
- Flores-Armillas, V. H., Botello, F., Sánchez-Cordero, V., García- Barrios, R., Jaramillo, F., y Gallina-Tessaro, S. (2013). **Caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en los bosques templados del Corredor Biológico Chichinautzin y modelación de su hábitat potencial en Eje Transvolcánico Mexicano**. *Therya*, 4(2), 377–393. <https://doi.org/10.12933/therya-13-118>
- Flores-Armillas, V. H., Gallina, S., García Barrios, J. R., Sánchez-Cordero, V., y Jaramillo Monrroy, F. (2011). **Selección de hábitat por el venado cola blanca *Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788) y su densidad poblacional en dos localidades de la región centro del Corredor Biológico**

Chichinautzin, Morelos, México. *Therya*, 2(3), 263–277.
<https://doi.org/10.12933/therya-11-31>

Flores-Manzanero, A., González-Pérez, G. E., Vásquez-Dávila, M. A., y Manzanero-Medina, G. I. (2013). **Conocimiento y usos de *Odocoileus virginianus* en Santo Domingo Tonalá, Oaxaca.** *Therya*, 4(1), 103–112.
<https://doi.org/10.12933/therya-13-92>

Fulbright, T. E., y Ortega-Santos, J. (2007). **Ecología y manejo de Venado cola Blanca.** Texas A y M University Press.

Gallardo Téllez, G. (2021). **Evaluación de efectos de antropización en los ensambles de mamíferos medianos y grandes de bosque templado de la región aguacatera de Michoacán.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Gallina, S., y Bello Gutierrez, J. (2014). **Patrones de actividad del venado cola blanca en el noreste de México.** *Therya*, 5(2), 423–436.
<https://doi.org/10.12933/therya-14-200>

Gallina, S., Pérez-Arteaga, A., y Mandujano, S. (1998). **Patrones de actividad del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) en un matorral xerófilo de México.** Boletín de la Sociedad de Biología (Vol. 69).

García Castro, M. (2009). **Caracterización y uso de hábitat de pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Calpulálpam de Méndez, Sierra Norte, Oaxaca.** Instituto Politécnico Nacional.

García-Flores A., Valle-Marquina R., Monroy-Martínez R., Barreto Sánchez S., Pino-Moreno J.M. (Ed.). (2021). **Estudio etnozoológico y valor nutricional del venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en la comunidad de Pitzotlán, Tepalcingo, Morelos, México.** *Caldasia*, Vol. 43(1), 105–116.
<https://doi.org/10.15446/caldasia>

- Gaynor, K., Hojnowski, C., Carter, N. y Brashares, J. (2018). **The influence of human disturbance on wildlife nocturnality.** *Nature*, 360, 1232–1235. <https://doi.org/10.1126/science.aar7121>
- Gerber, B. D., Devarajan, K., Farris, Z. J., y 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(2), 132-146.
- Ghazoul, J., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., y King, L. A. (2015). **Conceptualizing forest degradation.** *Trends in ecology & evolution*, 30(10), 622-632.
- Godínez-Gómez, O. (2014). **Patrones de Actividad Espacio-Temporal de los Ungulados de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 10.13140/RG.2.2.13753.08801.
- González, C. (2023). **Evolution of the concept of ecological integrity and its study through networks.** *Ecological Modelling*, Vol. 476, p. 110224.
- González, G., y Briones-Salas, M. (2012). **Dieta de *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en un bosque templado del norte de Oaxaca, México.** *Revista de Biología Tropical*, 60(1), 447–457.
- González Tenorio, R., Eppert, Amy A., y Mooring, M. S. (2021). **Diversidad y patrones de actividad de mamíferos silvestres medianos y grandes en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica.** *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(2), e3621. <https://dx.doi.org/10.22458/urj.v13i2.3621>
- Guano Vasco, M. A. (2016). **Programa de manejo sostenible para el venado de cola blanca *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) para la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.** [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5426>

- Hidalgo-Mihart, M. G., Cruz, A. J. D. L., Bravata-de la Cruz, Y., y Contreras-Moreno, F. M. (2024). **Activity patterns and use of artificial water ponds by White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Western Campeche.** *Therya*, 15(1), 123-131.
- Higdon, S. D., Diggins, C. A., Cherry, M. J. y Ford, W. M. (2019). **Activity patterns and temporal predator avoidance of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) during the fawning season.** *Journal of Ethology*, 37(3), 283–290. <https://doi.org/10.1007/s10164-019-00599-1>
- Henrich, M., Hartig, F., Dormann, C. F., Kühn, H. S., Peters, W., Franke, F., Peterka, T., Šustr, P., y Heurich, M. (2022). **Deer behavior affects density estimates with camera traps, but is outweighed by spatial variability.** *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.881502>
- Hernández Miranda, A. (2019). **Conservación comunitaria de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en vida libre, como especie de importancia socioeconómica y cultural, en el vado, Oaxaca.** Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR Oaxaca).
- Huerta-Rodríguez, J. O., Rosas-Rosas, O. C., López-Mata, L., Alcántara-Carbajal, J. L., y Tarango-Arámbula, L. A. (2022). **Camera traps reveal the natural corridors used by mammalian species in eastern Mexico.** *Ecological Processes*, 11(1), 51.
- Ibáñez, M. F. (2015). **Uso de trampas huella en la conservación de poblaciones de mamíferos en América Latina.** Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/17929>.
- INEGI. (2010). **Compendio de información geográfica municipal 2010.** Nuevo Parangaricutiro, Michoacán de Ocampo.

- INEGI. (2010). **Compendio de información geográfica municipal 2010**. Tancítaro, Michoacán de Ocampo.
- INEGI. (2010). **Compendio de información geográfica municipal 2010**. Uruapan, Michoacán de Ocampo.
- Jiménez, C. F., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J., y Tello, G. (2010). **Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern Peru**. *Revista peruana de Biología*, 17(2), 191-196.
- Jiménez-Sánchez, A., Huerta-Rodríguez, J. O., Poot-Sarmiento, I., Duarte-Morales, A., y Reyna-Hurtado, R. (2024). **Occupancy, relative abundance and activity patterns of three sympatric deer associated to ponds**. *Therya*, 15(1), 39-49.
- Khan, P., Eliuk, L., Frey, S., Bone, C., & Fisher, J. T. (2023). **Shifts in diel activity of Rocky Mountain mammal communities in response to anthropogenic disturbance and sympatric invasive white-tailed deer**. *Global Ecology and Conservation*, 41, e02355.
- Kobelkowsky Sosa, R., Palacio Núñez, J., Clemente Sánchez, F., Mendoza Martínez, G. D., Herrera Haro, J. G., y Gallegos Sánchez, J. (2000). **Calidad del hábitat y estado poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, Hays) en ranchos cinegéticos de la Sierra Fría, Aguascalientes**. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 6(2), 125–130.
- Lara-Díaz, N. E., Coronel-Arellano, H., González-Bernal, A., Gutiérrez-González, C., y López-González, C. A. (2011). **Abundancia y densidad de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en Sierra de San Luis, Sonora, México**. *Therya*, 2(2), 125–137. <https://doi.org/10.12933/therya-11-32>
- Latorre-Cárdenas, M.C., González-Rodríguez, A., Godínez-Gómez, O., Arima, E.Y., Young, K.R., Denvir, A., García-Oliva, F., y Ghilardi, A. (2023). **Estimating Fragmentation and Connectivity Patterns of the Temperate Forest in an**

Avocado-Dominated Landscape to Propose Conservation Strategies.

Land, 12, 631. <https://doi.org/10.3390/land12030631>

Lira-Torres, I., y Briones-Salas, M. (2012). **Relative abundance, and activity patterns of mammals at Chimalapa's forest, Oaxaca, Mexico.** Acta Zoológica Mexicana (n. s). 28, 566–585.

Mandujano, S., Delfín-Alfonso, C. A., y Gallina, S. (2010). **Comparison of geographic distribution models of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) subspecies in Mexico: biological and management implications.** *Therya*, 1(1), 41–68. <https://doi.org/10.12933/therya-10-5>

Mandujano, S., Sandoval-Comte, A., González-Zamora, A., & Rodríguez, P. (2024). **Biogeographic analysis of population density of White-tailed deer in Mexico: importance of the protected natural areas and wildlife management units.** *Therya*, 15(1), 91-102.

Medina Torres, S. M., García Moya, E., Márquez Olivas, M., Vaquera Huerta, H., Romero Manzanares, A., y Martínez Menes, M. (2008). **Factores que influyen en el uso del hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en la Sierra del Laurel, Aguascalientes, México.** Acta Zoologica Mexicana, 24(3). <https://doi.org/10.21829/azm.2008.243915>

Meredith, M., y Ridout, M.S. (2021). **Overview of the overlap package.**

Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). **Evaluación de la degradación ambiental en hábitats Naturales.** *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65-88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/121>

Miller-ter Kuile, A., Sanderlin, J. S., Ayars, J., Chmura, H. E., Dressen, M., Golding, J. D., Jones, G. M., Kirby, R., Norman, K. E., Steel, Z. L., & Foster, V. S. (2025). **Functionalizing ecological integrity: Using functional ecology to monitor**

animal communities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 23(7), e2852.
<https://doi.org/10.1002/fee.2852>

Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., y Urios, V. (2011). **Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad.** *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 373-383.

Mooring, M. S., y Eppert, A. A. (2022). **Patrones de actividad circadiana y lunar del jaguar y el puma en relación con sus presas y competidoras (Carnivora: Felidae).** *UNED Research Journal*, 14(S1), e3858-e3858.

More, A., Sánchez, I., Piana, R. P., Vallejos, J., Appleton, R. D., & Vallejos, J. (2022). **Registros notables de mamíferos en una cordillera aislada, amenazada y no protegida en la depresión de Huancabamba, norte de Perú.** *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(179), 393-405.

Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Diaz-Pulido, A. P. y Mantilla-Meluk, H. (2018). **Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia.** *Biota Colombiana*, 19(1), 202-218. DOI: 10.21068/c2018v19n01a13.

Navarro Cardona, J. A. (2018). **Dieta, población y capacidad de carga del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en dos condiciones de hábitat en Tlachichila, Zacatecas.** Colegio de Postgraduados.

Niedballa, Jürgen y Sollmann, Rahel y Courtiol, Alexandre y Wilting, Andreas. (2016). **camtrapR: An R package for efficient camera trap data management.** *Methods in Ecology and Evolution*, 7. 10.1111/2041-210X.12600.

Ocaña Parada, C. D. J. (2014). **Population Density of White Tailed Deer (*Odocoileus virginianus*), in a Natural Protected Area State of Puebla, Mexico.** World Journal of Zoology, 9 (1), 52-58

Odenthal, J. y Orozco-Ramírez, Q. (2014). **Estudio Ambiental de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, del municipio de Nuevo Parangaricutiro, estado de Michoacán.** Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONABIO) Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) 2014

Odocoileus virginianus. Autor: Carlos Javier Navarro Serment/Banco de Imágenes Conabio. <https://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5008-Mam%C3%ADferos/Animales/Vertebrados/Mam%C3%ADferos/CNS0678%20Odocoileus%20virginianus.jpg.info>

Odocoileus virginianus. Autor: Carlos Galindo Leal/Banco de Imágenes Conabio. <https://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5008-Mam%C3%ADferos/Animales/Vertebrados/Mam%C3%ADferos/CGL1532%20Odocoileus%20virginianus.jpg.info>

Olivo Escudero, J. C. (2016). **La protección de la biodiversidad en el derecho ambiental mexicano: un análisis de la legislación desde el enfoque de especies amenazadas y su hábitat crítico.** *Boletín mexicano de derecho comparado*, 49(147), 347-371.

Orellana Baque, A. P., y Bernabé Mendoza, B. J. (2022). **Sistema de monitoreo de fauna silvestre del Bosque Protector la Prosperina mediante el uso de cámaras trampa.** Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

Ortiz Martínez, T., Gallina, S., Briones Salas, M., y González, G. (2005). **Densidad Poblacional Y Caracterización Del Hábitat Del Venado Cola Blanca (*Odocoileus Virginianus Oaxacensis*, Goldman Y Kellog, 1940) En Un Bosque Templado De La Sierra Norte de Oaxaca, México.** *Acta Zoologica Mexicana*, 21(3), 65–78. <https://doi.org/10.21829/azm.2005.2131972>

- Ortiz-Rivera, A., & Fuentes-Junco, J. D. J. A. (2020). **Estimación del impacto potencial de la contaminación difusa por métodos simplificados en el Área de Protección de Flora y Fauna, Pico de Tancítaro, Michoacán, México.** *Revista Geográfica de América Central*, (65), 207-238.
- Pillay, R., Watson, J. E. M., Goetz, S. J., Hansen, A. J., Jantz, P. A., Ramírez-Delgado, J. P., Grantham, H. S., Ferrier, S., & Venter, O. (2024). **The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework needs headline indicators that can actually monitor forest integrity.** *Environmental Research: Ecology*, 3(4), 043001. <https://doi.org/10.1088/2752-664X/ad7961>
- Plata Pérez, F., Urbina Flores, D. P., Villarreal Espino Barros, O. A., Gloria Trujillo, A., y Mendoza Martínez, G. D. (2024). **Unveiling activity patterns of the deer *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) and its predators in Mexico's Arid Region.** *Revista De Biología Tropical*, 72(1), e55515. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.55515>
- Portillo-Reyes, H. O., Elvir, F., Mejía, D., & Berrocal, M. (2023). **Los mamíferos grandes y medianos en la Bahía de Chismuyo, Honduras. Una alerta para su conservación: ¿Qué nos indican los modelos de ocupación y detección?** *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 13(2), 30-38.
- R Core Team (2023). **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Mejía, D., Levers, C., Kolb, M., Ghilardi, A., Godínez-Gomez, O., y Mas, J.F. (2024). **Mapping spatiotemporal patterns of avocado expansion and land-use intensity in central Mexico and their effects on landscape connectivity.** *Environmental Research Letters*, 19(12), 124090.
- Reyes-Colli, M. N. (2016). **Abundancia relativa, patrones de actividad y preferencia de hábitat de especies de ungulados en la Chinantla Alta, Oaxaca, México.** [Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de

Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR Oaxaca)].

http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/286

Ridout y Linkie. (2009). **Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data.** Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics 14:322-337

Rowcliffe, M. (2019). **activity: Animal Activity Statistics.** <https://cran.r-project.org/web/packages/activity/activity>

Ruiz, I. (2002). **Flora del Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán.** Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo.

Sánchez-Cordero, V., Rodríguez-Moreno, A. y G. Gutiérrez-Granados. 2020. **Modelado de la distribución potencial de especies de mamíferos reservorios y vectores de tres zoonosis emergentes en México.** Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO. SNIB-CONABIO, proyecto No. JM040. Ciudad de México

Sánchez, J. M. L. (2017). **Estimación Poblacional del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*) con el Método de Foto-Trampeo en el Rancho “La Puerta” y Anexo, Saltillo, Coahuila.** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Sánchez Rojas, G., Gallina, S., y Mandujano, S. (1997). **Área De Actividad Y Uso Del Hábitat De Dos Venados Cola Blanca (*Odocoileus Virginianus*) En Un Bosque Tropical De La Costa De Jalisco, México.** Acta Zoológica Mexicana, 72, 39–54. <https://doi.org/10.21829/azm.1997.72721736>

Sánchez-Rojas, G., Aguilar-Miguel, C., y Hernández-Cid, E. (2009). **Estudio poblacional y uso de hábitat por el Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México.** Tropical Conservation Science, 2(2), 204–214.

SEMARNAT. (2019). MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– **Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo**. Diario Oficial de la Federación https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0

Sierra Franco, D. (2009). **Distribución Y Abundancia De Poblaciones Silvestres De Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus couesi* [Coues Y Yarrow, 1875]) En el Estado de Durango**. Instituto Politécnico Nacional.

Sistema Nacional de Monitoreo Forestal SNMF – CONAFOR. <https://snmf.cnf.gob.mx/deforestacion/> consultado el 04-11-2025

Soria-Díaz, L., y Monroy-Vilchis, O. (2014). **Monitoring population density and activity pattern of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Central Mexico, using camera trapping**. *Mammalia*, 79(1), 43–50. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2013-0107>

Sunrise Sunset Calendars. <https://www.sunrisesunset.com/> 2025

Terán, S. R. F. (2023). **Mamíferos grandes y medianos del recinto El Mamey (Santa Elena, Ecuador)**. *Mammalia aequatorialis*, 5, 127-129.

Tinajero Berrueta, J. (2012). **El desarrollo sustentable en la comunidad indígena de Angahuan, Michoacán**. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Retrieved September 17, 2023, from <https://www.iucnredlist.org/species/42394/22162580>

- Urbina, Y., y Cedeño-Vázquez, J. R. (2019). ***Patrones de actividad y abundancia relativa de especies presa de Panthera onca y Puma concolor en un paisaje modificado en el centro de Belice.*** (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur).
- Ureta, C., Ramírez-Barrón, M., Sánchez-García, E. A., Cuervo-Robayo, A. P., Munguía-Carrara, M., Mendoza-Ponce, A., Gay, C., y Sánchez-Cordero, V. (2022). **Species, taxonomic, and functional group diversities of terrestrial mammals at risk under climate change and land-use/cover change scenarios in Mexico.** *Global Change Biology*, 28(23), 6992–7008. <https://doi.org/10.1111/gcb.16411>
- Velázquez A., Torres A., Bocco G. (2003). **Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales.** INE-SEMARNAT. México.
- Villavicencio, R., Coria, R., Guerrero, S., Santiago-Pérez, A., y Garza, E. (2017). **Conectividad del hábitat forestal de las áreas protegidas para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el estado de Jalisco, México.** *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 3(2). <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2017.03.03.02.0001>
- Viteri-Basso E, Reyes Puig JP, Reyes-Puig C, y Ríos-Alvear G. (2024). **Shadows in the forest: Uncovering unusual colouration records in mammals from the Ecuadorian Tropical Andes.** *Biodivers Data J.* Nov 2012, e137463. doi: 10.3897/BDJ.12.e137463. PMID: 39610806; PMCID: PMC11602964.
- Wickham, H., François, R., Henry, L., y Müller, K. (2021). **Dplyr: grammar of data manipulation.** <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Węglarczyk, S. (2018). **Kernel density estimation and its application.** In *ITM web of conferences*, Vol. 23, p. 00037. EDP Sciences.

Yáñez Arenas, C. A. (2009). **Distribución Y Densidad Poblacional Del Venado Cola Blanca (*Odocoileus Virginianus*) En El Bajo Balsas, Michoacán, México.** Instituto De Ecología, A.C.