



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

TESIS

**PATRÓN DE ACTIVIDAD DE LA
ARDILLA VOLADORA SUREÑA (Glaucomys volans)
EN HUASCA DE OCAMPO, HIDALGO, MÉXICO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

CRYZTAL RUIZ FUENTES

DIRECTOR

DANTE ALFREDO HERNÁNDEZ SILVA

MINERAL DE LA REFORMA, MAYO DE 2026.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Dirección

Office of the Director

Mineral de la Reforma, Hgo., a 4 de mayo de 2026

Número de control: ICBI-D/889/2026

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UA EH

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado a la egresada de la Licenciatura en Biología **Cryztal Ruiz Fuentes**, quien presenta el trabajo de titulación "**Patrón de actividad de la ardilla voladora sureña (*Glaucomys volans*) en Huasca de Ocampo, Hidalgo, México**", ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: M. en C. Jesús Martín Castillo Cerón

Secretario: Dr. Gerardo Sánchez Rojas

Vocal: Dr. Dante Alfredo Hernández Silva

Suplente: Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,
México. C.P 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40001
direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

GVR/MMM

"Amor, Orden y Progreso"



uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Al Dr. Dante, por su guía, paciencia y dirección a lo largo de todo este proceso, así como por su apoyo fundamental durante el de trabajo de campo.

A los integrantes de mi comité tutorial, el Dr. Gerardo Sánchez, el M. en C. Jesús Castillo y el Dr. Ignacio Castellanos, por dedicar parte de su tiempo a la revisión de este trabajo, por sus observaciones y sugerencias para mejorar el resultado final de esta investigación.

A Fernanda y Ximena, por su apoyo incondicional y compañía durante las salidas de campo.

A la comunidad de la localidad de Cebadas, por su hospitalidad y por permitirnos realizar el trabajo en su área.

A la familia Campuzano-Chávez-Peón, así como al personal del Rancho Santa Elena, por permitirnos realizar este trabajo de investigación en sus instalaciones y por todas las facilidades y el apoyo brindado durante nuestra estancia.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron a la realización y culminación de este proyecto. Su apoyo, directo o indirecto, fue fundamental para alcanzar esta meta.

Dedicatoria

A mi familia, por su apoyo y confianza,
sus consejos
y hasta sus regaños.

A mis amistades, por acompañarme en este camino,
por impulsarme y darme ánimos
en los días más difíciles,
y por volverse parte de mi vida.

A Marie, por su compañía incondicional,
incluso en las madrugadas de desvelo.

Contenido

Agradecimientos	2
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Justificación	12
3. Antecedentes	14
3.1 Taxonomía y evolución	14
3.2 Características morfológicas	14
3.3 Distribución y hábitat	15
3.4 Reproducción	17
3.5 Dieta y alimentación	18
3.6 Tamaño de población (abundancia relativa – densidad)	18
3.7 Patrones de actividad y ámbito hogareño	20
4. Objetivos	22
4.1 Objetivo general	22
4.2 Objetivos específicos:	22
5. Hipótesis	22
6. Materiales y método	23
7. Área de estudio	23
7.1 Diseño del muestreo y fototrampeo	25
7.2 Esfuerzo de muestreo	27
7.2.1 Representatividad del muestreo (curvas de acumulación)	28
7.3 Riqueza de especies	28
7.4 Abundancia relativa	28
7.5 Patrones de actividad	29
7.5.1 Independencia de registros fotográficos	29
7.5.2 Conversión a tiempo solar	30
7.5.3 Patrón de actividad	30
7.5.4 Relación de la comunidad de fauna y <i>Glaucomys volans</i>	31
8. Resultados	32
8.1 Esfuerzo de muestreo y riqueza de especies	32
8.2 Abundancia relativa	33

8.3 Patrón de actividad de <i>Glaucomys volans</i>	35
8.4 Relación de la comunidad de fauna asociada y <i>Glaucomys volans</i>	37
9. Discusión	40
9.1 Esfuerzo de muestreo y riqueza de especies.....	40
9.2 Abundancia relativa	42
9.3 Patrón de actividad de <i>Glaucomys volans</i>	44
9.4 Análisis de solapamiento temporal	46
10. Conclusión.....	49
11. Literatura citada	50
12. Anexos	60

Índice de figuras

Figura 1. Distribución actual de la ardilla voladora sureña (<i>Glaucomys volans</i>) en el continente americano. Elaboración propia.	16
Figura 2. Ubicación del área de estudio y de las cámaras trampa instaladas en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. Elaboración propia.	23
Figura 3. Climograma de temperatura y precipitación mensual de 1980-2023 para las estaciones climatológicas de Huasca y El Zembo, ubicadas en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México, se muestra la temporada de lluvias y secas. (●) = temperatura media mensual (°C). (■) = precipitación mensual (mm). Elaboración propia.	24
Figura 4. Forma de colocar las cámaras trampa para el registro de la ardilla voladora sureña (<i>G. volans</i>). A y B: comedero donde se coloca la crema de cacahuete y semillas; C, la cámara trampa se ubica dirigida hacia el comedero. Fotografías propias.	27
Figura 5. Curva de rarefacción y extrapolación de la riqueza de especies (números de Hill, $q=0$) basada en frecuencia de incidencia por cámara trampa. La línea sólida representa la rarefacción, la línea punteada la extrapolación, y la zona sombreada el intervalo de confianza al 95%. El punto naranja indica el esfuerzo de muestreo observado con ocho cámaras trampa. Generada con el programa iNEXT.	32
Figura 6. Curva de rarefacción y extrapolación de la riqueza de especies (Hill numbers, $q=0$) basada en abundancia de registros independientes. La línea sólida representa la rarefacción, la línea punteada la extrapolación, y la zona sombreada el intervalo de confianza al 95%. El punto naranja indica el total de registros independientes observados (696 con criterio de 24 horas). Generada con el programa iNext.	33
Figura 7. Patrón de actividad de la ardilla voladora (<i>G. volans</i>) a lo largo de las 24 horas del día. La línea roja representa el patrón de actividad anual ($n = 552$) con sus intervalos de confianza al 95% (líneas punteadas negras), mientras que las líneas azul y verde corresponden a las temporadas de lluvias ($n = 278$) y secas ($n = 274$), respectivamente. Las zonas sombreadas indican el período nocturno. Se observa un patrón nocturno estricto bimodal, sin diferencias significativas entre temporadas ($U^2 = 0.1416$, $p > 0.10$; $\Delta_4 = 0.926$, I.C. 95%: 0.88–0.98).....	36
Figura 8. Solapamiento temporal entre <i>G. volans</i> y cinco especies de mamíferos registradas en el sitio de estudio. La línea azul sólida representa el patrón de actividad de <i>G. volans</i> ($n=552$), mientras que las líneas punteadas de color corresponden a cada especie comparada: <i>Sciurus oculatus</i> (verde, $n=176$), <i>Bassariscus astutus</i> (rojo, $n=117$), <i>Urocyon cinereoargenteus</i> (naranja, $n=78$), <i>Canis lupus familiaris</i> (morado, $n=108$) y <i>Homo sapiens</i> (amarillo, $n=111$). El área gris sombreada representa la zona de solapamiento entre ambas curvas.....	38

Índice de cuadros

Cuadro 1. Registros documentados de la ardilla voladora (<i>G. volans</i>) registrados en diferentes localidades de México.	19
Cuadro 2. Datos de densidad de población de ardilla voladora registrados en diferentes localidades de Estados Unidos de América y Canadá.....	20
Cuadro 3. Registros de abundancia e índice de abundancia relativa (IAR) de la mastofauna silvestre asociada a la ardilla voladora sureña (<i>G. volans</i>) en Huasca de Ocampo, Hidalgo, desglosada por temporadas (lluvias y secas) y el estatus de conservación de las especies de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	34

Resumen

La ardilla voladora sureña (*Glaucomys volans*) es una especie amenazada con distribución restringida en México, cuya ecología temporal en ambientes montañosos del límite sur de su distribución es poco conocida. El objetivo de este estudio fue caracterizar el patrón de actividad de *G. volans* y analizar su solapamiento temporal con la comunidad de mastofauna silvestre registrada mediante fototrampeo en Huasca de Ocampo, Hidalgo, México, durante mayo de 2023 a abril de 2024. Se utilizaron ocho cámaras trampa con un esfuerzo de muestreo de 1,942 días-trampa, obteniendo 3,148 registros fotográficos totales. Se registraron 10 taxones de fauna, distribuidos en las clases Mammalia. *G. volans* presentó la mayor abundancia relativa (IAR=10.9), seguida de *Sciurus oculatus* (IAR=5.4) y *Odocoileus virginianus* (IAR=4.0). Su patrón de actividad anual fue estrictamente nocturno y bimodal, con un nivel de actividad de 0.322 ± 0.015 (EE), con picos entre las 03:00–05:00 h y las 19:00–22:00 h, sin diferencias significativas entre temporadas ($U^2 = 0.1416$, $p > 0.10$; $\Delta_4=0.926$). El análisis de solapamiento temporal indicó segregación casi completa con *S. oculatus* ($\Delta_4=0.07$), alta coincidencia con *Bassariscus astutus* ($\Delta_4=0.81$) y *Urocyon cinereoargenteus* ($\Delta_4=0.62$), depredadores potenciales con actividad nocturna, y solapamiento bajo con *Canis lupus familiaris* ($\Delta_4=0.35$) y *Homo sapiens* ($\Delta_4=0.18$). Se documentó además la primera evidencia fotográfica directa de reproducción activa de la especie en el sitio, con 36 individuos inmaduros y acarreo de material, registrados entrando y/o saliendo de las cajas-nido en noviembre y diciembre. Los resultados constituyen la primera descripción cuantitativa del patrón de actividad circadiano de *G. volans* mediante fototrampeo y análisis de densidad Kernel circular en su distribución restringida en México, llenando un vacío importante en el conocimiento de la ecología temporal de la especie en el límite sur de su rango de distribución. El patrón nocturno bimodal registrado, consistente entre temporadas, es coherente con lo descrito para poblaciones norteamericanas y establece una línea base para futuras investigaciones comparativas a lo largo de su distribución.

Abstract

The southern flying squirrel (*G. volans*) is a threatened species with restricted distribution in Mexico, whose temporal ecology in anthropogenically influenced environments remains poorly understood. This study aimed to characterize the activity pattern of *G. volans* and analyze its temporal overlap with the wildlife community recorded through camera trapping in Huasca de Ocampo, Hidalgo, Mexico, from May 2023 to April 2024. Eight camera traps were deployed over a sampling effort of 1,942 trap-days, yielding 3,147 total photographic records. A total of 10 wildlife taxa were recorded, distributed across the class Mammalia. *G. volans* showed the highest relative abundance index (RAI=10.9), followed by *Sciurus oculatus* (RAI=5.4) and *Odocoileus virginianus* (RAI=4.0). Its annual activity pattern was strictly nocturnal and bimodal, with an activity level of 0.322 ± 0.015 (SE), peaking between 03:00–05:00 h and 19:00–22:00 h, with no significant differences between seasons ($U^2=0.1416$, $p>0.10$; $\Delta_4=0.926$). Temporal overlap analysis revealed near-complete segregation with *S. oculatus* ($\Delta_4=0.07$), high overlap with *Bassariscus astutus* ($\Delta_4=0.81$) and *Urocyon cinereoargenteus* ($\Delta_4=0.62$) potential predators with nocturnal activity and low overlap with *Canis lupus familiaris* ($\Delta_4=0.35$) and *Homo sapiens* ($\Delta_4=0.18$). Additionally, the first direct photographic evidence of active reproduction of the species at the site was documented, with 36 immature individuals and nest material carrying behavior recorded entering and/or exiting nest boxes in November and December. These results represent the first quantitative description of the circadian activity pattern of *G. volans* through camera trapping and circular kernel density analysis within its disjunct distribution in Mexico, filling an important gap in knowledge of the temporal ecology of the species at the southern limit of its range. The bimodal nocturnal pattern recorded, consistent across seasons, is coherent with descriptions for North American populations and establishes a baseline for future comparative research across its distribution.

1. Introducción

Los patrones de actividad describen la distribución temporal de los movimientos y comportamientos de un individuo a lo largo del día, condicionados por factores como la temporada del año, el sexo, la actividad humana, la disponibilidad de recursos, los depredadores y las condiciones climáticas (Ashby, 1972; Ikeda et al., 2016). Dichos patrones están regulados por ritmos circadianos generados por relojes biológicos internos cuya organización compleja los hace susceptibles a cambios evolutivos, permitiendo una expresión flexible y variable en respuesta al entorno (Bloch et al., 2013).

El estudio de los patrones de actividad es especialmente relevante cuando las condiciones ambientales locales difieren de las descritas para la especie; tales el caso de la Sierra de Pachuca, cuya heterogeneidad topográfica genera microclimas que podrían modificar la expresión conductual de los ritmos circadianos ante variaciones de temperatura, fotoperiodo y disponibilidad de recursos (Heldmaier et al., 1989; Bloch et al., 2013). Identificar estos ajustes poblacionales permite reconocer los períodos de mayor actividad, descanso y forrajeo, información clave para el monitoreo y la conservación de la especie (Moore et al., 2021).

Estos efectos ocurren al nivel individual, pero se manifiestan en la dinámica poblacional, entendida como el conjunto de individuos de una misma especie que comparten condiciones ambientales y biológicas en un sitio y momento determinados (Krebs, 2009). Comprender estas respuestas requiere situar a la población dentro de su marco biológico, considerando su posición taxonómica y los rasgos ecológicos que influyen en su comportamiento y vulnerabilidad (Primack y Vidal, 2019).

En este sentido, la diversidad de ardillas en México ilustra cómo distintas especies del mismo grupo pueden presentar diferentes niveles de vulnerabilidad según su ecología particular; en el país se registran 35 especies de la familia Sciuridae en 11 géneros (Ramírez-Pulido et al., 2014), de las cuales 14 están incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019). Entre ellas destaca la ardilla voladora (*G. volans*), clasificada como amenazada debido a la fragmentación y pérdida de su hábitat (SEMARNAT, 2019; Vargas-Miranda y Ballesteros-Barrera, 2022), con registros puntuales en 12 estados del país que corresponden a aproximadamente 40 localidades (Ceballos y Manzano, 2005; CONABIO, 2025).

En Norte y Centroamérica, *G. volans* tiene una distribución amplia y discontinúa, presenta poblaciones dispersas en zonas montañosas del sureste de Canadá, el centro, noroeste y suroeste de Estados Unidos, el noreste, centro y sur de México, y algunas regiones de Guatemala y Honduras (Ceballos y Galindo, 1983; Sánchez-Cordero et al., 2020). En el estado de Hidalgo, el primer registro documentado corresponde a la hacienda El Tepozán, municipio de Almoloya (Ceballos y Galindo, 1983); posteriormente se confirmó su presencia en el Parque Nacional El Chico, el Campamento Dos Aguas y el Rancho Santa Elena (Hernández-Flores et al., 2010a), y los registros más recientes datan de 2016 en ejidos con manejo forestal sustentable en Tecocomulco, Tulancingo y Santiago Tulantepec de Lugo (CONAFOR, 2017).

A pesar de estos registros, *G. volans* carece de estudios descriptivos poblacionales tanto en México como en Hidalgo; los datos existentes se limitan a registros recientes y descripción de sitios de anidación (Hernández-Flores et al., 2010b; Campuzano-Chávez-Peón et al., 2014; Bueno-Cabrera et al., 2015; Castillo-Meza et al., 1997; Gómez-Ugalde et al., 2019).

G. volans presenta un patrón de actividad predominantemente nocturno durante todo el año, con dos picos de actividad vinculados al amanecer y anochecer, influenciados por la temperatura y la presencia de crías (Weigl y Osgood, 1974; Dolan y Carter, 1977; Cotton y Parker, 2000). La búsqueda de alimento inicia de dos a tres horas después del ocaso y se puede extender durante la noche con una duración total de hasta seis horas, finalizando antes del amanecer (Cotton y Parker, 2000; Wilson et al., 2008). Para desenvolverse en condiciones de oscuridad, cuenta con ojos grandes adaptados a la escasa luz y es capaz de planear distancias considerables entre árboles. Su dieta es omnívora e incluye semillas, frutos, invertebrados y ocasionalmente huevos o polluelos; sus depredadores comprenden aves de presa, cánidos, félidos, mustélidos, prociénidos y serpientes de las familias Viperidae y Colubridae (Dolan & Carter, 1977). Habita principalmente bosques templados de pino, encino, encino-pino, enebro y oyamel (Ceballos y Manzano-Fisher, 2005; Campuzano-Chávez-Peón et al., 2014; Helmick et al., 2014; DeGregorio et al., 2022; Meyer y Rush, 2024).

Debido a su naturaleza arborícola y hábitos nocturnos, *G. volans* es una especie que rara vez se observa directamente (Dolan y Carter, 1977), lo que dificulta los métodos de muestreo convencionales como la observación directa o la captura viva. Las cámaras trampa representan una herramienta adecuada y no invasiva para registrar su presencia y comportamiento de manera continua, permitiendo obtener información sobre riqueza de especies, ocupación, patrones de

actividad e interacciones (Jacques et al., 2017; Grotta-Neto et al., 2020; Moore et al., 2021). Esto resulta especialmente útil dado que la especie puede coexistir con humanos en hábitats antropizados (Hernández-Flores et al., 2010b), lo que amplía las posibilidades de monitoreo mediante nidos naturales o artificiales instrumentados con estas cámaras. Un componente crítico de la presión antropogénica en bosques templados es la incursión de especies domésticas como perros y gatos (*C. lupus familiaris* y *Felis catus*). De acuerdo con López-Arévalo et al. (2002), estos animales suelen ser introducidos por procesos de urbanización o actividades rurales, donde tras ser abandonados o escapar, logran adaptarse a condiciones de libertad. Una vez asilvestrados, pueden formar jaurías que depredan activamente a la fauna silvestre, alterando la estructura ecológica del ecosistema y compitiendo por recursos con las especies nativas.

No obstante, el comportamiento de *G. volans* no puede entenderse solo de forma aislada, ya que su nicho temporal está condicionado por la estructura de la comunidad de fauna con la que coexiste. En ambientes con presión antropogénica, esta dinámica se vuelve más compleja, pues de acuerdo con López-Arévalo et al. (2002), la introducción de especies domésticas y el tránsito humano generan nuevas interacciones que pueden forzar a la fauna silvestre a modificar sus ritmos de actividad para evitar encuentros costosos. Por ello, caracterizar el patrón de la comunidad de mamíferos acompañante detectada durante el monitoreo de la ardilla voladora es fundamental para identificar posibles relaciones de competencia, depredación o evasión.

2. Justificación

En México, ardilla voladora sureña (*G. volans*) se encuentra en el límite meridional de su distribución biogeográfica, con poblaciones que pueden presentar adaptaciones especializadas y una mayor vulnerabilidad ante cambios ambientales. En específico, las poblaciones ubicadas en Huasca de Ocampo, donde predominan hábitats de bosques templados, la especie es residente nativa, aunque la región presenta efectos de presión por el aumento de la frontera humana, aprovechamiento sustentable del bosque, cambios de usos de suelo y fragmentación de hábitat, lo que condiciona su viabilidad y mantenimiento a largo plazo. Por lo tanto, entender su ecología temporal en estos escenarios de influencia antropogénica es clave para determinar si la especie ha modificado sus ritmos biológicos como estrategia de coexistencia o evasión ante la presencia humana y de especies domésticas

G. volans es un mamífero pequeño de importancia ambiental, vulnerable ante la pérdida de hábitat y se considera como una especie amenazada ante la legislación ambiental mexicana. La información de ciencia básica en México, relacionada con esta ardilla está basada en registros de presencia, que incluye tanto registros históricos como recientes, uso de hábitat, descripción de sitios de anidación y análisis genéticos; lo cual muestra la falta de conocimiento de distintos aspectos sobre su ecología, como son: dieta, tamaño de población (densidad o abundancia relativa), ámbito hogareño y patrones de actividad, entre otros.

En especial, conocer los patrones de actividad de una especie elusiva como la ardilla voladora sureña, brinda información sobre los horarios y condiciones de sus movimientos diarios, cuándo se alimenta, sus descansos, el uso de refugios o sus desplazamientos, riesgo de depredación, competencia, solapamiento con otras especies, por ello, son fundamentales para entender su ecología. Estos patrones se pueden evaluar a partir del uso de cámaras trampa consideradas como un método de muestreo no invasivo, obteniendo datos temporales.

Se sabe que la ardilla voladora es estrictamente nocturna, sin embargo, la amplitud y variabilidad de su actividad en ambientes montañosos mexicanos no ha sido documentada. Las poblaciones en zonas templadas del centro de México están sujetas a condiciones micro climáticas, distintas a las registradas en latitudes más septentrionales, lo que podría inducir modificaciones en sus ritmos circadianos, uso del espacio y niveles de actividad.

Bajo esta premisa, el estudio de la fauna acompañante registrada mediante fototrampeo es una herramienta necesaria para explicar el patrón de actividad de la ardilla voladora. Se justifica la

caracterización de estas especies adicionales para evaluar si la presencia de competidores o depredadores (tanto silvestres como domésticos) influye en el nicho temporal de *G. volans*, permitiendo determinar si sus horarios en Huasca de Ocampo responden a una adaptación biológica o a un ajuste conductual frente a las presiones de su entorno

3. Antecedentes

3.1 Taxonomía y evolución

G. volans es un roedor perteneciente a la familia Sciuridae y al orden Rodentia, clasificado dentro del género *Glaucomys* (Nowak, 1999).

A nivel global, las ardillas voladoras pertenecen a la tribu Pteromyini, la cual está compuesta por alrededor de 52 especies y 15 géneros que se distribuyen desde los bosques boreales de Eurasia hasta los bosques templados y montanos de América (Li et al., 2019; Thorington y Hoffmann, 2005). Lo que sugiere una amplia diversidad ecológica y evolutiva del grupo.

Los registros fósiles más antiguos, de aproximadamente 30 millones de años, ya muestran formas con un patagio rudimentario, lo que sugiere que la evolución del planeo en estos roedores fue un proceso gradual asociado a la utilización del dosel arbóreo (Casanovas-Vilar et al., 2018).

3.2 Características morfológicas

G. volans tiene las siguientes medidas morfológicas: una longitud total de 198 a 244 mm de longitud total, cola de 81 a 120 mm, pata trasera de 21 a 33 mm, oreja de 13 a 23 mm y peso corporal de entre 46.5 y 85 g. El pelaje dorsal es grisáceo con tonalidades marrón, los bordes del patagio son oscuros, la cola parda-grisácea y la zona ventral blanco cremosa. La fórmula dental es I 1/1, C 0/0, P 2/1, M 3/3, con un total de 22 piezas dentales (Dolan y Carter, 1977).

Diversas investigaciones han abordado el posible dimorfismo sexual en la especie. Según Diersing (1980), Braun (1988) y Lazure et al. (2016), no presenta dimorfismo sexual evidente; en oposición, Madden (1974), Robins et al. (2000) y Fokidis et al. (2007) establecen su existencia, con un tamaño mayor en hembras, aunque señalan que esta variación puede diferir entre poblaciones. Identificar diferencias entre individuos jóvenes y adultos resulta igualmente relevante, especialmente cuando la observación se basa en fotografías; los juveniles se distinguen por un pelaje uniforme y grisáceo, cola más delgada y proporciones corporales menores, en contraste con el pelaje denso y la cola esponjada de los adultos (Villa et al., 1999; Diggins et al., 2022). Durante la época reproductiva, la presencia de testículos escrotales en machos o papilas mamarias desarrolladas en hembras confirma la madurez sexual (Villa et al., 1999). Finalmente, para separar a *G. volans* de su especie hermana *G. sabrinus* en zonas de solapamiento, la característica más sencilla es el color ventral: en *G. volans* el pelo ventral es

blanco cremoso hasta la base, mientras que *G. sabrinus* presenta una base gris plumiza con puntas blancas (Dolan y Carter, 1977; Wells-Gosling y Heaney, 1984).

Una vez diferenciada taxonómicamente la especie, es posible profundizar en los rasgos estructurales que influyen directamente en su ecología. El patagio constituye su principal adaptación para el planeo: la ardilla busca un sitio elevado, impulsa su cuerpo, extiende patas y cola para ejercer tensión en la membrana y ajusta el ángulo de ataque, lo que genera la sustentación necesaria para deslizarse hacia el árbol vecino. Durante el planeo, la cola actúa como timón estabilizando la trayectoria, mientras que los ajustes posturales de brazos y piernas permiten corregir el rumbo y asegurar un aterrizaje preciso (Norberg y Rayner, 1987).

3.3 Distribución y hábitat

A nivel global, las ardillas voladoras del género *Glaucomys* son el único representante americano de la tribu Pteromyini; en Eurasia se distribuyen géneros como *Pteromys* (Europa y Asia nororiental), *Petaurista* (Himalaya y sureste asiático) y otros clados como *Aeromys*, *Hylopetes* e *Iomys* en bosques tropicales de India y China. En América del Norte y Central, *Glaucomys* cuenta con tres especies vivientes: *G. sabrinus*, *G. volans* y *G. oregonensis* (Arbogast et al., 2017; Figura 1). En México, Diersing (1980) describe dos subespecies: *G. volans volans*, presente en la Sierra Madre Oriental y zonas templadas del centro-norte, y *G. volans mexicanus*, distribuida en los bosques de pino-encino del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, lo que refleja adaptaciones locales a distintos pisos altitudinales y tipos de vegetación (Figura 1).

A nivel nacional, *G. volans* se ha documentado en doce estados: Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Puebla, México, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Nuevo León, en las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Gorda, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur (Ramos-Lara y Koprowski, 2014; Figura 1). Habita principalmente bosques templados maduros con predominancia de encino (*Quercus*) y mezclas de pino-encino, a elevaciones de entre 800 y 2 800 msnm, con precipitaciones anuales de 600 a 1,200 mm y temperaturas promedio de 12 a 20 °C (Ceballos et al., 2010; Ramos-Lara y Koprowski, 2014). Estos ecosistemas ofrecen cavidades naturales en árboles y continuidad arbórea suficiente para desplazarse planeando entre árboles.

En el estado de Hidalgo, los registros confirman su presencia en siete localidades: Almoloya (Hacienda El Tepozán), Parque Nacional El Chico, Campamento Dos Aguas (Mineral del Chico), Rancho Santa Elena (Huasca de Ocampo), ejido Tecocomulco, ejido Santa María Asunción (Tulancingo) y ejido Emiliano Zapata (Santiago Tulantepec de Lugo), todas en bosques de pino-encino, encino y oyamel, entre 2 200 y 2 800 msnm (Hernández-Flores et al., 2010; Campuzano-Chávez-Peón et al., 2014; CONAFOR, 2017).

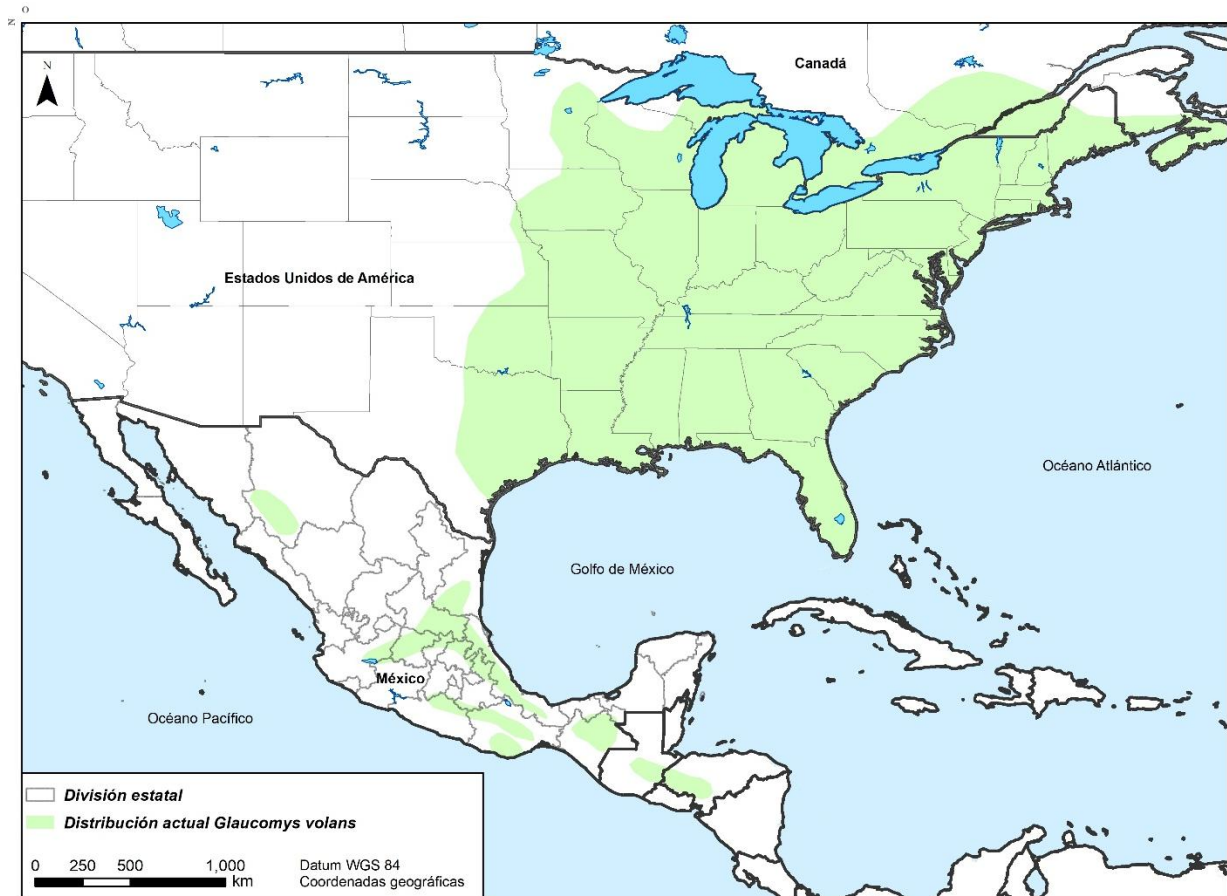


Figura 1. Distribución actual de la ardilla voladora sureña (*Glaucomys volans*) en el continente americano. Elaboración propia.

La distribución de *G. volans* también se encuentra influenciada por la disponibilidad de recursos y las interacciones interespecíficas con su congénere *Glaucomys sabrinus*. Diversos estudios han demostrado que ambas especies presentan requerimientos ecológicos distintos que limitan su solapamiento espacial. *G. volans* se asocia principalmente a bosques con predominio de latifoliadas, donde depende en gran medida de cavidades en árboles para anidar y de recursos

como semillas y nueces, particularmente durante el invierno. En contraste, *G. sabrinus* habita con mayor frecuencia bosques de coníferas y presenta una dieta más flexible, que incluye líquenes y hongos, recursos abundantes en estos ambientes y con menor competencia interespecífica. Además, se ha documentado que *G. volans* muestra un comportamiento más agresivo y una mayor capacidad para defender sitios de anidación, lo que puede influir en la exclusión competitiva y reducir la coexistencia entre ambas especies. En conjunto, estas diferencias en el uso de recursos, preferencias de hábitat y comportamiento contribuyen a una segregación geográfica y ecológica bien definida entre ambas especies (Weigl, 1978).

3.4 Reproducción

La reproducción de *G. volans* muestra un patrón variable a lo largo del año. En México, Ceballos & Miranda (1985) registraron indicios reproductivos en distintas épocas, incluyendo cópula y machos con testículos escrotados en febrero, lactación en marzo, gestación en agosto y formación de grupos en noviembre.

En poblaciones de otras latitudes, el patrón tiende a restringirse a dos temporadas definidas: una al final del invierno (febrero-marzo) y otra en verano (junio-julio) (Dolan y Carter, 1977). El período de gestación dura aproximadamente 40 días, tras el cual las hembras paren camadas de dos a siete crías altriciales, con un peso de entre tres y cinco gramos (Dolan y Carter, 1977). La estación reproductiva está fuertemente influida por el fotoperiodo; los días largos a partir de septiembre pueden inhibir el descenso testicular durante la temporada reproductiva normal, lo que evidencia una respuesta fina a señales ambientales (Muul, 1969).

El tamaño corporal influye directamente en el éxito reproductivo: las hembras de mayor peso tienden a producir camadas ligeramente más numerosas y a movilizar mayores reservas de grasa para la gestación y la lactancia (Fokidis et al., 2007). La carga materna también se relaciona con el planeo y el transporte de crías, vinculado con adaptaciones biomecánicas que reducen el costo energético de movilizar una progenie mayor (Fokidis y Risch, 2008). En este sentido, el posible dimorfismo sexual en favor de hembras de mayor tamaño podría estar parcialmente impulsado por ventajas reproductivas asociadas al cuidado de la descendencia (Robins et al., 2000).

3.5 Dieta y alimentación

La mayor parte de la información disponible acerca de la dieta de *G. volans* proviene de estudios realizados en Georgia, Estados Unidos de América (E.U.A.). Se ha documentado que la ardilla voladora del sur se alimenta principalmente de bellotas y nueces, mostrando una clara preferencia por las bellotas del roble blanco (*Quercus alba*). También consume bellotas de otras especies, como el roble negro (*Quercus velutina*) y el roble de agua (*Quercus nigra*), así como nueces del nogal pignut (*Carya glabra*) y, en menor proporción, frutos del cornejo florido (*Cornus florida*). De manera complementaria, puede incluir en su dieta aves, huevos e insectos, eligiendo generalmente recursos con alto contenido energético (Stoddard, 1920; Helmick et al., 2014; Meyer et al., 2024).

En relación con su comportamiento de forrajeo, Thomas et al. (1994) evaluaron cómo responden estas ardillas a variaciones de temperatura y disponibilidad de luz, demostrando que, cuando las temperaturas descienden por debajo de -10°C , las ardillas prefieren consumir nueces del género *Carya*, debido a su mayor eficiencia energética en condiciones frías. En contraste, a temperaturas más altas, logran satisfacer sus necesidades energéticas con mayor rapidez mediante el consumo de bellotas. Asimismo, durante el otoño, cuando las temperaturas aún no son extremas, tienden a almacenar nueces mientras consumen en el sitio las bellotas que encuentran. Este comportamiento flexible les permite optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles tanto en otoño como en invierno.

Sin embargo, a pesar de la amplia información generada en Estados Unidos, en México hay grandes vacíos con respecto a la biología de la especie, incluida su dieta. Se sabe que *G. volans* ha abandonado diversas localidades por la falta de árboles adecuados para refugiarse, aunque se ha registrado su presencia en bosques de oyamel, pino y encino, donde utiliza especies como *Quercus crassifolia*, *Q. affinis*, *Q. glabrescens*, *Abies religiosa* y *Pinus patula* (Hernández-Flores et al., 2010b). Esta falta de información puntual resalta la importancia de continuar documentando sus hábitos alimenticios en el territorio mexicano.

3.6 Tamaño de población (abundancia relativa – densidad)

En México no existen estudios sobre el tamaño de población de *G. volans*, solo se han realizado estudios de sobre su distribución, presencia, caracterización y abundancia relativa de nidos y registros en plataformas de ciencia ciudadana (Ceballos y Galindo, 1983; Castillo-Meza et al.,

1997; Ceballos et al., 2010; Campuzano-Chávez-Peón et al., 2014; Bueno-Cabrera et al., 2015; Gómez-Ugalde et al., 2019; Sánchez-Cordero et al., 2020; iNaturalistaMx, 2025). Los registros relacionados con la presencia de la especie, se vinculan a capturas con trampas Sherman, individuos encontrados muertos, en redes de niebla, observaciones directas y por presencia de nidos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registros documentados de la ardilla voladora (*G. volans*) registrados en diferentes localidades de México.

Autor	Año	Lugar	Vegetación	Método de muestreo	Abundancia
Castillo-Meza et al.	1997	Santa Rita Tlahuapan, Puebla	Bosque mixto	Registro ocasional	1 individuo
Hernández-Flores et al.	2010	El Chico, Hidalgo	Bosque mixto	Sherman Registro ocasional	3 individuos
Campuzano-Chávez-Peón et al.	2014	Huasca de Ocampo, Hidalgo	Bosque mixto	Observación de nidos	7 nidos en 20 hectáreas
Bueno-Cabrera et al.	2015	Chignahuapan, Puebla	Bosque mixto	Captura manual	7 individuos capturados
Gómez-Ugalde et al.	2017	Santiago Nezapilla, Oaxaca	Bosque mixto	Captura ocasional	Cuatro individuos

Bosque mixto. Se refiere a asociaciones de árboles de coníferas y latifoliadas.

En el resto de Norte América, existen datos del tamaño de población de ardillas voladoras en diferentes estados de Estados Unidos de América y Canadá, los cuales se obtuvieron de métodos de muestreo como marcaje-recaptura, marcaje de individuos encontrados en cajas-nido, y el uso de trampas Sherman (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos de densidad de población de ardilla voladora registrados en diferentes localidades de Estados Unidos de América y Canadá.

Autor	Año	Lugar	Vegetación	Método de muestreo	Densidad (ind/ha)
Sonenshine et al.	1979	Virginia, USA	Bosque mixto	Sherman Captura-recaptura	5.35 - 11.95
Meyer et al.	2024	Mississippi, USA	Bosque mixto	Sherman Captura-recaptura	0.23
Taulman y Thill	1998	Arkansas, USA	Bosque de pino	Cajas-nido Captura y recaptura	0.37
Lavers	2004	Nova Scotia, Canada	Bosque mixto	Cajas-nido Captura y recaptura	0.47 - 8.35
Jordan	1948	Michigan, USA	Bosque mixto	Cajas-nido Captura y recaptura	2.8
Sawyer et al.	1985	Virginia, USA	Bosque mixtos y cultivados	Sherman y cajas-nido Captura y recaptura	1.96 - 43.11
Gilmore y Gates	1985	Maryland, USA	Bosque mixto	Cajas-nido Captura y recaptura	4
Hatten	1992	Alabama, USA	Bosque mixto	Sherman Captura-recaptura	1.8 – 3.5
Jacques et al.	2017	Illinois, USA	Fragmentos bosque mixto	Sherman Captura y recaptura Telemetría	0.3

Bosque mixto. Se refiere a asociaciones de árboles de coníferas y latifoliadas.

3.7 Patrones de actividad y ámbito hogareño

Para lograr comprender la ecología de la población de *G. volans*, el conocer con mayor precisión sus patrones de actividad es un punto de partida importante. Dado que se trata de un mamífero arborícola, y generalmente conocido por ser nocturno, realizar su observación de manera directa, se vuelve una tarea complicada (Dolan & Carter, 1977; Jacques et al., 2017). En este aspecto, las cámaras trampa han demostrado ser una herramienta muy útil, debido a que pueden registrar fotos y videos, que además incluyen la fecha y hora, lo que permite ubicar con exactitud el momento en el que ocurre la actividad registrada (Moore et al., 2021).

En los estudios que han descrito el patrón de actividad de la ardilla voladora sureña, se emplearon métodos de captura-recaptura para colocar collares de radio transmisión denominada very high frequency, por sus siglas en inglés VHF (Holloway y Malcolm, 2007; Gronbeck, 2014), asimismo, existen otros trabajos con *Glaucomys sabrinus* (Cotton y Parker, 2000; Holloway y Malcolm, 2007; Smith, 2007; Wilson et al. 2008) con los mismos métodos.

En el trabajo de DeGregorio et al., (2022), donde se hizo uso de cámaras infrarrojas que fueron colocadas en cajas-nido con el fin de estudiar a las ardillas como depredadores de cajas-nido de aves, se registraron eventos de presencia de *G. volans* cuando estas eran responsables de la caída de nidos, mostrando así que esta técnica es de gran ayuda en el proceso de descripción de los momentos del día en que se ocurren sus interacciones con el entorno, como fue el caso de la depredación donde puede ser difícil observar una interacción directamente.

Es por la razón anterior que en áreas donde aún falta estudio sobre las ardillas y su comportamiento, las cámaras trampa han permitido documentaciones valiosas mediante la captura de datos a través de las fotografías. Por ejemplo, en bosques nublados de Honduras, donde hay datos deficientes sobre *G. volans* en la lista roja del país, se emplearon cámaras para registrar tanto su presencia como sus comportamientos, lo que brindó información básica acerca de su actividad en campo, además de destacar el potencial de esta metodología para poder conocer objetivamente horarios y conductas en poblaciones de las que se tenía poca evidencia, de una manera no invasiva (Alvarado-Ortiz et al., 2024).

Al diseñar muestreos con cámaras, la ubicación de estos instrumentos es un aspecto elemental. Un experimento pareado mostró que colocar cámaras frente a elementos del hábitat, tales como troncos o senderos, puede modificar lo que se detecta en comparación con ubicaciones cercanas, esto implica que la micro colocación puede provocar sesgos al momento de obtener información, por lo tanto, conviene establecer criterios cuando el propósito es describir patrones de actividad (Kolowski et al, 2017). De forma complementaria, se ha observado que usar varias cámaras por sitio, en lugar de una sola, mejora la probabilidad de registrar fauna, algo especialmente útil en mamíferos pequeños y crípticos como *G. volans*, donde una sola cámara podría perder parte de la actividad, de este modo, se puede obtener un panorama más amplio (O'Connor et al., 2017).

A pesar de sus hábitos nocturnos, *G. volans* sigue siendo vulnerable ante la depredación, ya que diversos depredadores potenciales coinciden con su periodo de actividad. Entre ellos se incluyen

aves rapaces nocturnas, como búhos, así como mamíferos carnívoros oportunistas y domésticos, además de reptiles como serpientes y otros depredadores generalistas. Asimismo, se ha sugerido que otros carnívoros y rapaces pueden formar parte de su gremio de depredadores potenciales, lo que indica que la presión de depredación proviene de múltiples grupos taxonómicos y ocurre tanto en el estrato arbóreo como en el suelo. En este sentido, la actividad nocturna no elimina el riesgo, sino que lo distribuye entre distintos depredadores, reforzando la importancia del uso de cavidades y refugios elevados como estrategia de protección (Dolan & Carter, 1997).

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Determinar el patrón de actividad anual de la ardilla voladora sureña (*G. volans*) y su interacción temporal con la comunidad asociada de vertebrados terrestres, mediante el uso de cámaras trampa en Huasca de Ocampo, Hidalgo.

4.2 Objetivos específicos:

Caracterizar la riqueza y composición de la comunidad de la fauna silvestre asociada a *G. volans* a través de cámaras trampa en Huasca de Ocampo, Hidalgo.

Caracterizar el patrón de actividad de *G. volans*, identificando los picos de actividad, su relación con la fauna y sus variaciones entre la temporada de lluvias y secas, en Huasca de Ocampo, Hidalgo.

5. Hipótesis

G. volans en Huasca de Ocampo presenta un patrón de actividad predominantemente nocturno, cuya intensidad y distribución temporal varían entre temporadas en respuesta a la disponibilidad estacional de recursos.

6. Materiales y método

7. Área de estudio

Huasca de Ocampo es un municipio del estado de Hidalgo, ocupando el 1.46% de la superficie y forma parte del Eje Neovolcánico. Se ubica entre los paralelos 20° 06' y 20° 21' de latitud norte, los meridianos 98° 27' y 98° 39' de longitud oeste, con una altitud de entre 1 500 y 3 000 m. Su clima es semiseco templado (37.33%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (34.39%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (25.24%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (3.04%); con un rango de precipitación de 500-1 100 mm y una temperatura oscilante entre 10-18°C (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010).

La vegetación del municipio de Huasca de Ocampo está dominada por áreas de agricultura (50%), seguido de pastizales (13%), bosque de pino (12%), bosque de táscate (11%), bosque de encino (6%), bosque de encino (5%) y por bosque mesófilo de montaña, cuerpos de agua, zona urbana y matorral crasicaule, que suman 3% (Figura 2; Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021).

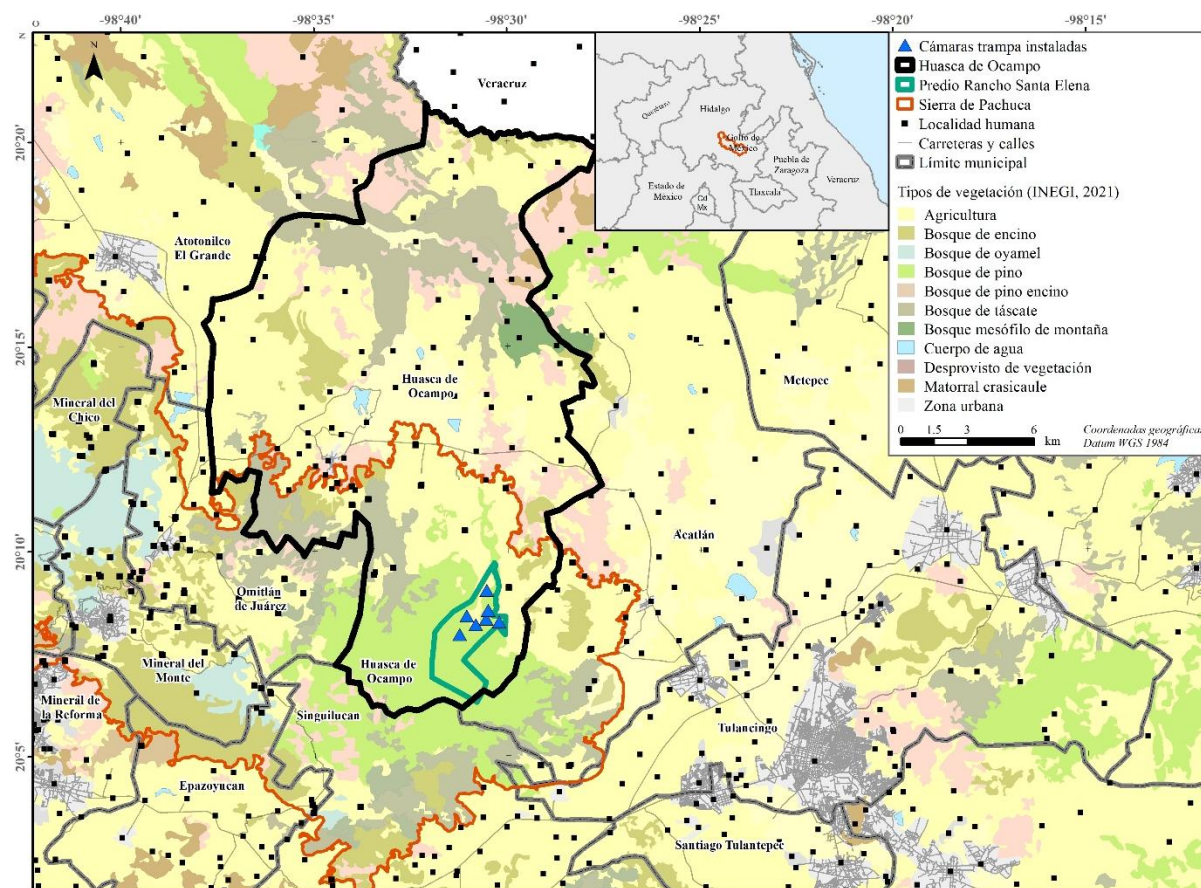


Figura 2. Ubicación del área de estudio y de las cámaras trampa instaladas en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. Elaboración propia.

La temperatura media anual es de 14.5°C, oscila entre los 10 y 14°C presentando temperaturas bajo cero en el invierno y alrededor de 23.5°C en verano. Los meses más calurosos son abril y mayo, mientras que los más fríos ocurren de diciembre a febrero (Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2026a, 2026b).

El promedio de lluvias es de 869 mm al año y para definir la temporada de lluvias y secas, se emplearon los registros históricos de precipitación y temperatura mensual disponibles hasta el 2023, de dos estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (Huasca, clave 13098; El Zembo, clave 13116; SMN, 2026a, 2026b). Con base en estos registros se identificaron dos temporadas climáticas contrastantes (Figura 3): la temporada de lluvias de mayo a octubre, caracterizada por precipitaciones medias mensuales superiores a 50 mm, y la temporada de secas, de noviembre a abril, con valores inferiores a ese umbral (García, 2004).

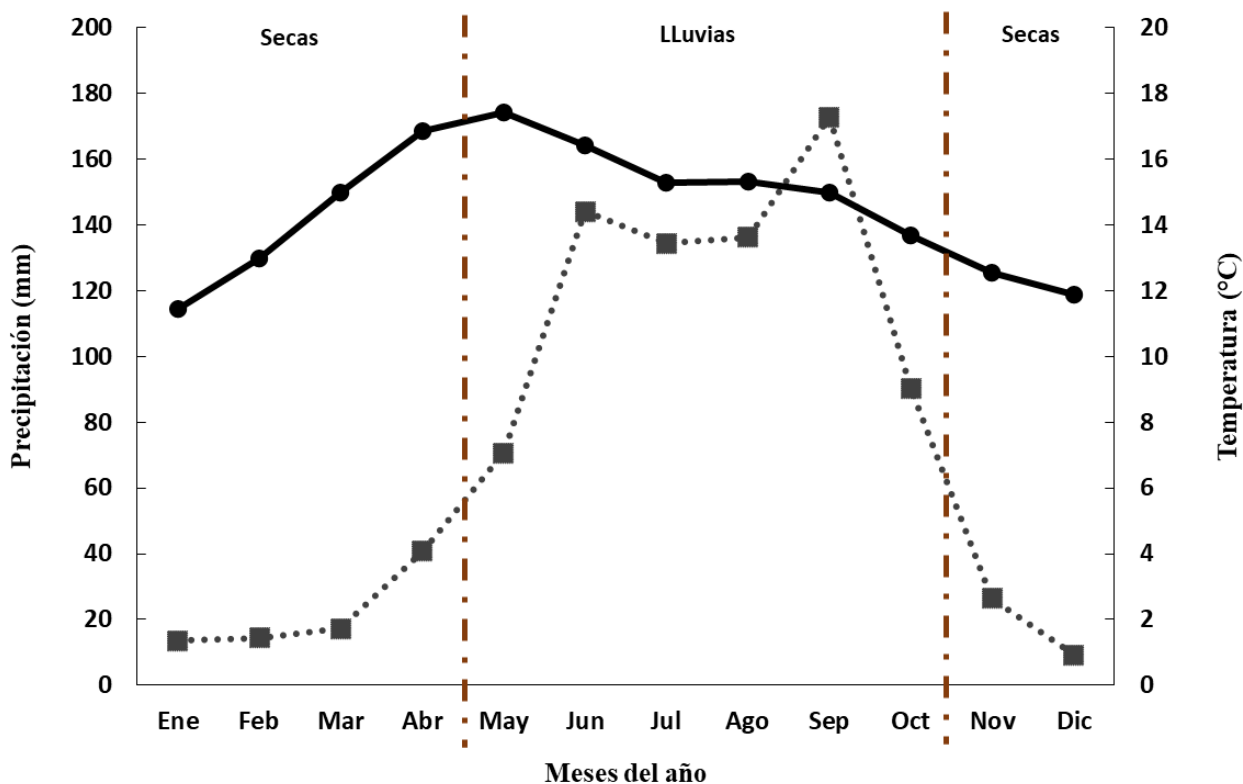


Figura 3. Climograma de temperatura y precipitación mensual de 1980-2023 para las estaciones climatológicas de Huasca y El Zembo, ubicadas en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México, se muestra la temporada de lluvias y secas. (●) = temperatura media mensual (°C). (■) = precipitación mensual (mm). Elaboración propia.

7.1 Diseño del muestreo y fototrampeo

El estudio se realizó de mayo de 2023 a abril de 2024 mediante el método de fototrampeo (cámaras trampa), abarcando una temporada de lluvias y una de secas. El muestreo se realizó dentro del rancho Santa Elena, en el municipio de Huasca de Ocampo.

Se seleccionaron sitios estratégicos para la instalación de siete cámaras trampa en total en función de la cobertura forestal y la disponibilidad de estratos arbóreos. Durante tres meses de muestreo, que no fueron incluidos en el período mencionado, se colocaron cámaras trampa en las dos localidades, pero no se obtuvieron registros de *G. volans*.

Con base en los estudios mostrados en el Cuadro 2, se recurrió al uso de cajas-nido colocadas exclusivamente para *G. volans* en el rancho Santa Elena, que tienen una antigüedad de 17 años. Por ello, se colocaron dos cámaras trampa afuera de éstas, lo que garantiza que representan refugios consolidados y parte del ámbito hogareño habitual de los individuos. Las seis estaciones restantes también se mantuvieron activas durante todo el periodo de estudio para caracterizar la comunidad general de fauna acompañante.

Para caracterizar la comunidad de fauna silvestre asociada y el patrón de actividad de *G. volans* presente en el municipio de Huasca de Ocampo, se usaron dos cámaras trampa de la marca Bushnell modelo 119938C, con luz auxiliar infrarroja y de 24 megapíxeles (MP), tres de la marca Cuddeback modelo C1 con luz auxiliar blanca y de 20 MP, y dos cámaras Browning modelo Strike Force Extreme, con luz infrarroja y 16 MP.

Se programaron para que estuvieran activas durante 24 horas; por cada evento fotográfico cada cámara tomó tres fotografías consecutivas, con período de descanso de un minuto hasta que apareciera un nuevo registro de movimiento, y fueron monitoreadas cada 30-45 días para corroborar su funcionamiento óptimo durante todo el muestreo, así como la carga de baterías y el reemplazo del dispositivo de almacenamiento de las fotografías.

Las cámaras se instalaron en troncos de árboles y en las cabañas adyacentes a cajas-nido, orientados en sentido norte-sur para reducir la sobreexposición lumínica; y se realizó la remoción manual de hojas y ramas pequeñas con el fin de minimizar capturas fallidas por movimiento del follaje (Chávez et al., 2013; Gregory *et al.*, 2014).

Se colocaron dos cámaras en el estrato arbóreo (dos cámaras Browning), tres sobre el suelo (tres cámaras Cuddeback) y dos fuera de cajas-nido previamente instaladas en Huasca de

Ocampo (dos cámaras Bushnell; Figura 4). Para el estrato arbóreo y en el suelo, se utilizaron plataformas de madera como comederos, aseguradas a troncos de árboles con cable metálico, en un rango de altura de 1.5 a 3 m, y de 30 a 50 cm sobre el suelo, respectivamente. Se utilizó cebo, crema de maní con nueces, frente a la cámara trampa (Keefe y Giuliano, 2006; Laves y Loeb, 2006; Lazure et al. 2016; Figura 4).

La disposición de las cámaras trampa se realizó tomando en cuenta a la ecología de la especie objetivo. *G. volans* presenta hábitos arbóreos, desplazándose principalmente en el dosel y utilizando cavidades en troncos o estructuras elevadas como refugio. La colocación de cámaras exclusivamente a nivel del suelo habría reducido significativamente la probabilidad de detección, pudiendo incluso resultar en la ausencia total de registros de la especie. De esta forma, se priorizó la instalación de cámaras trampas en el estrato arbóreo y en puntos estratégicos asociados a refugios, como las cajas nido, con el fin de interceptar rutas de desplazamiento y sitios de actividad frecuente. Este enfoque dirigido permitió incrementar la detectabilidad de la especie y obtener evidencia más representativa de su comportamiento y uso del microhábitat, en concordancia con estudios que destacan la importancia de ajustar el diseño de muestreo a los hábitos ecológicos de las especies arborícolas.

La escasa presencia de *G. volans* a nivel del suelo se explica por su dependencia de cavidades en árboles como sitios de anidación y refugio, así como por su estrategia de evasión de depredadores. Aunque la vegetación densa cerca del suelo puede ofrecer cierto ocultamiento durante el forrajeo, los estratos superiores del bosque proporcionan condiciones más favorables, ya que presentan espacios abiertos que facilitan el planeo y permiten una mejor evasión ante posibles depredadores. En consecuencia, la especie utiliza predominantemente el dosel para desplazarse y realizar sus actividades, lo que reduce significativamente su actividad a nivel del suelo (Bendel & Gates, 1987). Una vez obtenidos los registros de la mastofauna asociada y de *G. volans*, la información fue organizada en bases de datos en hojas de cálculo electrónicas, para su posterior análisis. Cabe señalar que *Homo sapiens* y *Canis lupus familiaris* se integraron en el análisis para evaluar el impacto del factor antropogénico en el área de estudio. Su inclusión permite cuantificar el efecto de la presencia humana y doméstica, fungiendo como indicador clave para discutir posibles alteraciones o segregaciones en la actividad de la mastofauna silvestre.



Figura 4. Forma de colocar las cámaras trampa para el registro de la ardilla voladora sureña (*G. volans*). A y B: comedero donde se coloca la crema de cacahuete y semillas; C, la cámara trampa se ubica dirigida hacia el comedero. Fotografías propias.

7.2 Esfuerzo de muestreo

El esfuerzo de muestreo se calculó multiplicando el número de cámaras trampa activas por el número de días que permanecieron en funcionamiento continuo (Medellín et al. 2006), expresado como días-trampa. Solo se contabilizaron los días en que las cámaras estuvieron operando correctamente, excluyendo períodos de falla técnica o ausencia de batería, con el fin de garantizar que el esfuerzo reportado refleje únicamente el tiempo efectivo de muestreo.

7.2.1 Representatividad del muestreo (curvas de acumulación)

La representatividad del muestreo y la riqueza de especies para conocer el ensamble de fauna silvestre asociado a la ardilla se estimaron mediante curvas de rarefacción y extrapolación con número de Hill de orden cero ($q=0$), basado en incidencia de las especies utilizando las siete cámaras trampa en Rancho Santa Elena como unidades de muestreo, utilizando el programa iNEXT (Hsieh et al., 2016). Este tipo de dato es el más adecuado para diseños de fototrampeo con múltiples sitios, ya que evalúa si el número de estaciones fue suficiente para representar la riqueza local (Tobler et al., 2008).

Adicionalmente, se generó una curva basada en abundancia de registros independientes para evaluar el esfuerzo total de detección y estimar la riqueza esperada mediante el estimador Chao1 (Chao, 1984). Ambos enfoques son complementarios, el basado en incidencia evalúa si el número de estaciones de muestreo fue suficiente, mientras que el basado en abundancia evalúa si el esfuerzo total de detección fue adecuado.

La cobertura de muestra se estimó conforme al criterio de Chao y Jost (2012), donde valores cercanos a uno indican que la fracción de individuos de la comunidad no representada en la muestra es mínima.

7.3 Riqueza de especies

Para identificar taxonómicamente a las especies de fauna silvestre registradas, se realizó la consulta de guías de campo especializadas en la fauna de México (Howell & Webb, 1995; Ceballos-González & Oliva, 2005; Aranda, 2012). La nomenclatura y el estatus de endemismo de las especies se siguió conforme a Sánchez-Rojas et al. (2016) y González-García & Gómez de Silva (2003). Por su parte, el estado de conservación de las especies se evaluó a escala de nivel nacional, conforme a las categorías establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019). Y finalmente, la riqueza se expresó como el número de especies registradas durante el muestreo.

7.4 Abundancia relativa

Se calculó el índice de abundancia relativa (IAR) mediante la fórmula $IAR = \left(\frac{C}{EM} \right) \times 100$, donde, C representa el número de eventos independientes y EM el esfuerzo de muestreo total expresado en días-trampa (Monroy-Vilchis et al., 2011). El IAR se calculó de forma

independiente para la temporada de lluvias y la temporada de secas, con el fin de evaluar la variación estacional en la actividad de las especies registradas, particularmente de *G. volans*.

7.5 Patrones de actividad

7.5.1 Independencia de registros fotográficos

El análisis de independencia de registros se realizó utilizando el paquete *dplyr* (Wickham et al., 2023) en R (R Core Team, 2024), ordenando los registros cronológicamente por estación y especie, y calculando el intervalo de tiempo entre capturas consecutivas.

Se usaron dos criterios de eventos fotográficos independientes, el primero para analizar a la comunidad de fauna silvestre, consideró como evento independiente los casos de fotografías consecutivas de diferentes especies y fotografías consecutivas de la misma especie separadas por 24 horas. Si las fotografías estuvieron separadas por más de este periodo se asumió que se trataba de un individuo diferente, a menos que se observaran evidencias (tamaño, marcas, rayas, rosetas, color o forma de partes corporales) que demostraran que fuera un individuo o un grupo diferente (Medellín et al. 2006; Lira-Torres y Briones-Salas 2012).

Para analizar el patrón de actividad de la *G. volans* se aplicó un criterio de independencia de 15 minutos entre cada registro fotográfico. Se determinó que para mamíferos pequeños con alta movilidad y con comportamiento nocturnos, usar filtros de 5 a 30 minutos entre evento independiente es apropiado para no subestimar la actividad de las especies (Beatham et al. 2023; Shannon et al., 2023) y obtener mayor resolución temporal durante las 24 hora del día. Esta elección evita los sesgos en la estimación de ritmos circadianos que suelen generar los intervalos de independencia excesivamente prolongados (Peral et al., 2022).

Debido a que los patrones de actividad y el uso del hábitat pueden variar según el estadio de desarrollo de los individuos, se procedió a categorizar los registros de *G. volans* por estructura de edad. Para ello, se usaron dos clasificaciones: adultos, aquellos individuos con talla corporal completa y proporciones características de la especie; e inmaduros, aquellos notoriamente más pequeños que los adultos registrados en el mismo sitio de muestreo. Dado que las fotografías nocturnas no permiten mediciones morfométricas precisas, no se distinguió entre crías y juveniles, reportándose ambas categorías de forma conjunta como individuos inmaduros. La clasificación se realizó con base en diferencias de tamaño corporal observables directamente en los registros fotográficos cuando dos o más individuos aparecían en la misma imagen.

Debido a que las cajas-nido de *G. volans* fueron revisadas periódicamente durante el muestreo, se obtuvieron registros diurnos por perturbación humana, por el cambio de baterías de las cámaras o del dispositivo de almacenamiento, los cuales se excluyeron del análisis. Este filtro permitió conservar únicamente los registros de actividad natural de la especie.

7.5.2 Conversión a tiempo solar

Para estandarizar los registros de actividad y permitir comparaciones temporales entre especies y temporadas del año, la hora de cada registro fotográfico se convirtió a radianes (0 a 2π , equivalente a un ciclo de 24 horas). Esta conversión se realizó mediante la siguiente fórmula: $tiempo\ solar\ (rad) = \left(\frac{hora\ decimal}{24}\right) \times 2\pi$, la hora decimal se calculó como, $hora\ decimal = hora + \left(\frac{minutos}{60}\right)$.

Este enfoque es adecuado para comparaciones entre especies registradas en sitios cercanos. En este caso, las localidades de muestreo están separadas por 19 km, por lo que cualquier sesgo estacional introducido por las diferencias en la duración del día afecta de manera equivalente a todas las especies (Ridout y Linkie, 2009; Meredith y Ridout, 2021). La conversión se realizó en el programa R utilizando el paquete lubridate (Grolemund y Wickham, 2011).

7.5.3 Patrón de actividad

El patrón de actividad de *G. volans* se estimó ajustando un modelo de densidad Kernel circular a los datos de tiempo solar mediante el paquete activity (Rowcliffe et al., 2014) en el programa R, con 999 iteraciones de bootstrap para calcular los intervalos de confianza al 95%. El nivel de actividad se expresó como la proporción del ciclo de 24 horas durante el cual la especie estuvo activa, acompañado de su error estándar (SE) derivado de las 999 iteraciones de bootstrap.

El análisis se realizó de forma independiente para el periodo anual completo, y de manera separada para la temporada de lluvias y de secas, con el fin de evaluar la variación estacional en el patrón de actividad de la especie.

Para evaluar los patrones de actividad entre temporadas, se aplicó la prueba de Watson para dos muestras de distribuciones circulares utilizando el paquete circular en R (Agostinelli y Lund, 2017). Adicionalmente, se estimó el coeficiente de traslape (Δ) para cuantificar el grado de similitud entre los patrones de actividad (Ridout y Linkie, 2009), y se compararon visualmente las curvas de densidad con sus respectivos intervalos de confianza al 95%.

7.5.4 Relación de la comunidad de fauna y *Glaucomys volans*

El solapamiento temporal entre los patrones de actividad de *G. volans* y las especies registradas se analizó mediante el paquete `overlap` (Meredith y Ridout, 2021) en el programa R, utilizando la base de datos de datos con el criterio de independencia de 15 minutos entre registros consecutivos de la misma especie. Se incluyeron únicamente las especies con 75 o más registros independientes, umbral mínimo recomendado para garantizar estimaciones robustas mediante el estimador Δ (Ridout y Linkie, 2009).

Con base en su rol ecológico potencial en relación con *G. volans*, las especies se agruparon en tres categorías: competidores por recursos o espacio, depredadores potenciales y presencia humana como factor de perturbación antropogénica. La justificación de la asignación de cada especie a estas categorías se presenta en la sección de resultados y discusión.

Se calculó el coeficiente de solapamiento Δ_4 (Ridout y Linkie, 2009) para cada par de especies, el cual varía de 0, indicando ausencia total de solapamiento temporal, a 1, indicando coincidencia completa en los patrones de actividad. Los intervalos de confianza (I.C.) al 95% se estimaron mediante remuestreo bootstrap con 999 iteraciones, tomando los percentiles 2.5% y 97.5% de la distribución resultante como límites inferior y superior respectivamente (Efron y Tibshirani, 1993). Los valores de Δ_4 se interpretaron siguiendo la clasificación de Monterroso et al. (2014), solapamiento bajo cuando $\Delta_4 < 0.50$, moderado cuando $0.50 \leq \Delta_4 \leq 0.75$, y alto cuando $\Delta_4 > 0.75$.

8. Resultados

8.1 Esfuerzo de muestreo y riqueza de especies

El esfuerzo de muestreo fue de 1,942 días-trampa, con 3,147 registros fotográficos totales, de los cuales se conjuntaron 695 (22%) registros independientes bajo el criterio de 24 horas para el análisis de la comunidad y 1,402 (49%) registros independientes para el criterio de 15 minutos del análisis de actividad de *G. volans*.

La representatividad del inventario se evaluó con el criterio de 24 horas entre cada evento fotográfico, mediante curvas de rarefacción y extrapolación (números de Hill, $q=0$) basadas en frecuencia de incidencia y en abundancia de registros independientes. La curva por incidencia (Figura 5) alcanzó una fase asintótica a partir de la octava unidad de muestreo, con una riqueza observada de 13 entidades taxonómicas y una cobertura de muestra de 98.8%.

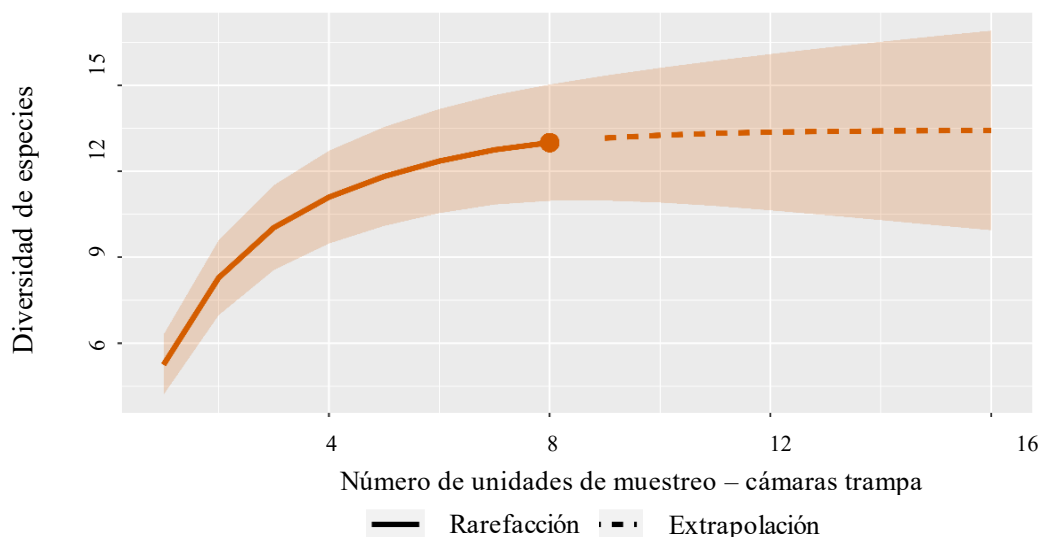


Figura 5. Curva de rarefacción y extrapolación de la riqueza de especies (números de Hill, $q=0$) basada en frecuencia de incidencia por cámara trampa. La línea sólida representa la rarefacción, la línea punteada la extrapolación, y la zona sombreada el intervalo de confianza al 95%. El punto naranja indica el esfuerzo de muestreo observado con ocho cámaras trampa. Generada con el programa iNEXT.

La curva por abundancia (Figura 6) complementa este resultado al mostrar que el esfuerzo acumulado de 687 registros independientes también fue suficiente, con el estimador Chao1 estimando entre 13 y 15 especies esperadas, valor que se complementa con la riqueza observada. Ambos enfoques refuerzan la conclusión de que el inventario registro la mayor parte de la diversidad de fauna silvestre medianos y grandes presente en el área de estudio.

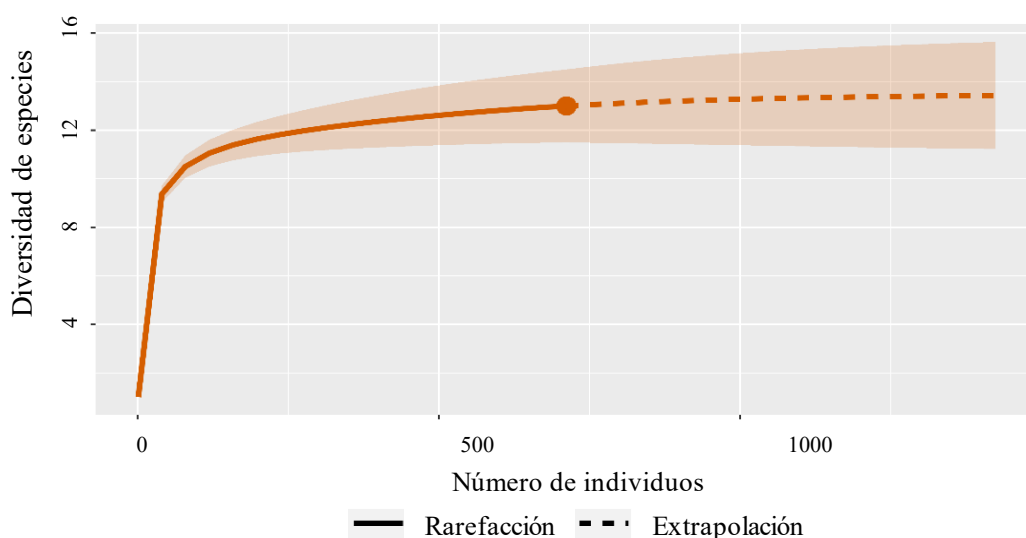


Figura 6. Curva de rarefacción y extrapolación de la riqueza de especies (Hill numbers, $q=0$) basada en abundancia de registros independientes. La línea sólida representa la rarefacción, la línea punteada la extrapolación, y la zona sombreada el intervalo de confianza al 95%. El punto naranja indica el total de registros independientes observados (696 con criterio de 24 horas). Generada con el programa iNext.

Se registraron un total de 10 taxones de fauna, distribuidos en dos clases: Mammalia y Aves (Cuadro 3). Para Mammalia se identificaron ocho especies silvestres, pertenecientes a seis órdenes y ocho familias: *Bassariscus astutus* (Procyonidae), *Canis latrans* (Canidae), *Dasyurus novemcinctus* (Dasyopodidae), *G. volans* (Sciuridae), *Odocoileus virginianus* (Cervidae), *Sciurus oculatus* (Sciuridae), *Sylvilagus floridanus* (Leporidae) y *Urocyon cinereoargenteus* (Canidae).

Adicionalmente, se registraron una especie de mamíferos domésticos: *Canis lupus familiaris*, la presencia humana (*Homo sapiens*).

8.2 Abundancia relativa

Para realizar el análisis del índice de la abundancia relativa, se calculó el esfuerzo de muestreo para cada temporada del año, del total de 1,942 días-trampa, distribuidos en 1,147 días-trampa ocurrieron durante la temporada de lluvias y 795 días-trampa en la temporada de secas (Cuadro 3). En esta sección se aplicó el filtro de registros independientes de 24 horas entre cada evento fotográfico.

Cuadro 3. Registros de abundancia e índice de abundancia relativa (IAR) de la mastofauna silvestre asociada a la ardilla voladora sureña (*G. volans*) en Huasca de Ocampo, Hidalgo, desglosada por temporadas (lluvias y secas) y el estatus de conservación de las especies de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Taxonomía	Lluvias		Secas		Total		NOM 059
Clase/Orden/Familia/Especie	A	IAR	A	IAR	A	IAR	
Mammalia / Cingulata / Dasypodidae							
<i>Dasypus novemcinctus</i>	3	0.3	18	2.3	21	1.1	
Mammalia / Carnivora / Canidae							
<i>Canis latrans</i>	2	0.2	5	0.6	7	0.4	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	28	2.4	33	4.2	61	3.1	
Mammalia / Carnivora / Procyonidae							
<i>Bassariscus astutus</i>	21	1.8	38	4.8	59	3.0	
Mammalia / Artiodactyla / Cervidae							
<i>Odocoileus virginianus</i>	47	4.1	31	3.9	78	4	
Mammalia / Rodentia / Sciuridae							
<i>Glaucomys volans</i>	79	6.9	132	16.6	211	10.9	A
<i>Sciurus oculatus</i>	51	4.5	53	6.7	104	5.4	Pr
Mammalia / Lagomorpha / Leporidae							
<i>Sylvilagus floridanus</i>	1	0.1	0	0	1	0.1	
Mammalia / Primates / Hominidae							
<i>Homo sapiens</i> *	28	2.4	35	4.4	63	3.2	
Mammalia / Carnivora / Canidae							
<i>Canis lupus familiaris</i> *	20	1.7	48	6	68	3.5	
Total	280	24.4	393	49.4	673	34.6	

SEMARNAT (2019): A (amenazada); Pr (protección especial).

* Especies consideradas como factor de perturbación antropogénica

En términos generales, entre los mamíferos, los roedores (Rodentia) aportaron los valores más altos, impulsados principalmente por *G. volans* y *Sciurus oculatus*.

G. volans representó el 31.4% del total de las especies registradas, con un IAR=10.9. En segundo lugar, se ubicó *Sciurus oculatus* con el 15.5% y *Odocoileus virginianus* con 11.6%. En contraste, las especies con menor detección fueron *Sylvilagus floridanus* y *Canis latrans*, cada una con valores menores de 1% o menor.

Entre los carnívoros nativos silvestres, *Urocyon cinereoargenteus* y *Bassariscus astutus* presentaron valores similares entre sí (IAR = 3.1 y 3.0 respectivamente). Destaca que *Canis*

lupus familiaris, carnívoro doméstico introducido, que obtuvo el 10.1% de las abundancias, valor superior al de cualquiera de los carnívoros nativos detectadas en el área de estudio.

En Cingulata, *Dasypus novemcinctus* representó un 3.1% del total de la abundancia registrada. *Homo sapiens* estuvo presente durante ambas temporadas, con un 9.4% de la abundancia total, y una IAR= 3.2. En cuanto a la variación temporal, se observó que la mayoría de las especies se aumentaron sus registros en la temporada seca, destacando *G. volans*, *Canis lupus familiaris* y *Homo sapiens*, lo que sugiere una mayor actividad o detectabilidad durante este periodo.

De las especies registradas, solo *G. volans* y *S. oculatus* se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo las categorías de amenazada (A) y sujeta a protección especial (Pr), respectivamente (SEMARNAT, 2019).

8.3 Patrón de actividad de *Glaucomys volans*

Con base en el criterio de independencia de 15 minutos entre registros consecutivos, *G. volans* presentó un total de 552 registros independientes a lo largo del ciclo anual, con un nivel de actividad de 0.322 ± 0.015 (EE), lo que indica que la especie estuvo activa aproximadamente el 32% del ciclo de 24 horas (Figura 7).

La curva de densidad Kernel circular, mostró un comportamiento nocturno, con ausencia casi total de actividad diurna y una concentración de registros en horas de oscuridad, pero con distribución bimodal, con un pico de actividad principal entre las 03:00 y las 05:00 h, y un pico secundario entre las 19:00 y las 22:00 h, ambos concentrados dentro de la franja nocturna. La actividad fue prácticamente nula durante las horas diurnas, entre aproximadamente las 07:00 y las 17:00 h (Figura 7).

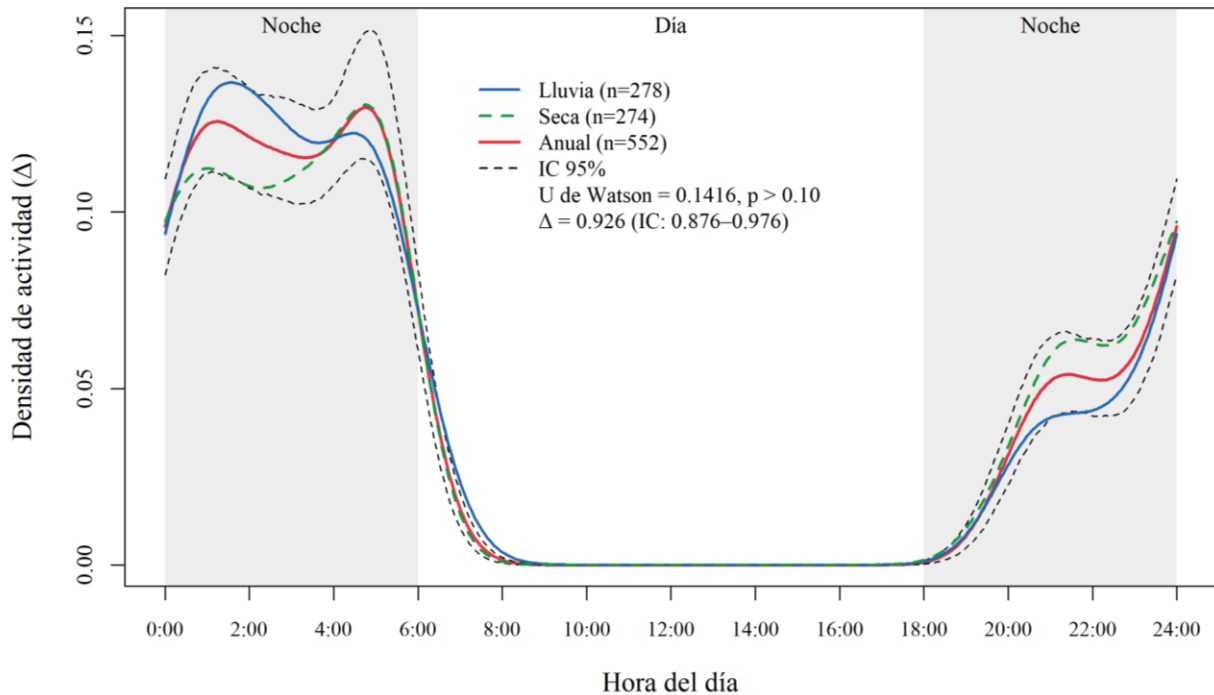


Figura 7. Patrón de actividad de la ardilla voladora (*G. volans*) a lo largo de las 24 horas del día. La línea roja representa el patrón de actividad anual ($n = 552$) con sus intervalos de confianza al 95% (líneas punteadas negras), mientras que las líneas azul y verde corresponden a las temporadas de lluvias ($n = 278$) y secas ($n = 274$), respectivamente. Las zonas sombreadas indican el período nocturno. Se observa un patrón nocturno estricto bimodal, sin diferencias significativas entre temporadas ($U^2 = 0.1416$, $p > 0.10$; $\Delta_4 = 0.926$, I.C. 95%: 0.88–0.98).

Durante el periodo de muestreo, *G. volans* utilizó activamente las cajas-nido instaladas en el sitio de estudio como sitios de refugio. La disminución marcada de actividad a partir de las 06:00–07:00 h, coincide temporalmente con el periodo de regreso al refugio, mientras que el pico vespertino entre las 19:00 y las 22:00 h, corresponde al periodo de salida al inicio de la noche.

Al comparar las dos temporadas, la de lluvias presentó 278 registros independientes y la de secas 274 registros independientes. En ambas temporadas se mantuvo el patrón bimodal nocturno, aunque durante la temporada de secas los picos de actividad tendieron a ser ligeramente pronunciados, particularmente el pico matutino, en comparación con la temporada de lluvias. Sin embargo, la prueba de Watson para dos muestras no indicó diferencias estadísticamente significativas en la distribución temporal de la actividad entre temporadas ($U^2 = 0.1416$, $p > 0.10$). El coeficiente de traslape fue alto ($\Delta_4 = 0.93$, I.C. 95%: 0.876–0.976), lo que

confirma que ambos patrones estacionales son similares en su forma general. En conjunto, el patrón observado confirma que *G. volans* para el área de estudio presenta un comportamiento nocturno estricto, independientemente de la temporada del año.

En cuanto a la estructura de edad, se registraron 36 individuos inmaduros de *G. volans*, concentrados en noviembre (n = 30) y diciembre (n=6), correspondientes al inicio de la temporada de secas. Todos los registros ocurrieron durante el periodo nocturno, y los individuos inmaduros fueron observados entrando y/o saliendo de las cajas-nido, confirmando el uso de estas estructuras como sitios de nacimiento y crianza. Adicionalmente, se documentaron dos eventos de acarreo de material hacia las cajas-nido por parte individuos adultos, registrados a las 22:44 y 23:44 h, lo que puede motivarse por el acondicionamiento activo del refugio previo al periodo de crianza (Anexo 1).

8.4 Relación de la comunidad de fauna asociada y *Glaucomys volans*

De las especies registradas en el sitio de estudio, cinco cumplieron con el criterio mínimo de 75 registros independientes para ser incluidas en el análisis de solapamiento temporal: *Sciurus oculatus* (n=76), *Bassariscus astutus* (n=117), *Urocyon cinereoargenteus* (n=78), y para evaluar el un efecto antrogénico, se analizó la presencia de *Homo sapiens* (n=111) y *Canis lupus familiaris* (n=108) (Figura 8).

Con base en su relación ecológica potencial con *G. volans*, estas especies se agruparon en tres categorías: competidor por recursos (*S. oculatus*), depredadores potenciales (*B. astutus*, *U. cinereoargenteus* y *C. lupus familiaris*) y factor de perturbación antropogénica (*Homo sapiens*). Las especies restantes fueron excluidas del análisis por no alcanzar el número mínimo de registros requerido para obtener estimaciones confiables del coeficiente Δ_4 (Ridout y Linkie, 2009).

Sciurus oculatus presentó el solapamiento más bajo ($\Delta_4 = 0.07$, I.C. 95%: 0.03–0.1), lo que indica que ambas especies utilizan el bosque en horarios casi opuestos. Mientras que *G. volans* es activa durante la noche, *S. oculatus* mostró actividad principalmente durante el día, entre las 08:00 y las 18:00 h (Figura 8). Esta separación en los horarios de actividad permite que ambas especies de ardillas coexistan en el mismo lugar sin competir directamente por los mismos recursos al mismo tiempo.

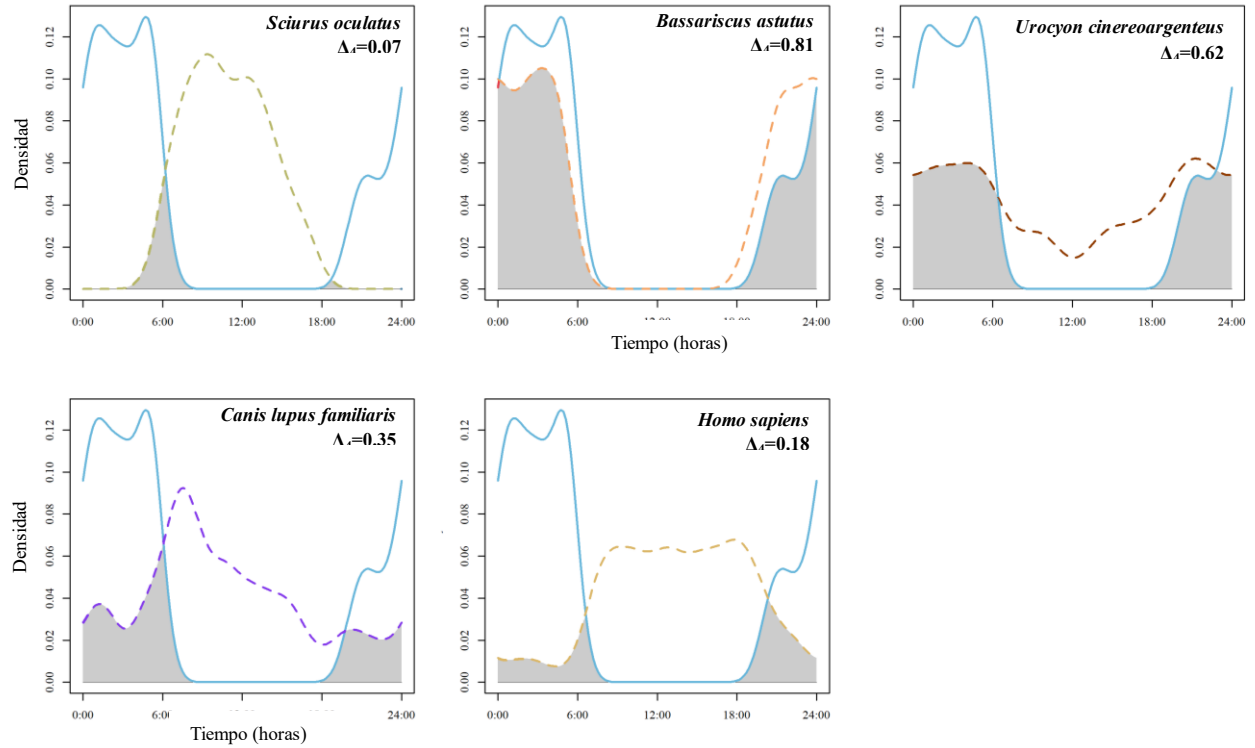


Figura 8. Solapamiento temporal entre *G. volans* y cinco especies de mamíferos registradas en el sitio de estudio. La línea azul sólida representa el patrón de actividad de *G. volans* (n=552), mientras que las líneas punteadas de color corresponden a cada especie comparada: *Sciurus oculus* (verde, n=176), *Bassariscus astutus* (rojo, n=117), *Urocyon cinereoargenteus* (naranja, n=78), *Canis lupus familiaris* (morado, n=108) y *Homo sapiens* (amarillo, n=111). El área gris sombreada representa la zona de solapamiento entre ambas curvas.

Bassariscus astutus fue la especie con mayor solapamiento temporal con *G. volans* ($\Delta_4 = 0.81$, I.C. 95%: 0.74–0.9), lo que significa que ambas especies coinciden en el bosque durante gran parte de la noche (Figura 8). Dado que *B. astutus* es un depredador omnívoro, esta alta coincidencia temporal sugiere que la ardilla voladora enfrenta un riesgo de depredación importante durante sus horas de mayor actividad.

Urocyon cinereoargenteus mostró un solapamiento moderadamente alto ($\Delta_4 = 0.62$, I.C. 95%: 0.53–0.72). La mayor coincidencia entre ambas especies ocurre entre las 04:00 y las 06:00 h, que es precisamente cuando la *G. volans* alcanza su pico máximo de actividad antes del amanecer. A diferencia de otros carnívoros, *U. cinereoargenteus* tiene la capacidad de trepar árboles, (Figura 8) por lo que su coincidencia temporal con *G. volans* representa un riesgo de depredación tanto en el suelo como cerca de los sitios de refugio de la ardilla, durante el

muestreo, se registró un individuo de este carnívoro, trepando por el tronco del árbol, para alcanzar el cebo colocado para tratar de fotografiar a *G. volans*.

Canis lupus familiaris presentó un solapamiento bajo ($\Delta_4=0.35$, I.C. 95%: 0.27–0.44). Aunque el perro doméstico fue la especie con más registros en el sitio de estudio, su actividad se concentra principalmente durante el día y el crepúsculo, lo que reduce su coincidencia con el patrón nocturno de *G. volans*. Sin embargo, la ventana de actividad compartida durante las horas crepusculares representa un periodo de vulnerabilidad para la ardilla.

Finalmente, *Homo sapiens* presentó el solapamiento más bajo después de *S. oculatus* ($\Delta_4= 0.18$, I.C. 95%: 0.11–0.25). Las personas mostraron actividad casi exclusivamente durante el día, lo cual es prácticamente opuesto al patrón nocturno de la *G. volans*, quien aprovecha las horas de menor presencia humana para realizar sus actividades, lo que le permite usar el hábitat disponible del área de estudio con un mínimo de perturbación.

9. Discusión

9.1 Esfuerzo de muestreo y riqueza de especies

En este estudio, la tendencia observada en las curvas sugiere que el inventario de especies tiende hacia la asíntota, lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para capturar la mayor parte de la diversidad de fauna acompañante presente en el área de estudio.

El comportamiento de la curva, con una fase inicial de incremento pronunciado seguida de una estabilización progresiva, es consistente con lo reportado en estudios ecológicos, donde las especies más comunes se detectan primero, mientras que las especies raras requieren mayor esfuerzo de muestreo para ser registradas (Gotelli y Colwell, 2001). En este sentido, la cercanía a la asíntota indica que el esfuerzo de muestreo fue representativo para captar la composición dominante del sitio. Sin embargo, las especies no registradas probablemente corresponden a grupos con bajas densidades o alta sensibilidad a la fragmentación, cuya detección requeriría un incremento en el esfuerzo de muestreo. No obstante, si bien la curva muestra una tendencia a estabilizarse, la ausencia de una asíntota completamente definida podría indicar la presencia de especies de baja detectabilidad o con patrones de actividad restringidos, lo cual es común en estudios con fototrampeo, particularmente en ambientes complejos o con alta heterogeneidad estructural (Tobler et al., 2008). Esto resalta la importancia de considerar que la detectabilidad no es uniforme entre especies, ya que factores como el tamaño corporal, comportamiento y uso del hábitat influyen en la probabilidad de registro.

Además, el uso de curvas de acumulación permite comparar la eficiencia del muestreo entre estudios y regiones, proporcionando un marco estandarizado para evaluar la completitud del inventario biológico (Colwell et al., 2012). En este caso, los resultados obtenidos respaldan la confiabilidad de los datos utilizados en los análisis subsecuentes, como los patrones de actividad y el solapamiento de nicho temporal.

En conjunto, los resultados sugieren que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar la comunidad de vertebrados asociados a la ardilla voladora registrada mediante fototrampeo en Huasca de Ocampo; sin embargo, se recomienda incrementar el esfuerzo temporal o espacial en futuros estudios para detectar especies raras o de baja frecuencia, lo que permitiría una estimación más completa de la diversidad.

La comparación de la riqueza de especies registrada en el presente estudio con investigaciones previas realizadas en la región permite evaluar la representatividad del muestreo. En el reporte

del Consejo Estatal de Ecología (1999) se documentaron cinco órdenes (Didelphimorphia, Xenarthra, Rodentia, Carnivora y Artiodactyla), ocho familias y un total de 15 especies, incluyendo a *Didelphis virginiana*, *Dasypus novemcinctus*, *Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Bassariscus astutus* y *Odocoileus virginianus*, entre otros.

En el trabajo sobre mastofauna realizado por Coronel-Arellano (2004) en el Rancho Santa Elena, se reportan cinco órdenes (Xenarthra, Lagomorfa, Rodentia, Carnivora y Artiodactyla) con 11 especies, donde se identificó a *Dasypus novemcinctus*, *Sylvilagus floridanus*, *Microtus mexicanus*, *Peromyscus maniculatus*, *Sciurus oculatus*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Canis lupus familiaris*, *Neogale frenata*, *Bassariscus astutus*, *Procyon lotor* y *Odocoileus virginianus*.

De manera complementaria, Morales-García (2007) registró nueve especies de mamíferos en el Rancho Santa Elena mediante trampas-cámara y estaciones olfativas, incluyendo *Bassariscus astutus*, *U. cinereoargenteus*, *D. novemcinctus*, *S. oculatus*, *S. floridanus*, *O. virginianus*, *D. virginiana*, *Spilogale angustifrons* y *Peromyscus maniculatus*. En comparación con el presente estudio, se observa una mayor riqueza específica, probablemente asociada al uso de metodologías complementarias que incrementan la detectabilidad. Sin embargo, existe coincidencia en varias especies clave, lo que respalda la consistencia de los registros en la región. Las diferencias, como la ausencia en este estudio de *D. virginiana*, *S. angustifrons* y *P. maniculatus*, y la presencia de *Canis latrans* reflejan la variación espacio-temporal en la comunidad.

En otro estudio realizado en la Sierra de Pachuca, en el Parque Nacional El Chico, se reportaron 30 especies de mamíferos, pequeños, medianos y grandes lo que refleja una riqueza mayor a la obtenida en el presente estudio, probablemente asociada a un mayor esfuerzo de muestreo, la cobertura espacial y diferentes métodos de captura, como trampas Sherman, Tomahawk y redes de niebla, donde registraron especies como *G. volans* y *S. oculatus* (Hernández-Flores et al. (2010a).

Considerando que en primer estudio (Consejo Estatal de Ecología, 1999) se hallaron 15 especies y en el segundo estudio mencionado (Coronel-Arellano, 2004), solo 11, se confirma que el presente estudio obtuvo una representatividad adecuada. Sus hallazgos difieren con los del presente estudio en las especies no halladas (*Microtus mexicanus*, *P. maniculatus* y *N. frenata*) y que sí fueron registrados (*C. latrans*).

De los estudios previos realizados en la región, la presencia de *G. volans* fue registrada en todos excepto en el reporte del Consejo Estatal de Ecología (1999), lo cual puede atribuirse principalmente a diferencias en las técnicas de muestreo empleadas. Dado que se trata de una especie nocturna, críptica y asociada a estratos arbóreos altos, su detección mediante métodos convencionales no dirigidos resulta limitada, incrementando la probabilidad de subregistro (DeCoursey, 1961).

9.2 Abundancia relativa

De los 696 registros independientes obtenidos con eventos independientes de cada 24 horas, *G. volans* fue la especie más representativa con 211 registros, constituyendo aproximadamente una tercera parte del total. Debido a que las cámaras fueron colocadas estratégicamente frente a cajas-nido instaladas en la fachada de una cabaña, generó un punto de agregación artificial que incrementó la probabilidad de detección. Este tipo de sesgo es común en estudios de fototrampeo cuando se utilizan sitios de alta actividad o recursos focales, lo que puede sobreestimar la abundancia relativa de ciertas especies (O'Connell et al., 2011; Rowcliffe et al., 2008).

Las especies más abundantes después de *G. volans* fueron *S. oculatus*, *O. virginianus*, *H. sapiens*, *U. cinereoargenteus* y *C. lupus familiaris*; y las especies con menor número de registros, fueron *C. latrans* y *S. floridanus*; que se les considera como abundantes y raras para el área de estudio estas especies en el trabajo de Coronel-Arellano (2004).

Es relevante destacar que *G. volans* se encuentra catalogada como amenazada, en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2025), lo que subraya su vulnerabilidad ante procesos de fragmentación del hábitat. A pesar de ello, la presencia en el hábitat del área de estudio sugiere que existen microhábitats críticos funcionales, particularmente refugios adecuados para su reproducción y descanso.

La presencia de carnívoros silvestres fue representada por *B. astutus* (8.6% del total de IAR) y *U. cinereoargenteus* (8.9%) y *C. latrans* (1.2%), estos valores, son inferiores que el IAR de *C. lupus familiaris* (10.1%). Esta diferencia sugiere una dominancia funcional de especies asociadas al ser humano sobre los carnívoros nativos, patrón ampliamente documentado en ecosistemas antropizados donde los perros domésticos pueden alcanzar altas densidades y generar efectos negativos, como la depredación de especies nativas de fauna silvestre (Vanak y Gompper, 2009; Vanak et al., 2014; Young et al., 2011).

Un hallazgo relevante fue el registro de *C. latrans* (n=7), previamente registrado en la localidad del Rancho Santa Elena en 2019, a través de la plataforma Naturalista (iNaturalist, 2019). Esta especie ha sido considerada de presencia incierta en algunas regiones del centro de México (Coronel-Arellano, 2005; Morales-García, 2007), por lo que su detección sugiere la existencia de conectividad funcional entre fragmentos de hábitat, permitiendo el desplazamiento de depredadores de mayor tamaño. No obstante, la marcada diferencia entre su frecuencia de registros y la de *C. lupus familiaris* refuerza la hipótesis de un proceso de sustitución ecológica, en el que especies domésticas desplazan funcionalmente a depredadores nativos (Vanak y Gompper, 2009). La baja frecuencia de registros de *C. latrans* puede explicarse por su tendencia a evitar áreas con alta actividad humana. Se ha demostrado que, dentro de sus ámbitos hogareños, los coyotes evitan de manera consistente los tipos de uso de suelo asociados a la presencia humana, como zonas residenciales o altamente urbanizadas, independientemente de la temporada o del periodo de actividad. Incluso cuando sus territorios se encuentran dentro de paisajes desarrollados, no existe evidencia clara de que sean atraídos hacia estas áreas, lo que sugiere un comportamiento de evitación frente a la perturbación antropogénica. En este contexto, la baja detectabilidad de *C. latrans* en el área de estudio podría estar relacionada con la presencia constante de actividad humana y fauna doméstica, lo que limitaría su uso del espacio y favorecería su desplazamiento hacia zonas menos perturbadas del bosque (Gehrt et al., 2009).

La presencia humana, en conjunto con los registros de *C. lupus familiaris*, representó el 19.3% del total de registros independientes, lo que refleja una alta interacción humano-fauna en el área. A pesar de ello, *G. volans* mantuvo actividad constante en las cajas-nido, lo que es consistente con la evidencia de que las especies estrictamente nocturnas muestran cambios mínimos en sus patrones de actividad ante la presencia humana, dado que sus ciclos coinciden naturalmente con los periodos de menor actividad humana (Gaynor et al., 2018).

Se observó un incremento en los registros durante la temporada de secas en la mayoría de las especies documentadas, incluyendo *G. volans*, *B. astutus*, *C. lupus familiaris*, *U. cinereoargenteus* y *D. novemcinctus*, patrón que puede estar asociado a cambios en la disponibilidad de recursos, el comportamiento animal o la detectabilidad (Tobler et al., 2008). Únicamente *O. virginianus* mostró una disminución en la abundancia relativa durante la temporada de secas.

Finalmente, es importante señalar que la abundancia relativa estimada en este estudio no representa una medida directa de densidad poblacional, sino un indicador de intensidad de uso de sitios específicos (O'Brien et al., 2003). Aunque el uso de cajas-nido resultó altamente efectivo para documentar el comportamiento y actividad de *G. volans*, este enfoque limita la representatividad de especies que no utilizan estos recursos. En este sentido, una limitación del estudio fue el número reducido de cajas-nido disponibles, lo que restringe la inferencia espacial. Se recomienda que futuros estudios amplíen la cobertura mediante la instalación de más refugios artificiales, lo que permitiría obtener estimaciones más robustas sobre el uso del hábitat y la dinámica poblacional de la especie, tal como se ha sugerido en estudios que combinan métodos de detección para mejorar la estimación de abundancia en mamíferos (Sollmann et al., 2013).

9.3 Patrón de actividad de *Glaucomys volans*

La forma de la curva del patrón de actividad de *G. volans*, coincide con lo reportado para la especie en otros estudios de Norteamérica, donde se describe como una ardilla estrictamente nocturna, con una distribución binominal con picos de actividad asociados a periodos de baja luminosidad (Dolan y Carter, 1977).

Durante los meses más cálidos la especie es activa durante toda la noche, mientras que en los meses más fríos su actividad se concentra en los extremos nocturnos, después del anochecer y antes del amanecer (Muul, 1969; Dolan y Carter, 1977).

Esta descripción coincide con los dos picos registrados en el presente estudio entre las 19:00–22:00 h y las 03:00–05:00 h, y sugiere que las condiciones climáticas de Huasca de Ocampo, con temperaturas que descienden por debajo de cero durante el invierno y una marcada estacionalidad, favorecen la concentración de la actividad en los extremos nocturnos (Figura 7). Este comportamiento ha sido interpretado como una estrategia que reduce la exposición a condiciones de frío extremo y optimiza el uso de recursos durante los periodos de menor temperatura (Muul, 1969; DeCoursey, 1961).

En conjunto, estos resultados son consistentes con la hipótesis planteada, que predecía un patrón de actividad predominantemente nocturno con variación en su intensidad y distribución temporal entre la temporada de lluvias y de secas.

El pico de actividad más pronunciado registrado durante la madrugada (03:00–05:00 h) sugiere un periodo clave de forrajeo intensivo previo al retorno a los sitios de refugio (Figura 7). Este

patrón es consistente con estrategias de partición temporal documentadas en roedores nocturnos, donde la concentración de actividad en periodos específicos de la noche reduce el riesgo de depredación y la competencia interespecífica (Kronfeld-Schor y Dayan, 2003). La disminución abrupta de la actividad posterior a las 06:00 h refuerza el carácter nocturno estricto de la especie, previamente documentado por Muul (1969) y Dolan y Carter (1977).

Desde una perspectiva ecológica, la naturaleza nocturna de *G. volans* funciona como un mecanismo de segregación temporal, facilitando su coexistencia con especies diurnas como *S. oculatus* y reduciendo la probabilidad de encuentros con el factor humano, cuyos picos de actividad se concentran durante el día (Figura 8). Esta diferenciación temporal ha sido ampliamente documentada como un mecanismo clave para la partición de nicho en comunidades de mamíferos (Kronfeld-Schor y Dayan, 2003).

El uso recurrente de las cajas-nido, evidenciado por la concentración de actividad en horarios de entrada y salida, sugiere que estas estructuras funcionan como refugios críticos dentro del paisaje antropizado, permitiendo a la especie mantener su patrón natural de actividad a pesar de la presencia humana.

Las cajas-nido instaladas aproximadamente desde 2009 en la fachada de una cabaña constituyeron el microhábitat central de la población registrada (M. C. Chávez Peón Hoffmann-Pinther, comunicación personal, marzo de 2026; Anexo 1). *G. volans* ha mostrado en otras latitudes una marcada afinidad por estas estructuras artificiales, utilizándolas tanto para el descanso como para la reproducción (Goertz et al., 1975; Laves y Loeb, 2006), lo que es consistente con el uso cotidiano documentado en el presente estudio durante más de una década.

El diseño de muestreo dirigido hacia las cajas-nido, permitió documentar comportamientos detallados de entrada, salida, acarreo de material y presencia de individuos inmaduros que difícilmente habrían sido registrados mediante un muestreo aleatorio a nivel del suelo. La frecuencia de registros obtenida es, por tanto, consecuencia directa del uso constante de estos refugios (Taulman, 1999), y evidencia la capacidad de adaptación de la especie a ambientes modificados (Hernández-Flores et al., 2010b).

En cuestiones de reproducción, los registros de 36 eventos independientes de individuos inmaduros, concentrados en noviembre ($n = 30$) y diciembre ($n = 6$), junto con los tres eventos de acarreo de material registrados entre el 4 y el 7 de noviembre de 2023 (Anexo 1), sugieren

que la actividad reproductiva de *G. volans* en Huasca de Ocampo se concentra al inicio de la temporada de secas (noviembre-abril; SMN, 2026a, 2026b).

Este patrón coincide con lo documentado por Ceballos y Miranda (1985) para poblaciones mexicanas, quienes registraron formación de grupos en noviembre, y difiere del esquema biestacional descrito para poblaciones al norte del continente americano, donde la reproducción se concentra en invierno y verano (Dolan y Carter, 1977). Considerando que el período de gestación es de aproximadamente 40 días (Dolan y Carter, 1977), las cópulas habrían ocurrido durante octubre, al final de la temporada de lluvias, lo que sugiere que su reproducción se restringe a una estación del año.

La mayor abundancia relativa registrada durante la temporada de secas (IAR=16.6) en comparación con la de lluvias (IAR=6.9) refuerza esta interpretación, ya que el incremento en la actividad coincide temporalmente con la crianza y el acondicionamiento de los refugios. El uso de las cajas-nido como sitios de nacimiento quedó confirmado por la salida nocturna de inmaduros, comportamiento consistente con la dependencia de cavidades de la especie (Dolan y Carter, 1977), y el hecho de que todos estos registros ocurrieran de noche sugiere que el patrón de actividad nocturno se expresa desde etapas tempranas del desarrollo, posiblemente mediado por la respuesta fotoperiódica al acortamiento de los días otoñales (Muul, 1969).

En este sentido, el uso constante de las cajas-nido sugiere su incorporación como recurso habitual en ambientes intervenidos (Laves & Loeb, 1999), pero también introduce un posible sesgo en la interpretación del uso de hábitat, ya que los patrones observados podrían diferir de aquellos en condiciones naturales (DeCoursey, 1961). Futuros estudios con mayor cobertura espacial y muestreo en sitios sin estructuras artificiales permitirían contrastar estos resultados y evaluar con mayor precisión el uso de hábitat de *G. volans* en Huasca de Ocampo.

9.4 Análisis de solapamiento temporal

El análisis de solapamiento temporal demuestra que *G. volans* implementa una estrategia de coexistencia basada en la segregación temporal del nicho, la cual condiciona sus interacciones con competidores, depredadores y factores antropogénicos, un patrón frecuentemente observado en comunidades de mamíferos mediante estudios de actividad registrados con cámaras trampa (Ridout & Linkie, 2009).

En este contexto, el valor de solapamiento casi nulo con *S. oculatus* ($\Delta_4=0.07$) constituye una clara evidencia de partición de nicho circadiano. A pesar de compartir el estrato arbóreo y el uso potencial de estructuras de anidación, la diferenciación entre actividad diurna y nocturna elimina la competencia directa, lo que coincide con lo propuesto por Kronfeld-Schor y Dayan (2003), quienes señalan que la segregación temporal es un mecanismo clave para la coexistencia entre especies ecológicamente similares.

En contraste, los altos valores de solapamiento con especies nocturnas reflejan una mayor probabilidad de interacción ecológica. El coeficiente elevado con *B. astutus* ($\Delta_4=0.81$) resulta particularmente relevante, dado que este carnívoro representa un depredador potencial de pequeños mamíferos arborícolas. La sincronía en los picos de actividad, especialmente durante la madrugada, sugiere que *G. volans* enfrenta una presión de depredación constante durante sus periodos de forrajeo, lo cual es consistente con estudios que documentan la influencia del riesgo de depredación en la estructuración de patrones de actividad en mamíferos nocturnos (Lima y Dill, 1990).

El solapamiento con *U. cinereoargenteus* ($\Delta_4 = 0.62$) indica una coincidencia temporal significativa que podría traducirse en un riesgo elevado de depredación. A diferencia de otros carnívoros, la zorra gris posee la capacidad de trepar árboles y presenta una dieta omnívora que incluye pequeños mamíferos (Fuller y Cypher, 2004), lo que incrementa la probabilidad de encuentros con *G. volans* tanto en el suelo como en el estrato arbóreo. La relación entre estas dos especies muestra que esta convergencia se intensifica entre las 04:00 y 06:00 h, coincidiendo con el pico máximo de actividad de la ardilla voladora. Este solapamiento sugiere que las últimas horas de forrajeo antes del amanecer representan un periodo crítico de vulnerabilidad.

Por otro lado, el bajo solapamiento con el factor humano ($\Delta_4=0.18$) refleja una adaptación conductual de evitación, donde *G. volans* restringe su actividad a periodos de mínima presencia humana. Este patrón es consistente con lo reportado en ambientes antropizados, donde la fauna silvestre ajusta sus horarios para reducir el riesgo percibido (Gaynor et al., 2018).

No obstante, el caso de *Canis lupus familiaris* ($\Delta_4 = 0.35$) resulta particularmente relevante desde una perspectiva de conservación. A pesar de presentar un solapamiento moderado, su alta frecuencia de registros y su asociación directa con actividades humanas lo posicionan como una amenaza significativa. La coincidencia temporal durante periodos crepusculares y nocturnos incrementa la probabilidad de interacción con *G. volans*, lo que, aunado a su abundancia, puede

generar una presión de depredación superior a la de los carnívoros nativos. Este fenómeno ha sido documentado en otros sistemas, donde los perros domésticos alteran la dinámica de comunidades silvestres e incluso desplazan a depredadores naturales (Vanak y Gompper, 2009; Zúñiga et al., 2022).

En conjunto, los resultados del solapamiento indican que el patrón nocturno de *G. volans* no solo responde a una adaptación evolutiva, sino que también estructura sus interacciones ecológicas actuales. La especie logra reducir la competencia con especies diurnas mediante segregación temporal, pero permanece expuesta a depredadores nocturnos y, de manera importante, a presiones antropogénicas derivadas de la presencia de fauna doméstica, lo que resalta la complejidad de su nicho en paisajes antropizados.

En conjunto, estos hallazgos validan la hipótesis planteada, confirmando que *G. volans* en Huasca de Ocampo presenta un patrón de actividad predominantemente nocturno cuya intensidad y distribución temporal varían entre temporadas.

10. Conclusión

El análisis de la comunidad de fauna silvestre registrada mediante fototrampeo en Huasca de Ocampo evidenció una composición asociada a la ardilla voladora dominada por mamíferos terrestres, con una riqueza comparable a la reportada en estudios previos para la región. La frecuencia de registros de una especie doméstica y del factor humano sugiere que la dinámica de la comunidad podría afectarse por actividades antropogénicas, estableciendo un escenario de coexistencia que requiere atención para la conservación de las especies nativas. *G. volans* se posicionó como la especie con mayor abundancia relativa, lo que refleja un uso intensivo de las cajas-nido como estructuras de refugio. Sin embargo, esta aparente dominancia responde en parte al diseño de muestreo, por lo que debe interpretarse como una alta intensidad de uso del recurso y no como estimación indirecta de densidad poblacional.

El registro de individuos inmaduros y comportamiento de acarreo de material en las cajas-nido durante noviembre y diciembre constituye la primera evidencia fotográfica directa de reproducción activa de *G. volans* en Huasca de Ocampo, sugiriendo que la reproducción se concentra al inicio de la temporada de secas y que las cajas-nido funcionan como sitios críticos de anidación y crianza, lo que refuerza su valor como herramienta de conservación para la especie en México.

En conjunto, los resultados confirman que *G. volans* en Huasca de Ocampo presenta un patrón de actividad predominantemente nocturno cuya intensidad y distribución temporal varían de forma similar entre temporadas, con mayor actividad durante la época de secas, validando la hipótesis planteada. Asimismo, se demuestra que la especie mantiene su persistencia mediante la segregación temporal del nicho y el uso de refugios específicos, aunque su viabilidad a largo plazo depende de la reducción de presiones antropogénicas, particularmente aquellas asociadas a la fauna doméstica.

11. Literatura citada

- Agostinelli, C., & Lund, U. (2017). *R package 'circular': Circular statistics* (versión 0.4-93). <https://CRAN.R-project.org/package=circular>
- Alvarado-Ortíz, W. J., López, C. M., Soler-Orellana, J. A., & Turcios-Casco, M. A. (2024). Camera-trapping may help to understand the natural history of the deficiently known *Glaucomys volans* (Rodentia: Sciuridae) in Honduras. *Biodiversity*, 25(4), 1–3. <https://doi.org/10.1080/14888386.2024.2409454>
- Aranda, M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.113211>
- Arbogast, B. S., Schumacher, K. I., Kerhoulas, N. J., Bidlack, A. L., Cook, J. A., & Sawyer, J. (2017). Genetic data reveal a cryptic species of New World flying squirrel (*Glaucomys oregonensis*). *Journal of Mammalogy*, 98(4), 1027–1041. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx055>
- Ashby, K. R. (1972). Patterns of daily activity in mammals. *Mammal Review*, 1(7–8), 171–185. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1972.tb00088.x>
- Beatham, S. E., Stephens, P. A., Coats, J., Phillips, J., & Massei, G. (2023). A camera trap method for estimating target densities of grey squirrels to inform wildlife management applications. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1096321. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1096321>
- Bendel, P. R., & Gates, J. E. (1987). Home range and microhabitat partitioning of the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*). *Journal of Mammalogy*, 68(2), 243–255. <https://doi.org/10.2307/1381463>
- Bloch, G., Barnes, B. M., Gerkema, M. P., & Helm, B. (2013). Animal activity around the clock with no overt circadian rhythms: patterns, mechanisms and adaptive value. *Proceedings of the Royal Society*, 280(1765): 20130019. <https://doi.org/10.1098/Rspb.2013.0019>
- Braun, J. K. (1988). Systematics and biogeography of the southern flying squirrel, *Glaucomys volans*. *Journal of Mammalogy*, 69(2), 422–426. <https://doi.org/10.2307/1381406>
- Bueno-Cabrera, A., Gil-Flores, N., Velázquez-Cerón, U., Olivera-Ávila, C., & Colodner-Chamudis, A. G. (2015). Nuevos registros de la ardilla voladora (*Glaucomys volans*) en Puebla: implicaciones de su presencia en áreas de aprovechamiento forestal. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(2), 337–340. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372015000200029&lng=es&tlng=es
- Campuzano-Chávez-Peón, D., Zuria, I., Castellanos, I., & Gates, J. E. (2014). Characteristics of nest-sites of the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*) in a pine-oak forest of central Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 59(1), 75–80. <https://doi.org/10.1894/F10-JKF-38.1>
- Casanovas-Vilar, I., García-Porta, J., Fortuny, J., Sanisidro, Ó., Prieto, J., Querejeta, M., Llácer, S., Robles, J. M., Bernardini, F., & Alba, D. M. (2018). Oldest skeleton of a fossil flying squirrel casts new light on the phylogeny of the group. *eLife*, 7, e39270. <https://doi.org/10.7554/eLife.39270>
- Castillo-Meza, L., Gaona Ramírez, S., & García-Chávez, J. (1997). La ardilla voladora *Glaucomys volans goldmani* (Nelson, 1904) en Puebla, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 2(1), 119–121. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.1997.2.1.116>
- Ceballos, G., & Galindo, C. (1983). *Glaucomys volans goldmani* (Rodentia: Sciuridae) in central México. *The Southwestern Naturalist*, 28, 375–376. <https://doi.org/10.2307/3670804>
- Ceballos, G., & Manzano-Fischer, P. (2005). *Glaucomys volans*. En G. Ceballos & G. Oliva (Coords.), *Los mamíferos silvestres de México* (pp. 531–533). CONABIO/Fondo de Cultura Económica.

- Ceballos, G., & Miranda, A. (1985). Notes on the biology of Mexican flying squirrels (*Glaucomys volans*) (Rodentia: Sciuridae). *The Southwestern Naturalist*, 30(3), 449–450. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1985SWNat..30..449C/doi:10.2307/3671281
- Ceballos, G., & Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. México: Fondo de Cultura Económica. https://www.academia.edu/download/112616128/2005_Cap_Zorra_gris_Servin_Chacón.pdf
- Ceballos, G., Manzano, P., Mendez-Harclerode, F., Walker, D. H., & Bradley, R. D. (2010). *Geographic distribution, genetic diversity, and conservation status of the southern flying squirrel (Glaucomys volans) in México* (Occasional Papers, Museum of Texas Tech University, No. 299). Museum of Texas Tech University. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122376/records/647472f6a4e07c0bc4c0029c>
- Chao, A. (1984). Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11(4), 265–270. <https://www.jstor.org/stable/4615964>
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533–2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chávez, C., De la Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H., & Ceballos, G. (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre: El jaguar en México como estudio de caso*. Alianza WWF-Telcel/Universidad Nacional Autónoma de México. <https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones%20CONANP/Parte%203/Manuales/2013%20Manual%20fototrampeo%20jaguar.pdf>
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5(1), 3–21. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
- Comisión Nacional Forestal. (2017). *Estudio regional de la diversidad de fauna silvestre de la UMAFOR 1303 Pachuca-Tulancingo, Hidalgo*. Wild Forest Consulting S.C., & Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca y Tulancingo A.C., CONAFOR. [Estudios Regionales Forestales | Comisión Nacional Forestal | Gobierno | gob.mx](https://www.conafor.gob.mx/Estudios-Regionales-Forestales-Comision-Nacional-Forestal-Gobierno-gob.mx)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2025). *Glaucomys volans* (ardilla voladora sureña). CONABIO. Enciclovida. <https://enciclovida.mx/especies/34855-glaucomys-volans>
- Consejo Estatal de Ecología. (1999). *Ordenamiento ecológico territorial de Huasca de Ocampo*. Gobierno del Estado de Hidalgo. https://bitacora.semarnath.gob.mx/documentos/huasca_de_ocampo/OET_Huasca_de_Ocampo.pdf
- Coronel-Arellano, H. (2004). *Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Repositorio UAEH.
- Cotton, C. L., & Parker, K. L. (2000). Winter activity patterns of northern flying squirrels in sub-boreal forests. *Canadian Journal of Zoology*, 78(11), 1896–1901. <https://doi.org/10.1139/z00-137>
- DeCoursey, P. J. (1961). Effect of light on the circadian activity rhythm of the flying squirrel, *Glaucomys volans*. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 44, 331–354. <https://doi.org/10.1007/BF00388033>

- DeGregorio, B. A., Sperry, J. H., Kovar, D. G., & Steen, D. A. (2022). *Southern flying squirrels (Glaucomys volans) as major predators of avian nest boxes in Conecuh National Forest, Alabama* (ERDC/CERL MP-22-2). U.S. Army Engineer Research and Development Center. <https://erdc-library.erdcresearch.com/server/api/core/bitstreams/49bb7ad6-6ccf-4555-88f1-501ca1cc4aac/content>
- Diersing, V. E. (1980). Systematics of flying squirrels, *Glaucomys volans* (Linnaeus), from Mexico, Guatemala, and Honduras. *The Southwestern Naturalist*, 25(2), 157–172. <https://doi.org/10.2307/3671238>
- Diggins, C. A., Lipford, A., Farwell, T., Eline, D. V., Larose, S. H., Kelly, C. A., & Clucas, B. (2022). Can camera traps be used to differentiate species of North American flying squirrels? *Wildlife Society Bulletin*, 46(3), e1323. <https://doi.org/10.1002/wsb.1323>
- Dolan, P. G., & Carter, D. C. (1977). *Glaucomys volans*. *Mammalian Species*, 78, 1–6. <https://doi.org/10.2307/3504026>
- Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1993). *An introduction to the bootstrap*. Chapman and Hall/CRC.
- Fokidis, H. B., & Risch, T. S. (2008). The burden of motherhood: gliding locomotion in mammals influences maternal reproductive investment. *Journal of Mammalogy*, 89(3), 617–625. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-A-116R1.1>
- Fokidis, H. B., Risch, T. S., & Glenn, T. C. (2007). Reproductive and resource benefits to large female body size in a mammal with female-biased sexual size dimorphism. *Animal Behaviour*, 73(3), 479–488. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.08.010>
- Fuller, T. K., & Cypher, B. L. (2004). Gray fox *Urocyon cinereoargenteus*. En C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann & D. W. Macdonald (Eds.), *Canids: Foxes, wolves, jackals, and dogs. Status survey and conservation action plan* (pp. 92–97). IUCN Publications. https://www.researchgate.net/publication/351491505_Gray_fox_Urocyon_cinereoargenteus
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de köppen*. Instituto de geografía, Universidad Nacional Autónoma De México. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:5735/Description>
- Gaynor, K. M., Hohnowski, C. E., Carter, N. H., & Brashares, J. S. (2018). The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science*, 360(6394), 1232–1235. <https://doi.org/10.1126/science.aar7121>
- Gehrt, S. D., Anchor, C., & White, L. A. (2009). Home range and landscape use of coyotes in a metropolitan landscape: Conflict or coexistence? *Journal of Mammalogy*, 90(5), 1045–1057. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-277.1>
- Gilmore, R. M., & Gates, J. E. (1985). Habitat use by the southern flying squirrel at a hemlock-northern hardwood ecotone. *The Journal of Wildlife Management*, 49(3), 703–710. <https://doi.org/10.2307/3801699>
- Goertz, J. W., Dawson, R. M., & Mowbray, E. E. (1975). Response to nest boxes and reproduction by *Glaucomys volans* in northern Louisiana. *Journal of Mammalogy*, 56(4), 933–939. <https://doi.org/10.2307/1379671>
- Gómez-Ugalde, R. M., Domínguez-Laso, M., Flores-Diego, R., & Lavariega, M. C. (2017). Registros recientes de la ardilla voladora del sur *Glaucomys volans* (Rodentia: Sciuridae) en la mixteca alta oaxaqueña, México. *Mammalogy Notes*, 4(1), 10–13. <https://doi.org/10.47603/manovol4n1.10-13>
- González-García, F., & Gómez-de Silva, H. (2003). Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación (pp. 150–194). En H. Gómez-de Silva & A. Oliveras-de

- Ita (Eds.), *Conservación de aves: experiencias en México*. CIPAMEX/CONABIO/National Fish and Wildlife Foundation.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, 379–391. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- Gregory, T., Carrasco-Rueda, F., Alonso, A., Kolowski, J., & Deichmann, J. L. (2017). Natural canopy bridges effectively mitigate tropical forest fragmentation for arboreal mammals. *Scientific Reports*, 7, 3892. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04112-x>
- Grolemund, G., & Wickham, H. (2011). Dates and times made easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1–25. <https://doi.org/10.18637/jss.v040.i03>
- Gronbeck, K. (2014). *Nocturnal activity and foraging patterns of the southern flying squirrel (Glacomys volans) in the Saint John Abbey Arboretum* [Tesis de honor]. College of Saint Benedict/Saint John's University. https://digitalcommons.csbsju.edu/honors_theses/739/
- Grotta-Neto, F., Peres, P. H., Piovezan, U., Passos, F. C., & Duarte, J. M. (2020). Camera trap feasibility for ecological studies of elusive forest deer. *Wildlife Society Bulletin*, 44(3), 640–647. <https://doi.org/10.1002/wsb.1121>
- Hatten, S. (1992). *Population ecology of the southern flying squirrel (Glacomys volans) in Alabama* [Tesis de maestría]. University of South Alabama.
- Heldmaier, G. (1989). Seasonal acclimatization of energy requirements in mammals: Functional significance of body weight control, hypothermia, torpor and hibernation. En W. Wieser & E. Gnaiger (Eds.), *Energy transformations in cells and organisms* (pp. 130–139). Thieme.
- Helmick, K. R., Barrett, T. L., & Barrett, G. W. (2014). Dietary resource preference of the southern flying squirrel (*Glacomys volans*). *The American Midland Naturalist*, 171(2), 371–374. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-171.2.371>
- Hernández-Flores, S. D., & Rojas-Martínez, A. E. (2010a). Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(3), 563–583. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.263800>
- Hernández-Flores, S. D., Rojas-Martínez, A. E., & Juárez-Castillo, L. G. (2010b). Nuevos registros para la ardilla voladora (*Glacomys volans*) en el estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(2), 465–468. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262726>
- Holloway, G. L., & Malcolm, J. R. (2007). Northern and southern flying squirrel, use of space within home ranges in central Ontario. *Forest Ecology and Management*, 242, 747–755. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.02.020>
- Howell, S. N. G., & Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Ikeda, T., Uchida, K., Matsuura, Y., Takahashi, H., Yoshida, T., Kaji, K., & Koizumi, I. (2016). Seasonal and diel activity patterns of eight sympatric mammals in northern Japan revealed by an intensive camera-trap survey. *Plos One* 11(10): E0163602. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163602>
- iNaturalist. (2019). *Observación 63326865: Canis latrans* [Registro fotográfico, 7 de noviembre de 2019]. iNaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/observations/63326865>

- iNaturalist. (2025). *Observaciones de Glaucomys volans en México* [Consulta a base de datos]. iNaturalist Mexico. Recuperado en 2025 de https://mexico.inaturalist.org/observations?taxon_id=46272
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Huasca de Ocampo, Hidalgo. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13024.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie VII*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781>
- Jacques, C. N., Zweep, J. S., Scheihing, M. E., Rechkemmer, W. T., Jenkins, S. E., Klaver, R. W., & Dubay, S. A. (2017). Influence of trap modifications and environmental predictors on capture success of southern flying squirrels. *Wildlife Society Bulletin*, 41(2), 313–321. <https://doi.org/10.1002/wsb.769>
- Jordan, J. S. (1948). A midsummer study of the southern flying squirrel. *Journal of Mammalogy*, 29(1), 44–48. <https://doi.org/10.2307/1375280>
- Keefe, E. M., & Giuliano, W. M. (2004). Effects of forest structure on the distribution of southern flying squirrels (*Glaucomys volans*) in urban parks. *Urban Ecosystems*, 7, 55–64. <https://doi.org/10.1023/B:UECO.0000020172.10808.8e>
- Kolowski, J. M., & Forrester, T. D. (2017). Camera trap placement and the potential for bias due to trails and other features. *Plos One*, 12(10), e0186679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186679>
- Krebs, C. J. (2009). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance* (6.^a ed.). Benjamin Cummings. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19740724695>
- Kronfeld-Schor, N., & Dayan, T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 153–181. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435>
- Lavers, A. J., Petersen, S. D., Stewart, D. T., & Herman, T. B. (2006). Delineating the range of a disjunct population of southern flying squirrels (*Glaucomys volans*). *The American Midland Naturalist*, 155(1), 188–196. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2006\)155\[0188:DTROAD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2006)155[0188:DTROAD]2.0.CO;2)
- Laves, K. S., & Loeb, S. C. (1999). Effects of southern flying squirrels (*Glaucomys volans*) on red-cockaded woodpecker (*Picoides borealis*) reproductive success. *Animal Conservation*, 2(4), 295–303. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.1999.tb00076.x>
- Laves, K. S., & Loeb, S. C. (2006). Differential estimates of southern flying squirrel (*Glaucomys volans*) population structure based on capture method. *The American Midland Naturalist*, 155(1), 237–243. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2006\)155\[0237:DEOSFS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2006)155[0237:DEOSFS]2.0.CO;2)
- Lazure, L., Paré, P., Tessier, N., Bourgault, P., Geneviève, G., Lapointe, F., & Parsons, H. J. (2016). Known range expansion and morphological variation in the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*) in Quebec. *The Canadian Field-Naturalist*, 130 (3), 216–221. <https://doi.org/10.22621/cfn.v130i3.1883>
- Li, Q., Li, X.-Y., Jackson, S. M., Li, F., Jiang, M., Zhao, W., Song, W.-Y., & Jiang, X.-L. (2019). Discovery and description of a mysterious Asian flying squirrel (Rodentia, Sciuridae, *Biswamoyopterus*) from Mount Gaoligong, southwest China. *ZooKeys*, 864, 147–160. <https://doi.org/10.3897/zookeys.864.33678>
- Lima, S. L., & Dill, L. M. (1990). Behavioral decisions made under the risk of predation. *Canadian Journal Of Zoology*, 68(4), 619–640. <https://doi.org/10.1139/Z90-092>

- Lira-Torres, I., & Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(3), 566–585. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.283859>
- López-Arévalo, H., Morales-Jiménez, A.L. & Matallana, C. (2002). Aproximación al efecto de las actividades antrópicas sobre la fauna de vertebrados del páramo. *Libro de memorias Congreso mundial de páramos*. [https://www.researchgate.net/publication/264615037_Aproximacion_al_efecto_de_las_actividades_antropicas_sobre_la_fauna_de vertebrados del paramo Libro de memorias Congreso mundial de paramos](https://www.researchgate.net/publication/264615037_Aproximacion_al_efecto_de_las_actividades_antropicas_sobre_la_fauna_de Vertebrados_del_paramo_Libro_de_memorias_Congreso_mundial_de_paramos)
- Madden, J. R. (1974). Female territoriality in a Suffolk County, Long Island, population of *Glaucomys volans*. *Journal of Mammalogy*, 55(3), 647–652. <https://doi.org/10.2307/1379554>
- Medellín, R. A., Azuara, D., Maffei, L., Zarza, H., Bárcenas, H., Cruz, E., Legaria, R., Lira, I., Ramos-Fernández, G., Gaona, O., & Ávila, S. (2006). Censos y monitoreos (pp. 25–35). En C. Chávez & G. Ceballos (Eds.), *El jaguar mexicano en el siglo XXI: Situación actual y manejo*. CONABIO/Alianza WWF Telcel/Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.researchgate.net/publication/276934408_Censos_y_Monitoreos
- Meredith, M., & Ridout, M. (2021). *overlap: Estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns* (R package version 0.3.4). <https://CRAN.R-project.org/package=overlap>
- Meyer, R. T., & Rush, S. A. (2024). Southern flying squirrel (*Glaucomys volans*) diet composition in red-cockaded woodpecker (*Dryobates borealis*) groups in Mississippi and Alabama. *Food Webs*, 39, e00346. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2024.e00346>
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., & 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. <https://doi.org/10.15517/rbt.v59i1.3206>
- Monterroso, P., Alves, P. C., & Ferreras, P. (2014). Plasticity in circadian activity patterns of mesocarnivores in southwestern Europe: implications for species coexistence. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 68(9), 1403–1417. <https://doi.org/10.1007/s00265-014-1748-1>
- Moore, J. F., Soanes, K., Balbuena, D., Beirne, C., Bowler, M., Carrasco-Rueda, F., Cheyne, S. M., Coutant, O., Forget, P.-M., Haysom, J. K., Houlihan, P. R., Olson, E. R., Lindshield, S., Martin, J., Tobler, M., Whitworth, A., & Gregory, T. (2021). The potential and practice of arboreal camera trapping. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(10), 1768–1779. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13666>
- Morales-García, J. J. (2007). *Ensamblaje de mamíferos terrestres en un bosque templado en áreas bajo diferente manejo forestal en Huasca de Ocampo, Hidalgo, México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
- Muul, I. (1969). Photoperiod and reproduction in flying squirrels, *Glaucomys volans*. *Journal of Mammalogy*, 50(3), 542–549. <https://doi.org/10.2307/1378781>
- Norberg, U. M., & Rayner, J. M. V. (1987). Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 316(1179), 335–427. <https://doi.org/10.1098/rstb.1987.0030>
- Nowak, R. M. (1999). *Walker's mammals of the world* (6.^a ed., 2 vols.). Johns Hopkins University Press.

- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., & Wibisono, H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2), 131–139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- O'Connor, K. M., Nathan, L. R., Liberati, M. R., Tingley, M. W., Vokoun, J. C., & Rittenhouse, T. A. G. (2017). Camera trap arrays improve detection probability of wildlife: investigating study design considerations using an empirical dataset. *Plos One*, 12(4), e0175684. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175684>
- Peral, C., Landman, M., & Kerley, G. I. H. (2022). The inappropriate use of time-to-independence biases estimates of activity patterns of free-ranging mammals derived from camera traps. *Ecology and Evolution*, 12(10), e9408. <https://doi.org/10.1002/ece3.9408>
- Primack, R. B., & Vidal, O. (2019). *Introducción a la biología de la conservación*. Fondo de Cultura Económica. <https://es.scribd.com/document/499704867/Primack-y-Vidal-2019-Introduccion-a-la-biologia-de-la-conservacion>
- 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-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., & Arroyo-Cabrales, J. (2014). *List of recent land mammals of Mexico, 2014*. Special Publications, Museum of Texas Tech University, 63, 1–69. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014lrml.book.....R/abstract>
- Ramos-Lara, N., & Koprowski, J. L. (2014). Deforestation and knowledge gaps threaten conservation of less charismatic species: status of the arboreal squirrels of Mexico. *Mammalia*, 78(4), 417–427. <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/mammalia-2013-0115/html>
- Ridout, M. S., & Linkie, M. (2009). Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14(3), 322–337. <https://doi.org/10.1198/jabes.2009.08038>
- Robins, J. H., Scheibe, J. S., & Laves, K. (2000). Sexual size dimorphism and allometry in southern flying squirrels, *Glaucomys volans*. En R. Goldingay & J. S. Scheibe (Eds.), *The biology of gliding mammals* (pp. 229–248). Filander Press. https://www.sabrinus.com/uploads/1/3/2/7/13278806/robins_et_al_2000.pdf
- Rovero, F., & Marshall, A. R. (2009). Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1011–1017. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01705.x>
- Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T., & Carbone, C. (2008). Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1228–1236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x>
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C., & Jansen, P. A. (2014). Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1170–1179. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12278>
- Sánchez-Cordero, V., Rodríguez-Moreno, A., & Gutiérrez-Granados, G. (2020). *Modelado de la distribución potencial de especies de mamíferos reservorios y vectores de tres zoonosis emergentes en México*. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto JM040. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. <http://ipttest.conabio.gob.mx/iptconabiotest/resource?r=SNIB-JM040>
- Sánchez-Rojas, G., Hernández-Flores, S. D., Castillo-Cerón, J., Mejenes-López, S. de M., Aguilar-López, M., Bravo-Cadena, J., García-Becerra, A., García-Morales, R., & Hernández-Silva, D.

- (2016). Mamíferos de Hidalgo, México. En A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas & C. Cuevas-Cardona (Eds.), *Biodiversidad del Estado de Hidalgo* (Vol. 2). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Sanchez-Rojas/publication/311425386_Riqueza_composicion_y_conservacion_de_los_mamiferos_del_estado_de_Hidalgo_Mexico/links/584583c408ae8e63e628624b/Riqueza-composicion-y-conservacion-de-los-mamiferos-del-estado-de-Hidalgo-Mexico.pdf
- Sawyer, S. L. & Rose, R. K. "Homing and Ecology in the Southern Flying Squirrel, *Glaucomys volans* in Southeastern Virginia" (1985). Master of Science (MS), Thesis, Biological Sciences, Old Dominion University, <https://doi.org/10.2307/2425569>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *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/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2026). *Normales climatológicas mensuales: Estación Huasca-13098, Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Comisión Nacional del Agua. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/hgo/mes13098.txt
- Servicio Meteorológico Nacional. (2026). *Normales climatológicas mensuales: Estación El Zembo-13116, Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Comisión Nacional del Agua. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/hgo/mes13116.txt
- Shannon, G., Valle, S., & Shuttleworth, C. M. (2023). Capturing red squirrels (*Sciurus vulgaris*) on camera: a cost-effective and non-invasive method for monitoring squirrel occupancy and activity in a coniferous woodland. *Ecology and Evolution*, 13(10), e10536. <https://doi.org/10.1002/ece3.10536>
- Smith, W. P. (2007). Ecology of *Glaucomys sabrinus*: habitat, demography, and community relations. *Journal of Mammalogy*, 88(4), 862–881. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-S-371R1.1>
- Sollmann, R., Mohamed, A., Samejima, H., & Wilting, A. (2013). Risky business or simple solution – Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation*, 159, 405–412. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.025>
- Sonenshine, D. E., Lauer, D. M., Walker, T. C., & Elisberg, B. L. (1979). The ecology of *Glaucomys volans* (Linnaeus, 1758) in Virginia. *Acta Theriologica*, 24(2), 363–377. <https://doi.org/10.4098/AT.arch.79-33>
- Stoddard, H. L. (1920). The flying squirrel as a bird killer. *Journal of Mammalogy*, 1(2), 95–96. <https://doi.org/10.1093/jmammal/1.2.95>
- Taulman, J. F. (1999). Selection of nest trees by southern flying squirrels (*Glaucomys volans*) in Arkansas. *Journal of Zoology*, 248(3), 369–377. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1999.tb01036.x>
- Taulman, J. F., & Thill, R. E. (1998). Southern flying squirrels in mature pine/hardwood stands in the Ouachita and Ozark National Forests of Arkansas. En J. B. Baker (Ed.), *Proceedings of the symposium on ecosystem management research in the Ouachita Mountains: pretreatment conditions and preliminary findings* (pp. 82–102). USDA Forest Service.

- https://www.researchgate.net/publication/293217866_Southern_flying_squirrels_in_mature_pin_e-hardwood_stands_in_the_Ouachita_and_Ozark_National_Forests_of_Arkansas
- Thomas, R. B., & Weigl, P. D. (1994). Dynamic foraging behavior in the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*): test of a model. *The American Midland Naturalist*, 140(2), 264–270. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(1998\)140\[0264:DFBITS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(1998)140[0264:DFBITS]2.0.CO;2)
- Thorington, R. W., Jr., & Hoffmann, R. S. (2005). Family Sciuridae. En D. E. Wilson & D. M. Reeder (Eds.), *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference* (3.^a ed., pp. 754–818). Johns Hopkins University Press. <http://hdl.handle.net/10088/18182>
- Tobler, M. W., Carrillo-Perceatogui, S. E., Leite Pitman, R., Mares, R., & Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(3), 169–178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Vanak, A. T., & Gompper, M. E. (2009). Dogs *Canis familiaris* as carnivores: their role and function in intraguild competition. *Mammal Review*, 39(4), 265–283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2009.00148.x>
- Vanak, A. T., Dickman, C. R., Silva-Rodriguez, E. A., Butler, J. R. A., & Ritchie, E. G. (2014). Top-dogs and under-dogs: competition between dogs and sympatric carnivores. En M. E. Gompper (Ed.), *Free-ranging dogs and wildlife conservation* (pp. 69–93). Oxford University Press. https://www.researchgate.net/publication/258431821_Top-dogs_and_under-dogs_Competition_between_dogs_and_sympatric_carnivores
- Vargas-Miranda, B., & Ballesteros-Barrera, C. (2022). ¿Una ardilla que vuela? Therya Ixmana. <https://theryaixmana.mastozoologiamexicana.com/index.php/theryaixmana/article/view/193>
- Villa, L. J., Carey, A. B., Wilson, T. M., & Glos, K. (1999). *Maturation and reproduction of northern flying squirrels in Pacific Northwest forests* (General Technical Report PNW-GTR-444). USDA Forest Service. https://www.researchgate.net/publication/252669232_Maturation_and_Reproduction_of_Northern_Flying_Squirrels_in_Pacific_Northwest_Forests
- Weigl, P. D. (1978). Resource overlap, interspecific interactions and the distribution of the flying squirrels, *Glaucomys volans* and *G. sabrinus*. *American Midland Naturalist*, 83-96. <https://doi.org/10.2307/2424779>
- Weigl, P. D., & Osgood, D. W. (1974). Study of the northern flying squirrel, *Glaucomys sabrinus*, by temperature telemetry. *American Midland Naturalist*, 92, 482–486. <https://doi.org/10.2307/2424313>
- Wells-Gosling, N., & Heaney, L. R. (1984). *Glaucomys sabrinus*. *Mammalian Species*, 229, 1–8. <https://doi.org/10.2307/3503926>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *dplyr: A grammar of data manipulation* (R package version 1.1.0). <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wilson, J. A., Kelt, D. A., & Van Vuren, D. H. (2008). Home range and activity of northern flying squirrels (*Glaucomys sabrinus*) in the Sierra Nevada. *The Southwestern Naturalist*, 53(1), 21–28. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2008\)53\[21:HRAAON\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2008)53[21:HRAAON]2.0.CO;2)
- Young, J. K., Olson, K. A., Reading, R. P., Amgalanbaatar, S., & Berger, J. (2011). Is wildlife going to the dogs? Impacts of feral and free-ranging dogs on wildlife populations. *BioScience*, 61(2), 125–132. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.2.7>

Zúñiga, A. H., Rau, J. R., Sandoval, R., & Fuenzalida, V. (2022). Landscape use and food habits of the chilla fox (*Lycalopex Griseus*, Gray) and domestic dog (*Canis Lupus Familiaris*) In A peri-urban environment of South-Central Chile. *Folia Oecologica*, 49(2), 159-167.
<https://doi.org/10.2478/foecol-2022-0018>

12. Anexos

Galería fotográfica



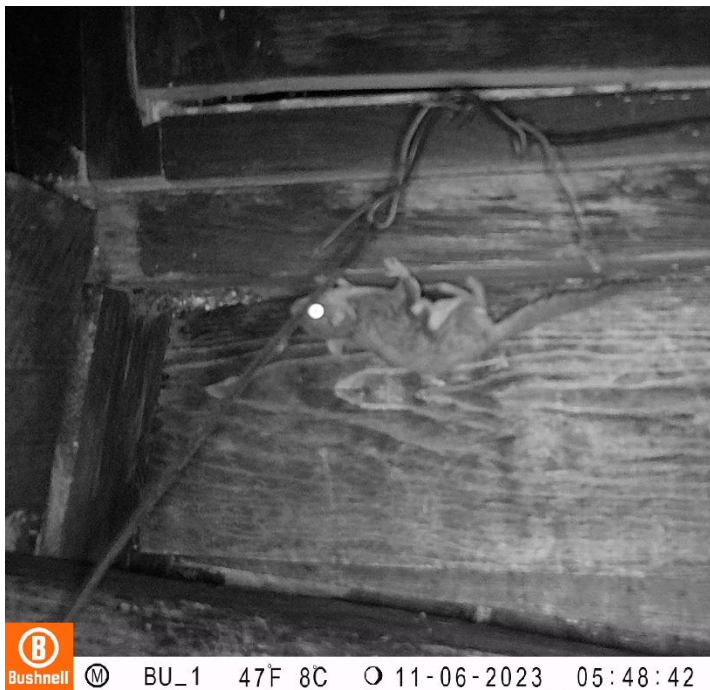
Individuo de ardilla voladora sureña fotografiado saliendo de las cajas-nidos, en la localidad de Rancho Santa Elena



Individuos de ardilla voladora sureña fotografiados en las cajas-nidos en la localidad de Rancho Santa Elena, la fotografía en el día fue consecuencia de efecto humano, se aprecia un individuo juvenil.



Registro fotográfico de *Glaucomys volans* acarreando material vegetal hacia una caja nido en la localidad de Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo.



Registros fotográficos de *Glaucomys volans* en la entrada de una caja-nido de la localidad Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo. Se observa la diferencia de tamaño entre un individuo adulto (izquierda, 6 de noviembre de 2023) y un individuo inmaduro (derecha, 7 de noviembre de 2023), evidenciando la presencia de crías-juveniles en el sitio de estudio.

Bases de datos

Las bases de datos se comparten a través del siguiente enlace electrónico de Google Drive.

[Enlace electrónico – Tesis de Licenciatura – Crystel Ruíz Fuentes – Biología UAEH – 2026 I](#)