

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO FORESTAL



Evaluación de la Efectividad de Cebos como Atrayentes de Fauna Silvestre en el
Cañón Tres Molinos del Estado de Durango

Por:

BLANCA ESTHELA BADILLO RODRIGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Febrero 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO FORESTAL

Evaluación de la Efectividad de Cebos como Atrayentes de Fauna Silvestre en el
Cañón Tres Molinos del Estado de Durango

Por:

BLANCA ESTHELA BADILLO RODRIGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité Asesor:

DR. FRANCISCO CRUZ GARCIA
Asesor Principal

DR. JOSE JAVIER OCHOA ESPINOZA
Coasesor

DR. JORGE ENRIQUE RAMIREZ ALBORES
Coasesor

DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor es el responsable directo, juro bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir texto propio publicado anteriormente sin a ver referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal

Blanca Rodríguez

Blanca Esthela Badillo Rodríguez

DEDICATORIA

A mis padres, **Gabriela Rodríguez Torres** y **Gustavo Badillo Barbosa**, por ser mi raíz y mis alas. Por enseñarme que el hogar no son paredes, sino los abrazos que siempre me esperan abiertos. Ustedes son mi ejemplo, mi inspiración, motivación, la razón de mi valentía y el hambre de querer más y más. Todo lo que he alcanzado lleva escrito su nombre. Los amo más allá de las palabras.

A mis hermanos **Araceli** y **Javier G. Badillo Rodríguez**, porque en ustedes encontré complicidad, risas, consejos y también la fuerza de la unión que los hermanos entienden. Y a mis sobrinos **Isaac J.**, **Karla M.**, **Arleth A.**, y **Antonio G.**, por ser mi mayor regalo en la vida, mi inspiración y mi amor infinito. Espero ser esa tía que los aspire a ser mejores personas cada día y ser su confidente para cualquier situación.

A mis abuelitos **Teresa Barbosa**, **Cristina Torres (†)** y **Carlos Rodríguez**, gracias por acompañar mi vida con cariño y sabiduría. Pero especialmente, a **Antonio López (†)** y **Sirenia Sánchez (†)**, por regalarme un amor puro e irrepetible, darme el privilegio de haber tenido unos abuelitos solo para mí. Aunque la vida los haya llevado, su presencia vive en mí. Hoy elevo este logro hacia el cielo y con gratitud les digo: “su niña lo logro”.

A mis tíos maternos **Carlos**, **Rolando**, **Alejandro**, **Jorge** y **Adelaida Rodríguez** por siempre estar presentes y enseñarme el significado del trabajo, la constancia, el esfuerzo y la perseverancia.

A la **familia Badillo**, especialmente a mi tía **Teresita Badillo Barbosa (†)** por ser siempre voz de aliento y ternura. A mis primos **Heriberto Badillo**, **Brenda Badillo**, **Alejandra Badillo**, **Santiago Badillo**, **Luis A. Torres**, **Jorge L. T. Torres**, **Iván Lucio Rodríguez**, **Salvador Badillo**, por ser mis primeros amigos, mis cómplices de aventuras y la prueba de que la familia también puede ser refugio y risa eterna. A mis padrinos **Silverio Badillo** y **Carmen Mendoza**, A mi familia postiza; **Luis**, **Antonio** y **Maximiliano López González** y a mis mejores amigos; **Abel Jonathan Quevedo Ramírez** y **Daniel Ramírez Loyola**, por escuchar, por su apoyo incondicional, por sus palabras sabias, por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Ustedes son pilares invisibles que sostienen mi camino.

Este triunfo es más que un logro académico: es un pedacito de cada uno de ustedes que vive en mí, recordándome que los sueños se logran sin olvidar el origen.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por ser mi guía, fortaleza, luz en los momentos de duda y recordarme que con fe y esfuerzo todo se puede alcanzar.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por brindarme la oportunidad de ser parte de su institución, permitirme culminar mis estudios y alcanzar una meta más en mi formación profesional.

Al **Dr. Francisco Cruz García**, por su orientación, experiencia, paciencia y dedicación durante el desarrollo de este proyecto. Gracias por creer en mí y ser una guía firme y humana en este proceso académico y así mismo, al **Dr. José Javier Ochoa Espinoza** y **Dr. Jorge Enrique Ramírez Albores** por sus comentarios, recomendaciones y la disposición para colaborar en este proyecto.

A mis profesores por compartirme de sus conocimientos, en especial al **Dr. Genaro Esteban García Mosqueda** y **Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo** por su guía académica, consejos, tiempo de calidad, y por dejar huella en mi aprendizaje.

A mis compañeros y amigos de la carrera, en especial a **Antonio Bocanegra, Miriam Cerda, Braulio Cerón, Marcos Hernández, Arturo García, Daniel López, Isaac Méndez, Luz Elena Soto Vargas, Noemi Ramírez, Adrián Mota, Fernando Galaviz** por compartir conmigo tantas risas, desvelos, aprendizajes y momentos que marcaron esta etapa.

A mis amigos de otras carreras **Jennifer Morales, Emmanuel Pozos, Sofia Ibarra, Omar Galindo, Héctor Cortes, Emilce Ulloa, Oliver Sánchez, Luis Rendón, Santiago Jiménez y M.C Alberto Segura**, por acompañarme en esta travesía universitaria, por su apoyo y por las memorias que quedaran guardadas para siempre, pero, especialmente a **Michelle Alvarado** por ser la mejor roomie, su apoyo incondicional y por acompañarme siempre con sabiduría y afecto.

A mis amigos del alma **Nadia Medina, Karina Rangel, Miguel Ramírez, Leslie Becerra, Johnny Huerta, Rafael Ramírez, Noemi Rivera, Edgar Dávila, Jessica Morales, Mariana Morales, Jairo Rodríguez, Noel Alvarado y Brayan Rivera**, por mantenerse presentes a pesar de la distancia, por su cariño, consejos y tiempo compartido.

A quienes caminaron conmigo, gracias por ser parte del trayecto, por las lecciones, el cariño y los momentos que hicieron de este viaje algo inolvidable.

EPÍGRAFE

“Mejor es el fin de un asunto que su comienzo; mejor es la paciencia de espíritu que la altivez de espíritu”.

- Eclesiastés

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	5
II.I Objetivo general.	5
II.II Objetivos específicos.	5
II. III Hipótesis.	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
III.I. Durango y su biodiversidad.	6
III. II. Estado de conservación de la fauna silvestre.	8
III. III. Aplicación del fototrampeo con cebos en estudios de fauna silvestre.	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
IV. I. Descripción del área de estudio.	23
IV. II. Metodología	28
IV. III. Análisis de datos.	31
V. RESULTADOS	36
V. I. Comparaciones estadísticas.	38
V. II. Índice de Abundancia Relativa (IAR).	40
V. III. Índices de diversidad y estructura comunitaria.	41
V. IV. Análisis de Rentabilidad Monetaria.	54
VI. DISCUSIÓN.....	56

VI: I. Efectividad diferencial de los cebos.....	56
VI. II. Índice de abundancia relativa.....	56
VI. III. Diversidad y estructura comunitaria.....	57
VI. IV. Análisis de rentabilidad.....	59
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES.....	62
VIII. LITERATURA CITADA.....	63
X. ANEXOS	74

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de localización del Cañón "Tres Molinos", Durango, México.	23
Figura 2. A) Ubicación de las estaciones de fototrampeo. B) Instalación de las cámaras trampa. C) Geolocalizador.	29
Figura 3. A) Puesta de los atrayentes. B) Distancia de la cámara trampa al cebo. C) Aplicación de los atrayentes sintéticos.	30
Figura 4. Gráfica de caja y bigotes con Kruskal - Wallis ($p=0.01$).	38
Figura 5. Gráfica de caja y bigotes con Kruskal - Wallis ($p=0.0001$).	39
Figura 6. Ordenación NMDS (Escalamiento Multidimensional No Métrico) de la composición de especies por tipo de cebo basado en la disimilitud de Bray - Curtis ($p=0.001$).	39
Figura 7. Índice de Abundancia Relativa.	41
Figura 8. Diversidad de Especies (Índice de Shannon) por tipo de cebo.	42
Figura 9. Equidad y dominancia de especies (Índice de Simpson) por tipo de cebo. ...	43
Figura 10. Riqueza estimada de especies (Índice Chao1) por tipo de cebo.	43
Figura 11. Riqueza esperada de especies en función del número de individuos registrados por cebo.	44
Figura 12. Comparación de la riqueza acumulada por el número de muestras entre los diferentes cebos.	45
Figura 13. Diagrama de Pareto que relaciona la abundancia de cada especie (barras, eje Y izquierdo) con el porcentaje acumulado de esa abundancia (línea morada, eje Y derecho) obtenido utilizando el cebo de carnes crudas.	46
Figura 14. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de sardina.	47
Figura 15. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de huevo.	48

Figura 16. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de vainilla.	49
Figura 17. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de perfume.	50
Figura 18. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de frutas.	51
Figura 19. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de granos.	52
Figura 20. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) sin utilizar cebo (testigo).	53
Figura 21. Imagen panorámica de a) <i>Equus asinus</i> (Burro), b) <i>Equus caballus</i> (Caballo) y c) <i>Bos taurus</i> (Vaca).	58
Figura 22. a) Comportamiento del <i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Zorra gris) y b) Comportamiento del <i>Canis latrans</i> (Coyote) hacia el perfume.	60

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Costos utilizados para la estandarización.	35
Tabla 2. Abundancia de las especies registradas por los diferentes tipos de cebos utilizados.	37
Tabla 3. Índice de abundancia relativa (IAR) y abundancia total por tipo de cebo.....	40
Tabla 4. Resumen de la diversidad de especies atraídas por diferentes cebos.	41
Tabla 5. Rentabilidad monetaria de los cebos basada en el índice de abundancia relativa (IAR).	54
Tabla 6. Rentabilidad monetaria de los cebos basada en la riqueza de especies (Chao1).	55

RESUMEN

El fototrampeo se ha consolidado como una herramienta fundamental para estudiar fauna silvestre debido a su carácter no invasivo y su capacidad para registrar especies raras, esquivas o nocturnas. Su eficiencia puede aumentar mediante el uso de cebos, aunque su efectividad depende del tipo de atrayente, la especie y el contexto ecológico. En este marco, el presente estudio evaluó la efectividad de siete cebos de origen animal, vegetal y sintéticos, para caracterizar la fauna silvestre del Cañón Tres Molinos en Durango, con el propósito de identificar cuáles optimizan la detección y cómo varían las especies atraídas por cada tipo de cebo. Se implementó un muestreo estratificado aleatorio mediante la instalación de 8 cámaras trampa distribuidas en diferentes tipos de vegetación, altitudes y niveles de perturbación. El desempeño de los cebos se comparó mediante análisis estadísticos (ANOVA, Kruskal–Wallis, Dunn y PERMANOVA), así como métricas ecológicas: índice de abundancia relativa, diversidad (Shannon, Simpson), riqueza estimada (Chao1), curvas de rarefacción y diagramas de Pareto. Adicionalmente, se calculó un índice de rentabilidad monetaria para evaluar qué cebo ofreció más información ecológica por costo invertido. Los análisis no paramétricos y el PERMANOVA evidenciaron que el tipo de cebo tuvo un efecto significativo sobre la abundancia y composición de especies ($p=0.001$, $R^2=20.2\%$). Los cebos de origen animal fueron los más efectivos, mostrando los valores más altos de riqueza, diversidad (Shannon y Simpson) y estimaciones de riqueza (Chao1), además de no alcanzar asíntotas en las curvas de rarefacción, lo que indica un alto potencial para detectar especies adicionales. Atrayentes como el huevo y la sardina presentaron los mayores valores del índice de abundancia relativa, mientras que el testigo registró la menor actividad. Los cebos vegetales y sintéticos mostraron menor efectividad general, sin embargo, la vainilla y los granos destacaron en rentabilidad. El perfume, a pesar de su baja eficiencia en detección, indujo comportamientos útiles para estudios etológicos y genéticos. En conjunto, los resultados confirman que los cebos influyen significativamente en la respuesta de la fauna y que su selección debe basarse en los objetivos del estudio.

Palabras clave: Abundancia, cebo, fauna silvestre, fototrampeo, muestreo, riqueza.

ABSTRACT

Camera trapping has established itself as an essential tool for studying wildlife due to its non-invasive nature and its ability to record rare, elusive, or nocturnal species. Its efficiency can be increased through the use of bait, although its effectiveness depends on the type of attractant, the species, and the ecological context. Within this framework, the present study evaluated the effectiveness of seven animal, plant, and synthetic baits to characterize the wildlife of the Tres Molinos Canyon, Durango, with the aim of identifying which ones optimize detection and how the species attracted by each type of bait vary. A stratified random sampling was implemented by installing eight camera traps distributed across different types of vegetation, altitudes, and disturbance levels. The performance of the baits was compared using statistical analyses (ANOVA, Kruskal–Wallis, Dunn, and PERMANOVA), as well as ecological metrics: relative abundance index, diversity (Shannon, Simpson), estimated richness (Chao1), rarefaction curves, and Pareto diagrams. Additionally, a monetary profitability index was calculated to evaluate which bait provided the most ecological information per cost invested. Nonparametric analyses and PERMANOVA showed that bait type had a significant effect on species abundance and composition ($p=0.001$, $R^2=20.2\%$). Animal baits were the most effective, showing the highest values for richness, diversity (Shannon and Simpson), and richness estimates (Chao1), as well as not reaching asymptotes in the rarefaction curves, indicating a high potential for detecting additional species. Attractants such as egg and sardine had the highest Relative Abundance Index values, while the control recorded the lowest activity. Plant and synthetic baits showed lower overall effectiveness, however, vanilla and grains stood out in terms of profitability. Perfume, despite its low detection efficiency, induced behaviors useful for ethological and genetic studies. Overall, the results confirm that baits significantly influence the response of wildlife and that their selection should be based on the objectives of the study.

Keywords: Abundance, bait, wildlife, camera trapping, sampling, richness.

I. INTRODUCCIÓN

I.I. Biodiversidad de México y relevancia de la fauna silvestre

México es reconocido internacionalmente como uno de los países megadiversos del mundo debido a la excepcional variedad de especies y ecosistemas que alberga. Esta riqueza biológica es producto de una compleja interacción entre factores geográficos, climáticos y geológicos que han moldeado los procesos evolutivos del territorio nacional. La confluencia de las regiones biogeográficas neártica y neotropical, aunada a la diversidad de formas de relieve —como sierras, mesetas, barrancas, llanuras y planicies costeras— y a la amplia variación climática, han propiciado la diferenciación y el aislamiento de poblaciones, favoreciendo elevados niveles de endemismo y heterogeneidad ambiental (SEMARNAT, 2013).

Las estimaciones indican que México resguarda entre el 10 y el 12% de la biodiversidad global (Sarukhán et al., 2009), lo que lo posiciona como uno de los países con mayor responsabilidad en la conservación del patrimonio biológico mundial. En términos de vertebrados terrestres, el país ocupa el tercer lugar global en diversidad de mamíferos, con 544 especies registradas, de las cuales casi un 30% son endémicas (Ceballos et al., 2014). Asimismo, posee la segunda mayor diversidad de reptiles a nivel mundial, con 864 especies documentadas (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014). Estos indicadores han permitido ubicar a México dentro de los cinco países con mayor biodiversidad total (Ceballos et al., 2016), reforzando la necesidad de generar conocimiento científico que respalde su monitoreo y conservación a largo plazo.

La fauna silvestre juega un papel central en el funcionamiento de los ecosistemas. Los vertebrados e invertebrados que habitan en condiciones naturales sin depender directamente del ser humano para su supervivencia cumplen funciones ecológicas esenciales, tales como la dispersión de semillas, el control de poblaciones, la polinización, la remoción de nutrientes y la regulación de procesos tróficos (CONAFOR, 2009). Adicionalmente, poseen un valor cultural y social importante en comunidades rurales e indígenas, donde forman parte de tradiciones, prácticas productivas y cosmovisiones

locales. En el ámbito económico, los recursos faunísticos contribuyen al desarrollo de actividades como el ecoturismo, la cacería regulada, la educación ambiental y el aprovechamiento sustentable (Arias Enríquez, 2021; Ojasti & Dallmeier, 2000). Su relevancia ecológica, cultural y económica resalta la urgencia de establecer estrategias de conservación que respondan al contexto ambiental actual.

I.II. Transformación ambiental y amenazas para la fauna silvestre

Durante las últimas décadas, la biodiversidad mexicana ha enfrentado presiones crecientes derivadas de actividades antropogénicas. La expansión urbana, el cambio de uso de suelo, la deforestación, la fragmentación del hábitat, la intensificación agropecuaria, la contaminación y el tráfico ilegal de especies han provocado alteraciones profundas en los ecosistemas. A esto se suman los efectos del cambio climático, que se manifiesta a través de modificaciones en los regímenes de temperatura y precipitación, cambios fenológicos y desplazamientos en la distribución geográfica de numerosas especies (SEMARNAT, 2013).

Estos procesos impactan de manera directa a la fauna silvestre al reducir la disponibilidad de refugio, alimento y sitios de reproducción, así como al modificar patrones conductuales, de actividad y movimiento. Como consecuencia, incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones y el riesgo de extinción. Diversos autores han señalado que la disminución de la fauna es uno de los componentes menos visibles, pero más críticos del cambio ambiental global, lo cual subraya la necesidad de fortalecer la generación de información científica para el diseño de estrategias de mitigación y manejo (Dirzo et al., 2014).

I.III. Estrategias de conservación en México y el papel de las UMAs

Con el propósito de atender la pérdida de biodiversidad, México ha desarrollado instrumentos legales y operativos orientados a la conservación de la vida silvestre. Entre los más relevantes se encuentran las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs), establecidas como un modelo que integra el manejo sustentable, la conservación de ecosistemas y la participación social. Las UMAs permiten la protección, reproducción, aprovechamiento y restauración de poblaciones de fauna nativa bajo esquemas regulados y con base científica.

A este esfuerzo se suman programas comunitarios, áreas naturales protegidas, estrategias de ordenamiento ecológico y el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB), coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en colaboración con instituciones gubernamentales y organizaciones civiles (CONABIO, 2025; SEMARNAT, 2025; CONANP, 2025). Estos mecanismos requieren información confiable sobre la distribución, abundancia y tendencias poblacionales de las especies, lo que demanda herramientas eficientes y estandarizadas de monitoreo.

I.IV. Fototrampeo como herramienta para el monitoreo de fauna

En los últimos años, el fototrampeo se ha consolidado como uno de los métodos más eficaces para el estudio de vertebrados silvestres, especialmente mamíferos medianos y grandes. Las cámaras trampa, equipadas con sensores infrarrojos pasivos, registran fotografías o videos de animales que cruzan su campo de detección, generando evidencia gráfica sin necesidad de manipular directamente a los individuos (O’Connell et al., 2011). Su carácter no invasivo, bajo costo relativo y capacidad para operar las 24 horas permiten obtener registros de especies discretas, nocturnas o de difícil observación directa (MMA–ONU Medio Ambiente–CONAF, 2021; Rovero et al., 2013).

El fototrampeo se ha utilizado para estimar riqueza y diversidad de especies, analizar patrones de actividad, evaluar conectividad del paisaje, detectar especies prioritarias o en riesgo, estudiar interacciones tróficas y apoyar decisiones de manejo en UMAs y áreas naturales protegidas. Debido a su versatilidad, constituye una herramienta clave para el seguimiento de tendencias poblacionales y para el diseño de políticas públicas de conservación.

I.V. Uso de cebos o atrayentes en el fototrampeo

La eficiencia del fototrampeo puede incrementarse mediante el uso de atrayentes o cebos. Estos elementos aumentan la probabilidad de detección al estimular el acercamiento de los animales hacia el sitio donde se encuentra la cámara, ya sea mediante estímulos olfativos, visuales o auditivos (Randler et al., 2020). Los cebos pueden ser de origen vegetal (frutas, semillas, granos), animal (carnes, sardinas, huevo), o bien compuestos sintéticos elaborados para emitir olores persistentes, como esencia de vainilla o perfumes comerciales; algunos incluso imitan secreciones glandulares o feromonas utilizadas por diversas especies (Bautista Zuñiga et al., 2011).

En el contexto de las UMAs, los atrayentes representan una herramienta estratégica, ya que permiten obtener información más eficiente y completa sobre la fauna presente, lo cual es fundamental para establecer cuotas de aprovechamiento, identificar especies clave, evaluar la salud del ecosistema y fortalecer los planes de manejo. Sin embargo, la efectividad de los cebos no es universal: la respuesta de la fauna depende de factores como dieta, hábitos de actividad, territorialidad, estructura del hábitat y presión de cacería. Además, la falta de protocolos estandarizados limita la comparabilidad entre estudios y puede introducir sesgos en la interpretación de los datos (Mortelliti et al., 2024; Sebastián González et al., 2020).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de siete tipos de cebos de uso común —fruta, carnes crudas, vainilla, sardinas, huevo, perfume comercial (Calvin Klein Obsession for Men) y una mezcla de granos (frijol, maíz y avena)— mediante la diversidad e identidad de los vertebrados atraídos por cada uno. Se planteó que existirían diferencias significativas en la riqueza y composición de especies detectadas, previendo que los cebos de origen animal atraerían principalmente a especies carnívoras y omnívoras, mientras que los cebos vegetales resultarían más efectivos para herbívoros y ciertos omnívoros. Asimismo, se anticipó que los atrayentes sintéticos podrían generar respuestas más amplias, atrayendo especies asociadas a ambos tipos de recursos.

II. OBJETIVOS

II.I Objetivo general

Desarrollar un marco integral para evaluar, comparar, seleccionar e implementar cebos eficaces y rentables en la detección y monitoreo de fauna silvestre, con el fin de optimizar las estrategias de gestión y conservación de la biodiversidad.

II.II Objetivos específicos

- Establecer sitios para la colocación de cámaras-trampa y los respectivos cebos.
- Identificar la riqueza y diversidad de fauna atraída por cada uno de los cebos.
- Evaluar y comparar la eficacia y rentabilidad de diferentes cebos para detectar y monitorear la fauna.
- Desarrollar recomendaciones para la selección y uso de cebos en diferentes contextos de gestión y conservación de la biodiversidad.

II. III Hipótesis

H_0 : No existen diferencias significativas en la efectividad de atracción de fauna silvestre entre los cebos.

H_1 : Existen diferencias significativas en la efectividad de atracción de fauna silvestre entre los cebos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

III.I. Durango y su biodiversidad

La riqueza biológica del estado de Durango constituye uno de los valores naturales más notables del norte de México, resultado de la convergencia de múltiples unidades ecológicas que incluyen bosques templados y tropicales, matorrales, pastizales y extensas zonas áridas. Esta heterogeneidad ambiental favorece la coexistencia de una alta diversidad de vertebrados silvestres, lo que posiciona a la entidad entre las regiones prioritarias para la investigación y conservación de la biodiversidad (CONABIO & Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango, 2017).

En el ámbito nacional, México alberga 544 especies nativas de mamíferos, de las cuales aproximadamente 170 son endémicas, lo que representa cerca del 11% de la mastofauna continental. Esta diversidad se distribuye en 202 géneros, 46 familias y 13 órdenes, siendo los roedores y murciélagos los grupos con mayor representatividad (Ceballos et al., 2014). Dentro de este contexto, Durango destaca por registrar 157 especies de mamíferos, que equivalen a más del 29% de la riqueza nacional. Estas especies se agrupan en 8 órdenes, 22 familias y 76 géneros, situando al estado entre los de mayor riqueza mastofaunística después de entidades como Chihuahua, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Nayarit (Álvarez & De la Chica, 1974; Mittermeier & Mittermeier, 1992; Flores-Villela & Gerez, 1994; Sánchez-Cordero, 2001; Retana & Lorenzo, 2002; Briones-Salas & Sánchez-Cordero, 2004; Sánchez, 2005, citado en Aragón Piña et al., 2017).

La avifauna también representa un componente esencial de la biodiversidad regional. De las 1,096 especies registradas para México (CONABIO, 2022), en Durango se han documentado 430, lo que constituye alrededor del 40% de las aves del país. Estas especies pertenecen a 234 géneros y 63 familias distribuidas en 20 órdenes, reflejando un mosaico de ensamblajes ecológicos que responden a los gradientes altitudinales y climáticos del estado (Garza Herrera et al., 2017).

En cuanto a los reptiles, México se reconoce como uno de los países megadiversos, con 864 especies registradas hasta 2013, de las cuales más de la mitad son endémicas. Este

grupo incluye 417 lagartijas, 393 serpientes, 48 tortugas, además de anfisbénidos y cocodrilos (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014). A escala estatal, Durango mantiene 123 especies, entre ellas 5 tortugas, 58 lagartijas y 60 serpientes, pertenecientes a 58 géneros y 18 familias (Muñiz Martínez et al., 2014; Valdez-Lares et al., 2013, 2015, citado por Garza Herrera et al., 2017).

Los anfibios, a pesar de ser uno de los grupos más sensibles a la modificación del hábitat, también poseen una representatividad relevante en la región. México alberga 376 especies distribuidas en los tres órdenes del grupo (Parra-Olea et al., 2014), y Durango cuenta con 34 especies registradas: 3 salamandras y 31 anuros, pertenecientes a ocho familias, equivalentes al 9.1% de la riqueza nacional (Valdez-Lares et al., 2013a, 2013b, citado en Valdez-Lares et al., 2017).

Esta riqueza faunística adquiere especial importancia dentro del manejo y monitoreo de fauna silvestre en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs), donde la toma de decisiones depende de diagnósticos fiables de la composición y actividad de las comunidades de vertebrados. En este contexto, el fototrampeo se ha consolidado como una herramienta fundamental debido a su capacidad para generar registros no invasivos, continuos y de alta precisión sobre especies elusivas o de baja detectabilidad. Su aplicación ha permitido documentar patrones de actividad, abundancia relativa y uso del hábitat en diversos grupos, particularmente mamíferos medianos y grandes, aves terrestres y reptiles de mayor tamaño.

Además, en proyectos de monitoreo dentro de UMAs, el uso de atrayentes o cebos se ha incorporado como una estrategia complementaria para incrementar la tasa de detección en especies crípticas o de hábitos nocturnos. Sustancias como esencias aromáticas, extractos naturales, alimentos de alto valor energético y señuelos sintéticos se emplean para atraer individuos hacia los puntos de muestreo, optimizando la eficiencia del fototrampeo sin alterar significativamente el comportamiento natural de la fauna cuando se aplican de manera adecuada. El uso de atrayentes es particularmente relevante en especies de carnívoros y omnívoros, en los que la baja densidad poblacional y amplias áreas de actividad pueden limitar la probabilidad de registro.

III. II. Estado de conservación de la fauna silvestre

La fauna silvestre enfrenta una de las crisis de conservación más profundas registradas en la historia reciente. El Informe Planeta Vivo 2024 de WWF documenta que, entre 1970 y 2020, las poblaciones monitoreadas de vertebrados experimentaron una reducción promedio del 73% a escala global, siendo América Latina y el Caribe la región más afectada, con pérdidas que alcanzan hasta el 95% (WWF, 2024). Estos patrones coinciden con las evaluaciones de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), que identifica la transformación del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación, el cambio climático y las especies invasoras como los motores principales del declive de la biodiversidad (IPBES, 2019).

La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) refleja la magnitud de esta problemática: alrededor del 36% de las especies evaluadas se encuentran en alguna categoría de riesgo, y cerca del 2% ya desaparecieron del medio silvestre (IUCN, 2023). En este contexto, México ocupa un papel crítico por su condición de país megadiverso (Ceballos et al., 2016), con una elevada riqueza de vertebrados terrestres, particularmente mamíferos, reptiles y anfibios. Sin embargo, esta diversidad se encuentra sometida a presiones crecientes. De acuerdo con la UICN, el país concentra uno de los mayores números de reptiles amenazados de la región y presenta una proporción considerable de plantas y vertebrados en categorías de peligro o vulnerabilidad (IUCN, 2023).

Frente a este escenario, las políticas nacionales han incorporado diversos instrumentos orientados a mitigar el deterioro ambiental. Entre ellos, la NOM-059-SEMARNAT destaca como un marco regulatorio fundamental para clasificar especies en riesgo y establecer lineamientos para su protección y manejo. No obstante, la efectividad de las estrategias de conservación depende en gran medida de la disponibilidad de información confiable sobre la ecología y las tendencias poblacionales de la fauna, lo que requiere métodos de monitoreo precisos, continuos y adaptados a la realidad local.

En este sentido, el fototrampeo se ha convertido en una herramienta esencial para el estudio de vertebrados silvestres, especialmente para especies crípticas, nocturnas o de bajas densidades. Su capacidad para generar evidencia gráfica no invasiva ha sido clave en programas de conservación exitosos. Un ejemplo emblemático es el jaguar (*Panthera onca*), cuya población en México ha mostrado un incremento cercano al 30% desde 2010

mediante censos sustentados en fototrampeo, la protección de corredores biológicos y la colaboración interinstitucional (Chávez et al., 2013). Resultados similares se han documentado en áreas naturales protegidas y zonas de conservación urbana, donde la continuidad del monitoreo ha permitido registrar incrementos en poblaciones de varias especies de fauna (SEDEMA, 2024).

En el ámbito regional, el estado de Durango presenta un papel estratégico para la conservación de vertebrados debido a su elevada diversidad biológica y la presencia de ecosistemas relativamente conservados. La implementación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) constituye uno de los mecanismos más importantes para compatibilizar el uso sostenible con la protección del hábitat. En la entidad, la mayoría de las UMAs se localizan en la Sierra Madre Occidental y se orientan al manejo de especies cinegéticas como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*). Sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con la evaluación poblacional, la gestión del hábitat y la continuidad del seguimiento técnico, lo que dificulta asegurar la sustentabilidad a largo plazo de estas unidades (Chacón de la Cruz, 2017).

En este contexto, el uso de atrayentes o cebos en conjunto con el fototrampeo ha adquirido relevancia dentro de las UMAs, ya que incrementa la probabilidad de detección de diversas especies de mamíferos medianos y grandes. La aplicación de esencias aromáticas, extractos naturales, alimentos energéticos o señuelos sintéticos permite optimizar el esfuerzo de muestreo sin afectar de forma significativa el comportamiento natural de la fauna cuando se emplean de manera responsable. Su uso es especialmente útil en ambientes extensos o de baja densidad poblacional, donde la tasa de registros suele ser limitada sin el apoyo de atrayentes.

A la par de las UMAs, Durango cuenta con siete Áreas Naturales Protegidas (ANP) que representan alrededor del 7.1% de su superficie. Entre ellas destacan las reservas de la biosfera La Michilía y Mapimí, que desempeñan un papel clave en la conservación de ecosistemas prioritarios, especies endémicas y comunidades faunísticas de alto valor ecológico. Además, estas ANP proporcionan servicios ecosistémicos esenciales para las poblaciones locales, como regulación climática, provisión de agua y mantenimiento de procesos ecológicos fundamentales (Rentería-Arrieta & Montiel-Antuna, 2017).

En conjunto, el panorama de la conservación en Durango evidencia tanto los desafíos como las oportunidades para fortalecer el monitoreo de vertebrados. Métodos como el fototrampeo, apoyados por el uso de atrayentes y una gestión adecuada en UMAs y ANP, constituyen herramientas indispensables para generar información sólida que permita avanzar hacia modelos de manejo más sustentables, con beneficios directos para la biodiversidad y las comunidades humanas que dependen de ella.

III.III Aplicación del fototrampeo con cebos en estudios de fauna silvestre

III. III. I. África

Thorn et al. (2009) realizaron un estudio en donde evaluaron la eficacia de las cámaras trampa cebadas para estimar la ocupación y la densidad de la hiena parda (*Hyaena brunnea*) en el Parque Nacional Pilanesberg, Sudáfrica. Para llevar a cabo la investigación, se instalaron seis cámaras trampa en distintos puntos del parque, separadas entre 2.4 y 3.7 km. Con el fin de incrementar la probabilidad de detección, se utilizaron diversos cebos que previamente habían sido probados en cautiverio. De estas pruebas se seleccionaron cuatro que resultaron más atractivos: pescado, vísceras, sangre y huevos fermentados. El diseño consistió en colocar un cebo en cada sitio de cámara durante 7 días consecutivos. Al término de ese periodo, se retiraba y la cámara permanecía otros 7 días sin cebo antes de rotar al siguiente. De esta forma, cada cebo fue probado en todos los sitios y se evitó que los animales desarrollaran comportamientos de habituación o rechazo. Los cebos de comida (pescado y vísceras) se reemplazaban diariamente porque eran consumidos, mientras que los de olor (sangre y huevos) se renovaban cada 3–4 días o después de lluvias intensas.

Los resultados mostraron que el uso de cebos aumentó notablemente la detección de hienas. El pescado fue el más efectivo, duplicando la probabilidad de detección, seguido de las vísceras, la sangre y los huevos fermentados. El número de encuentros fotográficos fue mucho mayor durante los periodos cebados, especialmente con pescado y vísceras. Además, se comprobó que no hubo efecto acumulativo en el tiempo: las hienas no desarrollaron comportamiento de atracción excesiva ni de evasión a lo largo de la rotación de los cebos, lo que confirmó la independencia temporal de los registros.

Gerber et al. (2012) evaluaron los posibles sesgos en estudios de captura–recaptura de carnívoros, específicamente al emplear cebos atrayentes. La investigación se centró en la civeta malgache (*Fossa fossana*), especie endémica y casi amenazada de Madagascar. Se llevó a cabo en el Parque Nacional Ranomafana, en el sistema de senderos de Sahamalaotra, provincia de Fianarantsoa, durante el período del 9 de junio al 8 de agosto de 2008. Como cebo se utilizó carne de pollo (1–2 kg), colocada en bolsas de malla metálica para impedir su consumo directo. La mayor parte del pollo se suspendía a 2 m de altura entre árboles, y un trozo más pequeño se fijaba al suelo. Este atrayente funcionó únicamente como señuelo olfativo. El cebo era remplazado al menos cada diez días, siguiendo un estricto cronograma de reposición que aseguraba su presencia continua en todas las estaciones, reduciendo así la variación temporal entre los puntos de muestreo.

Los resultados mostraron que el uso de cebo no afectó la estimación de abundancia ni de densidad de la civeta malgache, tampoco modificó sus distancias máximas de desplazamiento ni sus patrones de actividad temporal. La especie mantuvo su comportamiento predominantemente nocturno (85% de los registros). Sin embargo, el empleo de pollo como cebo incrementó significativamente la probabilidad de recaptura, lo que permitió obtener estimaciones poblacionales más precisas y con menor variación.

Brackzowski et al. (2016) realizaron un estudio en la Reserva Privada de Caza Phinda, ubicada en KwaZulu-Natal, Sudáfrica, una zona protegida donde habita una población estable de leopardos africanos (*Panthera pardus*). Donde se evaluó si el uso de señuelos olfativos afecta la precisión y veracidad de las estimaciones de densidad de leopardos obtenidas mediante cámaras trampa. Para ello, se realizaron dos estudios consecutivos: uno sin señuelo (control) y otro con señuelo (tratamiento). El señuelo olfativo consistió en un rastro de olor hecho con vísceras en descomposición de tres especies de presas comunes del leopardo: nyala, impala y jabalí africano. Este rastro se colocó a lo largo de 5 metros a ambos lados de cada estación de cámara y se renovó cada cuatro días.

Los resultados mostraron que el uso de señuelos olfativos no mejoró la detección ni la precisión de las estimaciones de densidad de leopardos. Las tasas de captura fotográfica, la actividad y los movimientos de los individuos fueron similares en ambos estudios, con y sin señuelo. Además, las estimaciones de densidad obtenidas fueron comparables, y la precisión de los datos no se vio afectada por el uso del señuelo.

Mills et al. (2019) realizaron un estudio en Kibale National Park, Uganda, los investigadores utilizaron un complejo atrayente compuesto por carne (res), fruta (plátanos) y señuelos de olor (Calvin Klein Obsession) en cada estación con cámara trampa para mejorar la detección de especies esquivas. La carne buscaba atraer carnívoros y carroñeros, la fruta diversificaría el atractivo, y los olores intensificaban la atracción sin modificar el comportamiento natural de los animales.

Los resultados mostraron que el uso de atrayentes aumentó significativamente la probabilidad de detección de varios pequeños carnívoros. Entre las especies que respondieron positivamente destacan la civeta de palma africana (*Nandinia binotata*), la gineta manchada (*Genetta maculata*), la mangosta de pantano (*Atilax paludinosus*) y la civeta africana (*Civettictis civetta*), todas con incrementos notables en las primeras 24 horas posteriores a la reposición del cebo. Por el contrario, algunas especies mostraron una reducción en su actividad cerca de las estaciones cebadas. Tal fue el caso del gato dorado africano (*Caracal aurata*), así como de los antílopes duiker rojo (*Cephalophus harveyi*) y duiker azul (*Philantomba monticola*), cuya presencia disminuyó temporalmente en los sitios con atrayente. Finalmente, otras especies no mostraron respuestas claras frente al uso de cebos, como la gineta servalina (*Genetta servalina*), el gato dorado africano (*Caracal aurata*), en ciertos modelos, el duiker azul (*Philantomba monticola*) y la rata gigante del bosque (*Cricetomys emini*), que se detectaron de manera similar en estaciones con y sin atrayente.

III. III. II. Australia y Oceanía

Paull et al. (2011) realizaron un estudio en bosques del sureste de Australia con el objetivo de mejorar las técnicas de detección de mamíferos terrestres pequeños y medianos, especies que suelen ser difíciles de registrar por su tamaño reducido, comportamiento críptico o baja abundancia. Para ello, se evaluó la eficacia de tres atrayentes de cebo: mantequilla de maní con avena, larvas de escarabajo y aceite de trufa negra en combinación con cámaras digitales de infrarrojo, comparándolos con un control sin cebo. Los resultados mostraron que la mantequilla de maní con avena fue el cebo más efectivo para atraer a varias especies nativas como *Antechinus*, *Isoodon*, *Perameles* y *Rattus*. En cambio, el aceite de trufa y las larvas solo tuvieron un efecto significativo en la atracción de ratas (*Rattus*). Se observó además que algunas especies, como *Antechinus* e *Isoodon*, tendían a regresar a las estaciones de cebo si habían sido registradas el día

anterior, mientras que otras, como *Perameles* y *Pseudocheirus*, no mostraron esa tendencia. También se encontró que ciertas especies, como los peramélidos y potorous, requieren períodos de despliegue más largos para ser detectados con eficacia.

Diete et al. (2016) realizaron una investigación en Groote Eylandt, una isla en el norte de Australia, con el objetivo de identificar qué tipo de cebo comercial resulta más efectivo para atraer mamíferos nativos mediante el uso de cámaras trampa. Durante 24 días, se colocaron 20 cámaras trampa orientadas verticalmente sobre estaciones de cebo distribuidas a lo largo de cuatro transectos. Se probaron cinco tipos de cebos: una mezcla de mantequilla de maní con avena, maíz fresco, semillas de girasol trituradas, aceite de sésamo, y un grupo control sin cebo. Los cebos se colocaron en infusores de té adheridos al suelo para evitar que los animales los consumieran directamente.

Los resultados mostraron que el quoll del norte (*Dasyurus hallucatus*) tuvo una preferencia marcada por la mantequilla de maní con avena y el aceite de sésamo, mientras que el bandicuto marrón del norte (*Isodon macrourus*) también prefirió significativamente la mantequilla de maní. En cambio, para el ratón saltador del norte (*Notomys aquilo*) y el ualabí ágil (*Notamacropus agilis*), el tipo de cebo no tuvo un impacto claro en su frecuencia de visita. Además, el uso de cámaras trampa verticales permitió identificar individualmente a los quolls mediante el análisis de sus manchas dorsales, lo que respalda el potencial de este método para estudios de captura-recaptura no invasivos.

Austin et al. (2017) realizaron una evaluación de distintos cebos para cámaras trampa en estudios enfocados en el quoll del norte (*Dasyurus hallucatus*), un marsupial carnívoro en peligro de extinción que habita en el norte de Australia, la cual, consistió en la instalación de cámaras trampa en varias estaciones, cada una equipada con uno de tres tratamientos: atún en lata, mantequilla de maní, o sin cebo (como control). A lo largo del experimento, se registró el número de quolls detectados, la frecuencia de visitas y la calidad de las imágenes obtenidas.

Los resultados mostraron que el uso de atún como cebo fue significativamente más efectivo que los otros tratamientos. Las cámaras con atún no solo detectaron un mayor número de individuos, sino que también capturaron más imágenes por animal, lo que permitió identificar a los quolls individualmente mediante sus patrones únicos de pelaje. Las estimaciones de densidad poblacional obtenidas con cámaras trampa cebadas con

atún fueron similares a las generadas por métodos tradicionales de captura–recaptura, validando la eficacia del enfoque no invasivo.

III. III. III. Europa

Ferreras et al. (2018) evaluaron la eficacia de los atrayentes olorosos y cebos para aumentar la probabilidad de detección de mesocarnívoros mediante cámaras trampa, donde probaron dos atrayentes odoríferos: extracto de valeriana (Val) y orina de lince (LU), su combinación (Val–LU) y un cebo sin recompensa (es decir, no accesible al animal), pollo crudo, como atrayentes de carnívoros en dos áreas protegidas del centro de España. Los resultados indicaron que la probabilidad de detección semanal de cuatro especies de mesocarnívoros: zorro rojo (*Vulpes vulpes*), garduña (*Martes foina*), gineta común (*Genetta genetta*) y tejón euroasiático (*Meles meles*) aumentó significativamente cuando se utilizó Val–LU o pollo, en comparación con la detectabilidad sin cebo. Aunque raramente, los gatos monteses (*Felis silvestris*) se detectaron principalmente con Val–LU. La probabilidad de detectar una especie tras k muestreos (7 días cada uno) en los que estuvo presente mejoró considerablemente con Val-LU y pollo para todas las especies. Ambos atrayentes redujeron el tiempo de muestreo necesario para determinar la ausencia de una especie entre un 42 % y un 15 % de los valores iniciales.

Ferreira-Rodríguez & Pombal (2019) realizaron un estudio en la Península Ibérica, concretamente en el noroeste de España, con el objetivo de evaluar la efectividad de distintos cebos en el monitoreo de mesocarnívoros mediante cámaras trampa. Para ello, se diseñó un programa intensivo de muestreo en el que se compararon cinco tratamientos: cámaras sin cebo, pollo crudo, sardinas en aceite, mantequilla de maní y arena impregnada con orina de gato doméstico.

Los resultados mostraron que los cebos más efectivos fueron el pollo y las sardinas en aceite, que atrajeron con mayor frecuencia a las especies objetivo. El pollo incrementó las detecciones de tejón europeo (*Meles meles*), la marta europea (*Martes martes*) y la gineta (*Genetta genetta*), mientras que las sardinas resultaron más atractivas para el zorro rojo (*Vulpes vulpes*) y para perros ferales (*Canis familiaris*). En contraste, la mantequilla de maní y la orina de gato doméstico fueron poco eficaces, salvo en casos puntuales como la atracción del gato doméstico asilvestrado (*Felis catus*). Las cámaras sin cebo, aunque registraron animales que circulaban por senderos, presentaron tasas mucho más bajas de detección de carnívoros.

Randler et al. (2020) realizaron un estudio en Spitzberg en Baden-Württemberg (suroeste de Alemania), el cual se centró en evaluar la efectividad de diferentes tipos de atrayentes para mejorar la detección y la identificación de especies de mustélidos mediante el uso de cámaras trampa. Se aplicaron dos tratamientos experimentales (atún y secreciones glandulares de mustélidos) y un grupo de control. Los resultados revelaron que ambos tipos de atrayentes incrementaron significativamente la detección de martas (*Martes foina* y *M. martes*) en comparación con el grupo de control. En particular, las trampas con atún generaron 7.25 veces más imágenes por visita, mientras que aquellas con olores glandulares lograron un aumento aún mayor, con 18.7 veces más imágenes. Este método mejoró la identificación de especies y demostró la eficacia del uso de atrayentes en estudios de fototrampeo.

Cozzi et al. (2022) realizaron un estudio en el Parque Nacional Stelvio, ubicado en los Alpes del norte de Italia, para evaluar la efectividad de un señuelo comercial con aroma a fresa para atraer zorros rojos (*Vulpes vulpes*) a cámaras trampa, los investigadores instalaron 32 cámaras trampa en distintos puntos del parque, distribuidas aleatoriamente en cuatro tratamientos distintos: un señuelo comercial con aroma a fresa, croquetas para gatos, un aroma artificial de naranja, y un grupo control. Se analizó cuántas veces eran detectados los zorros y cuánto tiempo permanecían frente a las cámaras.

Los resultados del estudio indican que la probabilidad de detección de zorros fue mayor con el aroma a naranja y las croquetas en comparación con el atrayente comercial con aroma a fresa y el control. Además, los zorros pasaron más tiempo frente a las cámaras con el aroma a naranja (16.61 s) y las croquetas (33.78 s) que con el atrayente comercial (9.97 s). En conclusión, el atractivo comercial no demuestra ser más efectivo que las alternativas más económicas, que podrían ser preferibles en términos de costo-efectividad.

Del Río et al. (2024) evaluaron la efectividad de diferentes atrayentes y cebos para la detección del lobo ibérico (*Canis lupus signatus*) en la Sierra de la Demanda, provincia de La Rioja, norte de España. La investigación se llevó a cabo en dos fases: primero, se realizaron pruebas en cautiverio con cinco atrayentes (extracto de carne, cadaverina, Fatty Acid Scent, orina de lince y extracto de valeriana) observando comportamientos como olisqueo, frotamiento, rodadura, marcaje y lamido. En la segunda fase, se probaron en el campo los tres atrayentes más efectivos (cadaverina, FAS y orina de lince) en

combinación con cebo de pierna de oveja. Los resultados indicaron que la cadaverina, FAS y orina de lince fueron los atrayentes más preferidos, con la cadaverina destacándose como la más efectiva en el campo. Además, la inclusión de cebos no mejoró las tasas de visita de los lobos. Por lo que este estudio indica, la importancia de elegir atrayentes adecuados para optimizar la detección del lobo ibérico, siendo la cadaverina la opción más efectiva.

Mortelliti et al. (2024) evaluaron en cuatro regiones boscosas del centro y norte de Italia si el uso de señuelos olfativos simples y económicos podía mejorar la detectabilidad de mamíferos europeos mediante cámaras trampa, y si su uso resultaba costo-efectivo dependiendo de la especie objetivo. Para ello, los investigadores instalaron cámaras trampa en distintos puntos del paisaje y aplicaron cuatro tratamientos: sardinas, mantequilla de maní, un señuelo comercial (Fuchslockmittel producido por EUROHUNT y que contiene 2,5-Dimetil-4-hidroxi-3-furanona) y un grupo control sin señuelo.

Los resultados mostraron que la efectividad de los señuelos varió según la especie. Las sardinas atrajeron más a especies como el zorro rojo (*Vulpes vulpes*) y el puercoespín (*Hystrix cristata*), mientras que la mantequilla de maní fue más efectiva para mustélidos (*Martes spp.*), aunque evitada por especies como el corzo (*Capreolus capreolus*). Por su parte, el señuelo comercial mostró una mayor eficacia con ciervos rojos (*Cervus elaphus*). Además, se encontró que el uso de señuelos adecuados puede reducir significativamente los costos de monitoreo, especialmente cuando se aplican a gran escala y se enfocan en especies específicas.

López-Angulo et al. (2025) investigaron como comparar dos métodos de estimación de abundancia en el tejón europeo (*Meles meles*): el fototrampeo, consistente en la instalación de dos cámaras por localidad durante 35 noches, y el conteo de letrinas, que se llevó a cabo mediante transectos de 2 km para registrar señales de presencia como excrementos. En la fase realizada en la Sierra de Madrid se evaluaron distintos señuelos para atraer a los tejones frente a las cámaras. Los cuatro atrayentes seleccionados fueron: colonia (un producto relacionado con secreciones del propio tejón), orina de lince ibérico (*Lynx pardinus*), sardina en lata y esencia de valeriana. Estos fueron probados para determinar cuáles generaban mayor número de registros fotográficos.

Los resultados mostraron que el fototrampeo es un método más eficiente que el conteo de letrinas, sobre todo en áreas de baja densidad poblacional, donde las señales físicas como

excrementos pueden ser escasas o difíciles de encontrar. En cambio, en regiones de alta densidad, ambos métodos ofrecieron detecciones, aunque el fototrampeo destacó por su capacidad de obtener datos más fiables y consistentes. En cuanto a los atrayentes, aunque solo mostraron diferencias marginalmente significativas en cuanto a detectabilidad, se observó una tendencia clara: destacaron como más efectivos los cebos de colonia y sardina, los cuales atrajeron más detecciones de tejón comparado con los otros dos atrayentes.

III. III. IV. América del norte

Bullard et al. (1978) llevaron a cabo un estudio en el Wildlife Research Center del U.S. Fish and Wildlife Service en Denver, Colorado, con pruebas de campo en Zapata, Texas. El objetivo fue desarrollar una formulación sintética de huevo fermentado (SFE) para reemplazar al producto natural (FEP), reconocido por atraer coyotes (*Canis latrans*) y repeler venados (*Odocoileus* sp.). La metodología incluyó la preparación de mezclas de compuestos volátiles (ácidos grasos, aminas, compuestos de azufre y volátiles neutros), la evaluación de un panel humano de olores y pruebas de comportamiento en animales. Los cebos utilizados fueron FEP, SFE, una mezcla de ácidos grasos volátiles (VFA) y un control en blanco. Los resultados indicaron que el SFE redujo significativamente la aceptación en venados (24.5%) en comparación con el FEP (48%), confirmando su efecto repelente. En coyotes, el SFE concentrado atrajo un mayor número de visitas que los demás tratamientos, mostrando incluso mayor eficacia que el FEP. En conclusión, el SFE reprodujo la acción del huevo fermentado natural, validándose como un repelente de venados y atrayente de coyotes, con la ventaja de ofrecer una formulación más estandarizada y confiable.

Fidino et al. (2020) realizaron en reservas naturales del área metropolitana de Chicago, Illinois, EE. UU., un estudio con el objetivo de evaluar si los señuelos olfativos mejoran la detección de mamíferos mediante cámaras trampa. Se colocaron dos cámaras por sitio en 20 ubicaciones, utilizando como señuelo discos de yeso impregnados con ácidos grasos sintéticos (Fatty Acid Scent Disks), un señuelo comúnmente empleado para atraer carnívoros como el coyote (*Canis latrans*). Como control, se usaron discos visualmente idénticos de cartulina blanca, sin olor.

Se analizaron tres aspectos: número de días con detección, tiempo hasta la primera detección y cantidad de fotos tomadas. Los resultados mostraron que el efecto del señuelo

varió según la especie. La zarigüeya (*Didelphis virginiana*) fue la especie que más respondió al señuelo, con un aumento del 5% en su probabilidad diaria de detección y casi el doble de imágenes registradas. El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) también fue fotografiado con mayor frecuencia en presencia del señuelo. Por el contrario, algunas especies mostraron una respuesta negativa. El conejo de cola de algodón (*Sylvilagus floridanus*) fue detectado un 5% menos y fue fotografiado un 63% menos cuando el señuelo estaba presente. De igual manera, la ardilla gris (*Sciurus carolinensis*) tardó un 70% más en ser detectada y fue registrada con un 14% menos de frecuencia. Otras especies, como el coyote (*Canis latrans*) y el mapache (*Procyon lotor*), no mostraron cambios significativos en su detectabilidad con el uso del señuelo.

Heinlein et al. (2020) realizaron un estudio en el Holly Shelter Game Land, un área natural de 275 km² ubicada en el condado de Pender, Carolina del Norte, Estados Unidos. El objetivo principal fue evaluar cómo distintos cebos y la presencia de olor humano afectaban la detección de mesocarnívoros mediante cámaras trampa. Para ello, los investigadores instalaron cámaras en diferentes sitios del área y aplicaron diez tratamientos en total: cinco tipos de atrayentes (incluyendo un control sin cebo), cada uno de ellos con y sin medidas para reducir el olor humano. Los atrayentes utilizados fueron sardinas enlatadas en aceite de oliva, huevo fermentado sintético (SFE), tabletas de ácidos grasos (FAS), aceite de castoreo.

Los resultados mostraron que las sardinas fueron el cebo más efectivo, ya que aumentaron la probabilidad de detección de mesocarnívoros en comparación con el control. Además, los animales se acercaron más lentamente a este atrayente, lo que favoreció la obtención de imágenes más claras. Por otro lado, el SFE, las tabletas de ácidos grasos y el aceite de castoreo no presentaron diferencias significativas respecto al control. En cuanto al olor humano, en general no afectó la tasa de detecciones cuando se consideraron todas las especies en conjunto, aunque en casos específicos, como el del lince rojo (*Lynx rufus*), se observó cierta aversión hacia los sitios con mayor presencia de olor humano.

Holinda et al. (2020) evaluaron en Alberta, Canadá, el efecto de los señuelos olfativos en la detección de mamíferos mediante cámaras trampa. Durante 120 días (febrero-agosto de 2015 y 2016), instalaron 844 cámaras, de las cuales 404 tenían señuelo y 440 no. El señuelo utilizado en el estudio fue el producto comercial O’Gorman’s Long Distance Call, que es una mezcla de atrayentes con olor fuerte, comúnmente empleada

para atraer mamíferos carnívoros. Este señuelo tiene un aroma potente a zorrillo y almizcle. Se aplicó una cucharada del señuelo dentro de un tubo de PVC de 10 cm de largo, el cual se colocó en el suelo a 5 metros frente a las cámaras trampa asignadas al tratamiento con señuelo. Los tubos estaban perforados para liberar el aroma y se protegían con una tapa metálica para evitar que los animales los manipularan o destruyeran. Los resultados mostraron que, aunque 800 cámaras registraron mamíferos, el número total de detecciones fue similar entre las que tenían señuelo y las que no. Sin embargo, el señuelo incrementó significativamente las detecciones de depredadores, como carnívoros grandes y pequeños, sin afectar a las especies de presa. Entre las especies analizadas, se incluyen el pescador (*Pekania pennantii*), lobo gris (*Canis lupus*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), ardilla terrestre de Richardson (*Uroditellus richardsonii*), liebre de nieve (*Lepus americanus*), conejos de cola blanca (*Lepus townsendii*), alce (*Alces alces*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y venado mula (*Odocoileus hemionus*). El estudio encontró que el señuelo tuvo un efecto positivo en las detecciones del pescador, pero no en el lobo gris, lo que sugiere que las respuestas al señuelo pueden variar considerablemente entre diferentes especies.

Avrin et al. (2021) realizaron un estudio sobre la evaluación de la eficacia y la descomposición de los cebos para mejorar la detección de carnívoros con cámaras trampa, en los condados de Bell y Coryell, Texas, en la instalación militar de Fort Hood. Se probaron dos señuelos de olor (sardinas y tabletas de ácidos grasos) contra un control sin señuelo para determinar si alguno de los señuelos aumentaba las detecciones de seis especies de carnívoros, gato montés (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), mapache (*Procyon lotor*), zorrillo rayado (*Memphitis memphitis*) y cacomixtle norteno (*Bassariscus astutus*). También examinaron cómo la detección de carnívoros se vio afectada a medida que el señuelo se descomponía con el tiempo. Los resultados mostraron que las sardinas eran efectivas para aumentar la detección de carnívoros en general, aunque su eficacia disminuyó rápidamente debido a la división, perdiendo efectividad después de aproximadamente 18 días. Por otro lado, las tabletas de ácidos grasos se descomponían más lentamente, pero no lograron aumentar significativamente las detecciones en comparación con el control.

Ebel & White (2024) realizaron un estudio en el este de Pensilvania, EE. UU. Donde compararon métodos de muestreo directos (captura viva) e indirectos (cámaras trampa) utilizando un sistema cerrado especial para detectar comadrejas. Estaciones con

cámaras fueron instaladas en 42 sitios, cada una equipada con tres cámaras trampa en racimo, para probar distintas combinaciones de cebos y señuelos olfativos o auditivos, incluyendo carne de castor y señuelos con aroma a salmón, combinaciones diseñadas para atraer comadreas de manera más efectiva.

Los resultados mostraron que el uso de cebos y señuelos combinados, especialmente el cebo de carne castor y el aroma a salmón, aumentó significativamente tanto la velocidad como la probabilidad de detección, sobre todo en la estación de otoño. El tiempo promedio hasta la primera detección fue de 43 días, pero se redujo notablemente con estas combinaciones. Además, aunque el número de fotografías no varió mucho según el tratamiento, la claridad y utilidad de las imágenes fue considerablemente mayor cuando se usaron atrayentes.

III. III. V. Centroamérica

García-Anleu (2012) evaluó el uso del perfume Calvin Klein Obsession for Men como atrayente en estudios poblaciones de jaguares en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Para ello instalaron cámaras trampa en distintos puntos de muestreo, algunas con la aplicación del perfume, con el fin de comparar las tasas de captura antes y después de su uso, así como la calidad de las fotografías obtenidas. Los resultados mostraron que el perfume no incremento de manera significativa la cantidad de capturas o recapturas fotográficas, pero si mejoro la calidad de las imágenes al atraer a los jaguares frente a las cámaras, facilitando su identificación individual.

Alvarado Guevara et al. (2024) realizaron un estudio en la Reserva del Valle del Mamóní, Panamá, un área de bosque tropical que constituye un corredor biológico importante para la fauna silvestre del país. Con el objetivo de evaluar la efectividad de distintos cebos comestibles como atrayentes en estaciones de fototrampeo, con el fin de determinar su utilidad para registrar mamíferos medianos y grandes en la zona.

Los señuelos utilizados fueron principalmente de origen cárnico (ala y muslo de pollo, pata de vaca y sardina) y fruta (plátano y papaya), probados para comparar cuál tipo generaba una mayor tasa de detecciones en las estaciones de monitoreo. En cuanto a los resultados, las cámaras lograron registrar un total de seis especies pertenecientes a 5 órdenes y 6 familias. La especie más frecuente fue la tayra (*Eira barbara*), que presentó la mayor tasa de aparición. Además, gracias al uso de cebos cárnicos, fue posible detectar

especies de especial interés como el jaguar (*Panthera onca*) y el tapir de Baird (*Tapirus bairdii*), aunque solo se registró un individuo de cada una.

Se demostró que los cebos cárnicos fueron los más efectivos para atraer mamíferos de mayor tamaño y relevancia ecológica, mientras que los cebos frutales resultaron útiles para registrar especies con hábitos más generalistas. Esto confirma que la combinación de fototrampeo con el uso de cebos adecuados puede ser una estrategia eficiente para el monitoreo de fauna en ecosistemas tropicales.

III. III. VI. América del sur

Viscarra et al. (2011) en el Zoológico Municipal Vesty Pakos en La Paz, Bolivia, investigaron la respuesta comportamental de jaguares (*Panthera onca*) frente a tres perfumes comerciales: Calvin Klein Obsession for Men, Margaret Astor Jovan Musk y Chanel N°5. Colocaron algodón impregnado con cada uno de estos perfumes en los recintos de 14 jaguares durante diferentes semanas y observaron las conductas inducidas por los olores, clasificándolas en tres tipos según intensidad: olfateo de baja intensidad, frotamiento de intensidad media y giros de alta intensidad. Estos comportamientos fueron medidos en frecuencia y duración durante observaciones de dos horas.

Los resultados indicaron que el perfume que indujo la mayor frecuencia y duración de respuestas fue Chanel N°5, especialmente comportamientos de alta intensidad como giros prolongados, seguido por Margaret Astor Jovan Musk y finalmente Calvin Klein Obsession for Men.

Viscarra et al. (2019) realizaron un estudio en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi, Bolivia, donde se utilizó la metodología de trampas cámara con dos perfumes comerciales (Chanel N° 5 y Calvin Klein Obsession for Men) como atrayentes para atrapar mamíferos, especialmente jaguares. Emplearon estos perfumes desde el 2011 para atraer a los animales frente a las cámaras y así obtener más fotografías para la identificación individual. Durante el estudio, observaron que estos perfumes no solo atraían mamíferos, sino también aves, específicamente tucanes, que no se habían registrado en los muestreos anteriores sin atrayentes.

Los resultados mostraron que, entre 2011 y 2016, se registraron cuatro especies de tucanes (*Pteroglossus azara*, *Pteroglossus beauharnaesii*, *Ramphastos tucanus* y *Ramphastos vitellinus*) con un total de 550 fotografías y 45 eventos fotográficos independientes.

Muchas interacciones ocurrieron a menos de 30 cm y en varios casos los tucanes interactuaron directamente con los frascos de perfume, con tiempos de interacción que llegaron hasta 12.5 minutos. Concluyeron que los perfumes atraen a los tucanes y que esta técnica puede usarse para estudios ecológicos y captura viva.

Sebastián-González et al. (2020) analizaron la efectividad de diferentes cebos en estudios de fototrampeo, en el bioma Cerrado, en Piauí, Brasil. Se evaluaron cinco tipos: frutas locales, sardinas, extracto de valeriana, mezcla de frutas dulces y mantequilla de maní, combinación de extracto de valeriana y sardinas. En total se registraron 46 especies de vertebrados, entre ellas 15 mamíferos, 27 aves y 4 reptiles. Los resultados mostraron que las sardinas fueron el cebo más efectivo, pues detectaron la mayor cantidad de especies en general, especialmente en felinos y reptiles. Las frutas, por su parte, resultaron útiles para registrar aves, mientras que la valeriana se mostró como el cebo menos eficiente, atrayendo apenas algunos individuos. Por lo que, los autores destacan que la elección del cebo debe hacerse de acuerdo con los objetivos del estudio y el grupo de especies de interés.

III. III. VII. México

Mezhua Velázquez et al. (2022) realizaron un estudio el cual se centró en la diversidad de mamíferos medianos y grandes en el Ejido Zomajapa, ubicado en Zongolica, Veracruz, México. Se emplearon tres metodologías: rastreo en transectos, entrevistas y fototrampeo. Para atraer a los mamíferos, se utilizaron sardina, atún, avena y vainilla como cebos, aplicados solo durante el primer mes del estudio. Se obtuvieron 989 registros de mamíferos silvestres, de los cuales 764 fueron captados por cámaras trampa, identificando 27 especies distribuidas en 7 órdenes, 15 familias y 24 géneros. Las especies más abundantes fueron *Dasyprocta mexicana* (agoutí) con 265 registros, seguida por *Didelphis virginiana* (tlacuache gris) y *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris) con 87 registros cada una, y *Dasypus novemcinctus* (armadillo) con 80 registros.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV. I. Descripción del área de estudio

IV. I. I. Localización

El presente estudio se realizó en el Cañón “Tres Molinos” hacia el suroeste de la ciudad de Durango, Durango, con coordenadas 23°50'53.8" Latitud Norte y 104°47'04.7" Longitud Oeste. Cuenta con una extensión territorial de 455.29 ha, la altura tiene un rango entre los 1859 a los 3004 m s.n.m. (Figura 1).

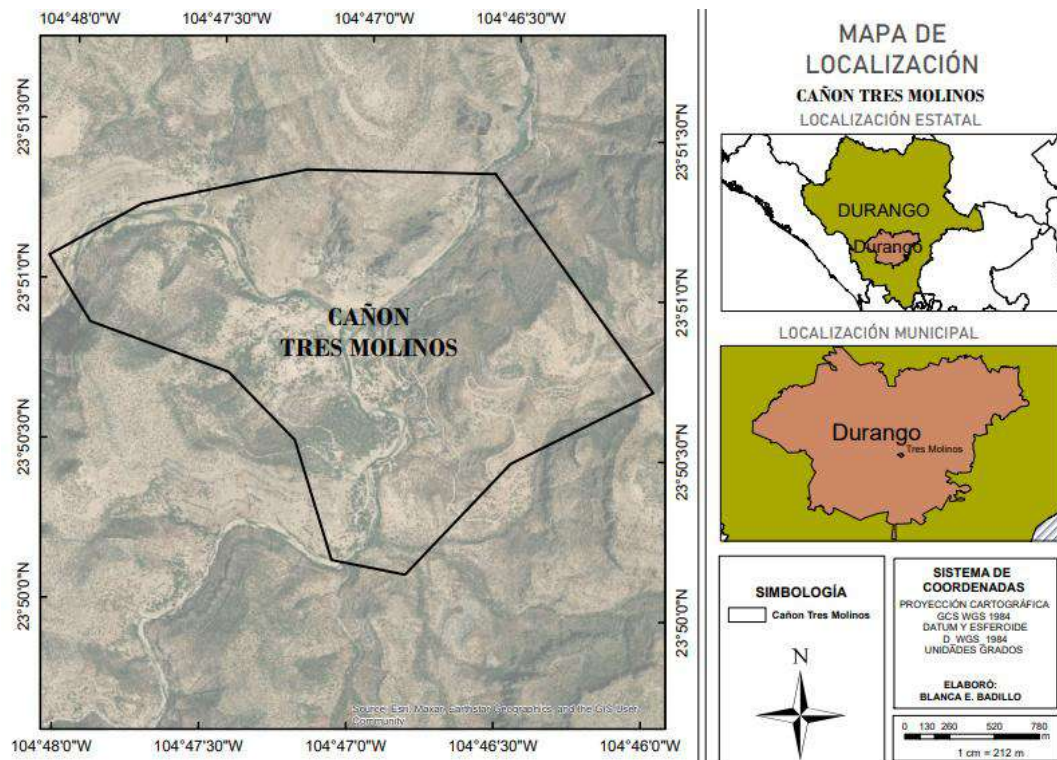


Figura 1. Mapa de localización del Cañón "Tres Molinos", Durango, México.

IV. I. II. Fisiografía

Dentro de los límites de la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, entre las subprovincias Gran Meseta y Cañadas Duranguenses, con un sistema de topoformas variado, mesetas con cañadas, valles intermontanos y cuerpos de agua (CONABIO, 2001).

IV. I. III. Hidrología

Se encuentra dentro de la Región Hidrológica (RH) N° 11 Presidio San Pedro, de las cuencas que componen a esta RH, solo una se encuentra dentro del polígono del Cañón “Tres Molinos”, la cual es Río San Pedro-Mezquital, la subcuenca correspondiente es R Tunal (INEGI, 1989). Referente a los aspectos de hidrología subterránea o geohidrológicos, el terreno tiene cualidades de material consolidado con posibilidades bajas, lo que limita la recarga y explotación de agua subterránea. A pesar de que la zona se encuentra clasificada como libre de veda, lo que permite la extracción del recurso legalmente, presenta coeficientes de escurrimiento de 10 a 20%, lo que indica una baja generación de escurrimiento superficial y una limitada disponibilidad hídrica (INEGI, 1989).

IV. I. IV. Geología

La unidad geológica de área se originó en el periodo Terciario (era Cenozoica) y está compuesta por riolitas y tobas ácidas (Tom (R-Ta) producto de actividad volcánica. Estas rocas influyen en la geomorfología del área, afectando la permeabilidad del suelo, la disponibilidad de agua subterránea y la estabilidad del terreno, factores clave para la geohidrología y el uso del suelo en la región (INEGI, 1988).

IV. I. V. Edafología

Se compone de dos unidades edafológicas diferentes (INEGI, 2007), principalmente de Leptosoles (LP) suelo con una profundidad limitada, ya que dentro de los primeros 25 cm se encuentra una capa de roca dura continua. Por otro lado, el Regosol (RG) suelo poco evolucionado, con escasa diferenciación de horizontes y muy similar a su material de origen (INEGI, 2014)

La textura predominante es franco-limosa, con una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, lo que permite buena retención de humedad y aireación, aunque su infiltración puede verse afectada por compactación. Además, el suelo es pedregoso, con más del 30%

de piedras en los primeros 50 cm de profundidad, con tamaños de entre 7.5 cm y 25 cm, lo que influye en su manejo y uso (INEGI, 2014).

IV. I. VI. Clima

Según la clasificación climática de Köppen modificado por García y en el mapa climático elaborado por la CONABIO (1998) en el Cañón “Tres Molinos” corresponde un clima C(wo) clima templado subhúmedo, la temperatura media del mes más frío es entre -3° y 18°C y la media anual entre 12° y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C; con lluvias de verano, y sequía en invierno. La lluvia invernal es entre 5 y 10.2% respecto a la anual. Es el clima más seco de los subhúmedos, con un cociente P/T (precipitación total anual en mm / temperatura media anual en °C) menor de 43.2.

IV. I. VII. Vegetación

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación generada por INEGI (2019), las comunidades vegetales que se encuentran en la superficie del área de estudio son cinco, los cuales se describen a continuación:

Bosque de pino (BP): Es una comunidad siempre verde constituida por árboles del género *Pinus*, de amplia distribución y con aproximadamente 49 especies en las cadenas montañosas de todo el país desde los 300 m de altitud hasta los 4,200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Estos bosques suelen asociarse con encinares y otras especies, y tienen una gran importancia económica debido a su explotación en la industria forestal. Son aprovechados para aserrío, resinación, producción de pulpa para celulosa, obtención de postes, así como la recolección de frutos y semillas (INEGI, 2017).

Matorral xerófilo (MC): El Matorral Crasicaule que se establece en la parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí se presentan como cubierta vegetal de *Opuntia*, siendo las principales especies dominantes: *Opuntia streptacantha* y *O. leucotricha* (INEGI, 2017).

Pastizal natural (PN): Este tipo de vegetación se encuentra dominada por gramíneas o pastos. Los arbustos y árboles son escasos, están dispersos y sólo se concentran en las márgenes de ríos y arroyos. Aunque existen pastos casi en cualquier parte de nuestro país, estos son más frecuentes en las zonas semiáridas del país. La precipitación media anual es entre 300 a 600 mm, con 6 a 9 meses secos y con un clima seco estepario o desértico (INEGI, 2017).

Pastizal inducido (PI): Se origina cuando la vegetación natural es eliminada, ya sea por desmontes, incendios frecuentes o abandono de tierras agrícolas. Este tipo de pastizal puede establecerse en terrenos que anteriormente sostenían otras formas de vegetación, pero que han sido transformados por la acción humana y la presencia de animales domésticos. Su extensión y características varían ampliamente, dependiendo del grado de intervención humana (INEGI, 2017).

Vegetación secundaria arbustiva de bosque pino (Vsa/BP): corresponde a una fase sucesional secundaria de los bosques de pino, caracterizada por el predominio de arbustos que, con el tiempo, pueden evolucionar hacia una fase arbórea. Se encuentra en las zonas montañosas del país y está compuesta por diferentes especies de pinos (*Pinus* spp.) y encinos (*Quercus* spp.). Dependiendo de las condiciones ambientales y la intervención humana, esta vegetación puede regenerarse y volver a adquirir su estructura original o estabilizarse en una formación vegetal distinta (INEGI, 2017).

IV. I. VIII. Fauna

En el Cañón “Tres Molinos” se tiene registrado hasta el momento un total de 188 especies de fauna silvestre: 44 mamíferos, pertenecientes a 17 familias, 125 aves, pertenecen a 39 familias, 13 reptiles y 6 anfibios (Consultoria Forestal y Ambiental "Ing. Roberto Trujillo", 2019).

Entre los mamíferos más representativos del área destacan el coyote (*Canis latrans*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el mapache (*Procyon lotor*), lince rojo (*Lynx rufus*), el puma (*Puma concolor*), nutria de río (*Lontra longicaudis*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), ardilla listada de Durango (*Tamias durangae*) y Pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*) (Consultoria Forestal y Ambiental "Ing. Roberto Trujillo", 2019).

En cuanto a las aves, se pueden apreciar especies como aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), cernícalo americano (*Falco sparverius*), gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), así como aves acuáticas como la garza blanca (*Ardea alba*) y el pato de collar (*Anas platyrhynchos*). También son comunes otras especies como la paloma huilota (*Zenaida macroura*), el mirlo primavera (*Turdus migratorius*) y la chara pinta (*Cyanocitta stelleri*) (Consultoria Forestal y Ambiental "Ing. Roberto Trujillo", 2019).

La herpetofauna está representada por reptiles como la tortuga casquito de pata rugosa (*Kinosternon hirtipes*), el eslizón chato mexicano (*Plestiodon bilineatus*), la lagartija

espinosa (*Sceloporus jarrovi*), la lagartija de Poinsett (*S. poinsettii*), el huico tigre (*Aspidoscelis tigris*) y varias serpientes como la culebra corredora (*Coluber constrictor*), culebra real (*Lampropeltis getula*), serpiente de liga mexicana (*Thamnophis eques*). Destaca la presencia de víboras de cascabel, como el cascabel diamante occidental (*Crotalus atrox*) y cascabel negro (*C. molossus*). Por último, entre los anfibios se encuentran especies como la rana de forrer (*Lithobates forreri*), sapo débil (*Bufo debilis*), sapo manchado (*Bufo punctatus*) y rana de cañón (*Hyla arenicolor*) (Consultoria Forestal y Ambiental "Ing. Roberto Trujillo", 2019).

IV. II. Metodología

El monitoreo de fauna silvestre se inició con un recorrido exhaustivo de toda la superficie del área de estudio con la finalidad de obtener un panorama general de las distintas zonas y reconocer sitios estratégicos que presentaron evidencias de actividad faunística, tales como huellas, excretas o madrigueras (Medillín et al., 2006).

El muestreo se diseñó bajo un esquema estratificado aleatorio, en el cual el área de estudio se dividió en ocho estratos definidos con base en características ambientales como el tipo de vegetación, la altitud y el grado de perturbación. A partir de estos datos se seleccionaron al azar los sitios de muestreo, lo que aseguró que la muestra representara proporcionalmente la heterogeneidad del área. Posteriormente, en los sitios seleccionados se implementó la técnica de fototrampeo, reconocida como un método no invasivo que emplea cámaras con sensores de movimiento y calor para obtener imágenes y videos de fauna en condiciones naturales, sin presencia humana (Burton et al., 2015; O'Brien et al., 2011). El fototrampeo se ha consolidado como una herramienta clave para registrar especies elusivas o nocturnas, y además permite generar información sobre la abundancia relativa, patrones de actividad, uso del hábitat y comportamiento (O'Connell et al., 2011; Rovero et al., 2013).

En total se establecieron 8 estaciones de fototrampeo, cada una equipada con una cámara trampa sencilla. El modelo utilizado fue Fenyty PR3000 36MP 1080P, una cámara de rastreo multifunción, a prueba de agua (IP66), con capacidad de visión nocturna y equipada con 34 luces infrarrojas. Estas cámaras se colocaron a una altura de entre 30 y 50 cm del suelo, orientadas hacia el norte para reducir los efectos de la radiación solar directa y mejorar la calidad de las imágenes (Chávez et al., 2013). Cada dispositivo fue configurado con sensibilidad media del sensor, en modo foto/video, programado para capturar dos fotografías consecutivas seguidas de un video de 10 segundos por evento de activación. Para asegurar independencia en los registros y reducir la posibilidad de detectar al mismo individuo en diferentes estaciones simultáneamente, las cámaras trampa se instalaron a una distancia entre 800 m y 1 km entre cada una (Díaz-Pulido & Payán Garrido, 2012). La georreferenciación de cada estación se realizó mediante un geoposicionador Garmin GPSMAP 78s (Figura 2).

Con el fin de minimizar sesgos en el muestreo, las cámaras se colocaron lejos de cuerpos de agua, madrigueras, veredas o senderos naturales, ya que estos son lugares de paso

frecuente para la fauna silvestre y podrían salir en la captura fotográfica por esta razón y no por la atracción del cebo. A cada estación se le asignó un número de identificación único y, al momento de la instalación, se registraron datos como fecha, coordenadas geográficas, altitud, tipo de vegetación, características específicas del sitio y nombre local del paraje (Anexo 1).

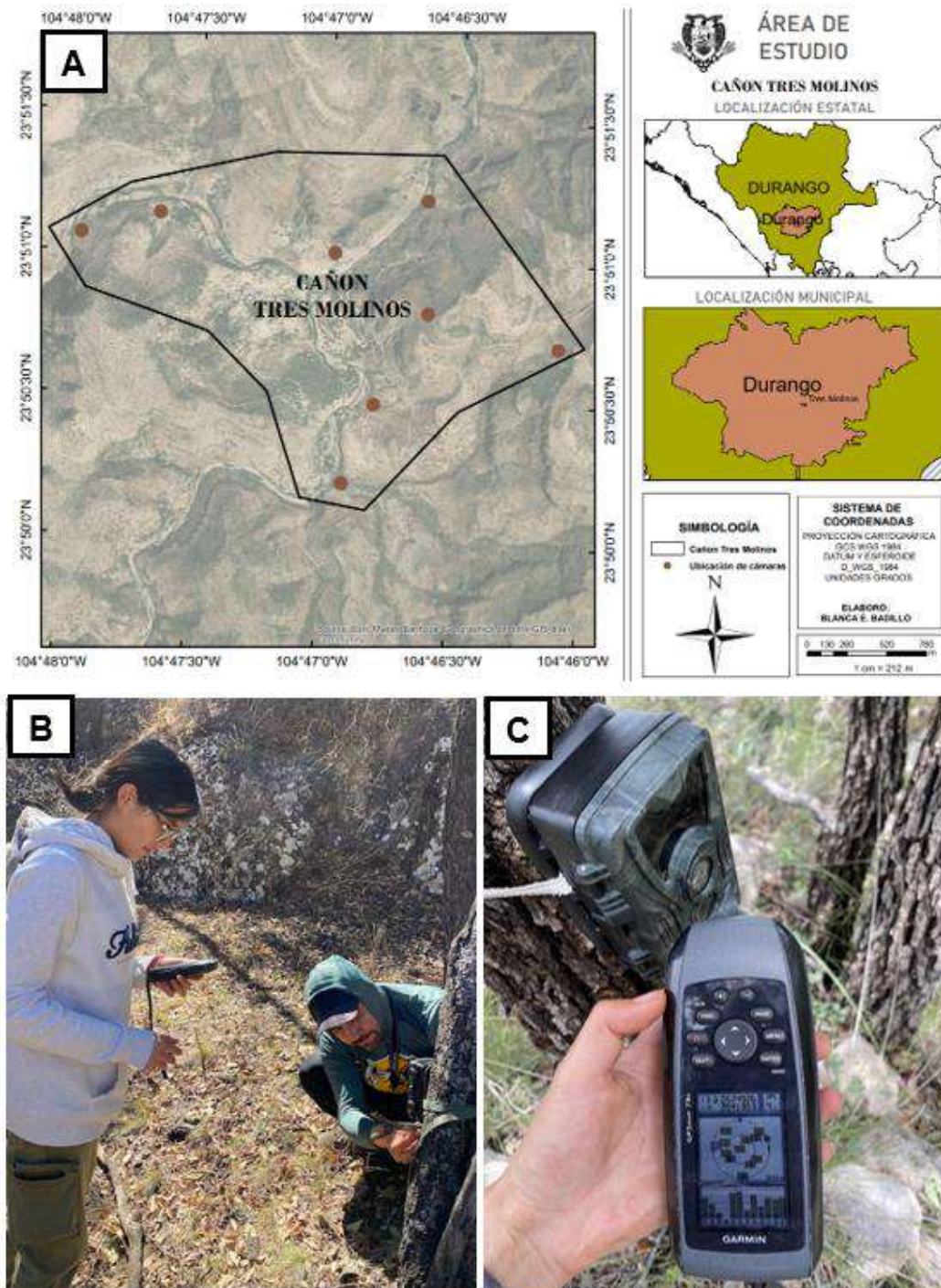


Figura 2. A) Ubicación de las estaciones de fototrampeo en el área de estudio. B) Instalación de las cámaras trampa. C) Geolocalizador.

Se emplearon siete tipos de atrayentes: fruta, huevo, sardina, perfume comercial (Calvin Klein Obsession for Men), vainilla, mezcla de granos (frijol, maíz y avena) y carne cruda. Adicionalmente, se incluyó una cámara control o testigo sin cebo.

Los cebos fueron dispuestos en cantidades estandarizadas dentro de recipientes resistentes a las condiciones ambientales y al acceso directo de la fauna, manteniéndolos visibles y accesibles durante el periodo de exposición. Los recipientes se colocaron a una distancia de 2 a 3 m de las cámaras trampa, lo que permitió obtener imágenes claras y con resolución suficiente para la identificación taxonómica de los individuos registrados. Asimismo, el uso de recipientes facilitó la rotación periódica de los cebos y redujo la generación de residuos en el área de muestreo. En el caso de los atrayentes sintéticos (perfume y vainilla), estos fueron aplicados mediante aspersiones sobre fragmentos de algodón o paños absorbentes colocados en ramas o arbustos cercanos. De igual manera, para los demás tipos de cebo se utilizaron algodones o paños absorbentes con el fin de prolongar durabilidad y conservar la intensidad del aroma durante el periodo de exposición, asegurando así mayor efectividad del atrayente (Figura 3).



Figura 3. A) Puesta de los atrayentes. B) Distancia de la cámara trampa al cebo. C) Aplicación de los atrayentes sintéticos.

El control del tratamiento consistió únicamente en la operación de la cámara sin estímulo olfativo o alimenticio, con el fin de establecer un punto de comparación de la detectabilidad natural.

El empleo de atrayentes de origen animal, vegetal y sintético está documentado en la literatura como estrategia efectiva para incrementar la detectabilidad de mamíferos carnívoros, frugívoros y omnívoros (Ferreira-Rodríguez & Pombal, 2019; Ferreras et al., 2018; Mills et al., 2019). No obstante, también se ha señalado que su uso puede introducir sesgos en la estimación de abundancia y patrones de actividad (Holinda et al., 2020). Dichos sesgos derivan del hecho de que ciertos olores o tipos de cebo pueden atraer selectivamente a determinadas especies, mientras que repelen a otras (Chávez et al., 2013; Glen & Dickman, 2003). Por esta razón, la inclusión de un grupo control sin cebo y la rotación periódica de los tratamientos resultaron indispensables para evaluar de manera comparativa la efectividad de cada atrayente.

El periodo de muestreo se desarrolló en dos fases: de marzo a junio de 2024 y de enero a agosto de 2025. Durante estos lapsos se llevó a cabo la rotación de cebos cada 10 a 15 días, con el fin de mantener su frescura y funcionalidad en la atracción de fauna silvestre, basándonos en la metodología de estudios previos que emplearon periodos de rotación similares en contextos de fototrampeo con cebos. Específicamente, se tomaron como referencia los trabajos de Gerber et al. (2012), Mills et al. (2019) y Thorn et al. (2009). En total se realizaron dos rotaciones completas de cada tipo de cebo. En cada visita se verificó el estado de las cámaras, su configuración, reemplazo de baterías y tarjetas de memoria, y se registraron observaciones adicionales sobre el estado de los cebos y las condiciones del sitio (Anexo 2).

IV. III. Análisis de datos.

Los registros obtenidos mediante las cámaras trampa durante las dos rondas de muestreo fueron capturados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Esta base de datos fue compuesta por las variables: ronda, tipo de cebo, número de cámara, nombre de las especies (nombre científico) y número de registros (Anexo 3). Para el análisis de datos se reorganizó en un formato amigable para la plataforma de R (versión 4.5.2) (Anexo 4).

La identificación taxonómica se realizó con el respaldo de literatura especializada. Para el grupo de mamíferos se consultó el Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México (Aranda Sánchez, 2012), mientras que para el grupo de aves se utilizó la Guía de Campo a las Aves de Norteamérica (Kaufman, 2005). El proceso de identificación se

fundamentó en características morfológicas, tonalidades, dimensiones corporales y patrones distintivos observables en los registros fotográficos.

Con el propósito de asegurar la independencia de los registros obtenidos, se siguió el criterio metodológico establecido por Chávez et al. (2013) y Mosquera Guerra et al. (2018), en donde se catalogó como registro independiente a cada individuo de una misma especie detectado con un lapso temporal igual o superior a 24 horas entre detecciones consecutivas. De misma manera, cuando en una misma imagen había presencia de múltiples individuos, se registró una captura independiente para cada individuo que se pudo identificar con certeza.

IV. III. I. Comparaciones estadísticas.

Para evaluar las diferencias en la riqueza y abundancia de las especies entre los diferentes tipos de cebos, se aplicaron los análisis de varianza (ANOVA, Shapiro–Wilk, Levene, Tukey). Al no cumplirse los supuestos, se realizaron pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis), con comparaciones múltiples de Dunn. Los cálculos se realizaron en R versión 4.5.2 (R Core Team, 2025), con los paquetes *car* versión 3.1-3 (Fox & Weisberg, 2019) para el ANOVA y *FSA* versión 0.10.0 (Ogle et al., 2025) para las pruebas no paramétricas.

La comparación de la composición de especies entre los diferentes cebos se comparó mediante un análisis de varianza permutacional multivariado (PERMANOVA), utilizando la disimilitud de Bray–Curtis para analizar el número de detecciones por especie, a través de la función *adonis2()* del paquete *vegan* (Oksanen et al., 2025) en R versión 4.5.2 (R Core Team, 2025).

IV. III. II. Índice de Abundancia Relativa (IAR).

Se calculó el índice de Abundancia Relativa (IAR) para comparar la frecuencia de detección de fauna silvestre entre los diferentes tipos de cebo, utilizando los paquetes *dplyr* versión 1.1.4 (Wickham et al., 2023) y *tidyverse* (Wickham et al., 2019) en R versión 4.5.2 (R Core Team, 2025).

Fórmula:

$$IAR = \frac{C}{EM} \times 100 \text{ días trampa}$$

Donde:

C: número total de registros independientes

EM: esfuerzo de muestreo (días-cámara)

100 días trampa: factor de corrección estándar (Monroy-Vilchis et al, 2011).

IV. III. III. Índices de diversidad y estructura comunitaria.

Con el fin de evaluar la heterogeneidad de las especies registradas, se calcularon los siguientes índices, los cuales se realizaron con las funciones `diversity()` y `estimateR()` del paquete *vegan* (Oksanen et al., 2025).

Shannon – Wiener (H'): mide la diversidad considerando la riqueza y equitatividad (Shannon, 1948).

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \ln(p_i)$$

Donde:

p_i : proporción de individuos de la especie i

$\ln$: logaritmo natural de p_i

k : riqueza de especies (número total de especies)

Simpson (1 – D): Probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar permanezcan a distintas especies (Simpson, 1949).

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Donde:

p_i : número de individuos de la especie i registrados en un cebo determinado, dividido entre el número total de individuos detectados con ese mismo cebo.

Chao1: estimador de riqueza esperada considerando especies raras (Chao, 1984).

$$\hat{S}_{Chao1} = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

S: número de especies totales registradas

a: especies registradas solo una vez con un cebo

b: Especies registradas dos veces

Curvas de rarefacción: son herramientas esenciales en ecología para evaluar la suficiencia del muestreo y para comparar la riqueza de especies (el número de especies diferentes) entre diferentes tratamientos (cebos), controlado por el esfuerzo de muestreo. Se determinó si un cebo tiene realmente una mayor riqueza de especies o si solo parece tenerla porque generó más registros. Estas fueron elaboradas utilizando los paquetes *vegan* (Oksanen et al., 2025) y *iNEXT* versión 3.0.2 (Hsieh, Ma, & Chao, 2025) en R versión 4.5.2 (R Core Team, 2025).

$$E(S) = \sum 1 - \frac{\binom{N - n_i}{n}}{\binom{N}{n}}$$

Donde:

E(S): riqueza esperada

N: número total de especies observadas con el cebo

Ni: número total de individuos registrados con el cebo

n: tamaño estándar de muestra

Diagramas de Pareto: estos diagramas se construyeron con el fin de identificar las especies dominantes y su contribución acumulada al total de detecciones. Dichos diagramas muestran las especies ordenadas de manera descendente según el número de registros, acompañadas de una línea que indica el porcentaje acumulado.

IV. III. IV. Análisis de Rentabilidad Monetaria.

Para la evaluación de la rentabilidad económica de cada cebo e identificar que atrayente ofrece el máximo rendimiento de información por cada peso invertido, se integró el costo de adquisición de los atrayentes con el desempeño ecológico (Chao, 1984; Mortelliti et al., 2024; O'Connell et al., 2011).

Estandarización del costo por muestreo: el costo de compra total de cada cebo se estandarizó para obtener un precio unitario por muestra, asumiendo la cantidad utilizada del atrayente por cámara trampa (Tabla 1).

Tabla 1. Costos utilizados para la estandarización.

Cebo	Costo total	Cantidad utilizada por muestra	Costo unitario por muestra
Carnes crudas	\$67/kg	500 gr	\$33.50
Frutas	\$58 (2 kg)	500 gr	\$14.50
Granos	\$87 (3 kg)	375 gr	\$11.00
Huevo	\$44/docena	4 huevos	\$14.60
Perfume	\$1200/frasco (4.2 fl oz)	5 ml	\$48.00
Sardina	\$36.50 (1 lata)	1 lata	\$36.50
Vainilla	\$25/200 ml	100 ml	\$12.50

Nota: Los precios reflejados puede llegar a variar según la marca, la presentación o el lugar de compra.

Índice de Rentabilidad Monetaria (RM): para calcularlo se tomó el resultado del Índice de Abundancia Relativa (IAR) y Chao1, luego se ajustó por el costo unitario por muestra. Se considero que el cebo que arroje el mayor valor de RM es el de mayor rentabilidad (Chao, 1984; Mortelliti et al., 2024; O’Connell et al., 2011).

Rentabilidad por abundancia (RM_{IAR}): mide la eficacia económica para obtener el mayor número de individuos.

$$RM_{IAR} = \frac{IAR_{Cebo}}{\text{Costo unitario por muestra}}$$

Rentabilidad por riqueza (RM_{Chao1}): mide la efectividad económica para la detención mayor de la riqueza potencial.

$$RM_{Chao1} = \frac{Chao1_{Cebo}}{\text{Costo unitario por muestra}}$$

V. RESULTADOS

El estudio de muestreo arrojó un total de 422 registros independientes, que comprenden una diversidad de 30 especies, clasificadas en 11 órdenes y 19 familias. La forma en que estos registros se distribuyeron entre los diferentes tipos de cebo permitió observar patrones distintivos de elección, ofreciendo una visión de la dieta y el nivel de oportunismo de cada especie (Tabla 2). Las especies más frecuentes fueron *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) con 90 registros, *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar) con 88 registros y *Canis latrans* (Coyote) con 39 registros, lo cual coincide con lo esperado para mamíferos medianos oportunistas y generalistas, que son capaces de responder a una amplia variedad de atrayentes (Anexo 7a).

En contraste, especies estrictamente herbívoras como *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca) con 36 registros y *Sylvilagus audubonii* (Conejo de cola de algodón del desierto) con 8 registros mostraron una respuesta más selectiva, siendo atraídos por la vainilla, fruta y granos, lo cual es razonable, con su dieta especializada y la limitada capacidad de respuesta a estímulos no asociados a su ecología trófica (Anexo 7b).

De manera similar, especies carnívoras como *Lynx rufus* (Lince americano), *Cathartes aura* (Zopilote aura) fueron atraídas únicamente por la sardina y carnes crudas, y en baja frecuencia, lo cual coincide con su selectividad por presas o carroña de origen animal (Anexo 7c). Por su parte, omnívoros como *Corvus corax* (cuervo) y *Nasua narica* (Coatí), aunque más generalistas, también respondieron únicamente a estos mismos cebos de origen animal, posiblemente por su olor intenso y contenido proteico (Anexo 7d).

Además, se registró la presencia de pequeños mamíferos como *Sciurus nayaritensis* (Ardilla zorro mexicana) *Otospermophilus variegatus* (Ardillón de rocas), *Peromyscus* spp (Ratón), *Mephitis macroura* (Zorrillo listado sureño) y *Spilogale gracilis* (Zorrillo manchado occidental) (Anexo 7e). Entre las aves destacaron *Meleagris gallopavo* (Guajolote silvestre norteño), *Buteo jamaicensis* (Aguililla cola roja), *Mimus polyglottos* (Cenzontle norteño) y *Aphelocoma ultramarina* (Chara pecho gris) (Anexo 7f).

Tabla 2. Abundancia de las especies registradas por los diferentes tipos de cebos utilizados.

Orden	Familia	Especie	Perfume	Carnes crudas	Huevo	Granos	Vainilla	Frutas	Sardina	Testigo
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	0	0	5	10	10	7	0	4
	Tayassuidae	<i>Dicotyles tajacu</i>	15	4	17	21	0	11	11	9
	Canidae	<i>Canis latrans</i>	4	12	9	0	5	0	9	0
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	6	11	19	11	15	12	14	2
	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	0	2	0	0	0	0	2	0
Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	0	0	3	0	0	0	3	0
		<i>Mephitis mephitis</i>	0	2	2	2	7	0	2	1
		<i>Mephitis mephitis</i>	0	1	2	0	0	0	4	0
		<i>Spilogale gracilis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
		<i>Bassariscus astutus</i>	0	1	3	0	1	1	0	0
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	0	3	0	0	0	0	7	0
		<i>Procyon lotor</i>	0	0	0	0	1	0	1	0
	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Desmodus rotundus</i>	0	1	0	0	0	0	0
	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	0	1	0	0	3	1	0
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	0	0	0	0	5	3	0
Rodentia	Cricétidas	<i>Peromyscus</i> spp	2	3	0	0	6	0	6	0
		<i>Otospermophilus variegatus</i>	4	2	0	0	0	1	2	0
	Sciuridae	<i>Sciurus nayaritensis</i>	1	2	0	0	3	3	0	0
		<i>Tamias durangae</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	0	3	0	0	0	0	5	0
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0
Galliformes	Phasianidae	<i>Meleagris gallopavo</i>	7	3	0	9	8	0	0	0
		<i>Aphelocoma ultramarina</i>	1	0	5	0	2	0	0	0
	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	0	4	3	0	0	0	2	0
		<i>Cyanocitta stelleri</i>	0	0	2	0	0	0	0	0
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
	Passerellidae	<i>Melospiza fusca</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
		<i>Empidonax wrightii</i>	0	0	1	0	2	0	0	0
	Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0

V. I. Comparaciones estadísticas.

Las diferencias en la riqueza y abundancia de las especies entre los diferentes tipos de cebos, el análisis de varianza aplicado en abundancia y riqueza resultó en un $p=0.08$ y $p=8.74^{e-06}$ respectivamente, la verificación de los supuestos de normalidad se realizó con Shapiro–Wilk siendo la mejor variable correspondiente a la abundancia “Perfume” ($p=0.001$), en cuanto a riqueza la variable “Carnes crudas” ($p=0.01$) reportaron un mejor resultado. Posteriormente, Levene reportó para abundancia ($F=0.37$) y para riqueza ($F=0.48$). Finalmente se elaboró la prueba de post hoc de Tukey (Anexo 5), donde los supuestos no se cumplieron.

Dado que los supuestos de las pruebas paramétricas no se cumplieron, se optó por realizar pruebas no paramétricas donde se obtuvo por Kruskal–Wallis $p=0.01$ para abundancia (Figura 4) y $p=0.0001$ para riqueza (Figura 5), con comparaciones múltiples de Dunn (Anexo 6).

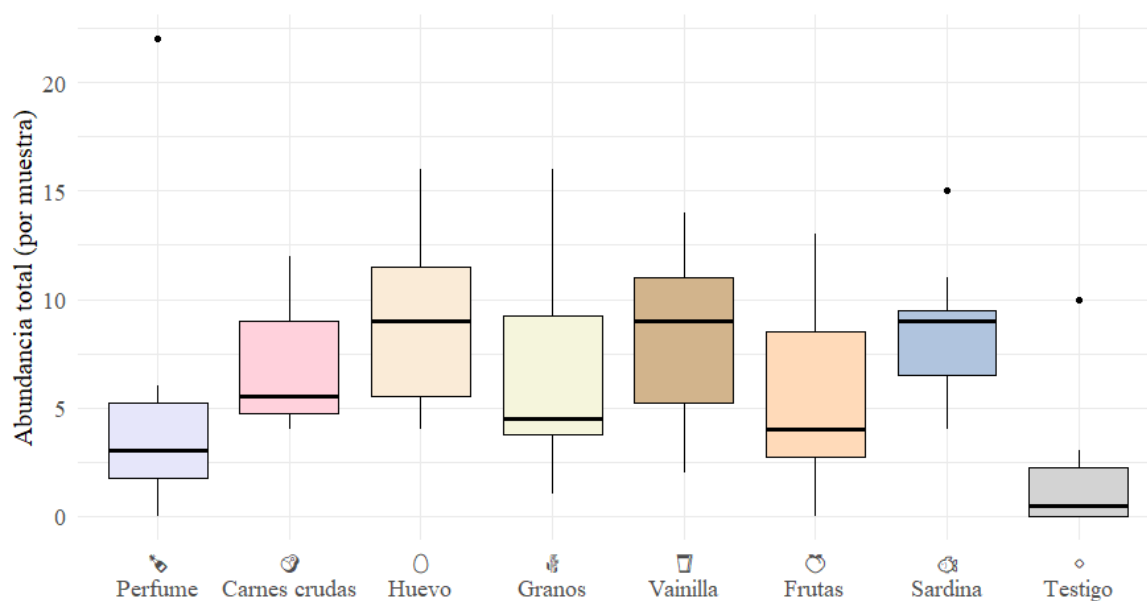


Figura 4. Gráfica de caja y bigotes con Kruskal - Wallis ($p=0.01$) de abundancia total por tipo de cebo.

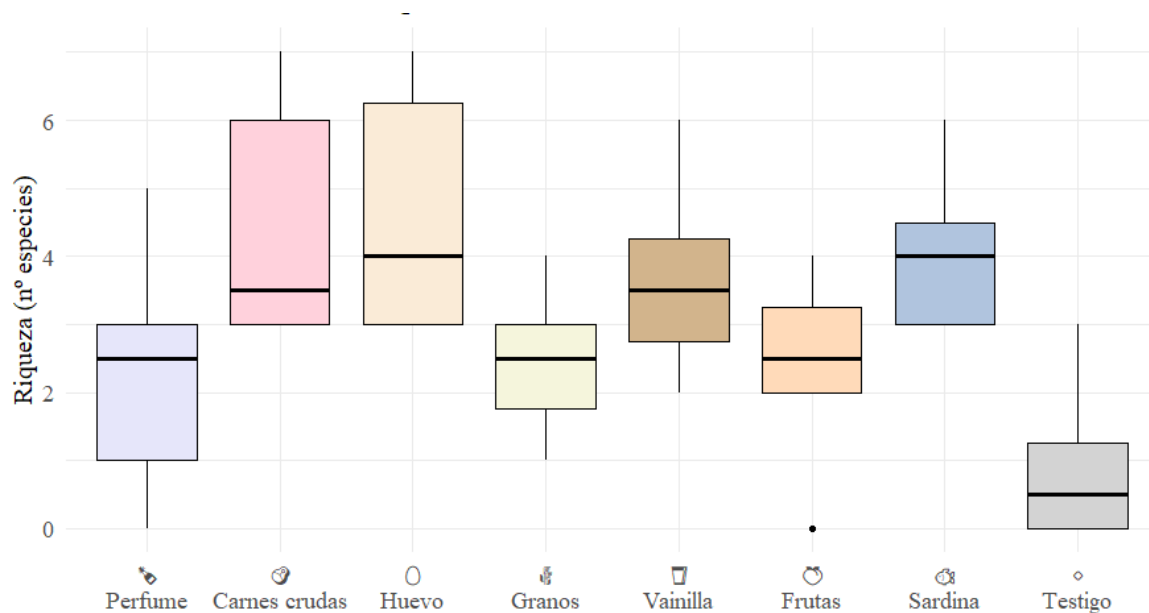


Figura 5. Gráfica de caja y bigotes con Kruskal - Wallis ($p=0.0001$) de riqueza de especies por tipo de cebo.

La composición de especies, analizada por el análisis de varianza permutacional multivariado (PERMANOVA), utilizando la disimilitud de Bray–Curtis, confirma que el factor “cebo” tiene un efecto estadísticamente significativo en la estructura de la comunidad (suma de cuadrados=3.922; $R^2=0.202$; $F=1.81$; $p=0.001$) (Figura 6).

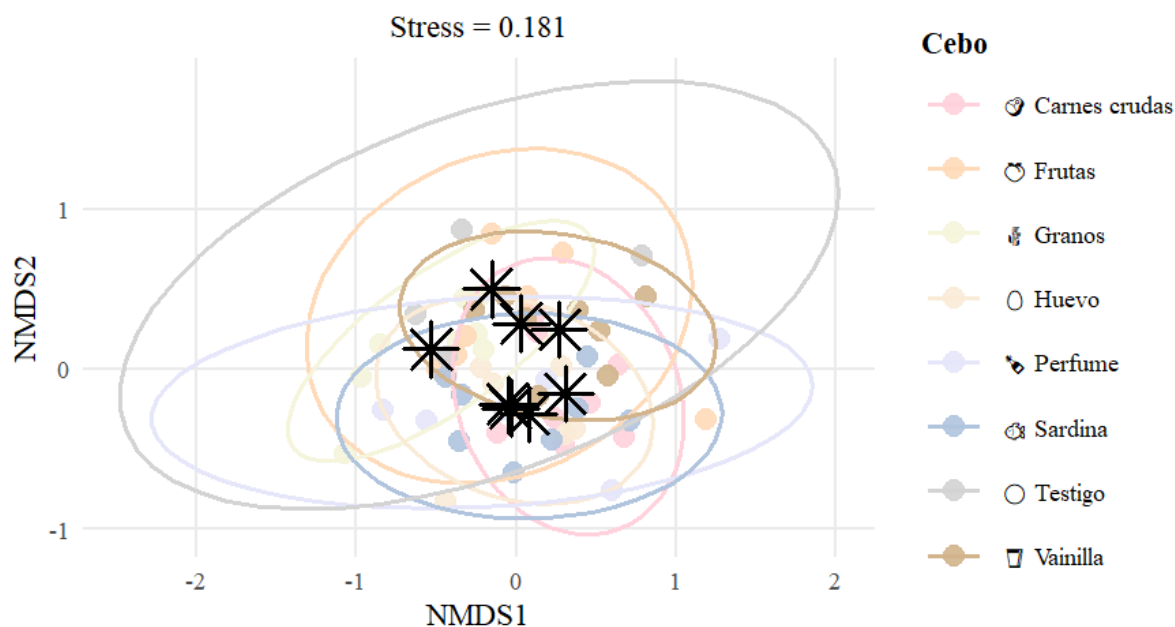


Figura 6. Ordenación NMDS (Escalamiento Multidimensional No Métrico) de la composición de especies por tipo de cebo basado en la disimilitud de Bray - Curtis ($p=0.001$)

V. II. Índice de Abundancia Relativa (IAR).

El monitoreo se llevó a cabo mediante 8 cámaras trampa operando durante un total de 240 días de monitoreo (120 días por ronda), por lo que, el esfuerzo total fue de 1 920 días-cámara. El análisis del Índice de Abundancia Relativa (IAR) y la Abundancia Total (registros) mostraron una marcada diferencia en la eficiencia de los cebos para atraer fauna silvestre (Tabla 3).

Los cebos de huevo (IAR=0.60) y sardina (IAR=0.58) resultaron ser los más efectivos, obteniendo la mayor cantidad de registros totales (72 y 69, respectivamente). Estos valores superaron a todos los demás incluyendo a la vainilla (0.54) y los cebos de carnes crudas y granos (ambos con IAR=0.46).

Por el contrario, los cebos de frutas (IAR=0.36) y perfume (IAR=0.36) presentaron los valores más bajos entre los tratamientos activos. El testigo (IAR=0.13), al no contener un atrayente, registró el IAR más bajo de todo el estudio, confirmando que la presencia de un cebo activo aumenta significativamente la probabilidad de registro (Figura 7).

Tabla 3. Índice de Abundancia Relativa (IAR) y Abundancia Total por tipo de cebo.

Tipo de cebo	IAR	Abundancia Total
Carnes crudas	0.46	56
Frutas	0.36	44
Granos	0.46	56
Huevo	0.60	72
Perfume	0.35	42
Sardina	0.58	69
Testigo	0.13	16
Vainilla	0.54	65

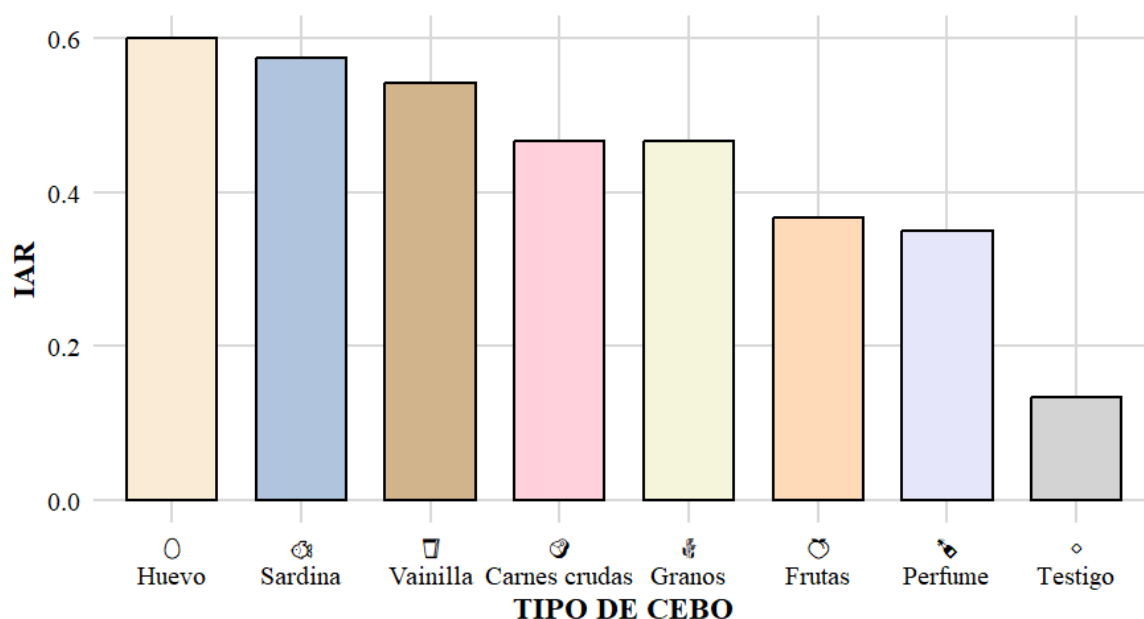


Figura 7. Índice de Abundancia Relativa por tipo de cebo.

V. III. Índices de diversidad y estructura comunitaria.

V. III.I. Índices de Diversidad.

El análisis de la estructura comunitaria mediante los índices de diversidad mostró que los cebos de origen animal (huevo, carnes crudas y sardina) fueron los más efectivos para atraer una mayor y más diversa comunidad de especies, mostrando consistentemente los valores más altos en los tres índices. Mientras que, los cebos granos y perfume fueron los menos diversos y con menor riqueza entre los demás atrayentes (Tabla 4).

Tabla 4. Resumen de la Diversidad de Especies Atraídas por diferentes cebos.

Tipo de cebo	Shannon	Simpson	Chao1
Carnes crudas	1.34	0.71	5.22
Frutas	0.84	0.64	2.75
Granos	0.70	0.44	2.38
Huevo	1.33	0.70	6.19
Perfume	0.62	0.50	2.56
Sardina	1.30	0.69	4.91
Testigo	0.18	0.61	0.88
Vainilla	1.07	0.60	4.29

El índice de Shannon nos indica que un valor más alto es mayor diversidad; por lo que los cebos de carnes crudas ($H' = 1.34$), huevo ($H' = 1.33$) y sardina ($H' = 1.30$) presentan la mayor diversidad. Al igual, la vainilla ($H' = 1.07$) y fruta ($H' = 0.84$) también representan una diversidad relativamente alta. Mientras que el perfume ($H' = 0.62$) muestra la menor diversidad, junto con el testigo ($H' = 0.18$) (Figura 8).

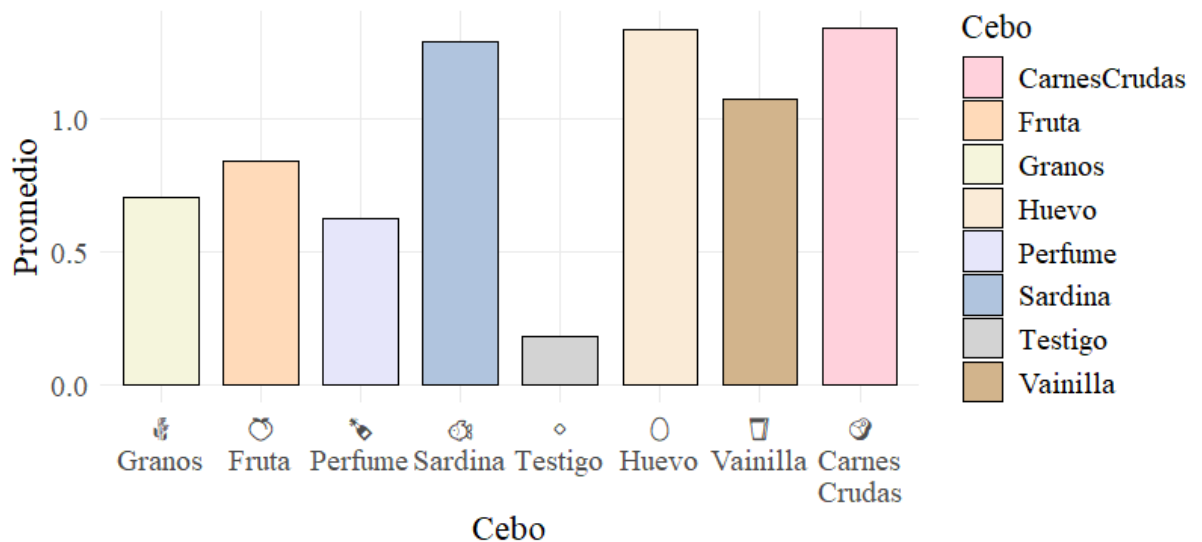


Figura 8. Diversidad de especies utilizando el índice de Shannon por tipo de cebo.

El Índice de Simpson hace referencia que el valor más cercano a 1 (o el más alto) indica que una menor probabilidad de que dos individuos sean de la misma especie (mayor equidad) y una mayor diversidad; por lo que los cebos carnes crudas ($D = 0.71$) y huevo ($D = 0.70$) muestran la mayor equidad/diversidad. Mientras que, los granos ($D = 0.44$) representa la menor equidad/diversidad entre los cebos, indicando que las especies atraídas son menos equitativas o hay una especie dominante (Figura 9).

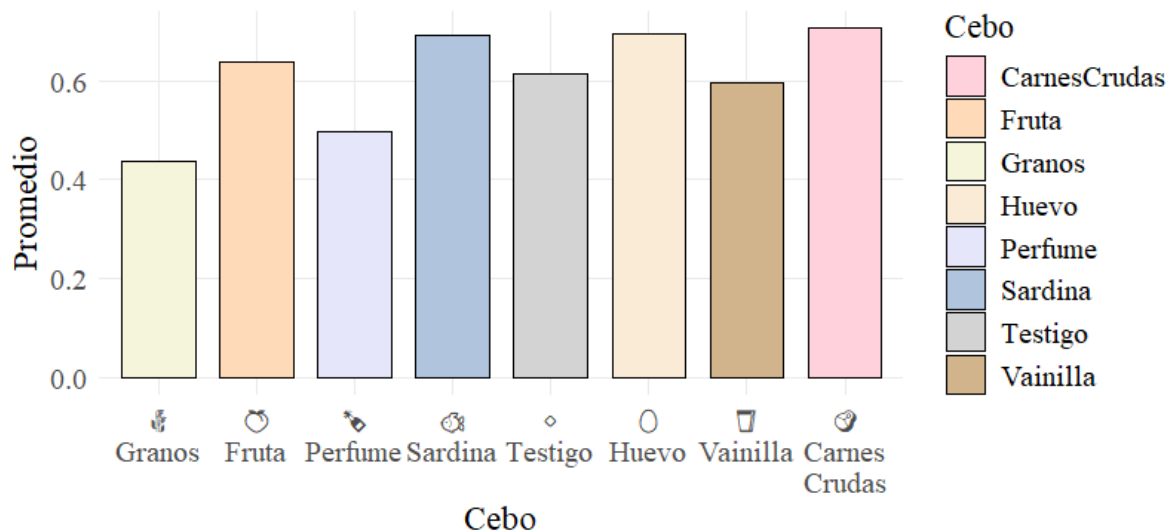


Figura 9. Equidad y dominancia de especies utilizando el índice de Simpson por tipo de cebo.

El Índice de Chao1 indica que un valor más alto sugiere un mayor número total estimado de especies; por lo que el huevo (Chao1=6.19) y carnes crudas (Chao1=5.22) estiman la mayor riqueza de especies en la comunidad, en cuanto al testigo (Chao1=0.88) fue el que estimo la menor riqueza (Figura 10).

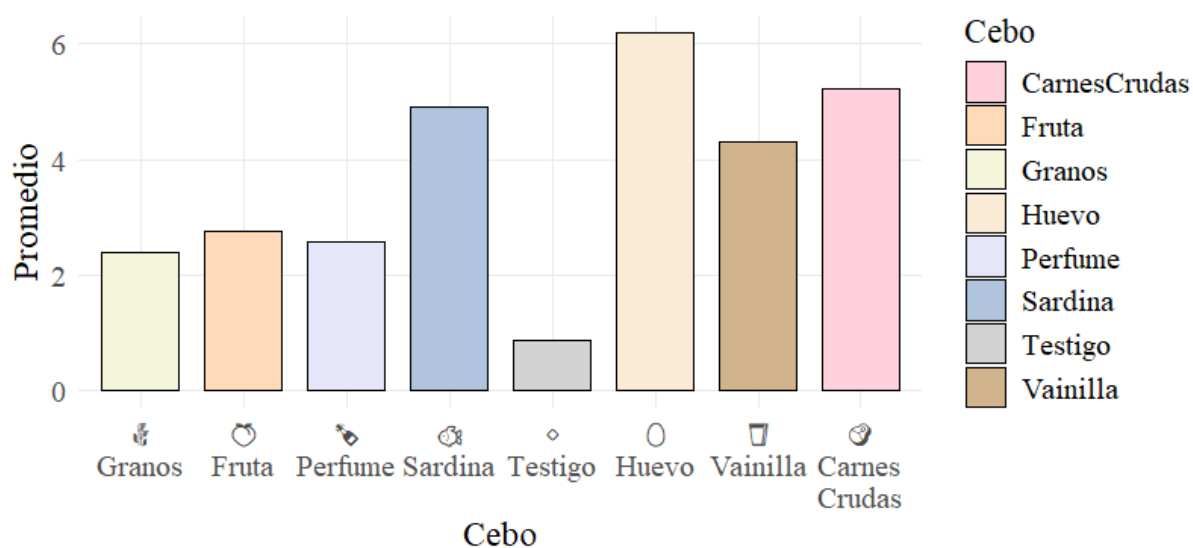


Figura 10. Riqueza estimada de especies utilizando el índice de Chao1 por tipo de cebo.

V. III. II. Curvas de rarefacción.

El cebo carnes crudas es, de forma consistente, el que presenta la mayor riqueza esperada de especies para cualquier número de individuos muestreados. Esto sugiere que cada individuo capturado con este cebo tiene la mayor probabilidad de pertenecer a una nueva especie. La sardina y el huevo también se ubican en la parte superior, indicando una alta eficiencia en la atracción de las especies. Los granos y el perfume muestran la riqueza más baja, al igual que el testigo. Las curvas de carnes crudas y sardina todavía tienen una pendiente positiva significativa al final, lo que implica que, si se hubieran registrado más individuos, quizás se habrían encontrado más especies nuevas (Figura 11).

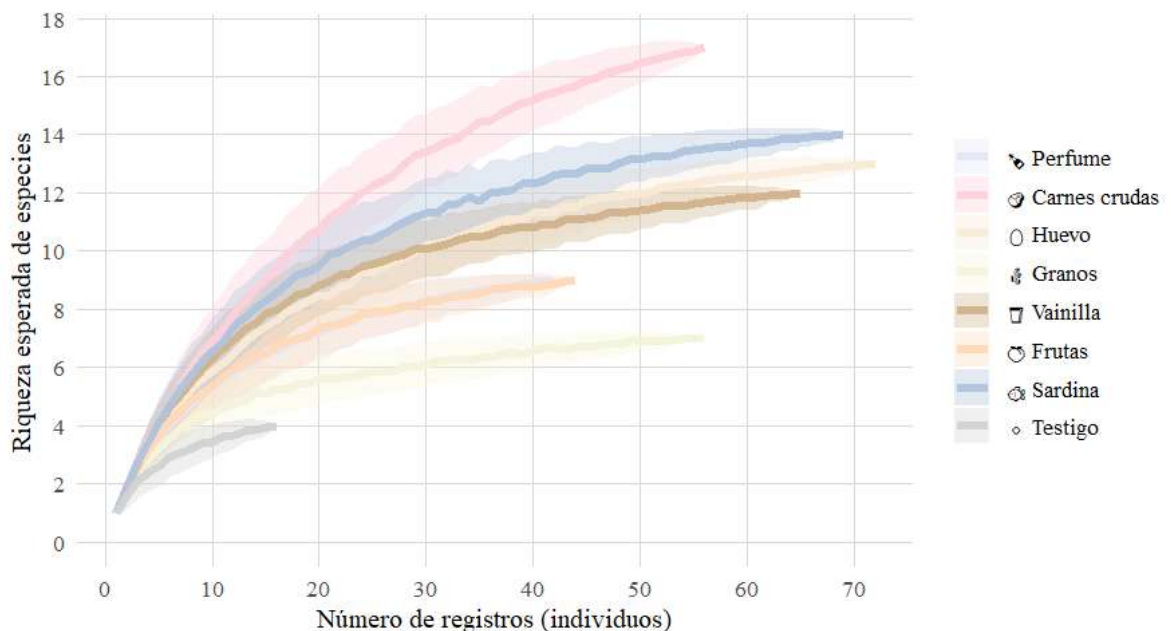


Figura 11. Curva de rarefacción mediante la riqueza esperada de especies en función del número de individuos registrados por cebo.

Los cebos de carnes crudas y sardina muestran la acumulación de especies más rápida y alcanzan el nivel más alto de riqueza esperada, confirmando que son los cebos que maximizan la riqueza de especies por unidad de esfuerzo de muestreo.

La riqueza esperada al final de la muestra es similar a la observada en el análisis por individuos: carnes crudas (máxima riqueza), seguida por la sardina y el huevo.

La mayoría de las curvas muestran una clara tendencia a aplanarse después de 6 a 8 muestras. Esto indica que el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente para capturar la mayoría de las especies atraídas por los cebos más efectivos (Figura 12).

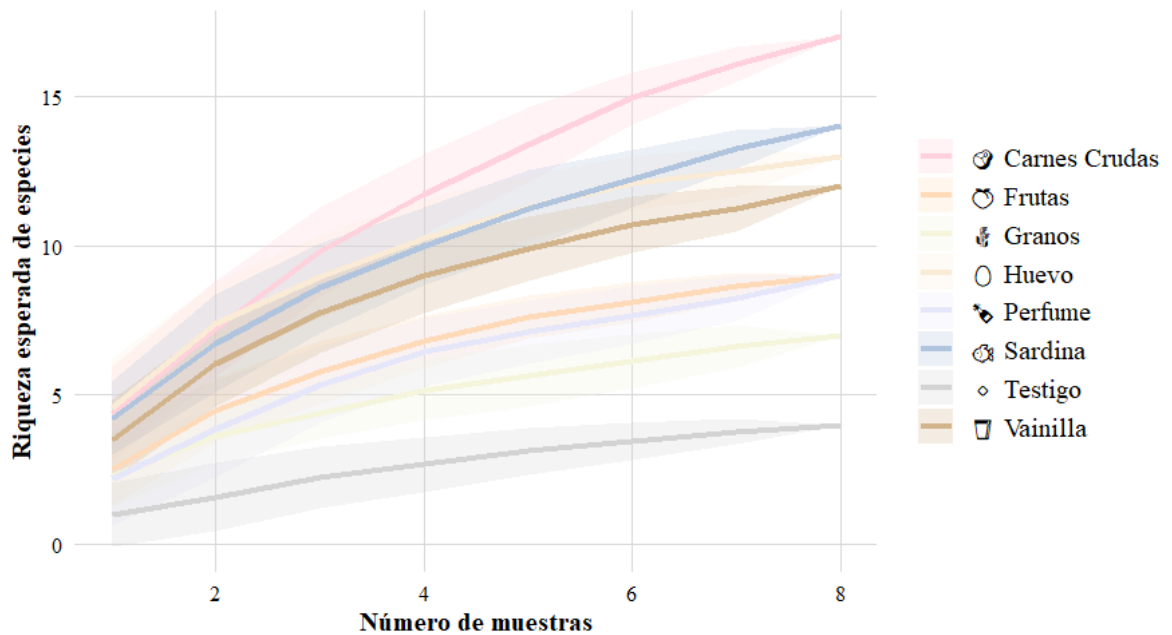


Figura 12. Curva de rarefacción para la comparación de la riqueza acumulada por el número de muestras entre los diferentes cebos.

V.III. III Diagramas de Pareto.

El principio de Pareto establece que, para muchos eventos, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas (la regla 80/20). En este contexto, el análisis se centra en identificar las pocas especies vitales que representan la mayor parte de las detecciones por cebo.

En la Figura 13 se muestra el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas en la categoría carnes crudas. Los datos revelan que las especies más abundantes, y principal responsable de la respuesta de este cebo, fue el *Canis latrans* (coyote), seguido por el *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris). Estas dos especies de cánidos, junto con el *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar), se concentran por sí solas más del 50% de la abundancia total. Es notable la inclusión de aves carroñeras (*Corvus corax* y *Cathartes aura*), omnívoros (*Nasua narica* y *Meleagris gallopavo*) y un roedor (*Peromyscus spp.*).

En contraste, el resto de las especies, incluyendo a *Lynx rufus* (Lince americano), las mofetas (*Mephitis macroura* y *M. mephitis*), roedores medianos (*Otospermophilus variegatus* y *Sciurus nayaritensis*) y un marsupial (*Didelphis virginiana*) son clasificados como especies de importancia secundaria. Estos taxones contribuyen de manera marginal, con una o dos detecciones individuales. Este comportamiento confirma que el cebo de carnes crudas es altamente efectivo para el monitoreo de depredadores, carroñeros generalistas, pero registra con baja frecuencia a otros carnívoros y mamíferos pequeños.

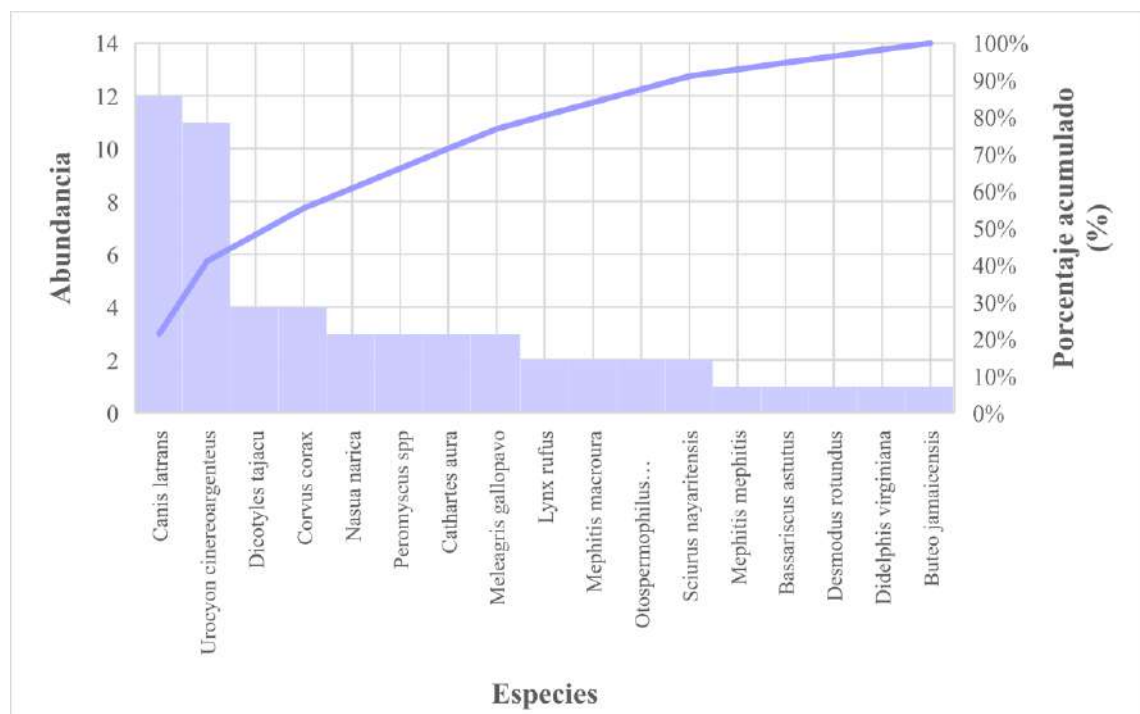


Figura 13. Diagrama de Pareto que relaciona la abundancia de cada especie (barras, eje Y izquierdo) con el porcentaje acumulado de esa abundancia (línea morada, eje Y derecho) obtenido utilizando el cebo de carnes crudas.

Como se observa en la Figura 14, presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas con el cebo de sardina, la especie más abundante, fue *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris), seguido por el *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar). La tercera especie abundante fue *Canis latrans* (Coyote). Es notable que las tres especies de mayor abundancia sean mamíferos, aunque *Cathartes aura* (Zopilote aura) también se encuentra en el grupo de los vitales, al igual que *Nasua narica* (Coatí) y un roedor (*Peromyscus* spp).

En contraste, el resto de las especies, incluyendo a *Lynx rufus* (Lince americano), los zorrillos (*Mephitis macroura*, *M. mephitis* y *Conepatus leuconotus*), *Otospermophilus variegatus* (Ardillón de rocas) y *Corvus corax* (Cuervo) son clasificados como especies de importancia secundaria. Estos taxones contribuyen de manera marginal al total de las detecciones, con abundancias iguales o inferiores a dos registros. Este comportamiento confirma que el cebo de sardina es altamente efectivo para ciertos carnívoros y omnívoros, pero menos selectivo y sensible para el registro de otras especies de mamíferos.

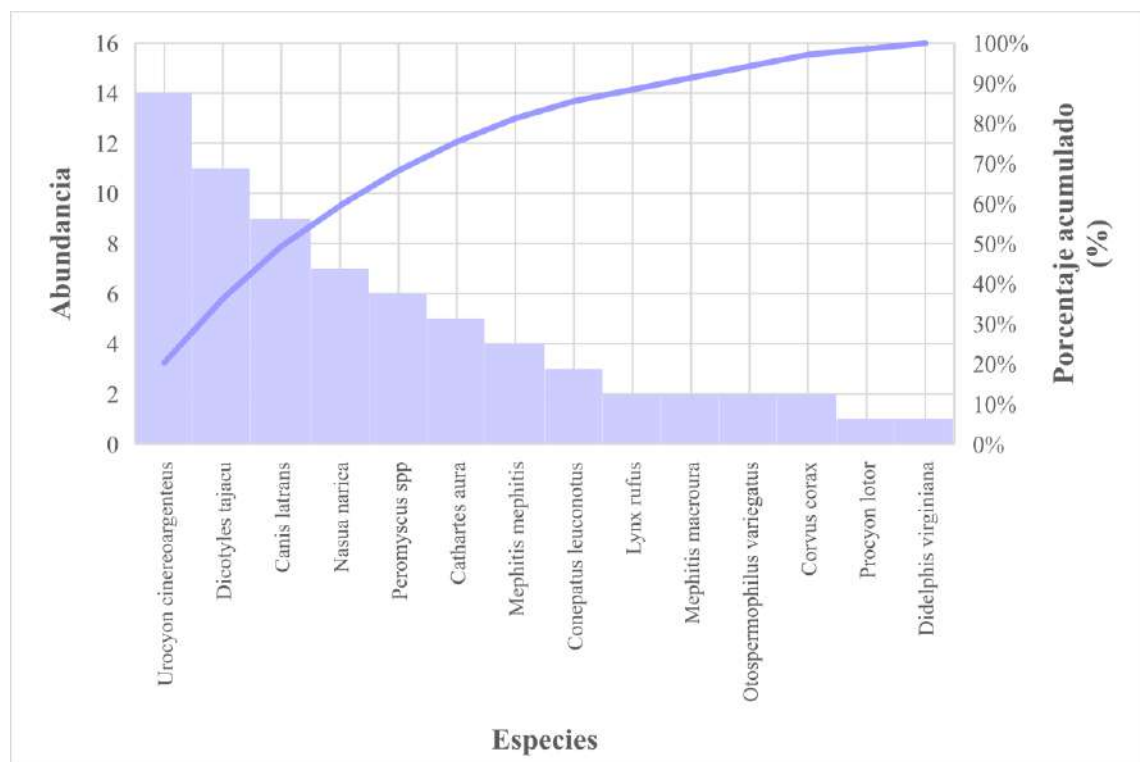


Figura 14. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando el cebo de sardina.

En la Figura 15, se presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas utilizando como cebo huevo. Las cinco especies vitales que concentran la mayor respuesta de este cebo son: *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris), *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar), *Canis latrans* (Coyote), *Odocoileus virginianus* (Venado de cola blanca) y *Aphelocoma ultramarina* (Chara pecho gris). En conjunto, estas especies acumulan cerca del 84% de la abundancia total registrada.

En contraste, el resto de las ocho especies que en las cuales se incluyen las mofetas (*Mephitis macroura*, *M. mephitis* y *Conepatus leuconotus*), *Bassariscus astutus* (Cacomixtle norteño), y aves (*Corvus corax*, *Cyanocitta stelleri*, *Mimus polyglottos* y *Empidonax wrightii*), son clasificados como especies de importancia secundaria, los cuales contribuyen de manera marginal al total, con la mayoría de ellos presentando menos de tres registros.

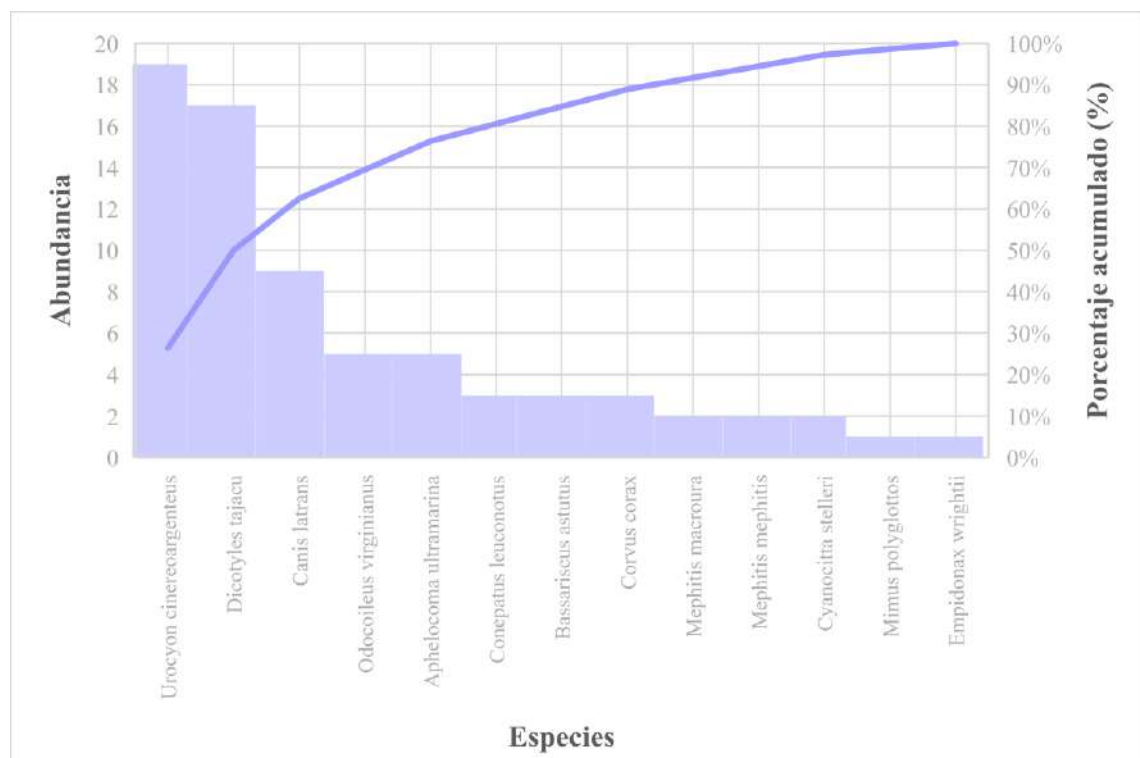


Figura 15. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando como cebo huevo.

Como se muestra en la Figura 16, presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas utilizando como cebo vainilla. Las seis especies vitales que concentran la mayor respuesta de este cebo son: *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris), *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca), *Meleagris gallopavo* (Guajolote silvestre), *Mephitis macroura* (Zorrillo listado sureño), *Peromyscus* spp. (Ratón) y *Canis latrans* (Coyote). En conjunto, estas especies acumulan cerca del 80.5% de la abundancia total registrada.

En contraste, el resto de las especies en las cuales se incluyen a *Sylvilagus audubonii* (Conejo de cola de algodón del desierto), *Sciurus nayaritensis* (Ardilla zorro mexicana), *Aphelocoma ultramarina* (Chara pecho gris), *Empidonax wrightii* (mosquero gris) *Bassariscus astutus* (Cacomixtle norteño) y *Procyon lotor* (Mapache), contribuyen de manera marginal al total de las detecciones. Este comportamiento, indica que el atrayente de vainilla es selectivo desde los carnívoros oportunistas hasta los herbívoros y omnívoros.

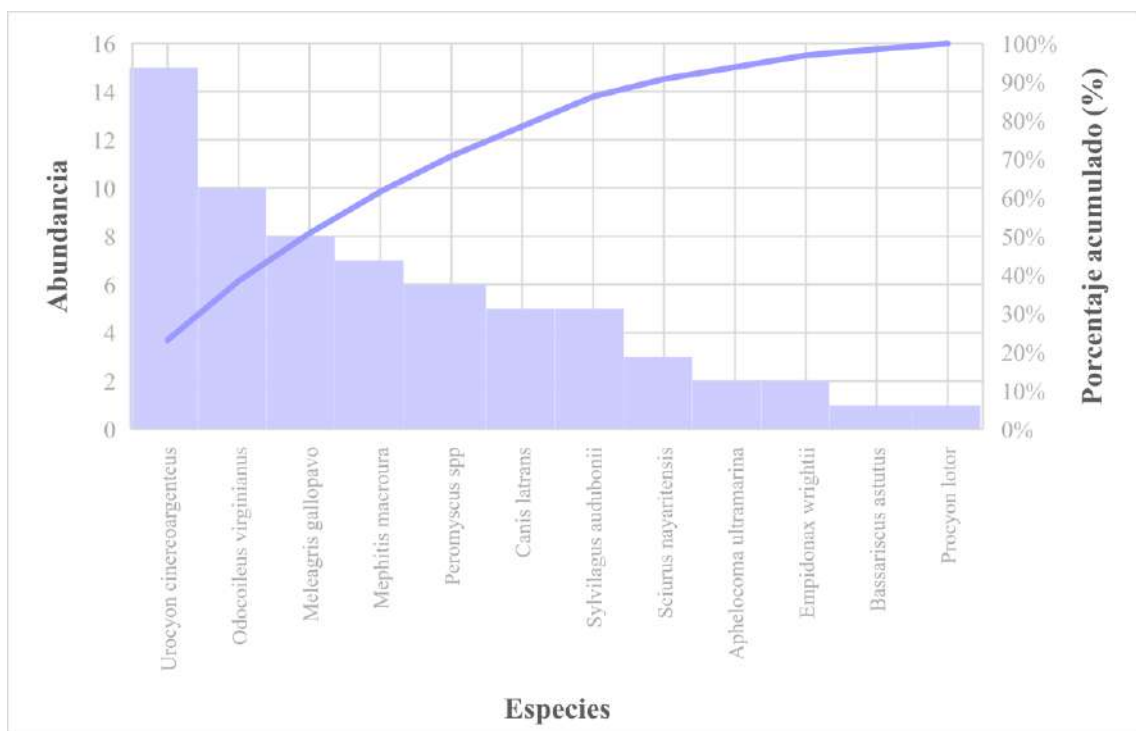


Figura 16. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando como cebo vainilla.

En la Figura 17, presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas utilizando como cebo perfume. Las cinco especies vitales que concentran la mayor respuesta a este cebo son: *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar), *Meleagris gallopavo* (Guajolote silvestre), *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris), *Canis latrans* (Coyote) y *Otospermophilus variegatus* (Ardillón de rocas). En conjunto, estas especies acumulan cerca del 80.5% de la abundancia total registrada.

En contraste, el resto de las especies en las cuales se incluyen *Peromyscus* spp (Ratón), *Tamias durangae* (Ardilla listada de Durango), *Sciurus nayaritensis* (Ardilla zorro mexicana), *Aphelocoma ultramarina* (Chara pecho gris) y *Myiarchus tyrannulus* (Papamoscas gritón), contribuyen de manera marginal al total de las detecciones. Este comportamiento, indica que el atrayente de perfume es altamente atractivo principalmente para el Pecarí de collar, así como de otras especies de fauna, pero exhibe baja sensibilidad para el monitoreo de la mayoría de las especies menores.

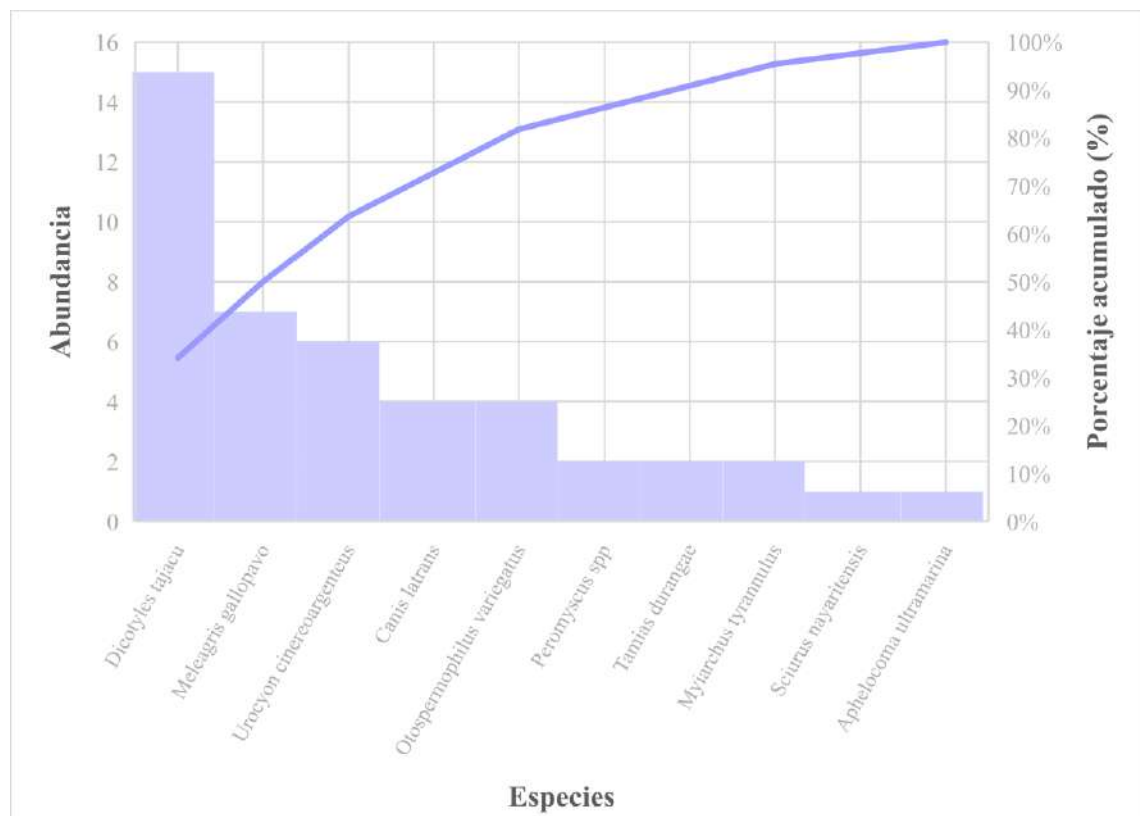


Figura 17. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando como cebo perfume.

Como se ve en la Figura 18, presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas utilizando como cebo frutas. Las especies vitales que concentran la mayor respuesta a este cebo son: *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris), *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar), *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca) y *Didelphis virginiana* (Tlacuache nortño), En conjunto, estas especies acumulan aproximadamente el 85% de la abundancia total registrada.

En contraste, el resto de las especies: *Sylvilagus audubonii* (Conejo de cola de algodón del desierto), *Sciurus nayaritensis* (Ardilla zorro mexicana), *Geococcyx californianus* (Correcaminos nortño), *Bassariscus astutus* (Cacomixtle nortño) y *Otospermophilus variegatus* (Ardillón de rocas) presentan muy bajas abundancias, por lo que contribuyen de manera marginal al conjunto evaluado.

Este comportamiento confirma una estructura de abundancia fuertemente sesgada hacia unas pocas especies dominantes, principalmente mamíferos grandes y medianos, mientras que el resto de las especies aparece de forma ocasional y con escasa representatividad con este atrayente.

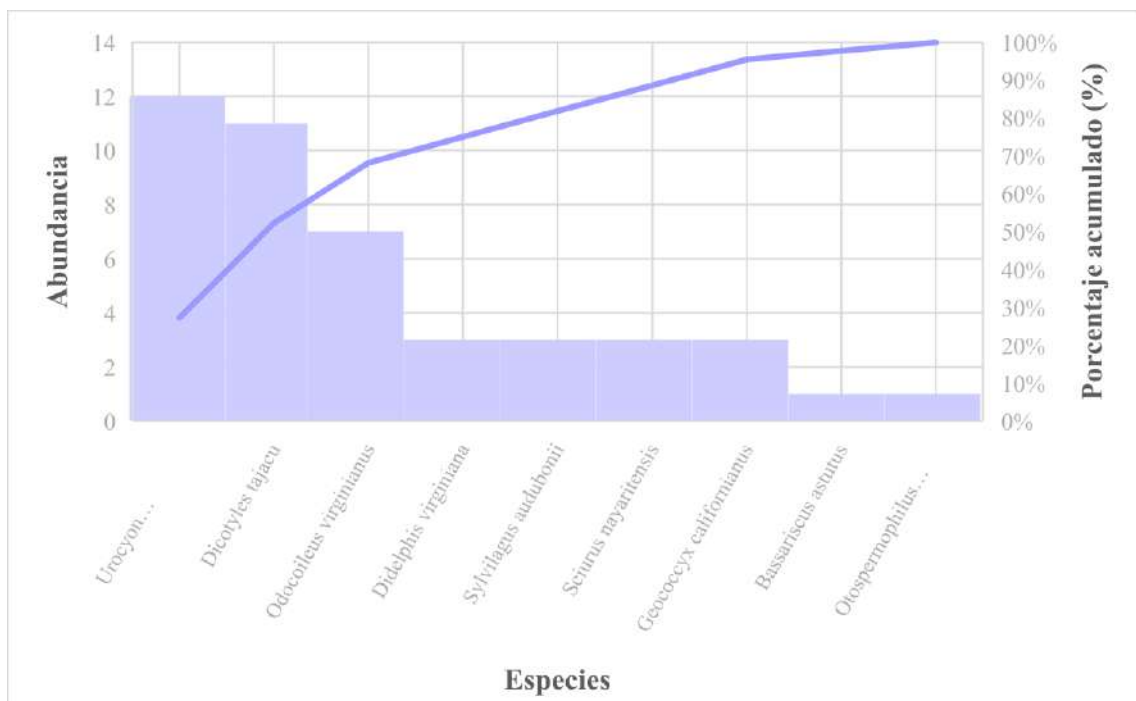


Figura 18. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando como cebo frutas.

En la Figura 19, se presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas utilizando como cebo granos. Las especies vitales que concentran la mayor respuesta a este cebo son: *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar), *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris), *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca) y *Meleagris gallopavo* (Guajolote silvestre), En conjunto, estas especies acumulan casi el 91% de la abundancia total registrada.

En contraste, el resto de las especies: *Mephitis macroura* (Zorrillo listado sureño), *Melozona fusca* (Rascador viejita) y *Spilogale gracilis* (Zorrillo manchado occidental), son clasificadas como especies de importancia secundaria, ya que contribuyen con alrededor del 9% de la abundancia. Estos resultados, indican que el cebo atrae a mamíferos grandes, medianos y aves.

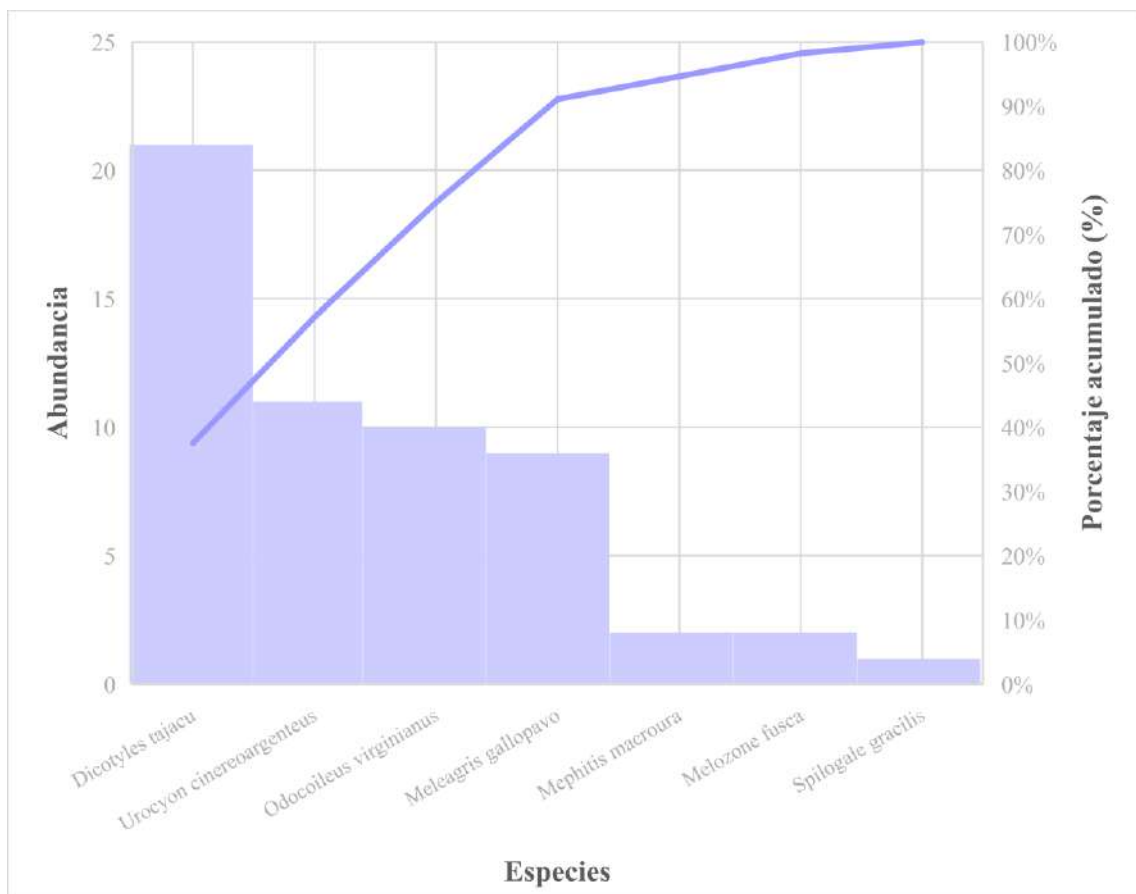


Figura 19. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) utilizando como cebo granos.

Como se aprecia en la Figura 20, se presenta el diagrama de Pareto correspondiente a las especies registradas sin utilizar cebo (testigo). Las especies *Dicotyles tajacu* (Pecarí de collar) y *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca) en conjunto acumulan aproximadamente el 85% de la abundancia total registrada. Esto demuestra una estructura de abundancia fuertemente dominada por los ungulados, evidenciando que estas especies son las vitales en el testigo.

Mientras que, las otras especies registradas, *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) y *Mephitis macroura* (Zorrillo listado sureño), presentan abundancias muy bajas, por lo que son clasificadas como especies de importancia secundaria. Este resultado indica que, en ausencia de un atrayente específico, la actividad de detección se concentra casi exclusivamente en el Pecarí de collar y el Venado cola blanca.

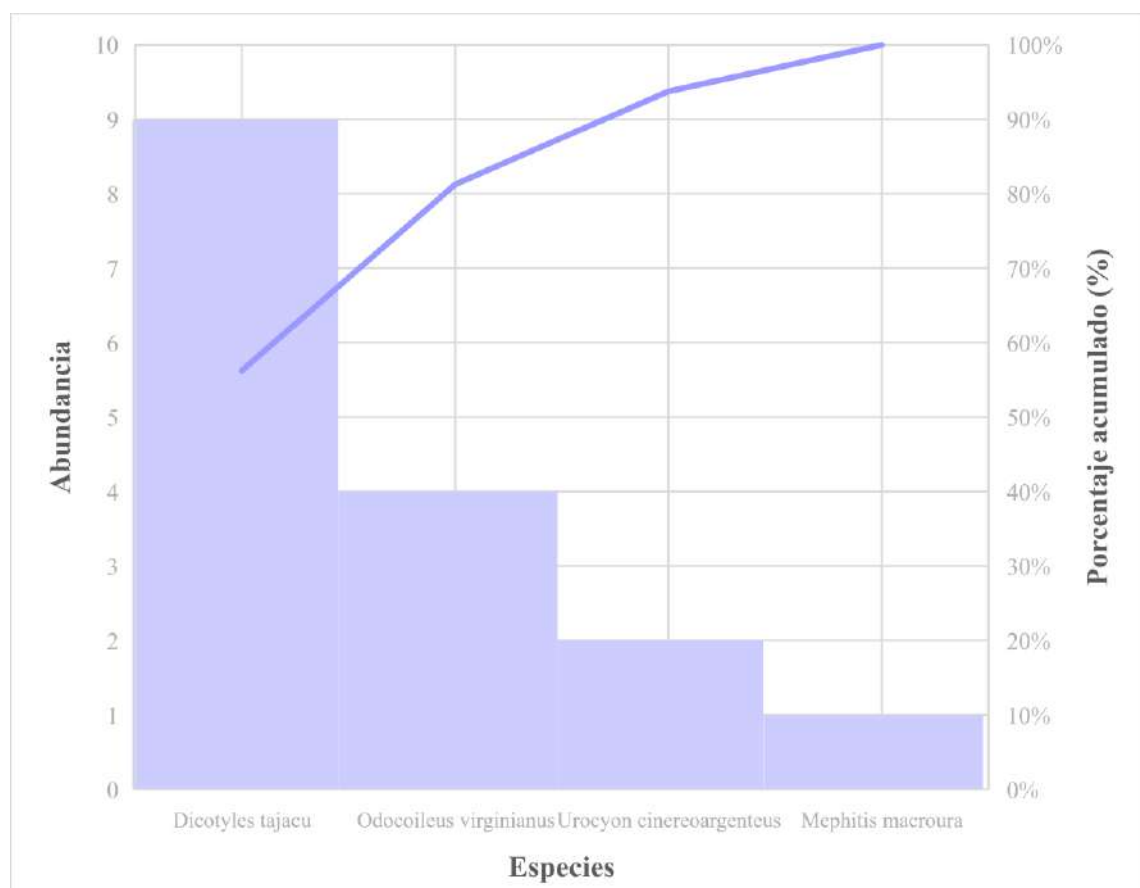


Figura 20. Diagrama de Pareto que ilustra la abundancia de las especies capturadas (barras, eje Y izquierdo) y su porcentaje acumulado (línea morada, eje Y derecho) sin utilizar cebo (testigo).

V. IV. Análisis de Rentabilidad Monetaria.

La rentabilidad basada en la abundancia (individuos detectados) ésta fuertemente influenciada por el costo, siguiendo el principio: Alto IAR y bajo costo es igual a Alta Rentabilidad Monetaria (Chao, 1984; Mortelliti et al., 2024; O'Connell et al., 2011).

Los cebos con la mayor Rentabilidad Monetaria por la abundancia son la vainilla (0.043), granos (0.042) y huevo (0.41), a pesar de que el huevo tuvo el IAR más alto, la vainilla y los granos lo superan ligeramente en rentabilidad por su bajo costo. El perfume presenta la RM_{IAR} más baja (0.007) debido a su alto costo, lo que lo convierte en la opción menos eficiente para la detección general de individuos (Tabla 5).

Tabla 5. Rentabilidad Monetaria de los cebos basada en el Índice de Abundancia Relativa (IAR).

Cebo	IAR	Costo por muestra	RM_{IAR}	Clasificación
Carnes crudas (retazo)	0.46	\$33.50	0.014	Bajo
Frutas	0.36	\$14.50	0.025	Medio
Granos	0.46	\$11.00	0.042	Alto
Huevo	0.60	\$14.60	0.041	Alto
Perfume	0.35	\$48.00	0.007	Muy bajo
Sardina	0.58	\$36.50	0.016	Bajo
Vainilla	0.54	\$12.50	0.043	Alto

La rentabilidad basada en la riqueza (diversidad de especies) muestra que la relación riqueza/costo es el factor determinante. El cebo de huevo es el que ofrece la mejor Rentabilidad Monetaria por riqueza, con un valor de 0.424. La vainilla es el segundo más rentable (0.343), y el perfume es el menos rentable (0.053). Los cebos más caros, como las carnes crudas y la sardina, a pesar de tener haber registrado una alta riqueza de especies, tienen una rentabilidad baja o media-baja debido a que su alto precio diluye la efectividad monetaria (Tabla 6).

Tabla 6. Rentabilidad Monetaria de los cebos basada en la riqueza de especies (Chao1).

Cebo	Chao1	Costo por muestra	RM_{Chao1}	Clasificación
Carnes crudas (retazo)	5.22	\$33.50	0.156	Medio – bajo
Frutas	2.75	\$14.50	0.190	Medio
Granos	2.38	\$11.00	0.216	Medio
Huevo	6.19	\$14.60	0.424	Muy alto
Perfume	2.56	\$48.00	0.053	Muy bajo
Sardina	4.91	\$36.50	0.135	Bajo
Vainilla	4.29	\$12.50	0.343	Alto

Al considerar ambos índices, el huevo ofrece la mejor rentabilidad general para la detección de fauna, destacándose especialmente por la riqueza de especies obtenidas por cada peso invertido (Tabla 6). Contemplando que, si el objetivo es maximizar la riqueza de especies con un presupuesto limitado, el huevo es la mejor opción, al igual que la vainilla. Sin embargo, si el objetivo primario es muestrear específicamente carnívoros o carroñeros y el presupuesto es ilimitado, la sardina y las carnes crudas pueden ofrecer una mayor probabilidad de éxito en la detección de esas especies. Y, por último, el perfume no es una buena opción debido a su nula rentabilidad monetaria y su bajo desempeño en la detección de fauna.

VI. DISCUSIÓN

VI: I. Efectividad diferencial de los cebos.

La investigación arrojó un total de 422 registros independientes, que comprenden una diversidad de 30 especies, clasificadas en 11 órdenes y 19 familias, considerando a los carnívoros como el grupo faunístico más predominante. La hipótesis de este trabajo propone que existen diferencias significativas en la efectividad de atracción de fauna silvestre entre los cebos, donde los resultados confirman que el tipo de cebo utilizado en cámaras trampa tiene un efecto significativo sobre los patrones de la efectividad de diferentes cebos (Buyaskas et al., 2020; Holinda et al., 2020).

El análisis PERMANOVA ($p=0.001$) demostró que el cebo explica el 20.2% de la variación en la composición de especies, confirmando que la preferencia alimenticia es un factor determinante en la respuesta de las diferentes especies a los cebos.

Los cebos de origen animal (carne cruda, sardina y huevo) constantemente presentaron los valores más altos en diversidad y riqueza de especies, superando a los atrayentes de origen vegetal y sintético. Esta superioridad puede atribuirse al alto contenido proteico y a los compuestos volátiles derivados de la degradación de tejidos animales que resultan altamente atractivos para carnívoros, omnívoros y carroñeros (Barton et al., 2013; Hoermann et al., 2022). Los cebos de origen animal ofrecen claras ventajas aumentando significativamente la probabilidad de detección sin comprometer la diversidad total registrada.

VI. II. Índice de abundancia relativa.

El Índice de Abundancia Relativa (IAR) demostró que el huevo ($IAR=0.60$) es uno de los cebos más efectivos, similar a los resultados obtenidos por Bullard et al. (1978), así mismo la sardina ($IAR=0.58$) representó ser efectiva en la detección, como lo reportado

en otros estudios (Avrin et al., 2021; Ferreira-Rodríguez y Pombal., 2019; López-Angulo et al., 2025). El control (IAR=0.13) confirmó que la ausencia de cebo reduce drásticamente las detecciones, validando el uso de cebos para incrementar la eficacia del muestreo, el tiempo en que los animales pasan en la cámara y mejorando la cantidad y calidad en las fotografías concordando con Monterroso et al., (2011), Mortelleti et al. (2024) y Randler et al., (2020). Estos resultados son consistentes con estudios que han demostrado incrementos significativos en las tasas de detección cuando se utilizan cebos apropiados y teniendo objetivos claros (Ebel et al., 2024; Holinda et al., 2020).

Sin embargo, es importante considerar que el uso de cebos puede introducir sesgos en los estudios de ocupación o densidad poblacional ya que las especies exhiben respuestas diferenciadas que podrían alterar las probabilidades de detección (Fidino et al., 2020; Holinda et al., 2020).

VI. III. Diversidad y estructura comunitaria.

El análisis de los Índices de biodiversidad reveló patrones consistentes que refuerzan la superioridad de los cebos de origen animal. El Índice de Shannon que pondera tanto la riqueza como la equitatividad de especies, mostro valores más altos para carnes crudas ($H' = 1.34$), huevo ($H' = 1.33$) y sardina ($H' = 1.30$)

El Índice de Simpson, confirma que los cebos de origen animal (carne cruda $D = 0.71$ y huevo $D = 0.70$) mantienen la mayor equitatividad en la comunidad. En el caso de los granos ($D = 0.44$) mostró una menor equitatividad, indicando dominancia de pocas especies. Mientras que las frutas ($D = 0.64$) se inclinan a una equitatividad intermedia.

Aunque no se contempló para los análisis, es relevante mencionar que hubo presencia de ganado (*Bos taurus*), caballos (*Equus caballus*) y burros (*Equus asinus*) (Figura 21) en las estaciones, y se notó que su presencia aumento significativamente cuando se utilizó cebos como frutas y granos, por lo que, quizás fue uno de los motivos que no se tuvieran registros considerables para evidenciar si es o no un buen atrayente para algunas especies de fauna silvestre, como lo reportado por Sebastián-González et al., (2020). Estos autores mencionan que utilizando como cebo frutas, en estas se registraron un mayor número de aves, que en nuestro caso no fue así, solo se registró *Geococcyx californianus* (Correcaminos nortño).

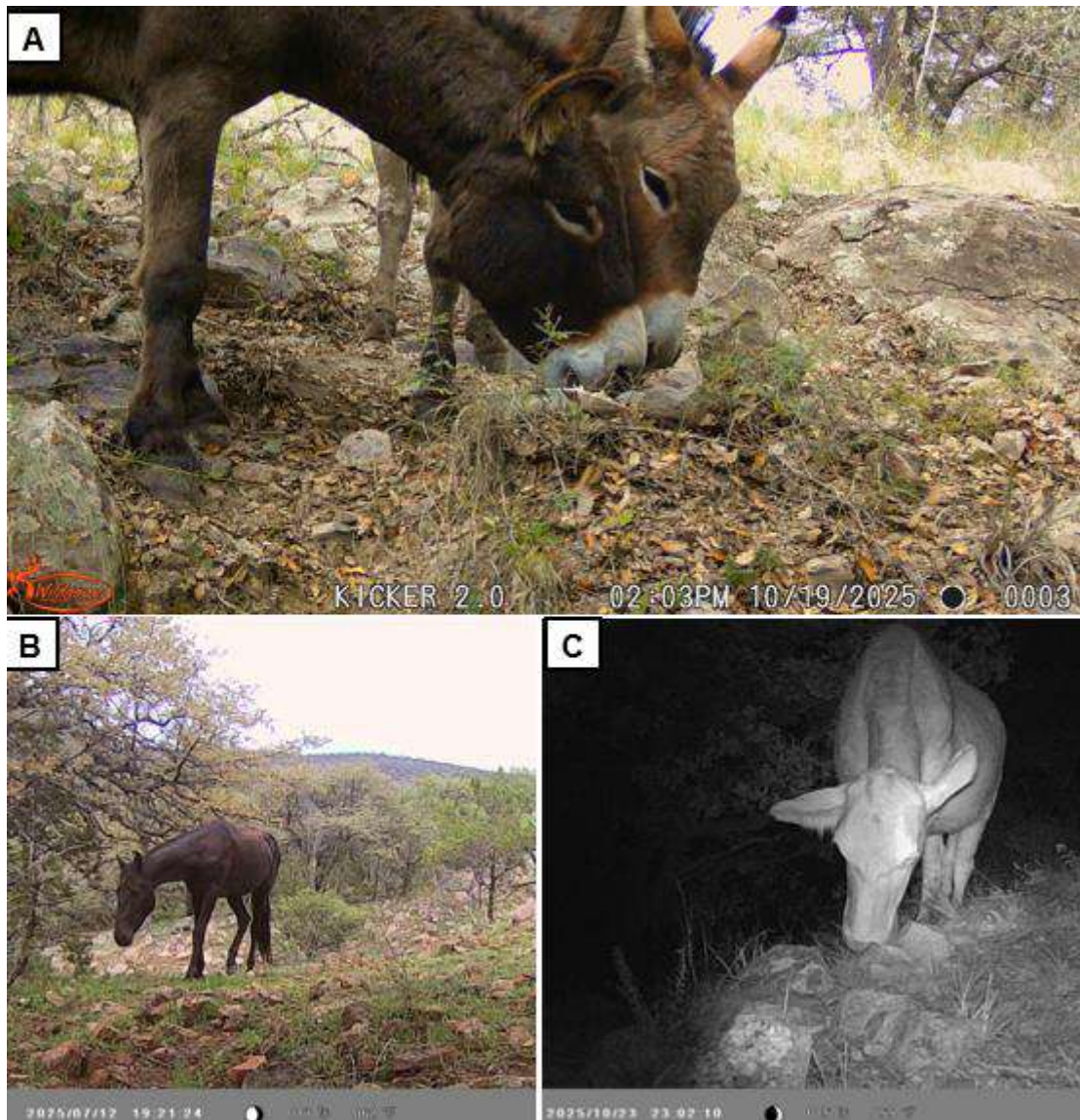


Figura 21. Imagen de fauna doméstica registrada en el fototrampeo: panorámica de a) *Equus asinus* (Burro), b) *Equus caballus* (Caballo) y c) *Bos taurus* (Vaca).

El estimador de Chao1 (1984), sugiere que el huevo (Chao1=6.19) y las carnes crudas (Chao1=5.22) tienen el potencial de detectar el mayor número de especies con esfuerzo adicional de muestreo. En el caso de las carnes crudas, estos resultados coinciden con literatura previa (Alvarado-Guevara et al., 2024; Ferreira-Rodríguez y Pombal., 2019 y Gerber et al., 2012), donde se ha documentado consistentemente su eficacia para la incrementación de la tasa de detección y permite tener estimaciones más efectivas con menor variación en la mayoría de las especies objetivo.

En relación con el huevo, los estudios previos muestran resultados más variables y dependientes del contexto. Por ejemplo, Bullard et al., (1978) demostraron que el huevo (natural o sintético) puede ser un atrayente potente para carnívoros, lo que es congruente

por el alto valor de Chao1 observado en este estudio. Sin embargo, investigaciones más recientes, reportan resultados menos consistentes: Heinlein et al. (2020) encontraron que el huevo no aumentó significativamente la detección de mesocarnívoros, mientras que Thorn et al. (2009) observaron que, aunque los huevos fermentados si mejoran la detección en la hiena parda, fueron menos efectivos que otros cebos (vísceras y pescado). Las curvas de rarefacción confirmaron que los cebos de carnes crudas y sardina no alcanzaron una asíntota (Figura 11 y 12), indicando que con mayor esfuerzo de muestreo podrían registrarse especies adicionales. Este patrón sugiere que ambos atrayentes son especialmente eficaces para captar especies raras, que probablemente podrían pasar desapercibidas en muestreos convencionales sin el uso de cebo.

VI. IV. Análisis de rentabilidad.

El Análisis de Rentabilidad Monetaria reveló que la vainilla ($RM_{IAR}=0.043$), granos ($RM_{IAR}=0.042$) y huevo ($RM_{IAR}=0.041$) ofrecen la mejor relación costo beneficio en términos de abundancia detectada. Sin embargo, cuando se considera la riqueza de especies como métrica prioritaria, el huevo ($RM_{Chao1}=0.424$) y la vainilla ($RM_{Chao1}=0.343$) destacan como las opciones más eficientes.

El perfume, a pesar de su alto costo (\$48.00 por muestra), presentó la rentabilidad más baja ($RM_{IAR}=0.007$, $RM_{Chao1}=0.053$), haciéndolo ineficiente para estudios de monitoreo rutinario. Sin embargo, su uso permitió observar comportamientos específicos en *Canis latrans* (Coyote) y *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) principalmente frotamiento, olfateo y rodadura (Figura 22), Estos comportamientos, aunque no incrementan significativamente la detección general, son relevantes para estudios etológicos y genéticos. De hecho, como señalan Steyer et al., (2013) los cebos que inducen comportamientos de frotamiento o rodadura pueden ser utilizados en muestreos de ADN, ya que facilitan la recolección de pelo o células de la piel. Por lo tanto, aunque el perfume no sea rentable para la detección masiva de especies, podría ser una herramienta focalizada sobre el comportamiento, como se ha demostrado en poblaciones de jaguares (Viscarra et al., 2011) y tucanes (Viscarra et al., 2019).

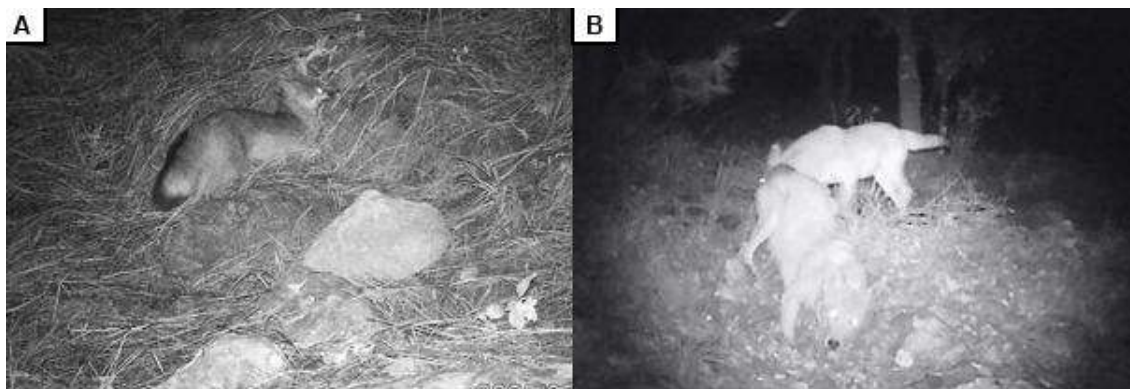


Figura 22. a) Comportamiento del *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) y de b) *Canis latrans* (Coyote) utilizando cebo como perfume

Sin embargo, en este estudio, la sardina y las carnes crudas mostraron una rentabilidad moderada, principalmente a causa de su costo superior. Este argumento parece oponerse a la perspectiva de Avrin et al. (2021), quienes indican que la sardina es un atrayente muy utilizado, precisamente por ser económico, de olor intenso y fácil de manipular.

La diferencia en las respuestas sobre rentabilidad se explica por la base de la comparación. En otros trabajos de investigación (Holinda et al., 2020; Mortelliti et al., 2024), estos cebos se contrastan con alternativas que son significativamente más costosas que las utilizadas en este estudio. Por lo tanto, la rentabilidad es un factor relativo que depende directamente del contexto de la comparación, los objetivos del estudio y el tipo de resultado que se busca. En este sentido, la eficacia de la sardina y las carnes crudas en la captación de especies a menudo compensa la inversión económica adicional, lo cual justifica su uso (Alvarado-Guevara et al., 2024; Ferreira-Rodríguez & Pombal., 2019; Ferreras et al., 2018; Mills et al., 2019).

De manera general, la implementación adecuada de cebos permite maximizar la tasa de detección, facilitando que las especies de interés interactúen con las cámaras trampa en un menor tiempo. Esta eficiencia es fundamental, pues las cámaras sin cebo requieren un mayor esfuerzo y costo para maximizar la detección (Ferreira Rodríguez & Pombal, 2019). Por el contrario, el uso de cebos adecuados puede reducir significativamente los costos, sobre todo en investigaciones de gran escala (Mortelliti et al., 2024).

VII. CONCLUSIONES

A través de este estudio se identificó que los atrayentes de origen animal (carnes crudas, sardina y huevo) fueron los más eficaces para un conjunto de especies de mamíferos y aves. Entre ellos las carnes crudas destacaron al registrar la mayor riqueza de especies, lo que sugiere que funciona como un atrayente generalista capaz de atraer omnívoros. La sardina y huevo también mostraron un desempeño favorable contribuyendo a reducir el tiempo de muestreo y aumentando la probabilidad de detección, lo que fortalece su utilidad en estudios de biodiversidad y en estrategias de conservación que requieren alta eficiencia.

Por el contrario, los cebos de origen vegetal (granos y frutas) y sintéticos (vainilla y perfume) registraron una menor efectividad y se asociaron principalmente con especies generalistas o de hábitos específicos. No obstante, los cebos sintéticos podrían considerarse complementos útiles a los atrayentes naturales bajo ciertos objetivos de estudio. Por último, el testigo, presentó los valores más bajos de registros, por lo que, se confirma la importancia del uso de cebos para la incrementación de detección de especies en los muestreos.

De manera general, los resultados reflejan un ecosistema con alta diversidad y funcionalidad ecológica, donde los cebos demostraron ser una herramienta determinante para optimizar la detección de especies. Por tanto, se concluye que el uso de diferentes tipos de cebos permite ampliar la cobertura faunística y mejorar la comprensión de la dinámica de la comunidad silvestre. Esta estrategia es valiosa cuando se requiere obtener un muestreo eficiente a corto plazo o cuando se busca focalizar la detección en una especie en particular. Los resultados obtenidos aportan información relevante para futuros estudios, al demostrar la capacidad de los cebos para atraer una amplia variedad de especies, desde mamíferos hasta fauna de talla mediana y grande, así como diversas aves.

VIII. RECOMENDACIONES

Si bien el uso de cámaras trampa con diferentes tipos de cebos permitió identificar diferencias significativas en la riqueza y abundancia de especies, aun así, se propone lo siguiente: Considerando que la fauna puede variar estacionalmente, la estructura del hábitat y la cobertura vegetal influyen en la presencia de esta misma, es recomendable extender el periodo de monitoreo a lo largo del año, con muestreos en diferentes estaciones, ampliar la escala espacial (más cámaras, más sitios, más repeticiones por cebo), evaluar la interacción entre el tipo de cebo y el tipo de vegetación, el uso del suelo o extender estudios hacia zonas adyacentes con distintos grados de perturbación o corredores de conectividad.

Al obtener detección de caballos (*Equus caballus*), burros (*Equus asinus*) y vacas (*Bos taurus*) durante los registros, se sugiere establecer cercas o corrales para reducir la competencia con la fauna silvestre y mejorar la precisión de los registros obtenidos por los cebos. Dado el valor que tienen los datos obtenidos para la gestión de la fauna silvestre, se recomienda preparar comunicados y informes técnicos para las autoridades, comunidades locales y para posibles Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA's).

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarado-Guevara, N., García, G., & Castillo, D. (2024). Uso de cebo y su efectividad en estaciones de fototrampeo en el Valle del Mamón, Panamá. *Visión Antataura*, 8 (1), 1-15. <https://doi.org/10.48204/j.vian.v8n1.a5222>.
- Aragón-Piña, E. E., Cervantes Reza, F. A., Garza Herrera, A., & Vargas Cuenca, J. (2017). Mamíferos. En *La Biodiversidad en Durango*. Estudio de Estado. CONABIO, México, pp. 475-491.
- Aranda-Sánchez, J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/ManualRastreoMamiferosMexico.pdf.
- Arias-Enríquez, J. (3 de marzo de 2021). *La naturaleza y la vida silvestre y su importancia para nuestras vidas*. Obtenido de Universidad Católica San Pablo: <https://ucsp.edu.pe/noticias/la-naturaleza-y-la-vida-silvestre-y-su-importancia-para-nuestras-vidas/>
- Austin, C., Tuft, K., Ramp, D., Cremona, T., & Webb, J. K. (2017). Preferencia de cebo para estudios de trampas fotográficas remotas del quoll del norte en peligro de extinción (*Dasyurus hallucatus*). *Australian Mammalogy*, 39 (1), 72-77. <https://doi.org/10.1071/AM15053>.
- Avrin, A. C., Pekins, C. E., Sperry, J. H., & Allen, M. L. (2021). Evaluación de la eficacia y la descomposición de los cebos para mejorar la detección de carnívoros con cámaras trampa. *Ecosphere*, 12 (8), <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecs2.3710>.
- Barton, P. S., Cunningham, S. A., Lindenmayer, D. B., & Manning, A. D. (2013). The role of carrion in maintaining biodiversity and ecological processes in terrestrial ecosystems. *Oecologia*, 171(4), 761–772. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2460-3>.

- Bautista Zuñiga, F., Palacio Prieto, J. L., & Delfín González, H. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México/Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. <https://www.uv.mx/personal/cmacswiney/files/2010/10/T%C3%83%C2%A9ncas-para-manejadores.pdf>.
- Braczkowski, A. R., Balme, G. A., Dickman, A., Fattebert, J., Johnson, P., Dickerson, T., . . . Hunter, L. (2016). Efecto del señuelo olfativo en las estimaciones de densidad de leopardos basadas en cámaras trampa. *PLoS ONE*, 11 (4): e0151033.
- Bullard, R. W., Shumake, S. A., Campbell, D. L., & Turkowski, F. J. (1978). Preparación y evaluación de un atrayente sintético de coyotes y repelente de ciervos a base de huevo fermentado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26 (1), 160-163. <https://doi.org/10.1021/jf60215a037>.
- Burton, C., Neilson, E. W., Moreira-Arce, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., . . . Boutin, S. A. (2015). REVIEW: Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52 (3), 675-685.
- Buyaskas , M., Evans , B. E., & Mortelliti, A. (2020). Assessing the effectiveness of attractants to increase camera trap detections of North American mammals. *Mammalian Biology*, 100(1):91–100. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00011-3>.
- Ceballos, G., A.-C. J., Medellín, R. A., Medrano González, L., & Oliva, G. (2014). *Diversity and conservation*. Mammals of México. 1, 44 pp .
- Ceballos, G., Dirzo, R., Ehrlich, P. R., Ponce, E., & Sierra, R. (2016). *Riquezas naturales de México: servicios ambientales y conservación*. Ciudad de México: Telmex.
- Chacón de la Cruz, J. (2017). Caracterización de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre. En *La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado*. CONABIO. México, pp. 125-128.
- Chao, A. (1984). Estimación no paramétrica de las clases en una población. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11(4):265-270. DOI:10.2307/4615964.

- Chávez, C., de la Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H., & Ceballos, G. (2013). Elementos básicos para el manejo de trampas-cámara. En *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El Jaguar en México con estudio de caso* (págs. 29-44). Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- 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*. WWF-Telcel/UNAM.
- CONABIO & Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango. (2017). *La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Gobierno del Estado de Durango. México. ISBN: 978-607-8328-97-0.
- CONABIO. (1998). *Climas (clasificación de Koppen, modificado por García). Conjunto de datos vectoriales (formato shapefile) Escala 1: 1 000 000*. Obtenido de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (18 de 02 de 2001). *Provincias fisiográficas de México (formato shapefile). Escala 1:4000 000*. Obtenido de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad .
- CONABIO. (25 de Octubre de 2022). *¿Cuántas especies hay?* Obtenido de Biodiversidad Mexicana: Recuperado el 16 de agosto del 2025, de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp>
- CONABIO. (2025). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/conabio>
- CONAFOR. (2009). *Manejo de vida silvestre: Manual técnico para beneficiarios*. (Primera edición). Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Educación y Capacitación. <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/manejo-de-vida-silvestre.pdf>.
- CONAFOR. (2025). *Comisión Nacional Forestal*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/conafor>

- CONANP. (2025). *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/conanp>
- Consultoria Forestal y Ambiental "Ing. Roberto Trujillo". (2019). *Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional: Presa Tunal II*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Durango, México.
- Cozzi, F., Lacona, E., Ferretti, F., & Corlatti, L. (2022). Efectividad de un señuelo comercial para atraer zorros rojos. *Mammal Research* , 67, 511-517.
- Del Río, L., Zearra, J. A., Mateo, R., Ferreras, P., & Tobajas, J. (2024). Eficacia de los atrayentes y cebos para la detección del lobo Ibérico: ensayos en cautividad y en libertad. *European Journal of Wildlife Research*, 70, 32.
- Díaz-Pulido, A., & Payán Garrido, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.
- Díaz-Pulido, A., & Payán Garrido, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von, Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.
- Diete, R. L., Meek, P. D., Dixon, K. M., Dickman, C. R., & Leung, L. K.-P. (2016). El mejor cebo para su dinero: preferencia de cebo para la captura con cámara trampa de mamíferos del norte de Australia. *Revista Australiana de Zoología* , 63 (6) 376-382.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. (2014). Defaunación en el Antropoceno. *Ciencia*, 345(6195), 401-406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>.
- Ebel, K., & White, P. J. (2024). Los señuelos y cebos olfativos en cámaras trampa mejoran el tiempo de primera detección y la probabilidad de detección de dos especies de comadreja típicamente esquivas. *Mammals Research*, 69, 461-478.

- Ferreira-Rodríguez, N., & Pombal, M. A. (2019). Eficacia del cebo en estudios de cámaras trampa en la Península Ibérica. *Mammals Research*, 64, 155-164. <https://doi.org/10.1007/s13364-018-00414-1>.
- Ferreras, P., Díaz-Ruiz, F., Monterroso, P., & Alves, P. C. (2018). Mejora de la detectabilidad de mesocarnívoros con cebos en estudios con cámaras trampa. *Wildlife Research*, 45 (8), 691-700.
- Fidino, M., Barnas, G. R., Lehrer, E. W., Murray, M. H., & Magle, S. B. (2020). Efecto del señuelo en la detección de mamíferos con cámaras trampa. *Wildlife Society Bulletin*, 1-10.
- Flores-Villela, O., & García-Vázquez, U. O. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (Supl. enero), S467-S475. <https://doi.org/10.7550/rmb.43236>.
- FMCN, CONAFOR, USAID y USFS. (2018). *Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*. Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R companion to applied regression* (3.^a ed.). Sage. <https://www.john-fox.ca/Companion/>.
- García-Anleu, R. A. (2012). Desempeño del perfume Obsession® en el estudio de jaguares (Felidae: Carnivora) con cámaras automáticas en la Reserva de la Biosfera Maya [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, <https://www.researchgate.net/publication/284693795>.
- Garza Herrera, A., Sharp, B., Aragón Piña, E. E., & Ríos Ruiz, F. (2017). Aves. En *La Biodiversidad en Durango*. Estudio de Estado. CONABIO, México, pp. 459-474.
- Gerber, B. D., Karpanty, S. M., & Kelly, M. J. (2012). Evaluating the potential biases in carnivore capture–recapture studies associated with the use of lure and varying density estimation techniques using photographic-sampling data of the Malagasy civet. *Population Ecology*, 54 (1), 43-54. <https://doi.org/10.1007/s10144-011-0276-3>.

- Glen, A. S., & Dickman, C. R. (2003). Effects of bait-station design on the uptake of baits by non-target animals during control programmes for foxes and wild dogs. *Wildlife Research*, 30 (2), 147-149. <https://doi.org/10.1071/WR01060>.
- Heinlein, B. W., Urbanek, R. E., Olfenbittel, C., & Dukes, C. G. (2020). Efectos de diferentes atrayentes y olores humanos en la detección de mesocarnívoros en cámaras trampa. *Wildlife Research*, 47 (4) 338-348. <https://doi.org/10.1071/WR19117>.
- Hoermann , C. V., Weithmann, S., Sikorski, J., Nevo, O., Szpila, K., Grzwacz, A., . . . Ayasse, M. (2022). Linking bacteria, volatiles and insects on carrion: the role of temporal and spatial factors regulating inter-kingdom communication via volatiles. *Royal Society Open Science*, 9(8), 220555. <https://doi.org/10.1098/rsos.220555>.
- Holinda, D., Burgar, J. M., & Burton, A. C. (2020). Los efectos del señuelo olfativo en la detección de cámaras trampa varían según las especies de mamíferos depredadores y presas. *PLoS ONE*, 15 (5): e0229055.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2025). iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. (Versión 3.0.2) [Paquete R]. <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>.
- INEGI. (1988). *Carta de Geología F13-2 (El Salto). Serie I. Conjunto de datos vectoriales (formato shapefile). Escala 1: 250 000*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía .
- INEGI. (1989). *Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas F13-2 (El Salto). Serie I. Conjunto de datos vectoriales (formato shapefile). Escala 1:250 000*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía .
- INEGI. (1989). *Carta Hidrológica de Aguas Superficiales F13-2 (El Salto). Serie I. Conjunto de datos vectoriales (formato shapefile). Escala 1:250 000*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía .
- INEGI. (2007). *Carta Edafológica F13-2 (El Salto). Serie II. Conjunto de datos vectoriales (formato shapefile). Escala 1:250 000*. . Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía .

- INEGI. (2014). *Guía para la interpretación de cartografía: Edafología. Escala 1:250 000. Serie III. Aguascalientes, Aguascalientes*: INEGI. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2017). *Guía para la interpretación de la cartografía. Uso de Suelo y Vegetación. Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.*, 204. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2019). *Carta Uso de Suelo y Vegetación F13-2 (El Salto). Serie V. Conjunto de datos vectoriales (formato shapefile). Escala 1:250 000*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Obtenido de IPBES: <https://ipbes.net/global-assessment>
- IUCN. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species: Summary statistics*. Obtenido de <https://www.iucn.org/es/content/la-crisis-de-extincion-de-especies-continua-a-ritmo-acelerado-uicn>
- Kaufman, K. (2005). *Guía de Campo a las Aves de Norteamérica*. (Traducido por P. Manzano Fischer). Houghton Mifflin L. C.
- López Angulo, J., Pardavila Rodríguez, X., & Virgós, E. (2025). Evaluación del fototrampeo como método de estimación de abundancias en el tejón europeo *Meles meles* (Linnaeus, 1758). *Ecosistemas*, 34 (1): 2867. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2867>.
- Medillín, R. A., Azuara, D., Maffei, L., Zarza, H., Bárcenas, H., Cruz, E., . . . Ávila, S. (2006). Censos y monitoreos. En C. Chávez, & G. Ceballos, *Memorias del Primer Simposio. El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo* (págs. 23-35). México DF: CONABIO-Alianza WWFTelcel-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mezhua Velázquez, M. J., Serna Lagunes, R., Torres Cantú, G. B., Pérez Gracida, L. D., Salazar Ortiz, J., & Mora Collado, N. (2022). Diversidad de mamíferos medianos y grandes del Ejido Zomajapa, Zongolica, Veracruz, México: implicaciones de manejo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9 (2): e3316. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3316>.

- Mills, D., Fattebert, J., Hunter, L., & Slotow, R. (2019). Maximizar los datos de las cámaras trampa: uso de atrayentes para mejorar la detección de especies esquivas en estudios multiespecíficos. *PLoS ONE*, 14 (5): e0216447. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216447>.
- MMA-ONU Medio Ambiente-CONAF. (2021). *Manual del uso de trampas cámaras para el monitoreo de carnívoros nativos y exóticos* . Encargado a: M.Sc. Nicolás Lagos Silva. Financiado en el marco del proyecto GEFSEC ID 5135 Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente. Santiago, Chile. 80 pp.
- 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. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000100033&lng=en&tlng=es.
- Monterroso, P., Alves, P. C., & Ferreras, P. (2011). Evaluation of attractants for non-invasive studies of Iberian carnivore communities. *Wildlife Research*, 38(5), 446-454. <https://doi.org/10.1071/WR11060>.
- Mortelliti, A., Bergamin, R., Fonda, F., Bartolommei, P., Manzo, E., Greco, I., & Rovero, F. (2024). Rentabilidad de los señuelos para atraer mamíferos: una prueba de campo a gran escala con cámaras trampa en especies europeas. *European Journal of Wildlife Research*, 70, Article 38.
- Mosquera Guerra, F., Trujillo, F., Díaz Pulido, A., & Mantilla Meluk, H. (2018). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia. *Biota Colombiana* 19: 202-218.
- O'Brien, T. G., Kinnard, M. F., & Wibisono, H. T. (2011). Estimation of Species Richness of Large Vertebrates Using Camera Traps: An Example from an Indonesian Rainforest. En A. F. O'Connell, J. D. Nichols, & K. Ullas Karanth, *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses* (págs. 233-252). Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4_13.
- O'Connell, A. F., Nichols, J. D., & Karanth, K. U. (2011). *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and analyses* . Springer, London, 271 pp.

- Ogle, D. H., Doll, J. C., Wheeler, A. P., & Dinno, A. (2025). FSA: Simple fisheries stock assessment methods. (R package version 0.10.0). <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.FSA>.
- Ojasti, J., & Dallmeir, F. (2000). *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. SI/MAB Series #5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C.
- Oksanen, J., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., . . . Wagner, H. (2025). *Paquete "vegan". Paquete R versión 4.5.2*.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., & Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(Supl. ene), S460-S466. <https://doi.org/10.7550/rmb.32027>.
- Paull, D. J., Claridge, A. W., & Barry, S. C. (2011). No hay explicación para los gustos: atrayentes de cebo y cámaras digitales infrarrojas para la detección de mamíferos terrestres pequeños y medianos. *Wildlife Research*, 38 (3), 188-195.
- PROFEPA. (2025). *Procuraduría Federal de Protección al Ambiente*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/profepa>
- R Core Team. (2025). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Randler, C., Katzmaier, T., Kalb, J., Kalb, N., & Gottschalk, T. K. (2020). El cebo/atrayente mejora la probabilidad de detección y la identificación de especies: un estudio de caso de mustélidos con cámaras trampa. *Animals*, 10(11), 2178.
- Rentería-Arrieta, L., & Montiel-Antuna, E. (2017). Áreas Naturales protegidas. En *La biodiversidad en Durango*. Estudio de Estado. CONABIO. México, pp. 129-171.
- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., & Meek, P. (2013). Which camera trap type and how many do I need? A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(2), 148-156, <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.2-8789>.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., . . . de la Mesa, J. (2009). *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 128 pp.

- Sebastián-González, E., Morales Reyes, Z., Naves Alegre, L., Durá Aleman, C. J., Goncalves Lima, L., Machado Lima, L., & Sánchez Zapata, J. A. (2020). Which bait should I use? Insights from a camera trap study in a highly diverse cerrado forest. *European Journal of Wildlife Research*, 66 (99), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01439-1>.
- SEDEMA. (2024). *Registra SEDEMA incremento de fauna silvestre en suelo de conservación y áreas naturales protegidas*. Obtenido de <https://sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/registra-sedema-incremento-de-fauna-silvestre-en-suelo-de-conservacion-y-areas-naturales-protegidas>
- SEMARNAT. (2013). Ecosistemas terrestres. En *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012* (págs. 191-257). México.
- SEMARNAT. (2025). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/semarnat>
- Shannon, C. (1948). La teoría matemática de la comunicación. En C. E. Shannon, & W. Weaver, *La teoría matemática de la comunicación*. (Ed). University of Illinois Press Urbana. p. 29-125.
- Simpson. (1949). Medición de la diversidad. *Nature* , 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>.
- Steyer, K., Simon, O., Kraus, R. H., Haase, P., & Nowak, C. (2012). Hair trapping with valerian-treated lure sticks as a tool for genetic wildcat monitoring in low-density habitats. *Eur J Wildl Res*, 59:39–46. <https://doi.org/10.1007/s10344-012-0644-0>.
- Thorn, M., Scott, D. M., Green, M., Bateman, P. W., & Cameron, E. Z. (2009). Estimating brown hyaena occupancy using baited camera traps. *South African Journal of Wildlife Research* , 39 (1), 1-10. <https://doi.org/10.3957/056.039.0101>.
- Valdez Lares, R., Múñiz Martínez, R., Gadsden Esparza, H., Aguirre León, G., González Trápaga, R., & Castañeda Gaytán, J. G. (2017). Anfibios. En *La Biodiversidad en Durango*. Estudio de Estado. CONABIO, México, pp. 431-436.

- Viscarra, M. E., Ayala, G. A., & Wallace, R. B. (2019). ¿Atraen los perfumes a los tucanes? *Ornitología Neotropical*, 30, 45-50. Parque Nacional ANMI Madidi, Bolivia .
- Viscarra, M. E., Ayala, G., Wallace, R., & Nallar, R. (2011). The use of commercial perfumes for studying jaguars . *CATnews*, (54), 30-31.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan , J., Chang , W., McGowan , L. D., François, R., . . . Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). dplyr: A grammar of data manipulation. (R package version 1.1.4). <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.dplyr>.
- WWF. (2024). *Living Planet Report 2024: Catastrophic 73% decline in global wildlife populations*. Obtenido de WWF: <https://www.worldwildlife.org/press-releases/catastrofica-disminucion-del-73-en-el-tamano-promedio-de-las-poblaciones-mundiales-de-vida-silvestre-en-solo-50-anos>

X. ANEXOS

Anexo 1. Formato de registro de la instalación de cámaras trampa en campo.

FORMATO DE INSTALACIÓN DE CÁMARAS TRAMPA

Nombre de quien instala: _____ ID Cámara: _____

Fecha/hora de instalación: _____ Lugar: _____

Datos de Ubicación	
N° de estación	
Coordenadas UTM	
Altitud	
Tipo de vegetación	
Información de cámara trampa	
Marca	
N° de serial	
Capacidad de tarjeta	
Pilas (N°, tipo, carga)	
Foto/video	
Sensibilidad	
Orientación	
Información del cebo	
Tipo de cebo	
Distancia de la cámara trampa	
Condiciones del cebo	
Observaciones adicionales	

Anexo 2. Formato de revisión de las estaciones de muestreo mediante cámaras trampa en campo.

FORMATO DE REVISIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO MEDIANTE CÁMARAS TRAMPA

Nombre de quien reviso: _____ ID Cámara: _____
 N° Revisión: _____ ID GPS: _____
 Lugar: _____

		Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Fecha					
Hora					
Nivel de bacteria (Baja, Media, Alta)					
N° Fotos tomadas					
Fecha de primera foto					
Fecha de ultima foto					
Configuración de cámara	Modo (Foto/video)				
	Sensibilidad				
	Fotos por evento				
Marcar con una X	Cambio de tarjeta				
	Cambio de bacterias				
Cambio de cebo					

Anexo 3. Formato del registro de fauna obtenidos de las dos rondas de muestreo (base de datos).

Ronda	Cebo	Cámara	Especie	N° Registros

Anexo 5. Pruebas estadísticas paramétricas.

ANOVA

Abundancia						Riqueza				
Term	df	sumsq	meansq	statistic	p.value	df	Sumsq	meansq	statistic	p.value
Cebo	7	293.5	41.929	1.924	0.083	7	94.688	13.527	6.718	8.74E-06
Residuals	56	1220.25	21.790			56	112.750	2.013		

Shapiro–Wilk

Abundancia				Riqueza	
Cebo	N	W	p_value	W	p_value
Perfume	8	0.690	0.001	0.944	0.651
Carnes crudas	8	0.810	0.037	0.785	0.019
Huevo	8	0.947	0.681	0.810	0.037
Granos	8	0.803	0.031	0.911	0.365
Vainilla	8	0.945	0.667	0.934	0.557
Fruta	8	0.939	0.603	0.898	0.282
Sardina	8	0.945	0.662	0.794	0.0249
Testigo	8	0.668	0.0009	0.808	0.0356

Levene

Abundancia			Riqueza		
Df	F value	Pr(>F)	Df	F value	Pr(>F)
7	0.373	0.914	7	0.480	0.845
56			56		

Tukey

Comparación	Abundancia				Riqueza			
	diff	lwr	upr	p adj	Diff	lwr	upr	p adj
Carne Cruda-Perfume	1.750	-5.598	9.098	0.995	2.125	-0.109	4.359	0.073
Huevo-Perfume	3.750	-3.598	11.098	0.744	2.375	0.141	4.609	0.030
Granos-Perfume	1.750	-5.598	9.098	0.995	0.125	-2.109	2.359	1.000
Vainilla-Perfume	2.875	-4.473	10.223	0.919	1.375	-0.859	3.609	0.532
Fruta-Perfume	0.250	-7.098	7.598	1.000	0.250	-1.984	2.484	1.000
Sardina-Perfume	3.375	-3.973	10.723	0.832	1.875	-0.359	4.109	0.163
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Perfume	3.250	10.598	4.098	0.857	-1.375	-3.609	0.859	0.532
Huevo-Carne Cruda	2.000	-5.348	9.348	0.989	0.250	-1.984	2.484	1.000
Granos-Carne Cruda	0.000	-7.348	7.348	1.000	-2.000	-4.234	0.234	0.111
Vainilla-Carne Cruda	1.125	-6.223	8.473	1.000	-0.750	-2.984	1.484	0.963
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruta-Carne Cruda	1.500	-8.848	5.848	0.998	-1.875	-4.109	0.359	0.163
Sardina-Carne Cruda	1.625	-5.723	8.973	0.997	-0.250	-2.484	1.984	1.000
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Carne Cruda	5.000	12.348	2.348	0.402	-3.500	-5.734	1.266	0.000
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Granos-Huevo	2.000	-9.348	5.348	0.989	-2.250	-4.484	0.016	0.047
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vainilla-Huevo	0.875	-8.223	6.473	1.000	-1.000	-3.234	1.234	0.849
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruta-Huevo	3.500	10.848	3.848	0.804	-2.125	-4.359	0.109	0.073
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sardina-Huevo	0.375	-7.723	6.973	1.000	-0.500	-2.734	1.734	0.997
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Huevo	7.000	14.348	0.348	0.073	-3.750	-5.984	1.516	0.000
Vainilla-Granos	1.125	-6.223	8.473	1.000	1.250	-0.984	3.484	0.648
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruta-Granos	1.500	-8.848	5.848	0.998	0.125	-2.109	2.359	1.000
Sardina-Granos	1.625	-5.723	8.973	0.997	1.750	-0.484	3.984	0.231
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Granos	5.000	12.348	2.348	0.402	-1.500	-3.734	0.734	0.419
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruta-Vainilla	2.625	-9.973	4.723	0.949	-1.125	-3.359	1.109	0.757
Sardina-Vainilla	0.500	-6.848	7.848	1.000	0.500	-1.734	2.734	0.997
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Vainilla	6.125	13.473	1.223	0.169	-2.750	-4.984	0.516	0.006
Sardina-Fruta	3.125	-4.223	10.473	0.880	1.625	-0.609	3.859	0.317
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Fruta	3.500	10.848	3.848	0.804	-1.625	-3.859	0.609	0.317
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testigo-Sardina	6.625	13.973	0.723	0.106	-3.250	-5.484	1.016	0.001

Anexo 6. Pruebas estadísticas no paramétricas.

Kruskal–Wallis

Abundancia			Riqueza		
statistic	parameter	p.value	statistic	parameter	p.value
18.1833425	7	0.01116962	29.1008545	7	0.00013869

Dunn

Abundancia							
group1	group2	n1	n2	statistic	p	p.adj	p.adj.signif
Huevo	Testigo	8	8	-3.299	0.001	0.027	*
Sardina	Testigo	8	8	-3.238	0.001	0.034	*
Vainilla	Testigo	8	8	-2.949	0.003	0.089	ns
Carne Cruda	Testigo	8	8	-2.646	0.008	0.228	ns
Granos	Testigo	8	8	-2.229	0.026	0.724	ns
Perfume	Carne Cruda	8	8	1.441	0.150	1.000	ns
Perfume	Huevo	8	8	2.094	0.036	1.000	ns
Perfume	Granos	8	8	1.023	0.306	1.000	ns
Perfume	Vainilla	8	8	1.744	0.081	1.000	ns
Perfume	Fruta	8	8	0.518	0.604	1.000	ns
Perfume	Sardina	8	8	2.033	0.042	1.000	ns
Perfume	Testigo	8	8	-1.205	0.228	1.000	ns
Carne Cruda	Huevo	8	8	0.653	0.514	1.000	ns
Carne Cruda	Granos	8	8	-0.417	0.676	1.000	ns
Carne Cruda	Vainilla	8	8	0.303	0.762	1.000	ns
Carne Cruda	Fruta	8	8	-0.922	0.356	1.000	ns
Carne Cruda	Sardina	8	8	0.592	0.554	1.000	ns
Huevo	Granos	8	8	-1.071	0.284	1.000	ns
Huevo	Vainilla	8	8	-0.350	0.726	1.000	ns
Huevo	Fruta	8	8	-1.575	0.115	1.000	ns
Huevo	Sardina	8	8	-0.061	0.952	1.000	ns
Granos	Vainilla	8	8	0.720	0.471	1.000	ns
Granos	Fruta	8	8	-0.505	0.614	1.000	ns
Granos	Sardina	8	8	1.010	0.313	1.000	ns
Vainilla	Fruta	8	8	-1.225	0.220	1.000	ns
Vainilla	Sardina	8	8	0.290	0.772	1.000	ns
Fruta	Sardina	8	8	1.515	0.130	1.000	ns
Fruta	Testigo	8	8	-1.724	0.085	1.000	ns

Riqueza							
group1	group2	n1	n2	statistic	p	p.adj	p.adj.signif
Huevo	Testigo	8	8	-4.048	0.000	0.001	**
Sardina	Testigo	8	8	-3.780	0.000	0.004	**
Carne Cruda	Testigo	8	8	-3.766	0.000	0.005	**
Vainilla	Testigo	8	8	-3.092	0.002	0.056	ns
Perfume	Huevo	8	8	2.563	0.010	0.290	ns
Huevo	Granos	8	8	-2.467	0.014	0.381	ns
Perfume	Sardina	8	8	2.295	0.022	0.608	ns
Perfume	Carne Cruda	8	8	2.281	0.023	0.631	ns
Huevo	Fruta	8	8	-2.227	0.026	0.727	ns
Granos	Sardina	8	8	2.199	0.028	0.781	ns
Carne Cruda	Granos	8	8	-2.185	0.029	0.808	ns
Perfume	Granos	8	8	0.096	0.923	1.000	ns
Perfume	Vainilla	8	8	1.608	0.108	1.000	ns
Perfume	Fruta	8	8	0.337	0.736	1.000	ns
Perfume	Testigo	8	8	-1.484	0.138	1.000	ns
Carne Cruda	Huevo	8	8	0.282	0.778	1.000	ns
Carne Cruda	Vainilla	8	8	-0.673	0.501	1.000	ns
Carne Cruda	Fruta	8	8	-1.945	0.052	1.000	ns
Carne Cruda	Sardina	8	8	0.014	0.989	1.000	ns
Huevo	Vainilla	8	8	-0.955	0.339	1.000	ns
Huevo	Sardina	8	8	-0.268	0.789	1.000	ns
Granos	Vainilla	8	8	1.512	0.131	1.000	ns
Granos	Fruta	8	8	0.241	0.810	1.000	ns
Granos	Testigo	8	8	-1.581	0.114	1.000	ns
Vainilla	Fruta	8	8	-1.271	0.204	1.000	ns
Vainilla	Sardina	8	8	0.687	0.492	1.000	ns
Fruta	Sardina	8	8	1.959	0.050	1.000	ns
Fruta	Testigo	8	8	-1.821	0.069	1.000	ns

Anexo 7. Imágenes de las especies registradas durante el fototrampeo.

Anexo 7a. Mamíferos medianos: generalistas y oportunistas.



Canis latrans – Coyote

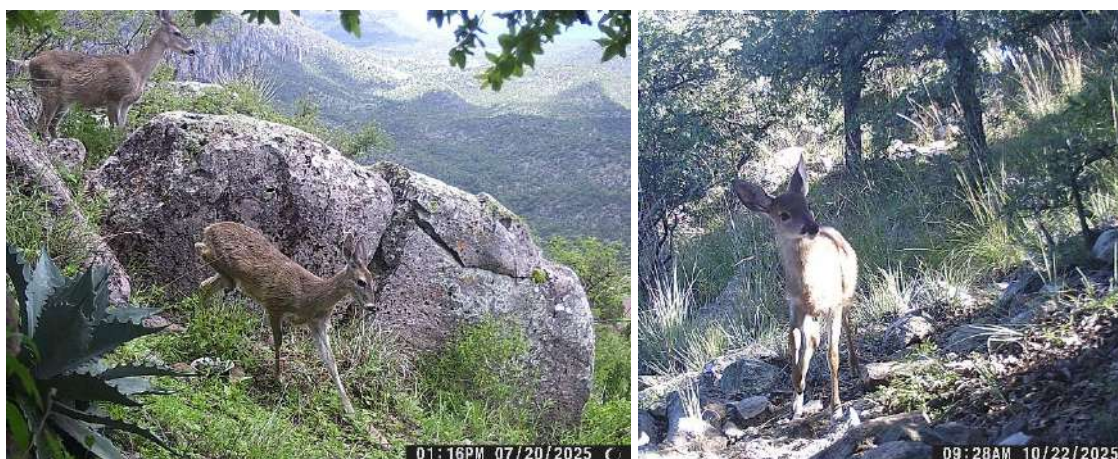


Dicotyles tajacu – Pecarí de collar



Urocyon cinereoargenteus – Zorra gris

Anexo 7b. Especies herbívoras selectivas.



Odocoileus virginianus – Venado cola blanca



Sylvilagus audubonii – Conejo de cola de algodón del desierto

Anexo 7c. Especies carnívoras.



Cathartes aura – Zopilote aura



Lynx rufus – Gato montes

Anexo 7d. Especies omnívoras.



Corvus corax – Cuervo



Nasua narica – Coatí

Anexo 7e. Mamíferos pequeños de talla media.



Bassariscus astutus – Cacomixtle norteco



Demodus rotundus – Murciélago



Conepatus leuconotus – Zorrillo de espalda blanca



Didelphis virginiana – Tlacuache norteño



Mephitis macroura – Zorrillo listado sureño



Mephitis mephitis – Zorrillo listado norteño



Otospermophilus variegatus – Ardillon de rocas



Peromyscus spp – Ratón



Procyon lotor – Mapache



Sciurus nayaritensis – Ardilla zorra mexicana



Spilogale gracilis – Zorrillo manchado occidental



Tamias durangae – Ardilla listada de Durango

Anexo 7f. Aves.



Aphelocoma ultramarina – Chara pecho gris.



Buteo jamaicensis – Águila cola roja.



Cyanocitta stelleri – Chara copetona



Empidonax wrightii – Mosquero gris



Geococcyx californianus – Correcaminos norteño



Meleagris gallopavo – Guajolote silvestre



Melozona fusca – Rascador viejita



Mimus polyglottos – Cenzontle norteño



Myiarchus tyrannulus – Papamoscas gritón