



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**PATRÓN DE USO TEMPORAL DE LOS AGUAJES EN
MAMÍFEROS MEDIANO Y GRANDES EN UN ECOSISTEMA
ÁRIDO DEL SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA.**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

Presenta

Jahdai Dávila Aguilar

La Paz, Baja California Sur, febrero de 2025.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 08 horas del día 29 del Mes de enero del 2025, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

“Patrón de uso temporal de los agujajes en mamíferos medianos y grandes en un ecosistema árido del sur de la península de baja california.”

Presentada por el alumno:

Jahdai Dávila Aguilar

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **ECOLOGÍA DE ZONAS ÁRIDAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

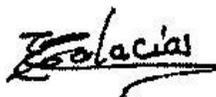
LA COMISIÓN REVISORA



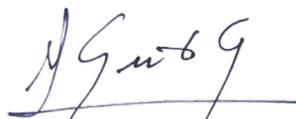
Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Co-Directora de Tesis



Dr. Pedro Peña Garcillán
Co-Director de Tesis



Dr. Eduardo Palacios Castro
Co-Tutor de Tesis



Dra. Alejandra Nieto Garibay,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos.



La Paz, Baja California Sur, a 29 de enero de 2025.

Los miembros del comité de tesis del estudiante Jahdai Dávila Aguilar del Programa de Maestría en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, revisamos el contenido de la tesis y otorgamos el Vo.Bo. dado que la tesis no representa un plagio de otro documento como lo muestra el reporte de similitud realizado:

- Herramienta antiplagio:
- iThenticate
- Filtros utilizados:
Excluir citas y bibliografías
- Porcentajes de similitud:
10%
Se muestra captura de pantalla

| INFORME DE ORIGINALIDAD | | |
|-----------------------------------|--|--------------------|
| 10% ÍNDICE DE SIMILITUD | | |
| FUENTES PRIMARIAS | | |
| 1 | cibnor.repositorioinstitucional.mx Internet | 190 palabras — 2% |
| 2 | archive.org Internet | 94 palabras — 1% |
| 3 | www.conabio.gob.mx Internet | 71 palabras — 1% |
| 4 | 1library.co Internet | 67 palabras — 1% |
| 5 | docplayer.es Internet | 61 palabras — 1% |
| 6 | aprenderly.com Internet | 45 palabras — < 1% |
| 7 | zvert.fcien.edu.uy Internet | 32 palabras — < 1% |
| 8 | www.researchgate.net Internet | 29 palabras — < 1% |
| 9 | eprints.uanl.mx Internet | 26 palabras — < 1% |

Co-directores.

Dra. María del Carmen Blázquez Moreno

Dr. Pedro Peña Garcillán

Estudiante

Jahdai Dávila Aguilar

Personal técnico de asesoría en el análisis

Lic. Ana María Talamantes Cota

Conformación de Comités

Comité Tutorial

Dra. María de Carmen Blázquez Moreno
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Co-Directora de Tesis

Dr. Pedro Peña Garcillán
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Co-Director de Tesis

Dr. Eduardo Palacios Castro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz
Co-Tutor de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Dr. Pedro Peña Garcillán
Dr. Eduardo Palacios Castro

Jurado de Examen

Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Dr. Pedro Peña Garcillán
Dr. Eduardo Palacios Castro

Suplente

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

Resumen

La disponibilidad espacio-temporal de agua en las regiones áridas es fundamental para la dinámica de la fauna que habita en ellas. En los ecosistemas estacionalmente marcados, donde existe unos pocos meses con precipitaciones y un extenso período sin precipitación, la disponibilidad de superficial de agua cambia significativamente y con ello debe afectar al comportamiento de la fauna para proveerse de agua. En este escenario los aguajes permanentes juegan un papel clave en el amortiguamiento espacio-temporal de las necesidades hídricas de la fauna. En este contexto nos propusimos analizar cómo es el patrón temporal de visitas de la fauna de mediano y gran tamaño a los aguajes permanentes en una región árida situada al sur de La Paz, Baja California Sur (24.071°N, -110.054°W), un ecosistema en la transición entre el trópico y el desierto, de precipitaciones marcadamente estacionales. Se establecieron cámaras trampa en 13 aguajes elegidos al azar y se registraron durante dos años las especies que los visitaban y la frecuencia temporal con que lo hacían. En las 730 noches que constituyen dos años naturales se obtuvieron 8,629 registros correspondientes a diez especies: tres carnívoras: coyote (*Canis latrans*), lince (*Lynx rufus*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*); tres herbívoras: venado bura (*Odocoileus hemionus*), cerdo feral (*Sus scrofa*) y liebre (*Lepus californicus*); y cuatro especies omnívoras: mapache (*Procyon lotor*), zorrillo (*Spilogale gracilis*), babisuri (*Bassariscus astutus*) y tejón (*Taxidea taxus*). En términos de noches activas, las de mayor actividad fueron zorra gris, mapache y venado bura (>70% de las 730 noches), coyote, zorrillo y cerdo (40-60%), lince (20%) y liebre y tejón (<1%). Todos los grupos (sin contar liebre y tejón) aumentan su frecuencia en secas. Se observó coincidencia temporal en las noches de actividad entre numerosos pares de especies, todas de carácter positivo. En términos de conjunto de especies el número y la intensidad de asociaciones no son muy distintas entre secas y lluvias, aunque sí hay cierta variación en la topología de la red de asociaciones. En términos de frecuencia mensual de visita se observa un aumento de intensidad variada en los meses de secas en todas las especies, excepto en mapache y zorrillo. En términos de la frecuencia de visita entre las distintas horas del día, se observó semejanza en la actividad diaria entre las especies omnívoras (mapache, zorrillo) y la zorra gris, que concentran su actividad en las horas sin luz, entre las herbívoras (venado y cerdo), que tienen un pico de más actividad en las primeras horas de oscuridad y las carnívoras (coyote y lince) tienen un pico de alta actividad en las primeras horas de luz. En meses de lluvias, comparado con los de secas, las especies omnívoras reducen su actividad durante las primeras horas de oscuridad y primeras horas de luz, las herbívoras aumentaron su actividad en las horas de la mañana y los carnívoros aumentan su actividad en las primeras horas de la tarde y primera parte de la noche.

Palabras clave: aguaje, mamíferos, temporal, árido.

ORCID: 0009-0008-5546-365



Vo.Bo. Co-Directores de Tesis



Dra. María del Carmen Blázquez Moreno

Dr. Pedro Peña Garcillán

Summary

The spatiotemporal availability of water in arid regions is fundamental to the dynamics of the fauna inhabiting these areas. In seasonally marked ecosystems, where there are only a few months of precipitation followed by an extended dry period, surface water availability changes significantly. This must impact the behavior of fauna as they seek water. In this context, permanent waterholes play a key role in buffering the spatiotemporal water needs of wildlife. Given this scenario, we set out to analyze the temporal visitation patterns of medium- and large-sized fauna to permanent waterholes in an arid region located south of La Paz, Baja California Sur (24.071°N, -110.054°W). This is an ecosystem transitioning between the tropics and the desert, characterized by markedly seasonal precipitation. Camera traps were placed at 13 randomly selected waterholes, recording the species that visited and their visitation frequency over two years. During the 730 nights constituting two calendar years, we obtained 8,629 records corresponding to ten species: three carnivores — coyote (*Canis latrans*), bobcat (*Lynx rufus*), and gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*); three herbivores — mule deer (*Odocoileus hemionus*), feral pig (*Sus scrofa*), and jackrabbit (*Lepus californicus*); and four omnivores — raccoon (*Procyon lotor*), striped skunk (*Spilogale gracilis*), ringtail (*Bassariscus astutus*), and badger (*Taxidea taxus*). In terms of active nights, the most active species were the gray fox, raccoon, and mule deer (>70% of the 730 nights), followed by the coyote, striped skunk, and feral pig (40-60%), the bobcat (20%), and the jackrabbit and badger (<1%). All groups (except for the jackrabbit and badger) increased their visitation frequency during the dry season. Temporal overlap in activity was observed among numerous species pairs, all of which were positively correlated. As a group, the number and intensity of associations did not differ significantly between the dry and wet seasons, although there were some variations in the topology of the association network. Monthly visitation frequency showed varied increases during the dry months for all species, except for the raccoon and striped skunk. Regarding hourly visitation frequency, daily activity patterns revealed similarities among omnivorous species (raccoon, striped skunk) and the gray fox, which concentrated their activity during the night. Herbivores (mule deer and feral pig) peaked during the early hours of darkness, while carnivores (coyote and bobcat) showed high activity during the early hours of daylight. In the rainy months compared to the dry months, omnivorous species reduced their activity during the early hours of darkness and early daylight. Herbivores increased their activity during the morning hours, and carnivores heightened their activity during the early afternoon and early nighttime hours.

Keywords: permanent waterholes, mammals, temporary, arid.

ORCID: 0009-0008-5546-365

Vo.Bo. Co-Directores de Tesis



Dra. María del Carmen Blázquez Moreno



Dr. Pedro Peña Garcillán

Dedicatoria

A mi Madre y mi Padre que nunca perdieron las esperanzas en mí, los amo y para quienes ya no están, gracias por todo, los extraño y a continuar con las aventuras de la vida con ustedes en nuestra memoria y corazón...

Agradecimientos

Agradezco ampliamente al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., por fungir como institución receptora y por todo el apoyo para completar este logro. Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) por el apoyo con la beca con número 1243985.

Quiero extender el agradecimiento al personal de la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos por el constante apoyo, disponibilidad y ayuda durante esta etapa.

A mis Co-Directores de tesis, Dr. Pedro Peña Garcillán y Dra. María del Carmen Blázquez Moreno, por todo el apoyo brindado, la paciencia, comprensión, empatía y dedicación mostrada, por todo el conocimiento que me aportaron y ampliar mi visión al mundo.

A mi Co-Tutor, Dr. Eduardo Palacios Castro, por el apoyo, recomendaciones y sugerencias para la creación de esta tesis.

A mis compañeros de maestría quienes animaron los ratos mientras compartimos tiempo.

A mis amigos, Javi, Julio, Hazue, Dana, Jessica, Jaz, Mar, Yariv, Misael, Cheque y Hugo, que estuvieron presentes con su apoyo y haciendo de mi mundo un mejor lugar.

A mi novia, Blanca, por todo el apoyo ofrecido aun cuando no fue fácil y por darme fuerzas para continuar.

A mis hermanos, Eduardo y Betsua, quienes nunca dejaron de animarme y siempre poder contar con ellos.

A mi padre, Salatiel, por siempre estar presente, su ayuda y amor incondicional.

Por último, a mi madre, María Elena y mi abuela Elsa, quienes no podrán ver esta tesis, pero siempre tuvieron fe, amor y orgullo desde el comienzo de todo.

Gracias a todos por acompañarme en mis mejores e incluso en los peores momentos.

¡¡Esta tesis es también de ustedes!!

Contenido

| | |
|--|------|
| Resumen..... | i |
| Summary..... | ii |
| Dedicatoria..... | iii |
| Agradecimientos..... | iv |
| Contenido..... | v |
| Lista de figuras..... | vi |
| Lista de tablas..... | viii |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 5 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 8 |
| 4. HIPÓTESIS | 9 |
| 5. OBJETIVOS | 10 |
| 5.1 Objetivo general | 10 |
| 5.2 Objetivos particulares | 10 |
| 6. MATERIAL Y MÉTODOS | 11 |
| 6.1 Área de estudio | 11 |
| 6.2 Obtención de datos..... | 12 |
| 6.3 Análisis de datos..... | 14 |
| 6.3.1 Frecuencia temporal del uso de los agujes..... | 14 |
| 7. RESULTADOS | 16 |
| 7.1 Frecuencia general que usan los agujes..... | 16 |
| 7.2 Frecuencia mensual de uso de los agujes..... | 22 |
| 7.3 Actividad diaria en el uso de los agujes..... | 24 |
| 8. DISCUSIÓN | 30 |
| 9. CONCLUSIONES | 35 |
| 10.LITERATURA CITADA | 37 |

Lista de figuras

- Figura 1.** Localización de los agujajes permanentes con cámara trampa en el área de estudio, en la Región del Cabo, Baja California Sur. Los sitios están ordenados de mayor a menor latitud.....13
- Figura 2.** Distribución mensual del esfuerzo de muestreo, expresado en noches.trampa, y el número de registros de especies (fotografías separadas por más de 15 minutos) en alguno de los 13 sitios, entre octubre de 2020 a septiembre de 2022.....16
- Figura 3.** Proporción del total noches muestreadas en que aparecen registradas las principales especies en alguno de los agujajes: (a) el total de noches, (b) en meses de secas y de lluvias.....18
- Figura 4.** Asociación temporal en las noches que visitan el conjunto de los agujajes cada par de especies: a) para el año natural completo, b) meses de secas, c) meses con lluvias, y d) diferencia entre secas y lluvias. Las celdas marcadas corresponden a la existencia de asociación significativa entre pares de especies de acuerdo con el análisis de χ^2 de las tablas de contingencia ($p < 0.05$). El valor numérico es la Q de Yule, celdas en gris oscuro si $Q \geq 0.5$ y gris claro, si $Q < 0.5$. La figura (c) expresa la diferencia de las Q de Yule de periodo de secas (b) y lluvias (c). Valores negativos (azul) indican aumento de la asociación en lluvias respecto a secas; valores positivos (dorado) indican disminución de la asociación; y celdas en gris, sin cambio apreciable de Q entre estaciones.....20
- Figura 5.** Red de relaciones de asociación significativas (χ^2 , $p < 0.5$) entre especies en las noches de visita a los agujajes. Todas las relaciones son positivas. Las líneas delgadas representan una asociación moderada (Q de Yule < 0.5) y líneas gruesas, una asociación alta (Q de Yule ≥ 0.5). (a) Año natural completo, (b) meses sin precipitación, y (c) meses con precipitación.....21
- Figura 6.** Frecuencia mensual del total de registro de especies respecto al número de noches-trampa muestreadas en cada mes en 13 agujajes entre octubre de 2020 y septiembre de 2022 (curva con puntos) y precipitación registrada en el área de estudio (barras).....22
- Figura 7.** Frecuencia mensual del total de registro de especies respecto al número de noches-trampa muestreadas en cada mes en 13 agujajes entre octubre de 2020 y septiembre de 2022 (curva con puntos) y precipitación registrada en el área de estudio (barras). (a) Especies herbívoras, (b) omnívoras, y (c) omnívoras.....23
- Figura 8.** Actividad diaria de las especies, a lo largo del todo el año (columna izquierda) y en temporada de secas y lluvias (columna derecha). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).....24
- Figura 9.** Actividad diaria de las especies, a lo largo del todo el año (columna izquierda) y en temporada de secas y lluvias (columna derecha). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).....25
- Figura 10.** Actividad diaria de las especies, a lo largo del todo el año (columna izquierda) y en temporada de secas y lluvias (columna derecha). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).....26
- Figura 11.** Comparación en la actividad diaria de dos especies, a lo largo del todo el año (fila superior) y en temporada de secas y lluvias (filas 2 y 3). La frecuencia relativa de visitas se refiere

al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).....27

Figura 12. Comparación en la actividad diaria de dos especies, a lo largo del todo el año (fila superior) y en temporada de secas y lluvias (filas 2 y 3). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).....28

Figura 13. Comparación en la actividad diaria de dos especies, a lo largo del todo el año (fila superior) y en temporada de secas y lluvias (filas 2 y 3). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).....29

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Relación de meses monitoreados en cada uno de los 13 sitios con cámara trampa entre octubre de 2020 y septiembre de 2022. La columna de Meses contiene el número total de meses muestreados en cada sitio a lo largo del periodo de estudio. Las filas de Días y Sitios contienen el número total de días y sitios muestreados durante ese mes. En gris se muestran los meses que las cámaras trampa estuvieron activas..... | 13 |
| Tabla 2. Relación de vertebrados registrados en las cámaras trampa desde octubre de 2020 a septiembre de 2022. Registros refiere al número de noches.trampa en que son registrados y el porcentaje representa su proporción respecto al total de 7,145 noches.tarmpa. (*) indica que la especie es parcialmente omnívora..... | 17 |

1. INTRODUCCION

La localización latitudinal de México favorece la predominancia en su geografía de los climas áridos, semiáridos y secos, caracterizados por precipitaciones escasas y poco predecibles, así como temperaturas elevadas que intensifican el estrés hídrico en los ecosistemas (García, 2004). Estas condiciones ambientales representan un desafío adaptativo para los seres vivos que habitan estas regiones, especialmente en áreas como el estado de Baja California Sur, donde no existen cauces fluviales permanentes, y la disponibilidad superficial de agua es muy variables tanto espacial como temporalmente (Troyo *et al.*, 2014). En este contexto, los aguajes permanentes, como fuentes de agua superficial, desempeñan un papel crucial en la persistencia y dinámica ecológica de la fauna de estas regiones, especialmente los mamíferos terrestres.

Los charcos, arroyos y manantiales, conocidos localmente como aguajes, constituyen recursos críticos en las regiones áridas, donde el agua superficial disponible es escasa o inexistente durante numerosos meses del año. Estos puntos de oferta de agua para los seres vivos, que pueden ser de origen natural o resultado de la intervención humana, llegan a ser esenciales para la supervivencia de muchas especies animales, especialmente durante las extensas temporadas en las que no hay precipitación (Rosenstock *et al.*, 2004; Simpson *et. al.*, 2011). Entre los ejemplos de aguajes modificados por el ser humano se pueden incluir abrevaderos alimentados por escorrentías y estructuras completamente artificiales como represas o pozas. A pesar de las diferencias en su origen, respecto a los aguajes “naturales”, todos estos puntos de oferta agua se asemejan en términos funcionales como al proveer el acceso al recurso más limitado ypreciado en estos ecosistemas: el agua (Ovalle-Rivera *et al.*, 2020).

En los ecosistemas áridos, la disponibilidad de agua superficial tiene implicaciones profundas en la dinámica ecológica. Aunque muchas especies de fauna han desarrollado adaptaciones extraordinarias para minimizar su dependencia del agua, siguen necesitando cierta cantidad de agua y cuando ésta está disponible en los aguajes permanentes, se convierte en un recurso utilizado. Los aguajes permanentes en regiones áridas su visitados por una diversidad de mamíferos, incluidos ungulados, carnívoros, lagomorfos y pequeños roedores, lo que implica la existencia, al menos de forma latente de interacciones inter-específicas, en estos lugares o en sus proximidades entre estas especies. Por ejemplo, se ha observado que algunos carnívoros pueden

utilizar los aguajes como sitios estratégicos para acechar a sus presas, mientras que los herbívoros y omnívoros se congregan en ellos con el riesgo inherente de exponerse a predadores (Harris *et al.*, 2015; Hall *et al.*, 2013). Además, los aguajes no solo benefician directamente a los mamíferos, sino que también tienen efectos significativos en la vegetación circundante. La mayor disponibilidad de agua en las cercanías de estos puntos permite el desarrollo de una vegetación más densa o diversa, lo que a su vez puede influir en los patrones de visita de los animales herbívoros, dependiendo de sus necesidades alimenticias (Bello *et al.*, 2001). De esta manera, los aguajes desempeñan un papel central en la estructura y el funcionamiento del ecosistema.

Los mamíferos en las regiones áridas están adaptados evolutivamente para enfrentar condiciones extremas de temperatura, disponibilidad de recursos y acceso limitado al agua. Estas adaptaciones incluyen cambios fisiológicos, como la capacidad de concentrar la orina para conservar agua, y comportamientos específicos, como la actividad nocturna para evitar la pérdida de agua por evaporación (Fuller *et al.*, 2014). Sin embargo, la dependencia de estas especies respecto de los aguajes varía considerablemente según el tamaño corporal, el tipo de dieta y la fisiología de las mismas.

Los carnívoros obtienen una parte significativa del agua que necesitan de las presas que consumen, requieren acceso directo al agua para satisfacer sus altas demandas metabólicas. El agua es esencial para mantener su coordinación y niveles de energía durante la caza. Los carnívoros grandes, como los felinos y cánidos, son visitantes frecuentes de los aguajes, especialmente durante las horas más frescas del día o la noche, cuando pueden minimizar el riesgo de ser detectados por sus presas (Harris *et al.*, 2015).

Los omnívoros tienen una mayor versatilidad en su comportamiento alimenticio que les ayuda a obtener agua cuando escasea, ya que pueden obtener agua tanto de alimentos animales como vegetales. Sin embargo, la disponibilidad de agua en los aguajes permanentes sigue siendo de gran importancia para complementar sus necesidades hídricas, especialmente durante los periodos de sequía extrema o cuando su dieta es más pobre en contenido hídrico (Harrison, 2016). Su capacidad para consumir distintos tipos de alimento les permite adquirir agua de distintas fuentes de agua y les ofrece una mayor resiliencia ante la variabilidad espacio-temporal en la disponibilidad de agua en comparación con los carnívoros y herbívoros estrictos.

Los herbívoros dependen principalmente de alimento de origen vegetal, del que pueden obtener una gran parte del agua que requieren. Sin embargo, en las regiones áridas y semiáridas, o de precipitaciones estacionales marcadas, necesitan en mayor medida fuentes externas de agua debido a las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad de biomasa vegetal con suficiente contenido hídrico (Espino-Barros y Fuentes, 2005). Durante las sequías prolongadas, los aguajes se convierten en puntos críticos para garantizar su supervivencia. En estas condiciones, incluso las especies más resistentes a la escasez de agua recurren a los aguajes para sobrevivir a los periodos más extremos (Mandujano y Hernández, 2019).

El tamaño corporal de los mamíferos puede influir en la necesidad de agua y por tanto del uso de los aguajes. Las especies de mayor tamaño tienden a perder agua a una tasa más lenta si las comparamos con especies más pequeñas, debido a su menor relación superficie-volumen (van Schaik y Griffiths, 1996; McCain y King, 2014). Sin embargo, su mayor necesidad de agua en términos absolutos las hace dependientes de fuentes confiables temporalmente, como los aguajes permanentes. Estas especies suelen realizar visitas con mayor regularidad y duración temporal, mientras que las especies más pequeñas, que tienen menor capacidad de almacenamiento hídrico, pueden reducir la frecuencia de sus visitas o utilizar como alternativas complementarias fuentes de agua más efímeras (van Schaik y Griffiths, 1996).

El comportamiento también es un factor importante en el uso de los aguajes por parte de los mamíferos terrestres. Muchas especies adaptan sus patrones de actividad para reducir el riesgo de deshidratación o la exposición a depredadores. Por ejemplo, los herbívoros suelen visitar los aguajes en horarios crepusculares o nocturnos, mientras que los carnívoros, por el contrario, pueden ajustar su actividad para maximizar las oportunidades potenciales de caza que les ofrece la asistencia de herbívoros a estos abrevaderos obligados.

Los aguajes son elementos clave en el funcionamiento ecológico y, por tanto, en la conservación de los ecosistemas áridos. Su importancia funcional va más allá de su papel como fuente de agua, ya que influyen en los patrones espacio-temporales de la biodiversidad, la dinámica trófica y las interacciones ecológicas. Por lo tanto, el monitoreo del uso de los aguajes por parte de los mamíferos es crucial para entender su alcance funcional en estos ecosistemas y para diseñar estrategias de gestión y conservación efectivas. En síntesis, los aguajes son nodos vitales en las

redes ecológicas que estructuran los ecosistemas áridos. Su papel como fuentes de agua, alimento y puntos de interacción entre especies subraya su importancia para la biodiversidad. La conservación de estos recursos, a través de enfoques integrales y sostenibles, es esencial para garantizar la resiliencia de las especies y los ecosistemas en un contexto de creciente presión ambiental.

2. ANTECEDENTES

Los mamíferos terrestres que habitan en zonas áridas han desarrollado diversas adaptaciones para obtener agua, principalmente a través de su alimentación. Sin embargo, la disponibilidad de fuentes de agua superficial, como los aguajes permanentes, sigue siendo un factor determinante para su persistencia en estas regiones (Rosenstock *et al.*, 2004). Los aguajes no solo son esenciales como fuentes de agua para su consumo directo, sino que también actúan como lugares de coincidencia espacial de las especies y potencial interacción ecológica entre las mismas.

La limitación de agua superficial en regiones áridas ha llevado a los seres humanos a construir bebederos artificiales para satisfacer tanto sus necesidades como la del ganado doméstico. Estos aguajes construidos de nuevo o modificados para las actividades humanas también constituyen potencialmente una fuente de agua para la fauna silvestre. Esto ha motivado numerosos estudios sobre el uso de aguajes naturales y artificiales por parte de los animales silvestres. Por ejemplo, Mandujano y Hernández (2019) documentaron mediante fototrampeo que la construcción de aguajes artificiales en el estado de Puebla (México), destinada a promover la presencia del venado cola blanca, también atrajo a otras especies de fauna silvestre. En el estado de Campeche (México), Sandoval-Serés *et al.* (2016) observaron que la dependencia de los tapires respecto a los aguajes estaba más condicionada por atributos del hábitat circundante, como el tipo de vegetación y los caminos de acceso a los aguajes, que por la actividad humana en los alrededores.

La interacción entre especies en torno a los aguajes es un aspecto recurrente en los estudios de fauna en zonas áridas. En el suroeste de Arizona (Estados Unidos), Rosenstock *et al.* (2004) identificaron que los mamíferos, aves, reptiles y anfibios que frecuentaban estos lugares en busca de agua, también generaban interacciones entre ellas, bien de competencia o relaciones presa-depredador. Hall *et al.* (2021) analizaron el uso temporal de los aguajes por parte del zorrillo del desierto (*Vulpes macrotis*), demostrando que las visitas nocturnas ayudaban a minimizar el riesgo de depredación y optimizaban la búsqueda de alimento. De Stefano *et al.* (2000) documentaron que la presencia de rastros de depredadores cerca de los aguajes superaba en hasta siete veces los rastros de sus presas potenciales, sugiriendo que estos puntos son utilizados no solo para cazar, sino como abrevaderos compartidos por múltiples especies.

La disponibilidad de agua también influye en la selección de hábitat de muchas especies de mamíferos. Bello *et al.* (2001) reportaron que el venado cola blanca ajusta su ámbito hogareño en función de las variaciones temporales de los aguajes. McKee *et al.* (2015) encontraron un patrón similar en el venado bura, que mostró una preferencia por áreas cercanas a fuentes de agua durante la temporada de crianza, que interpretaron como una estrategia para reducir el tiempo de búsqueda de agua y minimizar así la exposición de sus crías a depredadores.

Los patrones temporales de uso de los aguajes también están influenciados por factores ambientales, como la temperatura y la humedad. Por ejemplo, Harrison (2016) estudió la actividad del tejón americano en el estado de Chihuahua (México) y encontró que la mayoría de las visitas a los aguajes ocurrían durante la madrugada y la noche, intensificándose aún más durante el verano. Rosenstock *et al.* (2004) reportaron que el venado bura visitaba más frecuentemente los aguajes cuando aumentaba la temperatura y disminuía correlativamente la humedad relativa. En Brasil, Hofmann *et al.* (2016) documentaron que dos especies de pecaríes reducían su actividad diurna durante la temporada seca, con un pico de actividad en las primeras horas de la mañana, cuando las temperaturas eran más bajas.

Además, existe una relación directa entre el tamaño corporal de las especies y su consumo de agua. Según Schmidt-Nielsen y Schmidt-Nielsen (1952), los animales de mayor tamaño pierden agua a través de la transpiración a un ritmo más alto debido a su mayor exposición al calor, en comparación con especies más pequeñas que pueden refugiarse en ambientes más frescos.

Estos estudios demuestran cómo los mamíferos terrestres adaptan su actividad y selección de hábitat en respuesta a la disponibilidad de agua y a las condiciones ambientales variables, incluyendo lluvias, sequías y cambios diurnos y estacionales. Asimismo, subrayan la importancia de comprender la interacción entre las características fisiológicas, el comportamiento y el entorno de las especies para diseñar estrategias de manejo y conservación de los recursos hídricos en zonas áridas.

En la Región del Cabo, al sur de la península de Baja California, se han llevado a cabo monitoreos en la Sierra de la Laguna, un área natural protegida que alberga una diversidad significativa de especies. Entre estos estudios, se ha evaluado el uso de aguajes por parte de diferentes especies de ungulados, identificándose patrones de movimiento que indican el uso compartido de los

mismos puntos de agua. Galina Tessaro *et al.* (2019) observaron que tres especies principales — la vaca (*Bos taurus*), el cerdo feral (*Sus scrofa*) y el venado bura (*Odocoileus hemionus*)— coinciden frecuentemente en los mismos agujajes. Este hallazgo sugiere que, aunque estas especies pueden ser potencialmente competidoras por los recursos hídricos, su coexistencia en estas áreas no parece estar significativamente afectada por interacciones negativas directas.

Por otra parte, en un análisis enfocado en las posibles afectaciones ecológicas derivadas de la presencia de cerdos ferales en la Sierra de la Laguna, Solís-Cámara *et al.* (2009) encontraron indicios de desplazamiento poblacional de esta especie asociado a la disponibilidad de agua y alimento. La escasez de recursos hídricos durante los periodos secos parece limitar la abundancia y distribución de los cerdos ferales, demostrando que su dinámica poblacional está condicionada por la oferta de recursos clave. A pesar de ello, el estudio no reportó alteraciones significativas en el ecosistema atribuibles a la presencia de esta especie, sugiriendo que, en este caso particular, los impactos ecológicos pueden ser menos severos de lo esperado.

Estos resultados subrayan la importancia de los agujajes como nodos críticos en los ecosistemas áridos y semiáridos de la Región del Cabo. Los agujajes no solo facilitan la supervivencia de especies nativas, como el venado bura, sino que también sostienen la presencia de especies introducidas, como la vaca y el cerdo feral.

3. JUSTIFICACION

Analizar la función ecológica de los aguajes en una región árida como fuente de agua para los mamíferos terrestres es interesante porque estos recursos desempeñan un papel clave en la dinámica de los ecosistemas áridos, donde el agua es un recurso escaso y limitado. Los aguajes, al concentrar la disponibilidad de agua en puntos específicos, actúan como nodos ecológicos que influyen en los patrones de distribución, actividad y comportamiento de las especies. Su presencia puede determinar la estructura de las comunidades animales y las interacciones entre especies, como la competencia por recursos y las relaciones presa-depredador.

La naturaleza temporal y estacional de las precipitaciones agrega una capa adicional de complejidad, ya que obliga a los mamíferos a adaptar sus estrategias de supervivencia según la disponibilidad de agua. Esto incluye ajustes en sus patrones de actividad diaria y estacional, además de influir en su uso del hábitat. Por otra parte, los aguajes representan un punto de interacción entre especies con diferentes necesidades ecológicas y fisiológicas, como carnívoros, herbívoros y omnívoros, lo que los convierte en sitios clave para estudiar cómo las especies comparten recursos limitados.

Desde una perspectiva de conservación, entender la función ecológica de los aguajes es esencial para diseñar estrategias que permitan la compatibilidad de las actividades humanas, como la ganadería y el asentamiento poblacional, con la biodiversidad de regiones áridas. En este sentido, el estudio sobre la funcionalidad de los aguajes ofrece no solo un enfoque hacia la ecología básica, sino también aplicaciones prácticas para la sostenibilidad y preservación de estos frágiles ecosistemas.

4. HIPOTESIS

La disponibilidad espacio-temporal de agua afecta diferencialmente los patrones de actividad y coincidencia temporal de la fauna terrestre de tamaño mediano y grande en el uso de agujeros permanentes.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Analizar los patrones temporales de uso de agujajes por mamíferos medianos y grandes en un ecosistema árido ubicado en el sur de la península de Baja California.

5.2 Objetivos particulares

- Identificar las especies de mamíferos que utilizan los agujajes en el área de estudio.
- Determinar los patrones estacionales de uso de los agujajes por parte de las distintas especies de mamíferos.
- Caracterizar el patrón de actividad diaria de las especies en torno a los agujajes.
- Evaluar las coincidencias temporales en las visitas a los agujajes entre las diferentes especies de mamíferos silvestres.
- Explorar la relación entre los patrones temporales de uso de los agujajes y las características ecológicas de las especies, como su tipo de dieta y tamaño corporal.

6. MATERIAL Y METODOS

6.1 Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el piedemonte de la Sierra las Canoas, dentro de la Región del Cabo, en Baja California Sur y tiene una extensión de 76 ha y se localiza a 25 km al sur de la ciudad de La Paz (24.071°N, -110.054°W). La altitud en la zona varía entre los 120 y 1,053 m, con una topografía heterogénea que incluye lomeríos, valles, bajadas y planicies. Los suelos predominantes son de tipo regosol éutrico, formados a partir de rocas sedimentarias y volcánicas. La región carece de flujos permanentes de agua superficial, y el recurso hídrico está limitado a agujajes y pequeñas escorrentías temporales que se generan durante la temporada de lluvias (CONABIO, 2023).

De acuerdo con la clasificación climática de García (2004), en el área de estudio se registran climas áridos y semiáridos, que se clasifican en las siguientes categorías:

BSk''w: Semiárido, semifrío, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C; la temperatura del mes más frío oscila entre -3°C y 18°C, y la del mes más cálido es menor de 22°C. Las lluvias de verano representan entre el 5% y 10.2% del total anual.

BS0hw: Árido, semicálido, con una temperatura media anual entre 18°C y 22°C; la temperatura del mes más frío es inferior a 18°C, mientras que la del mes más cálido supera los 22°C. Las lluvias de verano constituyen entre el 5% y 10.2% del total anual.

BW(h')w: Muy árido, cálido, con una temperatura media anual superior a 22°C; la temperatura del mes más frío es mayor a 18°C. Las lluvias de verano representan entre el 5% y 10.2% del total anual.

BWhw: Muy árido, semicálido, con una temperatura media anual entre 18°C y 22°C; la temperatura del mes más frío es inferior a 18°C, mientras que la del mes más cálido supera los 22°C. Las lluvias de verano son del 5% al 10.2% del total anual (CONABIO, 2024).

El área de estudio se encuentra en una zona de transición entre el Desierto Sonorense y la región tropical del Cabo, lo que da lugar a una mezcla única de vegetación desértica y tropical. La cobertura vegetal dominante es el matorral sarcocaula, caracterizado por un dosel abierto con especies desérticas como *Pachycereus pringlei*, *Prosopis articulata*, *Olneya tesota*, *Stenocereus*

gummosus y *Stenocereus thurberi*. Esta vegetación coexiste con especies tropicales como *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lysiloma divaricatum*, *Senna atomaria*, *Plumeria rubra* y *Karwinskia humboldtiana*. La vegetación suele ser de dosel abierto y con altura normalmente no superior a 5 m.

Históricamente, en esta región se practicó la ganadería extensiva de reses en libre pastoreo, actividad que ha modificado parcialmente el entorno natural. Desde 2014, se implementa un manejo controlado de la ganadería, complementado con actividades de turismo de naturaleza para diversificar el uso del territorio y promover la conservación (Rancho Cacachilas, 2024).

Entre 2013 y 2017, se llevó a cabo un monitoreo exhaustivo de la biodiversidad en esta región, liderado por el Museo de Historia Natural de San Diego en colaboración con diversas instituciones, incluyendo el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, la Universidad Autónoma de Baja California, Terra Peninsular y San Diego State University. Este esfuerzo permitió documentar un total de 37 especies de reptiles y anfibios, 102 especies de aves y 30 especies de mamíferos, subrayando la riqueza biológica del área.

6.2 Obtención de datos

Se eligieron de forma aleatoria 13 agujeros permanentes, modificados por acción humana, y en cada uno de ellos se colocó una cámara trampa Bushnell (Trophy Cam E3 Essential Trail Camera) de sensor infrarrojo de movimiento con un alcance de 30.5 m. Las cámaras se situaron a una altura entre 15 cm y 180 cm del suelo, dirigidas hacia el agujero y a una distancia entre 2 y 5 m de este (Fig. 1). El muestreo se realizó durante 2 años naturales, inicios de octubre de 2020 a finales de septiembre de 2022. Las cámaras se mantuvieron activas durante las 24 horas del día. Se revisaron las fototampas mensualmente y se registraron las especies de mamíferos captadas en cada agujero, junto con la fecha y hora en que se realizó la foto. No todos los meses las cámaras estuvieron funcionales en todos los agujeros, por lo que el número de noches-trampa a lo largo del periodo fue variable entre agujeros. La distribución de los meses activos y número de noches-trampa para cada uno de los sitios se detalla en la Tabla 1.

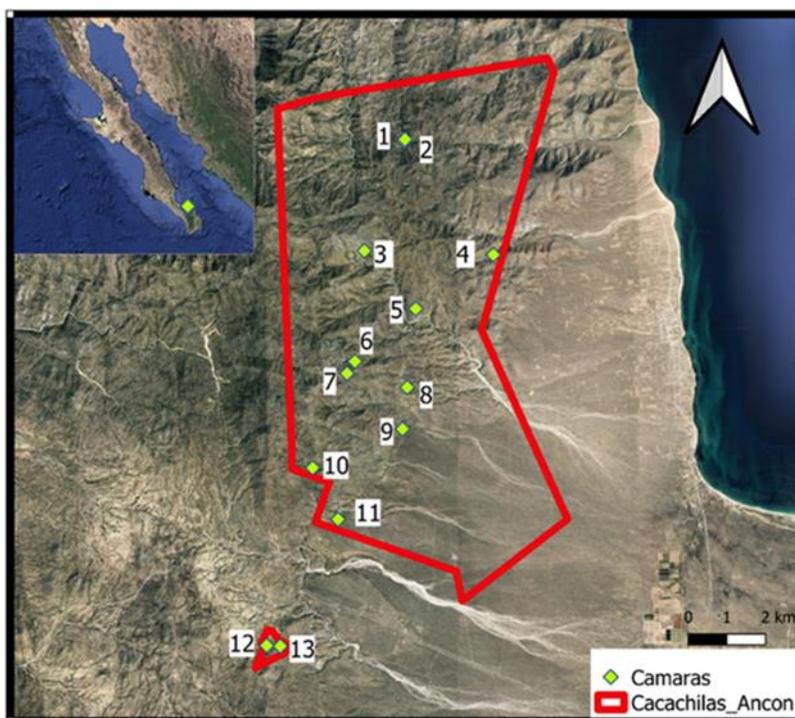


Figura 1. Localización de los agujeros permanentes con cámara trampa en el área de estudio, localizada en la Región del Cabo, Baja California Sur. Los sitios están ordenados de mayor a menor latitud.

Tabla 1. Relación de meses monitoreados en cada uno de los 13 sitios con cámara trampa entre octubre de 2020 y septiembre de 2022. La columna de Meses contiene el número total de meses muestreados en cada sitio a lo largo del periodo de estudio. Las filas de Días y Sitios contienen el número total de días y sitios muestreados durante ese mes. En gris se muestran los meses que las cámaras trampa estuvieron activas.

| Sitio | 2020 | | | 2021 | | | | | | | | | | | | 2022 | | | | | | | | | Meses | | |
|--------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|----|
| | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| Días | 186 | 210 | 186 | 186 | 196 | 217 | 240 | 248 | 390 | 403 | 403 | 300 | 372 | 360 | 372 | 372 | 364 | 310 | 300 | 248 | 270 | 341 | 341 | 330 | | 7145 | |
| Sitios | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 13 | 13 | 13 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 10 | 10 | 8 | 9 | 11 | 11 | 11 | | | |

Se consideró como registro de una especie su aparición en una foto, independientemente del número de individuos de la misma fotografiados. Se consideraron como dos registros distintos si las fotos de una misma especie en un mismo sitio separadas entre sí por al menos 15 minutos.

6.3 Análisis de datos

6.3.1 Frecuencia temporal de uso de los agujajes

Elegimos como unidad temporal de muestreo la noche-trampa, que definimos como las 24 h transcurridas entre las doce de mediodía de un día dado y la misma hora del siguiente día. Las noches-trampa muestreadas en un mes determinado corresponde al producto entre el número de sitios que tuvieron la cámara activa dicho mes y el número de días de ese mes. Por ejemplo, en octubre de 2020 las cámaras estuvieron activas en sólo 6 sitios que totalizaron 186 noches-trampa (6 sitios \times 31 noches del mes de octubre) (Tabla 1).

La frecuencia temporal de uso de los agujajes por parte de las especies la medimos a partir de varios estimadores.

En primer lugar, la frecuencia de visita general de una especie que calculamos como la proporción de las 730 noches naturales muestreadas en que fue registrada al menos una vez una especie en alguno de los 13 agujajes, y estimamos la misma proporción para las noches del periodo de secas y de lluvias (Fig. 4).

Analizamos si existe asociación en las noches que las especies visitan los agujajes, tanto para el año completo como para cada estación, secas y lluvias. Para ello realizamos un análisis de tablas de contingencia de las noches en que visitan los agujajes por pares de especie y estimamos la independencia o no de las visitas mediante una prueba de χ^2 . En los casos en que existe asociación significativa ($p < 0.5$) estimamos el sentido de la asociación (positiva o negativa) y su magnitud mediante el Q de Yule. El coeficiente Q de Yule es un índice normalizado que varía entre -1 y 1, existiendo asociación positiva si $Q > 0$, negativa si $Q < 0$ y ausencia de asociación si $Q = 0$.

En segundo lugar, la frecuencia mensual de visita a los agujajes de una especie, que calculamos como la proporción de registros de una especie en un mes respecto al total de noches-trampa realizadas en dicho mes (Fig.5: todas las especies; Fig. 6: por especie).

En tercer lugar, la actividad diaria de una especie, que definimos como la distribución relativa del total de registros de una especie entre las 24 horas de una noche. Es decir, la proporción de registros de una especie que ocurren en la primera hora (12-13h), en la segunda hora (13-14) y así hasta las 24 h.

Analizamos la actividad diaria por especies y comparamos (i) la actividad entre secas y lluvias para cada especie, (ii) la actividad diaria de todo el año entre especies, y (iii) la actividad en secas y lluvias entre especies. Utilizamos el análisis de bondad de ajuste de χ^2 para determinar si las curvas de frecuencia de las actividades diarias son significativamente distintas y en los casos en que se encuentran diferencias, usamos el análisis de residuales de Pearson (si > 1.96 entonces $p < 0.05$) para identificar en qué horas se produce la diferencia significativa entre curvas de actividad.

7.RESULTADOS

7.1 Frecuencia general de noches que usan los aguajes

En las 730 noches de dos años naturales, octubre de 2020 a septiembre de 2022, se muestrearon un total de 7,145 noches-trampa entre los 13 aguajes estudiados (3,502 en meses de secas, 3,642 en meses de lluvias) que produjeron 8,629 registros de especies (5,620 en meses de secas, 3,009 en meses de lluvias) (Tabla 1). En promedio se obtuvieron 1.2 registros/noche trampa para el conjunto del periodo de estudio, 1.6 registros/noche-trampa en meses de secas y 0.8 registros/noche-trampa en meses de lluvias.

En los 24 meses que duró el estudio el número de sitios en que estuvo activa la cámara cada mes varió de 6 sitios (e.g., octubre de 2020, diciembre de 2020) a los 13 sitios en febrero de 2022. Por tanto el número de noches.trampa varió a lo largo de los meses (Fig. 2), afectando potencialmente al número de registros de especies obtenidos por mes. Por ello, las frecuencias de registro siempre se promediaron respecto al número efectivo de noches.trampa muestreadas. El número de meses de muestreo activo por sitio varió de 9 meses (e.g., sitios 2, 6 y 7) a los 24 meses (por ejemplo, sitios 11 ó 12) (Tabla 1). Se obtuvo registro de la presencia de alguna especie en alguno de los 13 sitios en 725 de las 730 noches naturales. En tan sólo cinco noches no se registró ninguna especie.

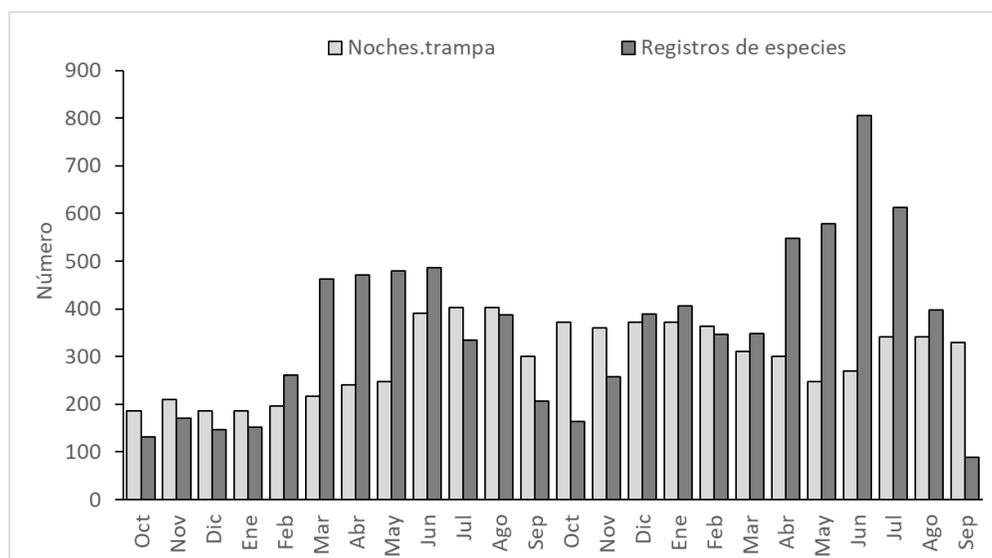


Figura 2. Distribución mensual del esfuerzo de muestreo, expresado en noches.trampa, y el número de registros de especies (fotografías separadas por más de 15 minutos) en alguno de los 13 sitios, entre octubre de 2020 a septiembre de 2022.

El total de 8,629 registros de especies correspondieron a 10 especies de mamíferos distribuidas en tres especies carnívoras: coyote (*Canis latrans*), lince (*Lynx rufus*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*); tres especies herbívoras: venado (*Odocoileus hemionus*), cerdo feral (*Sus scrofa*) y liebre (*Lepus californicus*); y cuatro especies omnívoras: mapache (*Procyon lotor*), zorrillo (*Silogale gracilis*), babisuri (*Bassariscus astutus*) y tejón (*Taxidea taxus*) (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de vertebrados registrados en las cámaras trampa en el área de estudio, Región del Cabo, BCS, desde octubre de 2020 a septiembre de 2022. Registros refiere al número de noches.trampa en que son registrados y el porcentaje representa su proporción respecto al total de 7,145 noches.tarmpa. (*) indica que la especie es parcialmente omnívora.

| PESO (kg) | NOMBRE | ESPECIES | REGISTROS | % |
|-------------------|-----------------|---------------------------------|-------------|------|
| Herbívoros | | | | |
| 1.5--2.5 | Liebre | <i>Lepus californicus</i> | 1 | 0.0 |
| 43--150 | Venado | <i>Odocoileus hemionus</i> | 1173 | 19.0 |
| 60--100 | Cerdo* | <i>Sus scrofa domesticus</i> | 473 | 7.7 |
| Omnívoros | | | | |
| 4--8 | Mapache | <i>Procyon lotor</i> | 1407 | 22.8 |
| 2--4 | Zorrillo | <i>Spilogale gracilis</i> | 503 | 8.2 |
| 1--1.5 | Babisuri | <i>Bassariscus astutus</i> | 49 | 0.8 |
| 6--7 | Tejón | <i>Taxidea taxus</i> | 6 | 0.1 |
| Carnívoros | | | | |
| 3--7 | Zorra* | <i>Urocyon cinereoargenteus</i> | 1633 | 26.5 |
| 7--20 | Coyote* | <i>Canis latrans</i> | 743 | 12.1 |
| 4--15 | Lince | <i>Lynx rufus</i> | 176 | 2.9 |

Se observaron cuatro niveles de frecuencia de actividad de las especies, esto es, de noches en que se registra la presencia de las especies en algún agujaje (Fig. 3a): (i) más del 70% de las noches: la zorra gris (%), mapache (%) y venado (%); (ii) entre 40-60% de las noches: coyote, zorrillo y cerdo; (iii) 20%, el lince (%); y (iv) <1%: liebre y tejón. Las especies frecuentes (i-iii) mostraron mayor frecuencia de visitas en los meses de seca que en los de lluvia (Fig. 3b), especialmente coyote, zorrillo, venado y cerdo. En cambio, el lince y la zorra gris incrementaron más ligeramente su frecuencia de noches activos en los agujajes, y el mapache no mostró diferencia entre lluvias y secas.

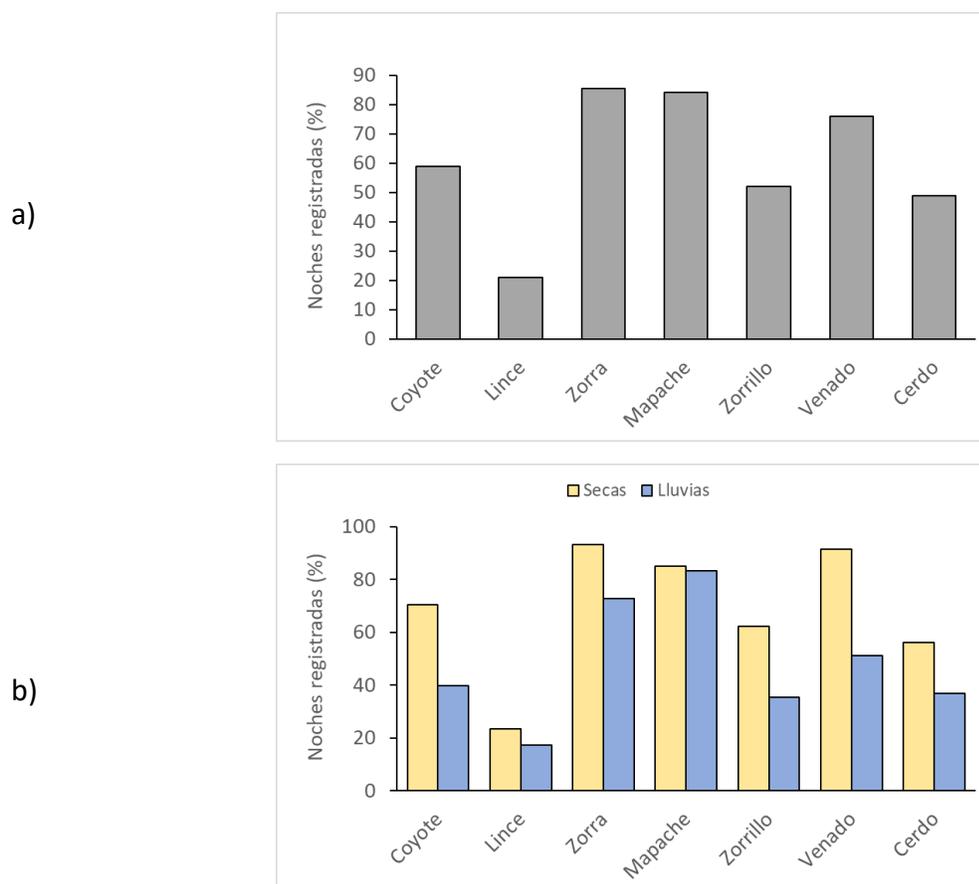


Figura 3. Proporción del total noches muestreadas en que aparecen registradas las principales especies en alguno de los agujajes: (a) el total de noches, (b) en meses de secas y de lluvias.

Se observó asociación temporal positiva, significativa estadísticamente (χ^2 , $p < 0.5$), entre la mayoría de los pares de especies (16 de 21) cuando se considera el año natural completo (Fig. 4a). Sin embargo, la intensidad de la asociación es moderada ($Q < 50$), excepto en los pares de especies de coyote-venado bura ($Q = 0.65$), coyote-zorra gris ($Q = 0.63$) y zorra gris-venado bura ($Q = 0.66$). El mapache fue la especie que mostró más independencia en sus noches de actividad en los agujajes respecto a la presencia de otras especies, sólo mostró asociación positiva con las noches activas de cerdo y venado. El cerdo y el venado bura mostraron asociación positiva con todas las demás especies, aunque en el caso del cerdo de intensidad moderada en todas ellas.

El análisis estacional nos mostró la red de relaciones en términos cuantitativos no fue muy distinto entre meses de secas y con lluvias (Fig. 4b, c; Fig. 5b, c). Se observó un número ligeramente inferior de pares de especies con asociaciones positivas en secas (7) que en lluvias (9), pero el de asociaciones altas ($Q \geq 0.5$) pasa de 5 a 4. Sin embargo, si se observa un cambio en la topología

de la red de relaciones. En la mitad de los casos (7 pares de especies) la intensidad de la asociación se intensifica en lluvias respecto a secas (coyote-lince, coyote-mapache, coyote-zorrillo, mapache-lince, zorra gris-zorrillo, zorra gris-venado y mapache-venado) (Fig. 4d, 5b, c). Cinco de los seis pares de especies que reducen su asociación en lluvias incluyen al cerdo (con el coyote, lince, zorra gris, mapache) y el único par que no incluye al cerdo es el lince-zorra gris. Dos pares de especies no modifican apreciablemente su intensidad de interacción (coyote-zorra gris, coyote-venado bura).

a) **AÑO COMPLETO**

| | | | | | | |
|----------|--------|-------|-------|---------|----------|--------|
| Lince | 0.26 | | | | | |
| Zorra | 0.63 | 0.44 | | | | |
| Mapache | | | | | | |
| Zorrillo | 0.24 | | 0.40 | | | |
| Venado | 0.65 | 0.29 | 0.66 | 0.31 | 0.34 | |
| Cerdo | 0.39 | 0.27 | 0.33 | 0.33 | 0.21 | 0.29 |
| | Coyote | Lince | Zorra | Mapache | Zorrillo | Venado |

b) **SECAS**

| | | | | | | |
|----------|--------|-------|-------|---------|----------|--------|
| Lince | | | | | | |
| Zorra | 0.52 | 0.65 | | | | |
| Mapache | | | | | | |
| Zorrillo | | | | | | |
| Venado | 0.60 | | | | | |
| Cerdo | 0.34 | 0.31 | 0.66 | 0.66 | | |
| | Coyote | Lince | Zorra | Mapache | Zorrillo | Venado |

c) **LLUVIAS**

| | | | | | | |
|----------|--------|-------|-------|---------|----------|--------|
| Lince | 0.47 | | | | | |
| Zorra | 0.50 | | | | | |
| Mapache | 0.54 | 0.56 | | | | |
| Zorrillo | 0.36 | | 0.40 | | | |
| Venado | 0.46 | | 0.54 | 0.45 | | |
| Cerdo | | | | | | |
| | Coyote | Lince | Zorra | Mapache | Zorrillo | Venado |

d) **SECAS - LLUVIAS**

| | | | | | | |
|----------|--------|-------|-------|---------|----------|--------|
| Lince | -0.47 | | | | | |
| Zorra | 0.02 | 0.65 | | | | |
| Mapache | -0.54 | -0.56 | | | | |
| Zorrillo | -0.36 | | -0.40 | | | |
| Venado | 0.14 | | -0.54 | -0.45 | | |
| Cerdo | 0.34 | 0.31 | 0.66 | 0.66 | | |
| | Coyote | Lince | Zorra | Mapache | Zorrillo | Venado |

Figura 4. Asociación temporal en las noches que visitan el conjunto de los agujajes cada par de especies: a) para el año natural completo, b) meses de secas, c) meses con lluvias, y d) diferencia entre secas y lluvias. Las celdas marcadas corresponden a la existencia de asociación significativa entre pares de especies de acuerdo con el análisis de χ^2 de las tablas de contingencia ($p < 0.05$). El valor numérico es la Q de Yule, celdas en gris oscuro si $Q \geq 0.5$ y gris claro, si $Q < 0.5$. La figura (c) expresa la diferencia de las Q de Yule de periodo de secas (b) y lluvias (c). Valores negativos (azul) indican aumento de la asociación en lluvias respecto a secas; valores positivos (dorado) indican disminución de la asociación; y celdas en gris, sin cambio apreciable de Q entre estaciones.

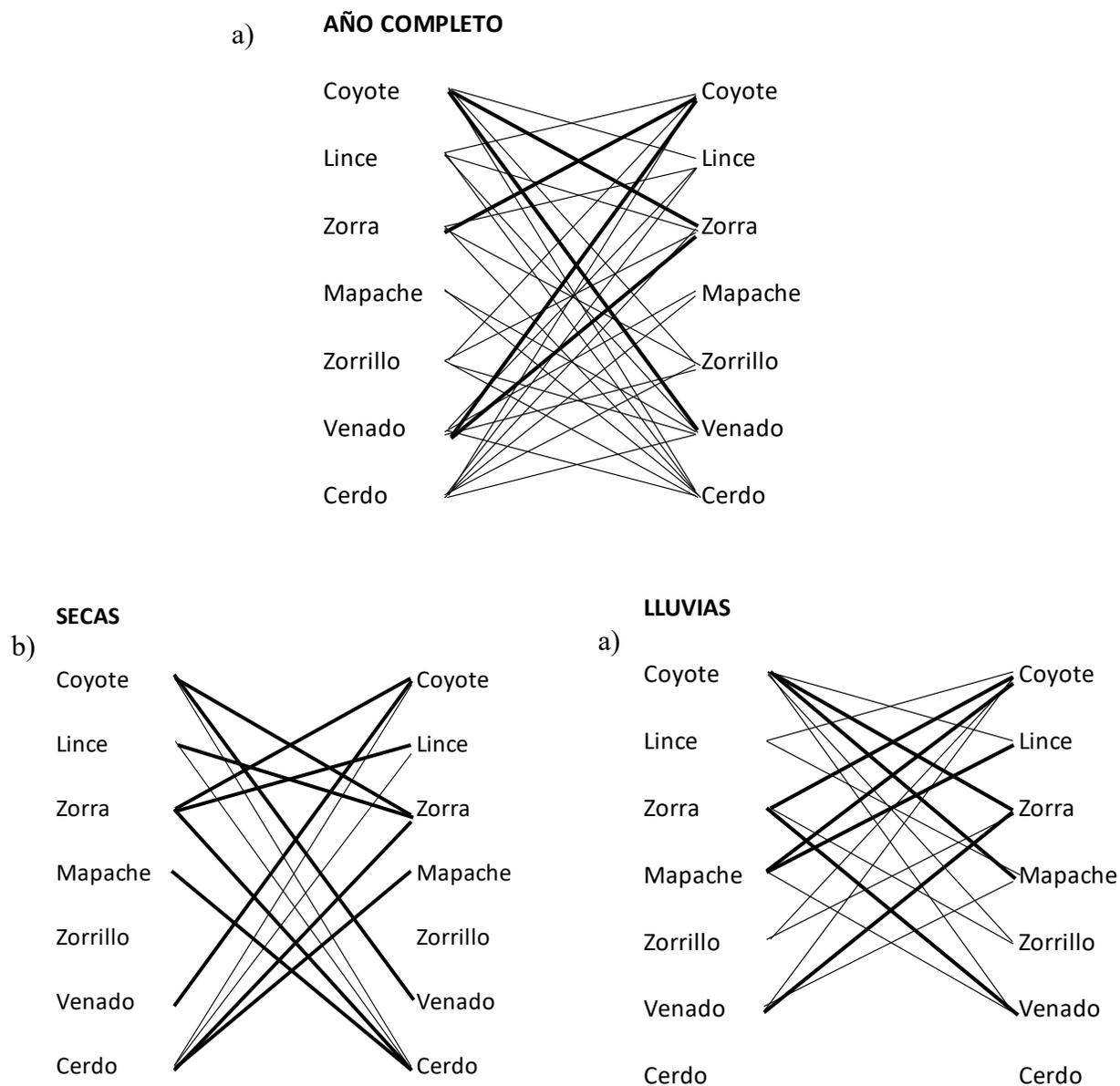


Figura 5. Red de relaciones de asociación significativas (χ^2 , $p < 0.5$) entre especies en las noches de visita a los agujeros. Todas las relaciones son positivas. Las líneas delgadas representan una asociación moderada (Q de Yule < 0.5) y líneas gruesas, una asociación alta (Q de Yule ≥ 0.5). (a) Año natural completo, (b) meses sin precipitación, y (c) meses con precipitación.

7.2 Frecuencia mensual de uso de los agujajes

La distribución mensual de la frecuencia de visitas del total de las especies (número de registros del mes / noches-trampa del mes) apareció correlacionada con la ocurrencia de precipitación a lo largo de los meses (Fig. 6). Aumenta en los meses de seca y se reduce en los meses en que hay lluvia, o en los meses inmediatos. A nivel de especies (Fig.7), también se observa un comportamiento semejante en la distribución mensual de visitas a los agujajes, aumentando en los periodos de secas y reduciéndose en los meses con lluvia, especialmente en herbívoros (Fig. 7a) y carnívoros (Fig. 7c). Las dos especies más omnívoras, mapache y zorrillo, son las que muestran menos variación en su tasa mensual entre meses de secas y lluvia (Fig. 7b).

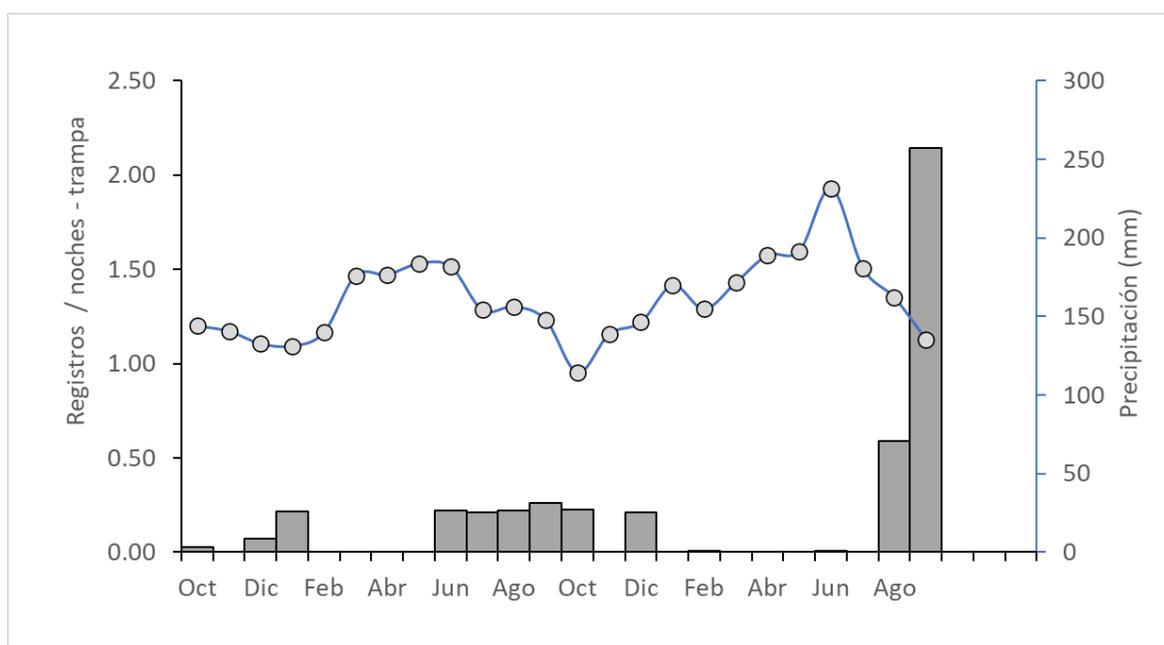


Figura 6. Frecuencia mensual del total de registro de especies respecto al número de noches-trampa muestreadas en cada mes en 13 agujajes entre octubre de 2020 y septiembre de 2022 (curva con puntos) y precipitación registrada en el Rancho Cacachilas (barras).

7.3 Actividad diaria en el uso de los aguajes

El patrón de la actividad diaria de las especies en el total de los meses, tanto lluvias como secas, mostró semejanza asociada a tipos de dieta. Los herbívoros (venado bura y cerdo) mostraron su máxima actividad en las últimas horas de la tarde, con un pico máximo coincidente entre 18 – 21 h. Tiene un segundo pico menor no coincidente entre 3 – 7 h en el cerdo y entre 8 – 10 h en el venado (Fig. 8a, b). Los omnívoros (mapache, zorrillo y zorra gris) concentran su actividad de manera más homogénea en las horas de menos luz, entre las 20 h – 6 h, con picos al inicio y final del periodo (Fig. 9a, b, c). Finalmente, las dos especies de carnívoros muestran un pico común de alta frecuencia en las primeras horas de luz, entre las 6 h - 8 h. El lince muestra un segundo pico en las primeras horas sin luz, entre 19-24 h y una disminución en las horas centrales de la noche, que no presenta el coyote (Fig. 10 a, b).

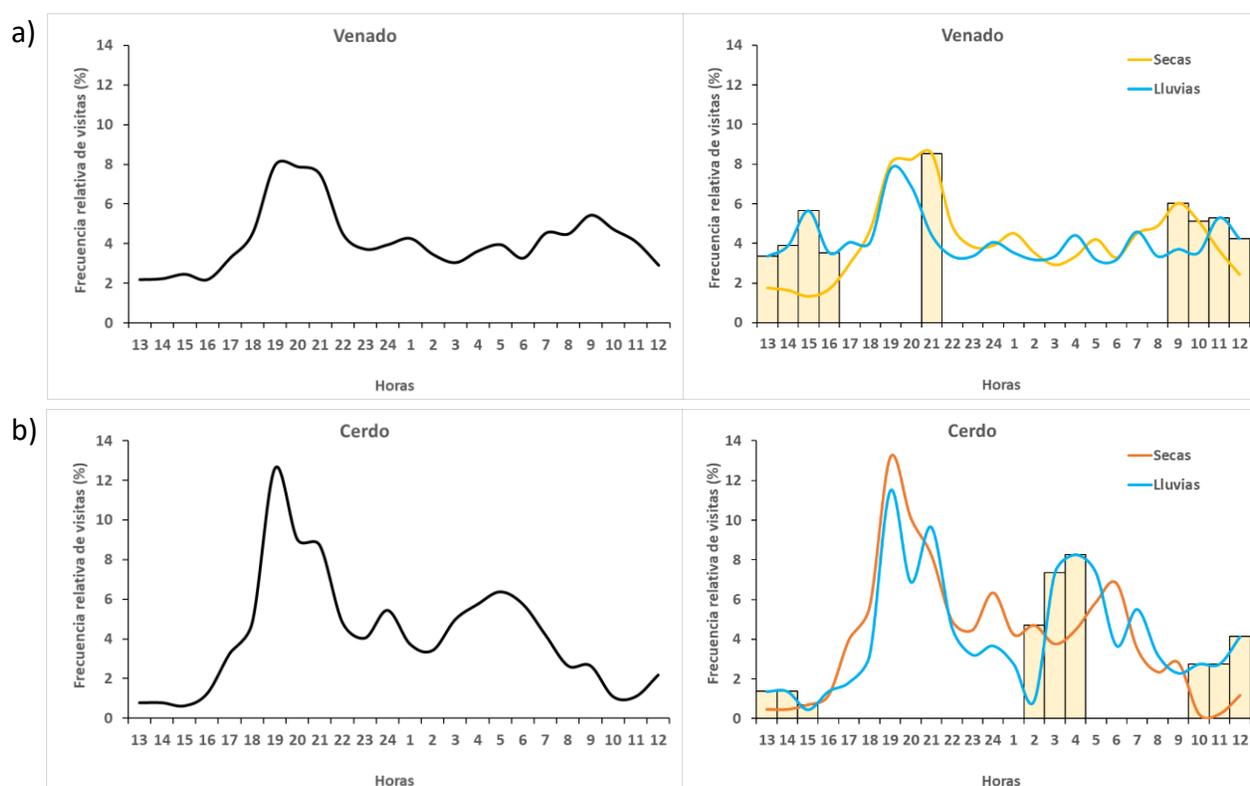


Figura 8. Actividad diaria de las especies, a lo largo del todo el año (columna izquierda) y en temporada de secas y lluvias (columna derecha). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).

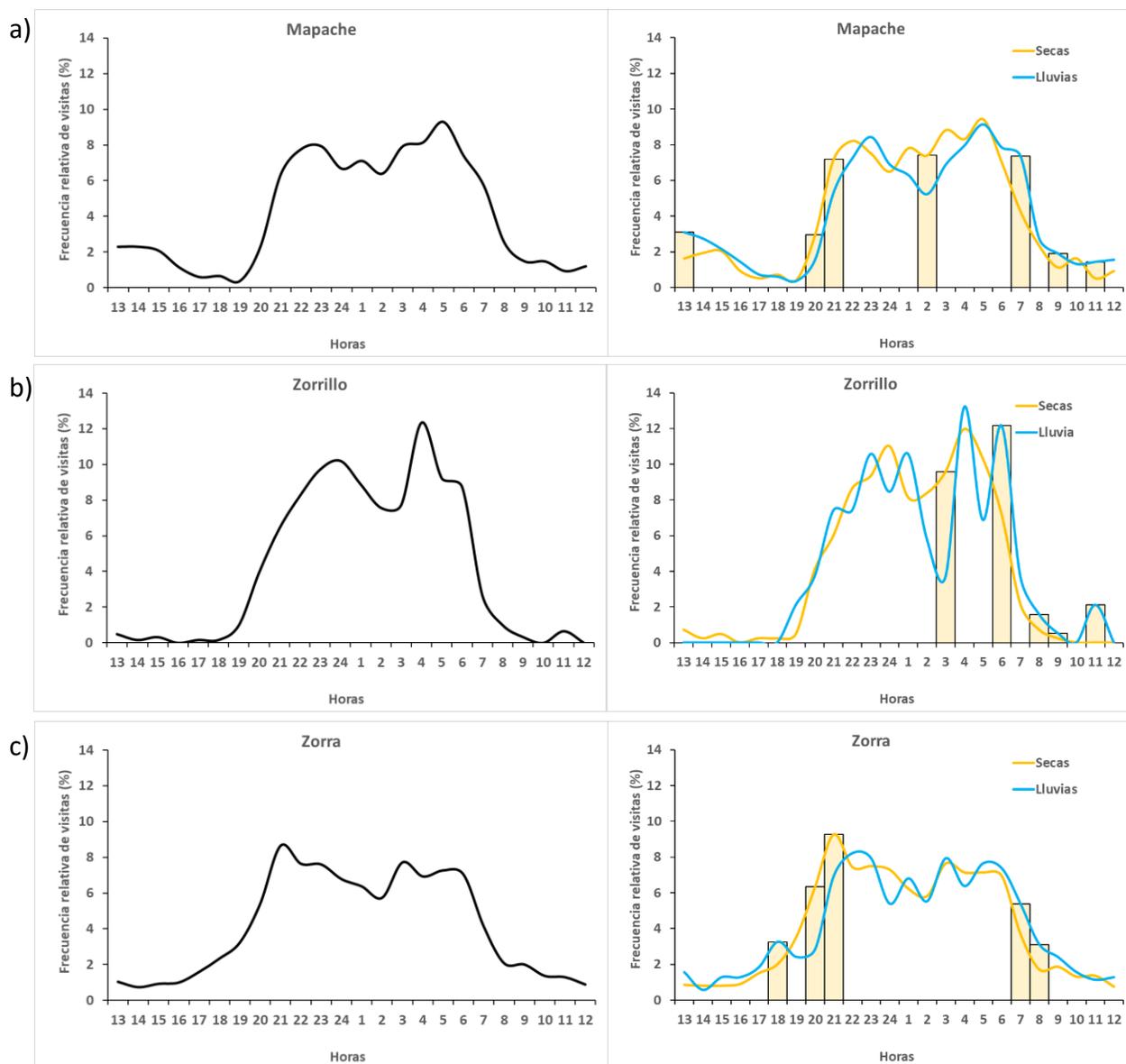


Figura 9. Actividad diaria de las especies, a lo largo del todo el año (columna izquierda) y en temporada de secas y lluvias (columna derecha). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).

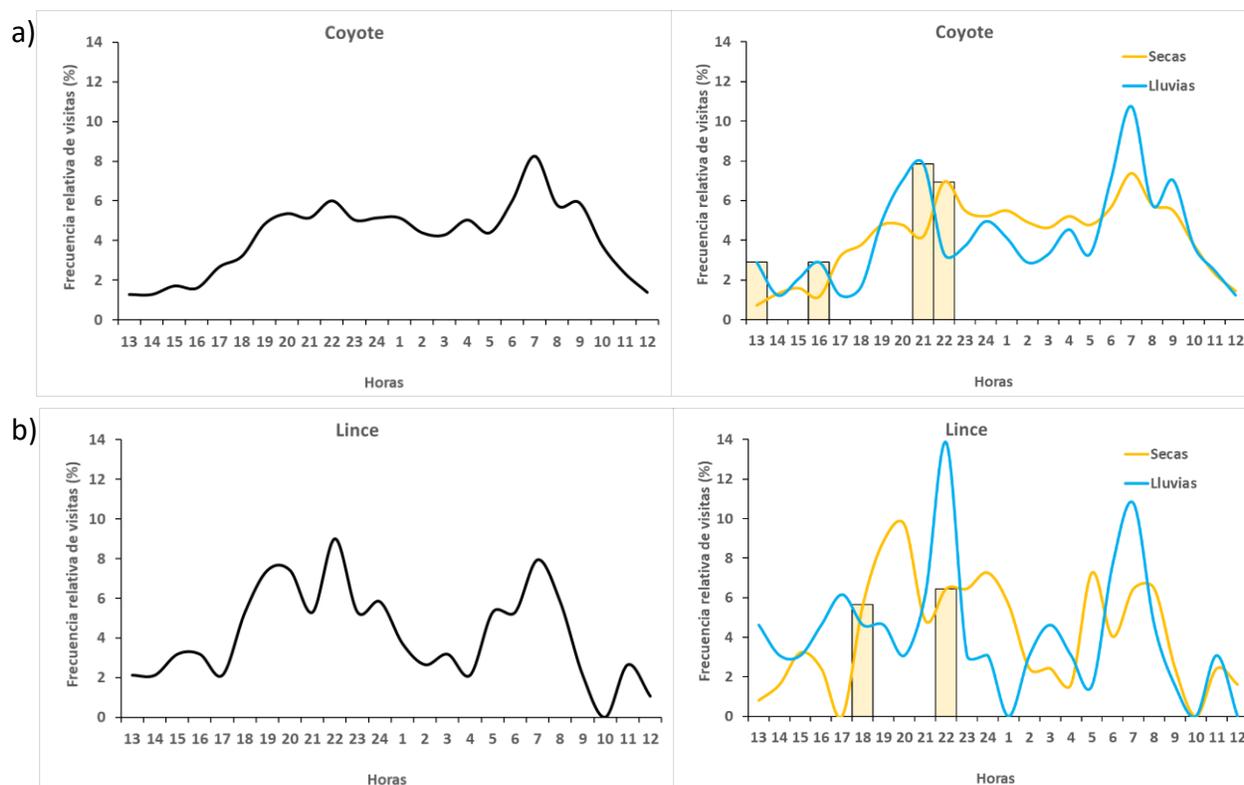


Figura 10. Actividad diaria de las especies, a lo largo del todo el año (columna izquierda) y en temporada de secas y lluvias (columna derecha). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).

En la comparación de la actividad diaria estacional dentro de las especies encontramos que en los meses de lluvia las dos especies herbívoras, venado bura y cerdo, aumentan su actividad en las horas de luz (9-16 h); en cambio, en las horas sin luz el venado reduce su actividad (21 h), mientras que el cerdo aumenta su actividad en las últimas horas de oscuridad (2-4 h) (Fig. 8c, d).

Las especies omnívoras (mapache y zorrillo), más la zorra gris, reducen su actividad en lluvias durante las primeras horas de oscuridad (19-21 h) y primeras horas de luz (6-8 h) (Fig. 9d, e, f).

Finalmente, los carnívoros, coyote y lince, aumenta en los meses de lluvias su actividad en las horas de la tarde (16-18 h) y primera parte de la noche (21-22 h), y reducen su actividad en la parte central de la noche (Fig. 10c, d).

En la comparación de la actividad diaria entre especies encontramos que los carnívoros, coyote y lince, muestran poca diferencia si consideramos los datos del año natural completo, con sólo diferencias en las primeras horas de la mañana (8-9 h), en las que el lince reduce drásticamente

su actividad (Fig. 11a). Las diferencias de patrón de actividad mayor se presentan en secas, en la que el lince muestra mayor actividad que el coyote en las primeras horas de oscuridad (19-20), mientras las reduce en la mañana (9-10 h) (Fig. 11b, c). En los herbívoros, el cerdo muestra mayor actividad nocturna, especialmente en las primeras (18-19 h) y últimas (3-6 h) y la reduce comparativamente durante las horas de luz (8 – 15 h) (Fig. 11d). Estacionalmente, la actividad diaria del cerdo en secas es más intensa que la del venado en las primeras horas de la noche, y menos intensa en las primeras horas de la mañana (Fig. 11e). En cambio, en lluvias es más activo que el venado bura tanto al inicio como al final de la noche (Fig. 11f).

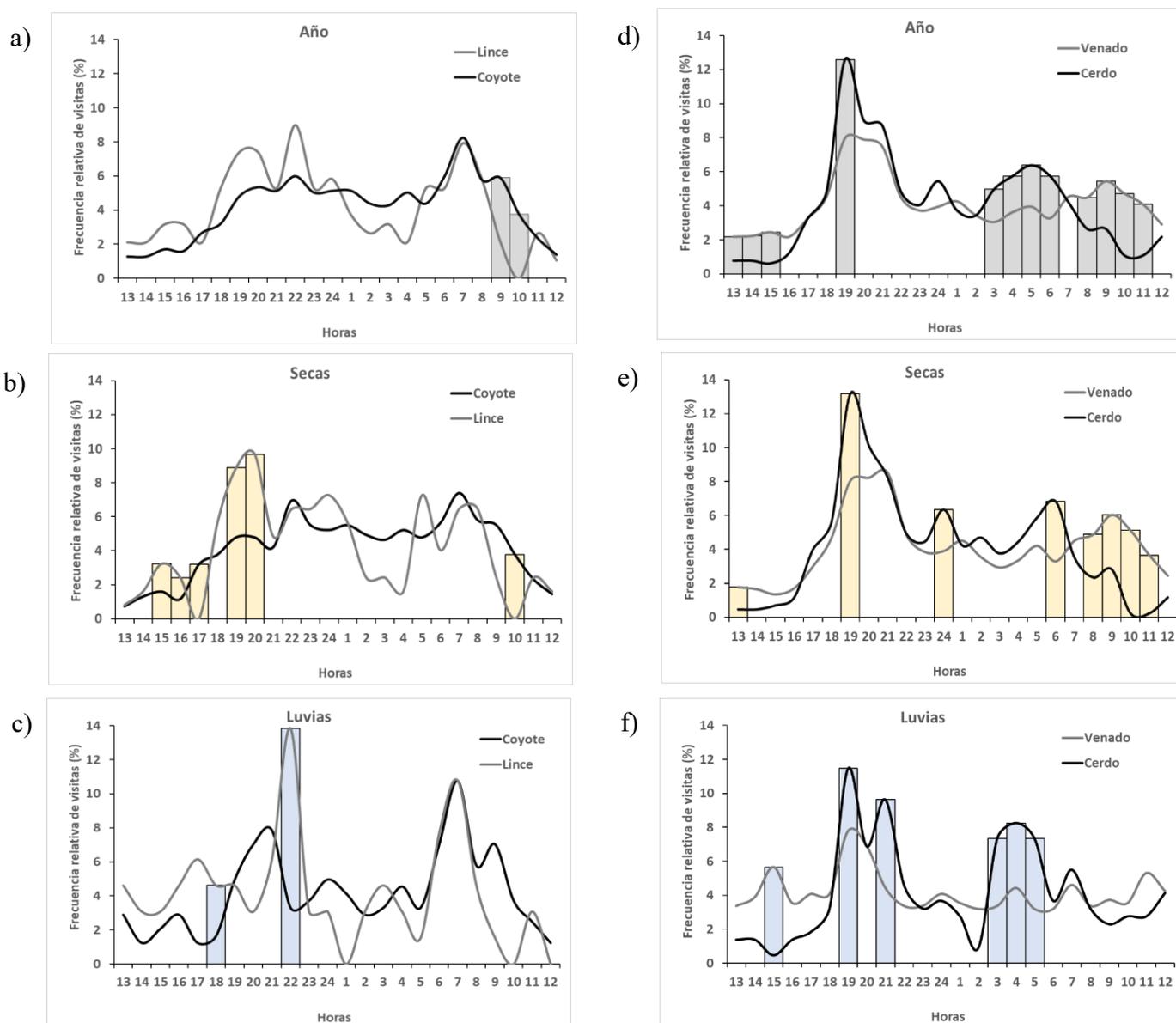


Figura 11. Comparación en la actividad diaria de dos especies, a lo largo del todo el año (fila superior) y en temporada de secas y lluvias (filas 2 y 3). La frecuencia relativa de visitas se refiere

al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el caso de los omnívoros (mapache, zorrillo) y la zorra gris muestran diferencias en su actividad diaria durante el año completo sobre todo en las horas de luz (6- 19 h) y puntualmente en los dos picos de mayor actividad que presentan en la noche (23-24 h y 4-5 h) (Fig. 12a, d; Fig. 13a). Estas diferencias de actividad se deben fundamentalmente a las diferencias que muestran entre ellos durante la estación de secas (Fig. 12b, c, e, f; Fig. 13b, c).

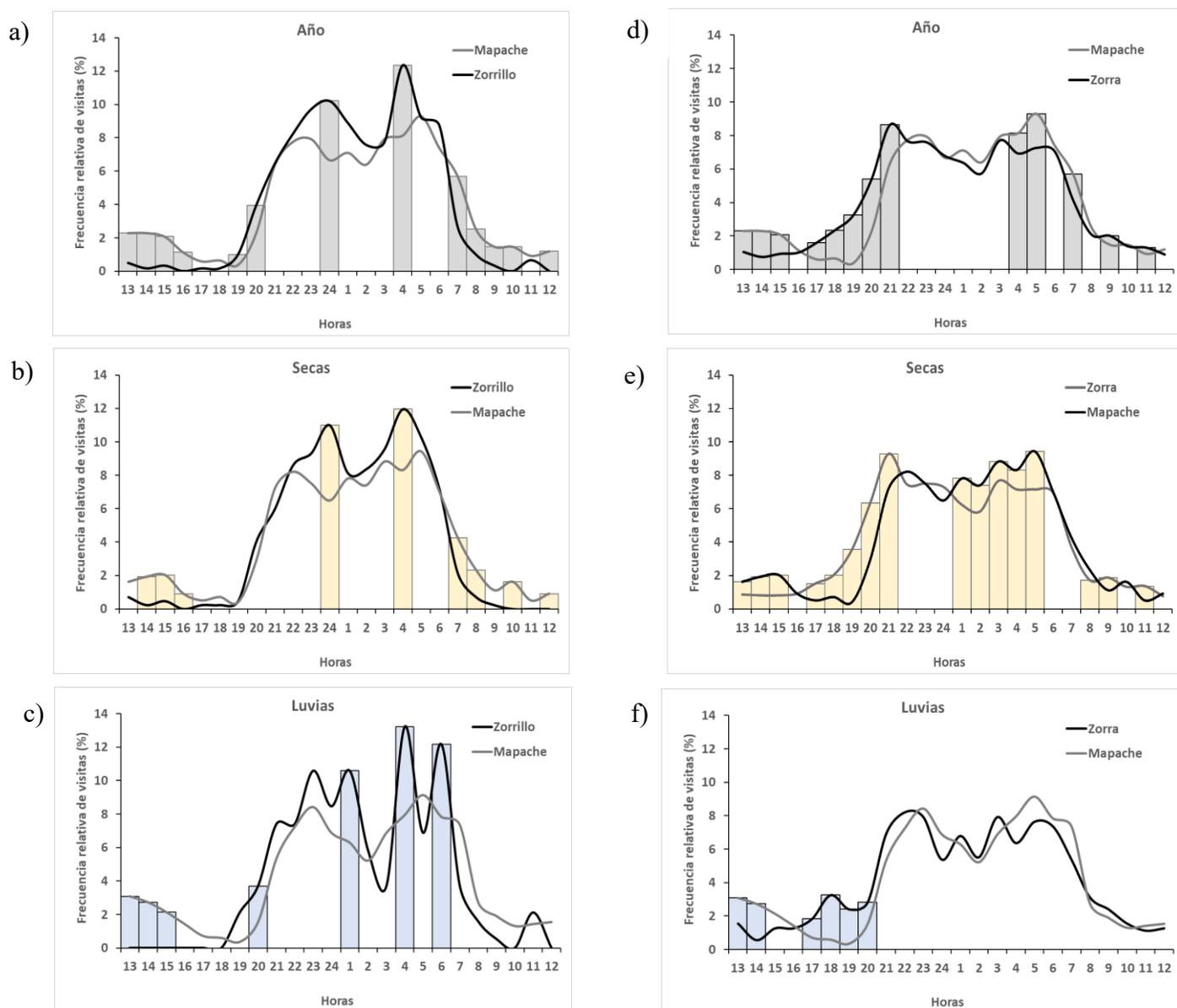
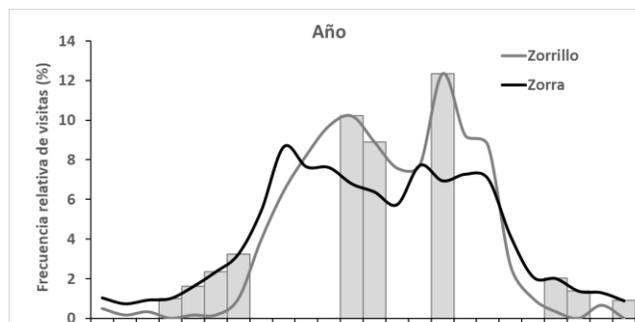
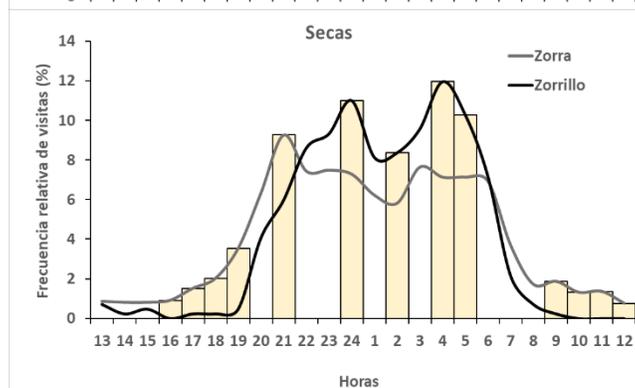


Figura 12. Comparación en la actividad diaria de dos especies, a lo largo del todo el año (fila superior) y en temporada de secas y lluvias (filas 2 y 3). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).

a)



b)



c)

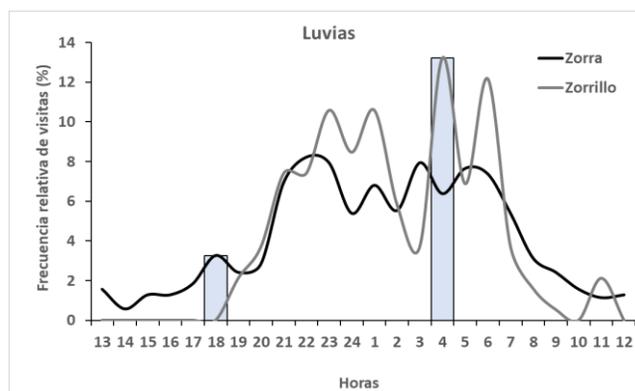


Figura 13. Comparación en la actividad diaria de dos especies, a lo largo del todo el año (fila superior) y en temporada de secas y lluvias (filas 2 y 3). La frecuencia relativa de visitas se refiere al porcentaje de registros separados por más de 15 minutos que ocurren en cada hora. Las barras indican en qué horas hay diferencias significativas ($p < 0.05$).

8.DISCUSIÓN

Como en otros muchos otros lugares áridos de Norteamérica, en la península de Baja California se han hecho modificaciones a diversos ojos de agua naturales, para mantener el agua disponible para el ganado doméstico y/o la fauna silvestre el mayor tiempo posible. Esta práctica, que es común en el mantenimiento de ranchos cinegéticos o de conservación, permite, entre otras cosas, estudiar la fauna del área (Simpson *et al.*, 2011).

En un inventario, previo, realizado por el Museo de Historia Natural de San Diego en 2017, se identificaron 30 especies de mamíferos en el área, (14 murciélagos, 9 roedores) y el resto mamíferos medianos (liebre, babisuri, zorrillo) y grandes (lince, coyote, venado bura y cerdo feral). En este estudio, mediante el establecimiento de cámaras trampa en los agujajes modificados, no registramos ni murciélagos ni roedores, pero si pudimos identificar tres especies que el inventario no menciona: zorra gris, tejón y mapache. En total en las cámaras aparecieron 10 especies. La frecuencia de uso de los agujajes por las 10 especies fue alta, ya que solo en el 0.68% de las noches (5 de 730), no hubo registros de alguna de ellas en ninguna de las 13 cámaras.

Tres de las especies, liebre, babisuri y tejón, tuvieron menos del 1% de registros, por lo que no se incluyeron en los análisis posteriores. Estas tres especies se consideran muy bien adaptadas a condiciones de desierto, y por lo tanto no son tan dependientes del agua superficial disponible, sino que la obtienen del alimento (babisuri y tejón tienen un alto porcentaje de vegetación en su dieta). En sendos estudios con cámaras trampa en Utah (Kluever *et al.*, 2017) y en Arizona (De Stefano *et al.*, 2000) se constató que las liebres son casi independientes de los cuerpos de agua, a diferencia de los coyotes. Igualmente, en un estudio en Chihuahua, Harrison (2016) registró que los tejones visitaban los agujajes, pero solo bebían en la mitad de las visitas. Además, los hábitos nocturnos de esta especie también se consideran una adaptación al desierto para evitar el calor y la evapotranspiración (Hall *et al.* 2021). Los tejones y babisuris son además tradicionalmente especies de abundancias bajas y de rangos hogareños restringidos (Rangel Rojas, 2018), lo que influye en el bajo número de registros obtenidos en este tipo de estudios (López-Téllez *et al.*, 2021).

Los análisis los realizamos con tres grupos de dieta diferenciada. Mamíferos herbívoros: venado y cerdo feral, carnívoros: coyote, lince y zorra gris, y omnívoros: mapache y zorrillo. La delimitación

entre estos grupos no es completa, pues algunas especies como el cerdo, que consideramos herbívoro, tiene un cierto grado de omnivoría, o especies como la zorra gris o el coyote, que consideramos como carnívoros, también son parcialmente omnívoros. El grupo que apareció en el 70% de las noches muestreadas lo componen el mapache, la zorra gris y el venado.

El mapache es un mamífero generalista, que puede vivir en regiones desérticas pero su presencia se asocia siempre a la existencia de cuerpos de agua (oasis, o cerca de ranchos), donde gusta de lavar sus alimentos, socializar y jugar (Salgado, 2015; Heske y Ahlers, 2016). Esta especie, junto con el zorrillo, fueron las dos especies cuyo uso de los agujajes varió menos entre la temporada de lluvias y secas. La frecuencia de uso se mantuvo más o menos similar. Del zorrillo, que sí es una especie típica de desierto (Handley 2022), no hay mucha información al respecto del uso del agua; pero sabemos que se asocia a áreas de buena cobertura vegetal y que por su pequeño tamaño tiene áreas de campeo (home range o área vital) bastante pequeñas (Bolas *et al.*, 2022). En nuestros resultados constatamos que las horas de actividad de las dos especies son casi exclusivamente nocturnas y no varían entre las dos temporadas por lo que sospechamos que probablemente estuvimos registrando individuos que habían establecido su residencia en las proximidades de los agujajes y por ello las visitas se mantuvieron constantes. Se ha sugerido que las especies de carnívoros de pequeño tamaño pueden ser nocturnas para evitar la predación por rapaces diurnas (Vallejo-Vargas *et al.*, 2022).

Los herbívoros, en nuestro estudio venado bura y cerdo feral, son reconocidos como más dependientes de la presencia de agua. En nuestro estudio observamos que la tasa de visitas es casi el doble que la de mapaches y zorrillos. En el suroeste de Arizona, Calvert (2015) documentó que venados y coyotes eran muy dependientes del agua superficial. Se ha visto que los venados incluyen regularmente fuentes de agua en sus áreas normales de movimiento (Bello *et al.*, 2001) y que los cerdos ferales escogen hábitats con buena cobertura vegetal y disponibilidad de agua (Clontz *et al.*, 2021). Además, el gran tamaño de estas especies condiciona la necesidad de moverse por grandes áreas en busca de alimento, siendo los cerdos territoriales en temporada de apareamientos (Schlichting *et al.*, 2022). Por lo tanto, en estas dos especies, como esperábamos, sí que hubo un incremento de visitas a los agujajes durante la temporada de sequía, comparada con la temporada de lluvias, en la que probablemente, encontraban agua disponible en otras partes de sus áreas de campeo (área vital), como se vio en otros estudios en Nuevo México (Harris

et al., 2015). Sus horas de actividad a lo largo del día son diferentes entre sí. Los venados se consideran catemerales (Buenrostro-Silva *et al.*, 2020), es decir que están más o menos activos siempre, también en nuestra área de estudio. Este ritmo fue más constante en la temporada de lluvias mientras que en temporada de secas bajó la actividad durante las horas de más luz y calor, y pasó a una actividad más crepuscular-nocturna. El cerdo fue más activo en las primeras horas de oscuridad y durante toda la noche, pero permanece escondido durante el día en las zonas de alta cobertura (Clontz *et al.*, 2021), aunque en la temporada de lluvias puede mantener cierta actividad en la mañana.

En el grupo de los carnívoros (zorra gris, coyote y lince), las frecuencias de presencia en los agujajes variaron. La zorra gris, junto con el coyote, es uno de los mamíferos más detectados en cámaras trampa colocadas en agujajes de lugares desérticos como el Pinacate (Sonora) y Organ Pipe (Arizona) (Handley, 2022). De las tres especies, en nuestros resultados, la zorra gris es la que más aumenta sus visitas a los agujajes en temporada de secas, comparada con las lluvias, fundamentalmente en las horas crepusculares. En ambas estaciones mantiene un horario casi exclusivamente nocturno.

En nuestras observaciones el coyote apareció en el segundo grupo de frecuencia en la presencia en agujajes (40-60%), junto con el cerdo feral y el zorrillo. Aunque tanto Calvert (2015) como Harris *et al.* (2015) lo habían calificado como muy dependiente del agua superficial en su estudio en Arizona, Hodge *et al.* (2022), demostraron que es una especie tan plástica que ni su dieta ni sus desplazamientos se alteraban con la presencia o ausencia de agua, en Utah. El lince ha sido reportado como muy dependiente de los cuerpos de agua (Harris *et al.*, 2015; Hall *et al.*, 2021), sin embargo, su baja frecuencia de visitas en comparación con otros carnívoros está seguramente determinada por su menor densidad relativa comparada con la de éstos. El coyote y el lince no cambian tanto como la zorra gris su frecuencia de uso de los agujajes entre lluvias y secas, pero si varían mucho sus horas de visita a los mismos entre las dos estaciones, sin que aparezca un patrón claro de horas diarias de actividad.

Una de las preocupaciones al establecer y mantener agujajes en sitios áridos es el posible efecto indirecto que la presencia de agua pueda tener sobre las especies bien adaptadas a los sistemas áridos más independientes del agua (liebres, tejones o babisuris en este caso; (Hall *et al.*, 2013).

Esta hipótesis predice que especies de predadores que sí dependen más del agua, como el coyote o el lince, podrían aumentar sus áreas de movimiento, para incluir los cuerpos de agua en sus recorridos, y con ello aumentaría la posibilidad de predación sobre las especies presa. Este efecto puede ser obvio como por ejemplo constataron Harris *et al.* (2015) en Servilleta, Nuevo México, donde las visitas de coyotes y lince al agua aumentaban cuando lo hacían las de venados y liebres, o puede no suceder como pasó con los coyotes del estudio de Hall *et al.* (2013) en el desierto de Mojave. En nuestro estudio el aumento de visitas de los venados durante los meses de sequía no se corresponde con variación en la frecuencia de visitas de coyotes o lince.

Las asociaciones temporales más significativas detectadas en nuestro estudio (coyote-venado, y zorra gris-venado), podrían deberse a un efecto de predador presa, pero puesto que no hay un aumento de las visitas de los predadores cuando los venados van más (en secas) nos inclinamos a creer que sean debidas a más bien a la dependencia del agua de las tres especies (Bender *et al.*, 2017). Aunque en otros lugares (Mendocino, California) se ha reportado que los coyotes predan sobre venados (Neale y Sacks 2001), en los estudios de dieta de coyote en Baja California Sur nunca aparecen venados, sino que se reporta una dieta basada en mamíferos pequeños (roedores), reptiles, insectos, frutos y carroña (Arnaud, 1993; Grajales-Tam *et al.*, 2003; Guerra-Huitrón 2019). La dieta de la zorra gris, por su parte, está basada en insectos, frutos y pequeños roedores (Arnaud y Acevedo 1990; Guerra-Buitrón 2019). Por lo que no parece probable que en la asociación observada en la frecuencia de visita a los aguajes entre venado y estos dos carnívoros esté relacionada con interacciones de predación.

La otra asociación positiva que encontramos, entre coyote-zorra gris, se engloba dentro de la más estudiada asociación de mesomamíferos medianos de ecosistemas áridos (lince, coyote, zorra gris) (Fedriani *et al.*, 2000; Neale and Sacks, 2001; Wang *et al.*, 2015; Bender *et al.*, 2017). Estas tres especies, dependiendo de las características del hábitat, pueden presentar conflictos espaciales, o de competencia, pero no siempre se dan.

En nuestros resultados no encontramos estrecha correspondencia temporal en las horas de visitas a los aguajes entre zorras grises (más nocturnas) y coyotes y lince (más erráticas). Ni en secas ni en lluvias. Eso no es tan extraño, por ejemplo, Nealy y Sacks (2001) en Mendocino, California, encontraron que zorra gris y coyote, pese a ser ambos predadores cursoriales (que recorren sus

áreas de campeo en busca de presas) conviven y no hay interferencia entre ellos, ni tampoco tenían interacción negativa con el lince (que es cazador al acecho). Igualmente, en sitios áridos del norte de México como la Michilía, Rodríguez Luna *et al.*, (2021) tampoco encontraron conflicto espacial entre las dos especies debido a que la zorra gris tiene requerimientos de hábitats más específicos y rangos hogareños más pequeños que el coyote (5.3 vs. 12.2 km², respectivamente). En Baja California Sur, Guerra-Huitrón (2019) detectó un elevado solapamiento espacial entre las tres especies, pero no encontró competencia trófica, ni temporal entre ellas. En otros lugares, como en Arizona o el este de USA, sí se ha detectado que la presencia de coyotes disminuye la presencia de zorra gris (Veals, 2018; Egan *et al.*, 2021) y que los coyotes pueden preñar sobre los lince (Fedriani *et al.*, 2000). Nuestro análisis no incluye el componente espacial de coincidencia a nivel de aguaje, y no podemos saber qué tipo de asociación se establece entre estas tres especies, pero de alguna manera encontramos una cascada de frecuencia. La zorra gris pertenece al grupo de los que aparecen más frecuentemente, con visitas nocturnas y que aumenta las visitas durante la temporada de secas. El coyote en el segundo grupo y el lince en el grupo de los que aparecen solo el 20% de las noches, y ambas especies sin cambios entre secas y lluvias. Aunque en varios estudios se cita al lince tan dependiente de los cuerpos de agua como al coyote (Bender *et al.*, 2017), quizás su menor frecuencia de visitas en Cacachilas se deba a una población menor, comparativamente a las otras dos.

9. CONCLUSIONES

- Frecuencia general de uso de los agujajes:

Se registraron 7,145 noches-trampa en dos años, con mayor actividad en los meses secos (5,620 registros) que en los de lluvias (3,009 registros). La presencia de especies fue detectada en el 99.3% de las noches monitoreadas.

- Diversidad y comportamiento de especies:

Se identificaron 10 especies de mamíferos, distribuidas en tres grupos funcionales: carnívoros (coyote, lince y zorra gris), herbívoros (venado bura, cerdo feral y liebre), y omnívoros (mapache, zorrillo, tejón y babisuri).

- Frecuencia de actividad por especie:

Las especies más activas (>70% de las noches) fueron zorra gris, mapache y venado. El coyote, zorrillo y cerdo estuvieron activos en 40-60% de las noches, mientras que el lince fue registrado en 20% y la liebre y el tejón en menos del 1%.

- Influencia estacional:

Durante los meses secos, la frecuencia de visitas aumentó significativamente para la mayoría de las especies, especialmente coyote, zorrillo, venado y cerdo. El mapache no mostró cambios entre temporadas, mientras que el lince y la zorra gris incrementaron sus visitas ligeramente.

- Relaciones interespecíficas:

Se observaron asociaciones temporales positivas significativas entre la mayoría de las especies, aunque con intensidades moderadas. Las asociaciones más fuertes se dieron entre coyote-venado, coyote-zorra gris y zorra gris-venado.

- Actividad diaria por dieta:

Los herbívoros (venado bura y cerdo) fueron más activos en las últimas horas de la tarde, mientras que los omnívoros (mapache, zorrillo y zorra gris) concentraron su actividad en horas de oscuridad. Los carnívoros (coyote y lince) mostraron picos de actividad al amanecer, con ligeras diferencias entre ellos.

- Cambios estacionales en la actividad diaria:

En lluvias, los herbívoros aumentaron su actividad durante el día y modificaron sus patrones nocturnos. Los omnívoros y la zorra gris redujeron su actividad en las primeras horas de oscuridad y luz, mientras que los carnívoros incrementaron su actividad vespertina.

- Diferencias interespecíficas en patrones diarios:

Los carnívoros (coyote y lince) mostraron diferencias sutiles en su actividad durante las primeras horas del día, especialmente en meses secos. Los herbívoros presentaron mayores diferencias, con el cerdo siendo más nocturno y el venado más activo en las primeras horas del día. Los omnívoros (mapache y zorrillo) variaron principalmente en los picos de actividad nocturna durante la estación seca.

10. LITERATURA CITADA

- Arnaud, G. (1993). Alimentación del coyote (*Canis latrans*) en Baja California Sur, México. En: Medellín, R.A. y Ceballos, G. (eds.) Avances en el estudio de los mamíferos de México. AMMAC, *Publicaciones Especiales*, 1: 205-215.
- Arnaud, G., & Acevedo, M. (1990). Hábitos alimenticios de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* (Carnivora: Canidae) en la región meridional de Baja California, México. *Revista de Biología Tropical*, 38(2B): 497-500.
- Bello, J., Gallina, S., Equihua, M., Mandujano, S., & Delfín, C. (2001). Activity areas and distance to water sources by White-tailed deer in northeastern Mexico. *Vida Silvestre Neotropical*, 10(1-2): 30-37.
- Bender, L. C., Rosas-Rosas, O. C., & Weisenberger, M. E. (2017). Seasonal occupancy of sympatric larger carnivores in the southern San Andres Mountains, south-central New Mexico, USA. *Mammal Research*, 62: 323-329. <https://doi.org/10.1007/s13364-017-0318-0>
- Ellen C Bolas, Rahel Sollmann, Kevin R Crooks, Erin E Boydston, Laura Shaskey, Christina L Boser, Adam Dillon, Dirk H Van Vuren, Role of microhabitat and temporal activity in facilitating coexistence of endemic carnivores on the California Channel Islands, *Journal of Mammalogy*, 103(1): 18–28, <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyab125>
- Buenrostro Silva, A., O., Sánchez-Núñez A., & García-Grajales, J. (2020). Daily activity patterns and relative abundance of medium and large mammals in a communal natural protected area on the central coast of Oaxaca, Mexico. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 12(3): 159-168. <https://doi.org/10.5897/IJBC2020.1399>
- Calvert, J. 2015. *Large mammal water use on the Barry M. Goldwater range-east in southwestern Arizona. Master Thesis.* University of Arizona, 117 p.
- Clontz, L. M., Pepin, K. M., VerCauteren, K. C., & Beasley, J. C. (2021). Behavioral state resource selection in invasive wild pigs in the Southeastern United States. *Scientific reports*, 11(1): 6924. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86363-3>
- DeStefano, S., Schmidt, S. L., & DeVos, J. C. (2000). Observations of predator activity at wildlife water developments in southern Arizona. *Journal of Range Management*, 53(3): 255-258. <https://doi.org/10.2307/4003428>
- Egan, M. E., Day, C. C., Katzner, T. E., & Zollner, P. A. (2021). Relative abundance of coyotes (*Canis latrans*) influences gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*) occupancy across the eastern United States. *Canadian Journal of Zoology*, 99(2): 63-72. <https://doi.org/10.1139/cjz-2019-0246>
- Espino-Barros, O. V., & Fuentes, M. M. (2005). Agua de origen vegetal para el venado cola blanca mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 54(206-207): 191-196.
- Fedriani, J. M., Fuller, T. K., Sauvajot, R. M., & York, E. C. (2000). Competition and intraguild predation among three sympatric carnivores. *Oecologia*, 125: 258-270. <https://doi.org/10.1007/s004420000448>
- Fuller, A., Hetem, R. S., Maloney, S. K., & Mitchell, D. (2014). Adaptation to heat and water shortage in large, arid-zone mammals. *Physiology*, 29(3): 159-167. <https://doi.org/10.1152/physiol.00049.2013>
- Galina-Tessaro Patricia, G. A. C. C. (2019). Ungulates in Sierra La Laguna Biosphere Reserve, Baja California Sur, México. *Ecology And Conservation of Tropical Ungulates in Latin America*: 11-41. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6_2
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* Universidad Nacional Autónoma de México.

- Grajales-Tam, K. M., Rodríguez-Estrella, R., & Cancino Hernández, J. (2003). Dieta estacional del coyote *Canis latrans* durante el periodo 1996-1997 en el desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana*, (89): 17-28.
- Guerra Huitrón, L.K. 2019. *Patrones de coexistencia de tres especies de carnívoros en un matorral xerófilo de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría*. CIBNOR, 104 p.
- Hall, L. K., Larsen, R. T., Knight, R. N., Bunnell, K. D., & McMillan, B. R. (2013). Water developments and canids in two North American deserts: a test of the indirect effect of water hypothesis. *PLoS One*, 8(7), e67800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067800>
- Hall, L. K., Larsen, R. T., Knight, R. N., & McMillan, B. R. (2021). The influence of predators, competitors, and habitat on the use of water sources by a small desert carnivore. *Ecosphere*, 12(5), e03509. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3509>
- Handley, Conor. (2022). *Wildlife camera observations, mammal assemblage and seasonal dynamics at tinajas in two Sonoran Desert Natural Reserves. Master's thesis*. University of Arizona, 52 p.
- Harris, G., Sanderson, J. G., Erz, J., Lehnen, S. E., & Butler, M. J. (2015). Weather and prey predict mammals' visitation to water. *PLoS One*, 10(11), e0141355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141355>
- Harrison, R. L. (2016). Badger behavior at anthropogenic water sources in the Chihuahuan Desert. *Western North American Naturalist*: 1-5. <https://doi.org/10.3398/064.076.0102>
- Heske, E. J.; & Ahlers, A. A. (2016). Raccoon (*Procyon lotor*) activity is better predicted by water availability than land cover in a moderately fragmented landscape. *Northeastern Naturalist*, 23(3): 352-363. <https://doi.org/10.1656/045.023.0302>
- Hodge, A. E.; Gese, E. M.; & Kluever, B. M. (2022). Does water availability shift dietary preferences of coyotes in the west desert of Utah? *Journal of Arid Environments*, 206, 104833. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104833>
- Kluver, B. M.; Gese, E. M.; Dempsey, S. J. Influence of free water availability on a desert carnivore and herbivore. *Current Zoology*, 63(2): 121-129. <https://doi.org/10.1093/cz/zow071>
- López-Téllez, C., Pérez-Irineo, G., Mandujano, S., Ramírez-Carmona, G., Hernández-Gómez, C. A., & Flores-Ramírez, D. E. (2021). Vertebrates visiting natural waterholes in a tropical seasonal habitat in central México. *Therya Notes*, 2: 89-93. https://doi.org/10.12933/therya_notes-21-41
- Mandujano-Rodríguez, S., & Hernández, C. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Agro Productividad*, 12(6). <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1406>
- McCain, C. M., & King, S. R. (2014). Body size and activity times mediate mammalian responses to climate change. *Global Change Biology*, 20(6): 1760-1769. <https://doi.org/10.1111/gcb.12499>
- Mckee Cody J., K. M. (2015). Spatial distributions and resource selection by mule deer in an arid environment: responses to provision of water. *Journal Of Arid Environments*: 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.06.008>
- Neale, J. C., & Sacks, B. N. (2001). Food habits and space use of gray foxes in relation to sympatric coyotes and bobcats. *Canadian Journal of Zoology*, 79(10): 1794-1800. <https://doi.org/10.1139/z01-140>
- Ovalle-Rivera, N. A., Tarango-Arámbula, L. A., Lozano-Cavazos, E. A., Martínez-Montoya, J. F., Olmos-Oropeza, G., González-Saldívar, F., & Ugalde-Lezama, S. (2020). Características de

- aguajes artificiales y su relación con el uso por la fauna silvestre en Coahuila, México. *Agrociencia*, 54(6): 825-842. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i6.2187>
- Rangel Rojas, J.M. 2018. *Composición y abundancia del ensamblaje de los carnívoros en tres hábitats de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, México. Tesis de Licenciatura*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 82 p.
- Rodríguez-Luna, C. R., Servin, J., Valenzuela-Galván, D., & List, R. (2021). Spatial ecological interactions between coyote and gray fox in a temperate forest. *Therya*, 12(3), 553-562. <https://doi.org/10.12933/therya-21-1128>
- Rosenstock, S. S., Rabe, M. J., O'Brien, C. S., & Waddell, R. B. (2004). Studies of wildlife water developments in southwestern Arizona: wildlife use, water quality, wildlife diseases, wildlife mortalities, and influences on native pollinators. *Arizona Game and Fish Department, Research Branch Technical Guidance Bulletin*, 8, 1-15.
- Salgado, I. (2015). Mapache – *Procyon lotor*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Barja, I. (Eds.). *Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid*. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Sandoval Serés Elisa, R. R. (2016). Pond use and relative abundance of *Tapirus bairdii* in the Calakmul Region, Campeche, Mexico. *Therya*: 39-50. <https://doi.org/10.12933/therya-16-349>
- Schmidt-Nielsen, K., & Schmidt-nielsen, B. (1952). Water metabolism of desert mammals. *Physiological Reviews*, 32: 135-166. <https://doi.org/10.1152/physrev.1952.32.2.135>
- Schlichting, P. E., Boughton, R. K., Anderson, W., Wight, B., VerCauteren, K. C., Miller, R. S., & Lewis, J. S. (2022). Seasonal variation in space use and territoriality in a large mammal (*Sus scrofa*). *Scientific reports*, 12(1): 4023. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07297-y>
- Hofmann, G. S., Coelho, I. P., Bastazini, V. A. G., Cordeiro, J. L. P., & de Oliveira, L. F. B. (2016). Implications of climatic seasonality on activity patterns and resource use by sympatric peccaries in northern Pantanal. *International journal of biometeorology*, 60: 421-433. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1040-8>
- Simpson, N. O., Stewart, K. M., & Bleich, V. C. (2011). What have we learned about water developments for wildlife? Not enough! *California Fish and Game*, 97(4): 190-209.
- Solís-Cámara, A. B., Arnaud-Franco, G., Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, P., & Montes-Sánchez, J. J. (2009). Evaluación de la población de cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) y su impacto en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2(2): 173-188. <https://doi.org/10.1177/194008290900200205>
- Troyo Diéguez, E., G. Mercado Mancera, A. Cruz Falcón, A. Nieto Garibay, R. D. Valdez Cepeda, J. L. García Hernández y B. Murillo Amador (2014), Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, Noroeste de México. *Investigaciones Geográficas*: 66-81. <https://doi.org/10.14350/rig.32404>
- Vallejo-Vargas, A. F., Sheil, D., Semper-Pascual, A., Beaudrot, L., Ahumada, J. A., Akampurira, E., & Bischof, R. (2022). Consistent diel activity patterns of forest mammals among tropical regions. *Nature Communications* 13: 7102. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34825-1>
- van Schaik, C. P., & Griffiths, M. (1996). Activity periods of Indonesian rain forest mammals. *Biotropica*: 105-112. <https://doi.org/10.2307/2388775>
- Veals, A.M. 2018. *Spatial Ecology of the Gray fox (Urocyon cinereoargenteus) in Southeastern Arizona. Master Thesis*. University of Arizona, 64 p.

Wang, Y., Allen, M. L., & Wilmers, C. C. (2015). Mesopredator spatial and temporal responses to large predators and human development in the Santa Cruz Mountains of California. *Biological Conservation*, 190: 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.007>