



COMPOSICIÓN DE LA DIETA INVERNAL DE LA CODORNIZ DE MOCTEZUMA (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) EN ARIZONA Y SONORA

COMPOSITION OF THE WINTER DIET OF THE MONTEZUMA QUAIL (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) IN ARIZONA AND SONORA

Nathaly Castro-Moreno¹

✉ nathalycatron09@gmail.com

Alberto Macías-Duarte^{*2}

iD Orcid: 0000-0001-5571-5810

✉ alberto.macias@ues.mx

Carmen Isela Ortega-Rosas²

iD Orcid: 0000-0002-1485-7895

Diana Medina-Félix²

iD Orcid: 0000-0002-0904-4099

¹ Programa Académico de Licenciado en Ecología, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83100

² Cuerpo Académico de Recursos Naturales, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83100

*Autor de correspondencia

Recibido: 20 de mayo de 2024

Aceptado: 16 de junio de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Núm.2, Vol.1, ISSN (en trámite)

COMPOSICIÓN DE LA DIETA INVERNAL DE LA CODORNIZ DE MOCTEZUMA (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) EN ARIZONA Y SONORA

COMPOSITION OF THE WINTER DIET OF THE MONTEZUMA QUAIL (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) IN ARIZONA AND SONORA

Nathaly Castro-Moreno, Alberto Macías-Duarte, Carmen Isela Ortega-Rosas y Diana
Medina-Félix

Resumen

La codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) es una especie de alto interés cinegético considerada como bioindicadora de sabanas templadas. El estudio de la dieta es muy importante para obtener información para establecer estrategias de manejo y conservación de la especie. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la variación climática sobre la composición de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona y Sonora. Se obtuvieron 116 buches de codorniz de Moctezuma a partir de ejemplares cosechados por cazadores durante diversas temporadas de cacería (diciembre-febrero) de 2006-2007, 2010, 2019-2020 y 2021-2022 en el sureste de Arizona y mediante permisos de colecta científica en Sonora. Se analizó el contenido de los buches mediante un análisis macrohistológico. Los 10 principales alimentos que conformaron más del 90% de la dieta en Arizona fueron bulbos de *Oxalis* spp. (28.32%), bellotas de *Quercus* spp. (27.20%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (20.91%), semillas de *Setaria* spp. (6.75%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (2.77%), semillas de *Paspalum* sp. (2.49%), semillas de *Euphorbia* spp. (2.32%), semillas de *Panicum* spp. (1.56%) y fruto/semillas de *Rhus* spp. (1.29%). Los 10 principales alimentos que conformaron más del 95% de la dieta global en Sonora fueron bulbos de *Oxalis* spp. (48.02%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (39.43%), semillas de *Panicum* spp. (7.05%), bellotas de *Quercus* spp. (2.70%), hormigas (0.66%), semillas de *Lupinus neomexicanus* (0.42%), Artrópodos (0.26%), semilla desconocida (0.24%), semillas de *Hexasepalum teres* (0.19%) y escarabajo *Phaedon* sp. (0.18%). La composición total e individual, así como la diversidad total de la dieta en el invierno en Arizona, están directamente relacionadas con las precipitaciones de verano y con las temporadas de cacería, la edad y el sexo de las codornices.

Palabras clave: Arizona, codorniz de Moctezuma, *Cyrtonyx montezumae*, dieta invernal, Sonora

Abstract

The Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) is a species of high hunting interest, considered a bioindicator of temperate savannas. Dietary studies are highly important for obtaining information to establish management and conservation strategies for this species. In this context, the objective of this investigation is to determine the effect of climate variation on the

dietary composition of the Montezuma quail in Arizona and Sonora. One hundred and sixteen Montezuma quail crops were obtained from specimens harvested by hunters during various hunting seasons (December-February) from 2006-2007, 2010, 2019-2020, and 2021-2022 in southeastern Arizona and through scientific collection permits in Sonora. Crop contents were analyzed using macrohistological analysis. The top 10 foods that made up more than 90% of the diet in Arizona were *Oxalis* spp. bulbs (28.32%), *Quercus* spp. acorns (27.20%), *Cyperus* spp. rhizomes and bulbs (20.91%), *Setaria* spp. seeds (6.75%), *Phaseolus acutifolius* beans (2.77%), *Paspalum* sp. seeds (2.49%), *Euphorbia* spp. seeds (2.32%), *Panicum* spp. seeds (1.56%), and *Rhus* spp. fruit/seeds (1.29%). The top 10 foods that made up more than 95% of the overall diet in Sonora were *Oxalis* spp. bulbs (48.02%), *Phaseolus acutifolius* beans (39.43%), *Panicum* spp. seeds (7.05%), *Quercus* spp. acorns (2.70%), ants (0.66%), *Lupinus neomexicanus* seeds (0.42%), arthropods (0.26%), unknown seed (0.24%), *Hexasepalum teres* seeds (0.19%), and *Phaedon* sp. beetle (0.18%). Total and individual composition, as well as overall diet diversity in winter in Arizona, were directly related to summer precipitation and hunting seasons, age, and sex of quail.

Keywords: Arizona, *Cyrtonyx montezumae*, Montezuma Quail, Sonora, winter diet

Introducción

Las codornices (Galliformes: Odontophoridae) son aves que tienen un valor económico importante, pues sirven como fuente de alimento en las comunidades rurales y son muy apreciadas como trofeos de cacería. Entre estas figura la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*), la cual se distribuye desde el centro y sureste de Arizona, sur de Nuevo México y centro de Texas hasta el centro de México (Stromberg et al., 2020) (Fig. 1). La codorniz de Moctezuma es reconocida por ser una especie indicadora de las condiciones del ecosistema pino-encino (Paredes Acuña, 2022), debido a que es sensible a cambios de las condiciones ambientales, de tal manera que se encuentra sujeta a protección especial en México por la NOM-059- ECOL-2010. Sin embargo la infor-

mación biológica de esta especie es limitada en México (Hernández Palafox et al., 2007).

El hábitat de la codorniz de Moctezuma está frecuentemente afectado por el sobrepastoreo y la disminución de las áreas forestales debido a la expansión agrícola y urbana, además de la contaminación ambiental que genera la industrias, sobre todo en el centro de México (Tapia et al., 2002). De esta forma, es importante identificar las necesidades de conservación de la especie, estableciendo estudios básicos de uso y calidad de hábitat. Dado que la limitación de alimento es una de las hipótesis más invocadas para explicar el control poblacional en aves (Newton, 1980), es trascendente incluir estudios de

dieta en la evaluación de la calidad de hábitat, así como conocer el estado de las poblaciones de la codorniz de Moctezuma en la República Mexicana.

El aprovechamiento cinegético de las codornices en México ha crecido en forma importante. En general, la mayor actividad cinegética se realiza en Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León, donde se concentran 72% de las Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA), mientras que la actividad se desarrolla en menor intensidad en Baja California, Jalisco, Sonora, Baja California Sur, Guanajuato y Durango (con 24% de las UMAs), y en otros estados del centro y el sur apenas se inicia esta actividad (Campeche, Estado de México, Zacatecas, San Luis Potosí, Guerrero, Morelos, Querétaro), lo cual representa una actividad potencial de beneficio para las comunidades y para servicios profesionales veterinarios. (Hernández Palafox et al., 2007). En este contexto, la cacería de la codorniz de Moctezuma en los estados de México donde se distribuye, representa una alternativa más de beneficio económico, además de la cacería de mamíferos mayores. De esta forma, los técnicos de UMAs requieren herramientas para maximizar los niveles poblacionales de especies sujetas a aprovechamiento cinegético. Así, el estudio de la dieta de la especie cobra una importancia especial en el diseño y gestión de programas de manejo.

La codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) es considerada como una espe-

cie indicadora de las las sabanas y bosques de pino-encino (Stromberg et al., 2020). Es probable que la relación tan estrecha de la especie con estas comunidades vegetales esté relacionada a su propia ecología nutricional. En este contexto, es relevante conocer las dietas y comportamientos de forrajeo locales a través de su distribución geográfica, que incluye a los estados de Arizona y Sonora, para determinar si la especie persistirá ante el cambio climático. Además, cualquier información que contribuya a la conservación de la especie servirá para establecer lineamientos de aprovechamiento sustentable y el buen manejo cinegético de la especie en UMAs.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de factores bióticos y abióticos sobre la composición y diversidad de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona y Sonora con fines de aprovechamiento, manejo y conservación de la especie.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se ubica en diversas localidades de los condados de Cochise y Santa Cruz en Arizona (Estados Unidos de América) y en dos localidades los municipios de Huásabas y Ures en Sonora, en el norte de la distribución de la codorniz de Moctezuma

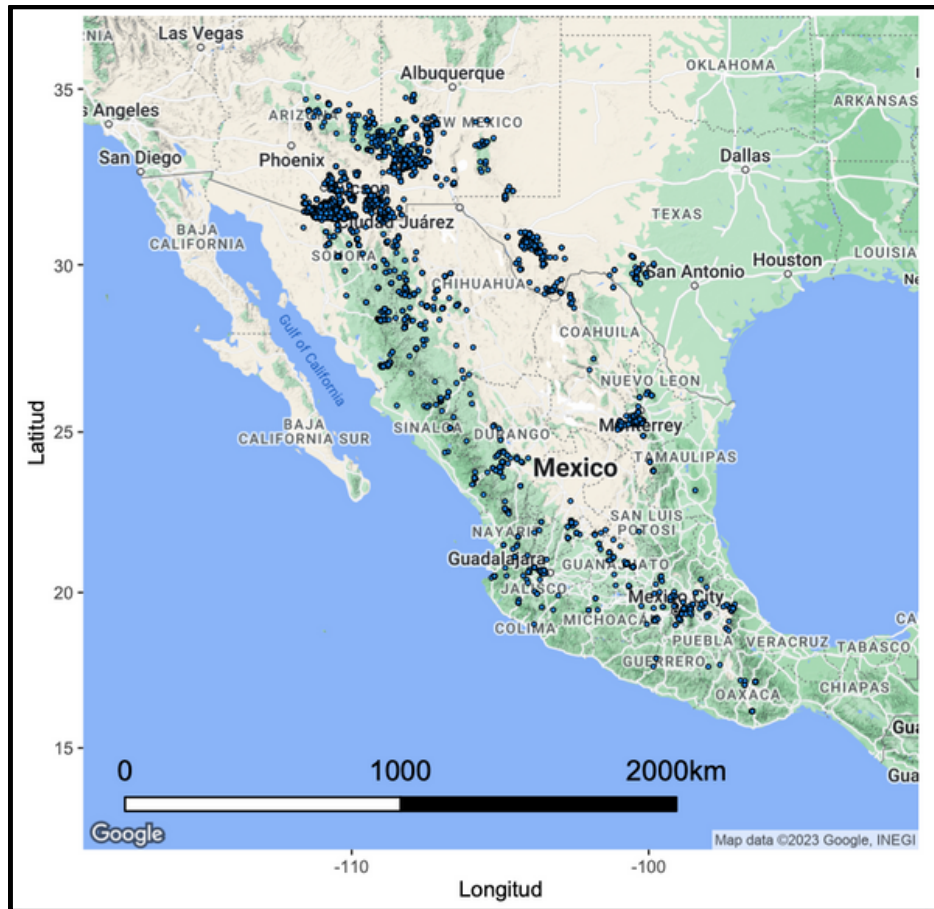


Figura 1. Distribución geográfica de *Cyrtonyx montezumae*. Los puntos azules denotan registros de avistamientos de *C. montezumae* en e-Bird (Sullivan et al., 2009). Mapa elaborado con el paquete ggmap (Kahle & Wickham, 2013) del programa R (R Core Team, 2022).

(Fig. 1). En Arizona, la codorniz de Moctezuma habita el encinal madrense y los pastizales semidesérticos (Austin et al., 2013). Los elementos dominantes en estos hábitats son *Quercus arizonica* y *Q. emoryi* en el estrato arbóreo mientras que los pastizales están dominados por *Bouteloua curtipendula*, *B. hirsuta*, *B. gracilis*, *Aristida ternipes* y *Bothriochloa barbidonis* (Brown, 1978). En Sonora, las codornices de Moctezuma fueron colectadas en las “Islas del Cielo” (Warshall et

al. 1995) Sierra de Aconchi (Ures) y Sierra la Madera (Huásabas). Estas Islas del Cielo son bosques templados mixtos de encino (*Quercus* spp.) y pino (*Pinus* spp.) que ocupan las cimas de montañas y se encuentran rodeados de matorral desértico.

Análisis de contenido de buches.

Se obtuvieron 113 buches de codorniz de Moctezuma cosechados en Arizona,

con el uso armas de fuego por numerosos cazadores con permisos individuales de caza emitidos por Arizona Game and Fish Department durante diversas temporadas de cacería (diciembre-febrero) en el sur de Arizona. También se obtuvieron tres buches de ejemplares colectados en Sonora con el uso de arma de fuego mediante una licencia de colecta científica obtenida por AMD y emitida por la Dirección General de Vida Silvestre (Oficio N° SGPA/DGVVS/00787/21). La búsqueda de las codornices de Moctezuma requirieron el uso de perros entrenados debido al comportamiento de ocultamiento extremo y coloración críptica de la especie.

Las codornices permanecen inmóviles y ocultas en el pasto cuando se sienten amenazadas, incluso a la cercanía de los humanos, por lo que frecuentemente pasan desapercibidas. Los perros localizan con su olfato a las codornices ocultas en el suelo y señalan su ubicación con su cabeza. El cazador/colector avanza hacia donde señala el perro, espanta a la parvada y dispara en los siguientes en 1-3 segundos antes de que las codornices vuelen fuera del rango de disparo de la escopeta (>30 m) o se precipiten hacia la cobertura de la vegetación. Se analizó el contenido de los buches extraídos de los individuos cosechados (Hoening et al., 2022).

El contenido de los buches se separó en diferentes categorías: bulbo, tubérculo/rizoma, semillas e insectos. La identificación de los componentes se intentó a nivel de especie, pero en ocasiones la identificación llegó hasta

pero en ocasiones la identificación llegó hasta donde fue posible, como género, familia u orden. La capacidad del buche fue determinada a partir del peso húmedo total. El contenido de los buches fue secado a peso constante durante 48 horas a 65°C en una estufa de aire forzado y cada componente se pesó a una precisión de 0.0001 g (López-Bujanda, et al. 2021; Paredes-Acuña, et al. 2024). El peso seco se utilizó para calcular la proporción de cada componente presente en los buches de cada individuo. Para la identificación de semillas, bulbos, tubérculos y artrópodos se utilizaron las guías fotográficas desarrolladas por López Bujanda (2019) y Paredes Acuña (2022), así como las guías de Naturalista:

<https://www.naturalista.mx>.

Se determinó el sexo y la edad (adultos y juveniles) de cada individuo a partir de las alas de las codornices cosechadas, utilizando la guía fotográfica en López Bujanda (2020).

Análisis estadísticos

Se obtuvo el índice de Shannon-Wiener (H') para estimar la diversidad en la dieta individual. Este índice de diversidad toma en cuenta el número de especies (S) y la abundancia relativa de cada especie (proporción de peso seco, p_i) en la muestra como una medida de equidad:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Se realizó un ajuste a la distribución seminormal para caracterizar la distribución de H' en Arizona, estimando el parámetro de la distribución mediante el estimador de máxima verosimilitud. A su vez, se realizaron unas pruebas de Mann-Whitney para determinar la existencia de diferencias en H' entre sexos (hembras vs. machos) y edades (juveniles vs. adultos). Se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para determinar la existencia de diferencias en H' entre temporadas de cacería (2006-07, 2009-11, 2019-20 y 2021-22).

Resultados

Origen de los buches

Se analizó el contenido del buche de 116 codornices de Moctezuma: 113 en Arizona y sólo 3 en Sonora. Para Arizona, se conoce la temporada de caza para el 69.0 % de los buches ($n = 78$), el año de colecta del 15.0% de los buches ($n = 17$) y se desconoce el año o temporada de caza para el 15.9% ($n = 18$) de los buches (Tabla 1). No se determinó la edad y sexo para el 57.52 % ($n = 65$) de los individuos, debido a que los buches fueron donados (Tabla 2). Las tres codornices de Sonora se colectaron en la temporada 2021-2022.

Composición total de la dieta en Arizona

Los 10 principales alimentos (Fig. 2) que conformaron más del 90% de la dieta global (to-

das las codornices juntas) en peso seco de mayor a menor cantidad fueron bulbos de *Oxalis* spp. (28.32%), bellotas de *Quercus* spp. (27.20%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (20.91%), semillas de *Setaria* spp. (6.75%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (2.77%), semillas de *Paspalum* spp. (2.49%), semillas de *Euphorbia* spp. (2.32%), semillas de *Panicum* spp. (1.56%) y fruto/semillas de *Rhus* spp. (1.29%) (Fig. 3).

Composición individual de la dieta en Arizona

Existe una distribución “seminormal” en la composición de los principales cuatro alimentos entre los 113 individuos de codorniz de Moctezuma cosechadas en Arizona en la temporada del 2007, 2010 y del 2019 al 2022 (Fig. 4). Esto es, la mayoría de los individuos tuvieron un consumo predominante alguno de los principales alimentos, mientras que los demás individuos tuvieron dietas más variadas.

Variación temporal sobre la composición

Se observaron diferencias notables en pocos alimentos en el consumo de los ocho alimentos más comunes entre temporadas de cacería de codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona (Fig. 5). El consumo de bulbos *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Setaria* spp. fue mayor en las

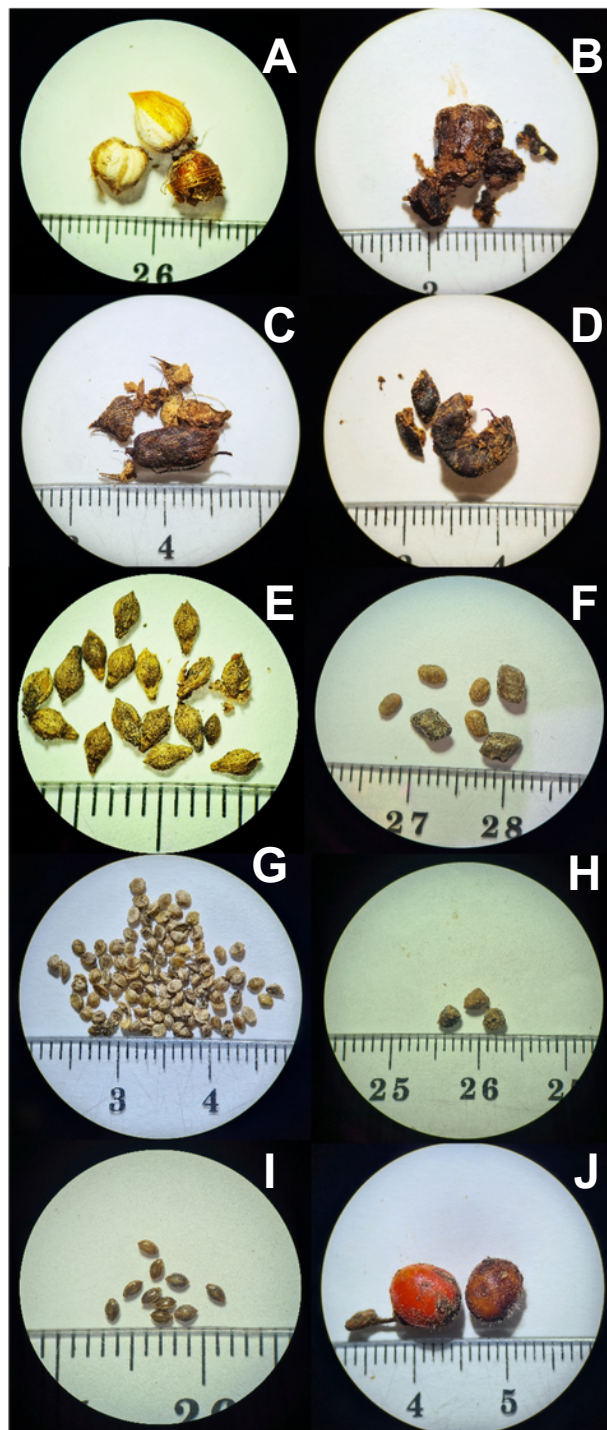
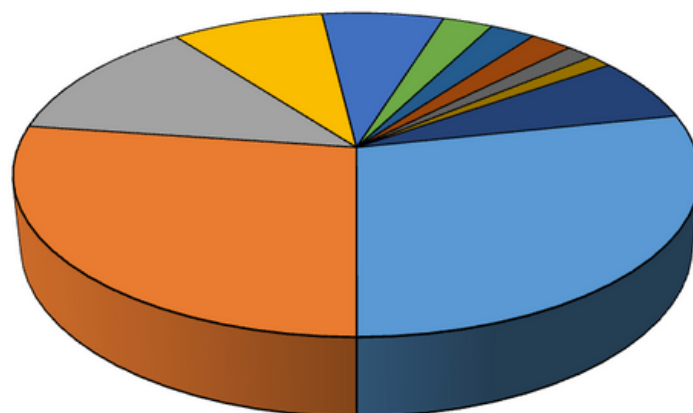
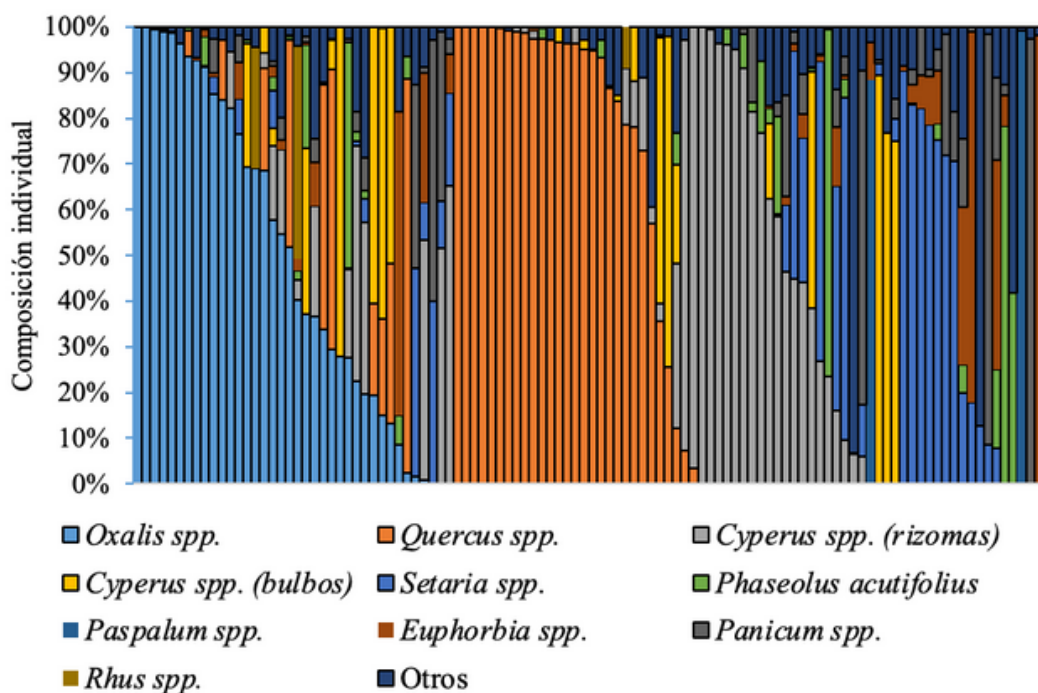


Figura 2. Principales alimentos de la composición total de la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en los buches analizados de Arizona. (A) bulbos de *Oxalis* spp., B) bellotas de *Quercus* spp., C) rizomas de *Cyperus* spp., D) bulbos de *Cyperus* spp., E) semillas de *Setaria* spp., F) frijoles *Phaseolus acutifolius*, G) semillas de *Paspalum* spp., H) semillas de *Euphorbia* spp., I) semillas de *Panicum* spp. y J) fruto/semillas de *Rhus* spp.



- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| ■ <i>Oxalis spp.</i> | ■ <i>Quercus spp.</i> |
| ■ <i>Cyperus spp. (rizomas)</i> | ■ <i>Cyperus spp. (bulbos)</i> |
| ■ <i>Setaria spp.</i> | ■ <i>Phaseolus acutifolius</i> |
| ■ <i>Paspalum spp.</i> | ■ <i>Euphorbia spp.</i> |
| ■ <i>Panicum spp.</i> | ■ <i>Rhus spp.</i> |
| ■ Otros | |

Figura 3. Composición total de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el sur de Arizona en la Temporada del 2007 (n = 4), 2010 (n = 13) y del 2019-2022 (n = 80).



- | | | |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| ■ <i>Oxalis spp.</i> | ■ <i>Quercus spp.</i> | ■ <i>Cyperus spp. (rizomas)</i> |
| ■ <i>Cyperus spp. (bulbos)</i> | ■ <i>Setaria spp.</i> | ■ <i>Phaseolus acutifolius</i> |
| ■ <i>Paspalum spp.</i> | ■ <i>Euphorbia spp.</i> | ■ <i>Panicum spp.</i> |
| ■ <i>Rhus spp.</i> | ■ Otros | |

Figura 4. Composición individual de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el sur de Arizona en la temporada del 2007 (n = 4), 2010 (n = 13) y del 2019-2022 (n = 80).

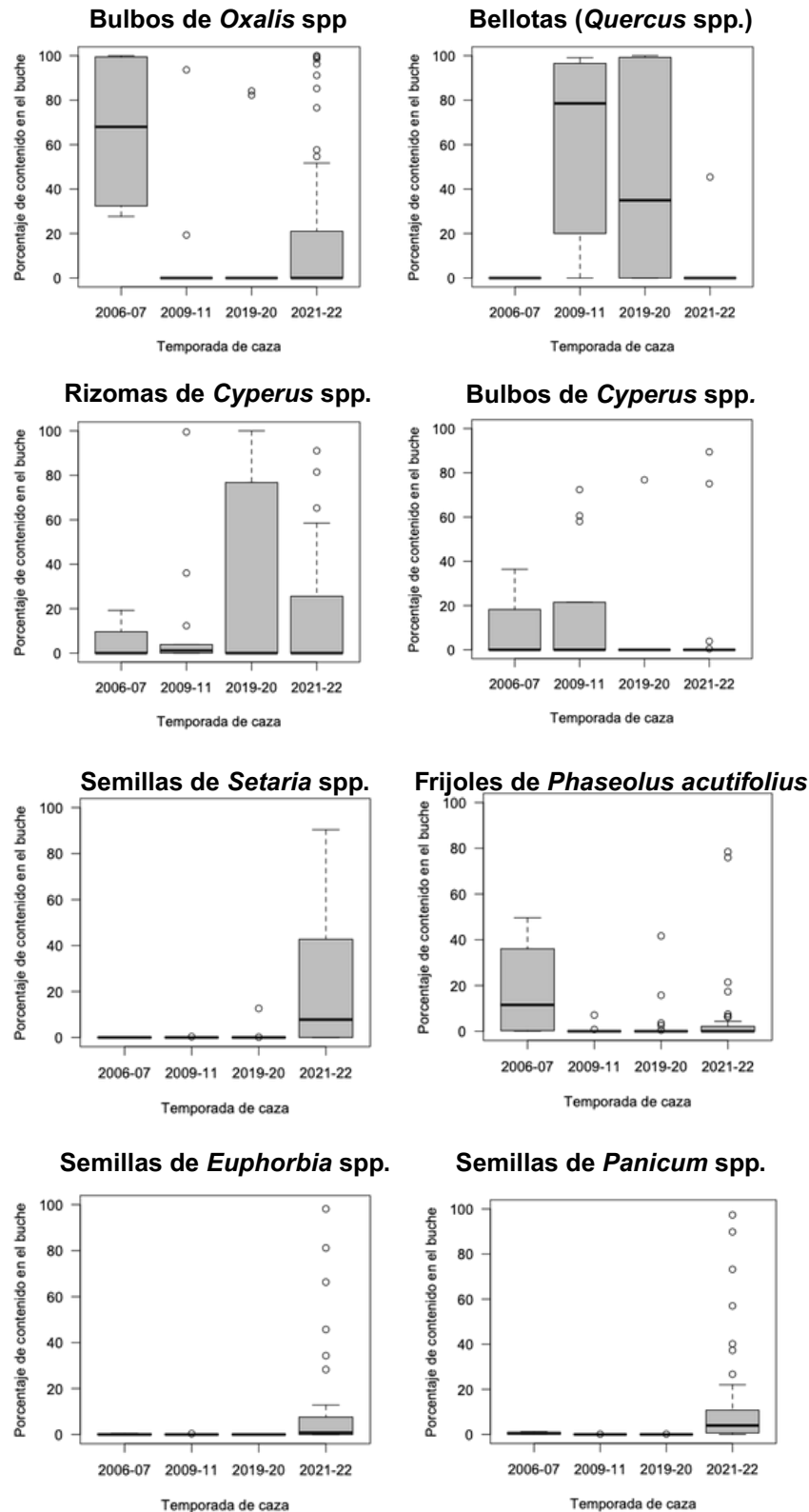


Figura 5. Diferencias en consumo de los ocho alimentos más comunes entre temporadas de cacería de codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

temporadas más lluviosas, mientras que el consumo de bellotas de *Quercus spp.* aumentó en las temporadas más secas (Fig. 6).

Variación entre edades sobre la composición

No se encontraron diferencias evidentes en el consumo de los ocho alimentos más comunes entre edades de codorniz de Moctezuma en Arizona (Fig. 7), excepto en bellotas de *Quercus spp.* y en bulbos de *Oxalis spp.* En general, los adultos consumen más bellotas de *Quercus spp.* mientras que los juveniles consumen más bulbos de *Oxalis spp.*

Variación entre sexos sobre la composición

Con respecto a las diferencias en el consumo de los ocho alimentos más comunes entre sexos (hembra y macho) de codorniz de Moctezuma en Arizona las diferencias más notables residen en el consumo de bulbos de *Oxalis spp.* y bellotas de *Quercus spp.* (Fig. 8). En general, las hembras consumen más bellotas de *Quercus spp.* mientras que los machos consumen más bulbos de *Oxalis spp.*

Diversidad de la dieta en Arizona

El índice de Shannon-Wiener global (todas las muestras juntas) para la composición total de Arizona fue $H' = 3.082 \pm 0.154$. El promedio del índice de Shannon-Wiener a través de todos los individuos es $H' = 0.926 \pm 0.067$. La distribución del índice de Shannon-Wiener muestra que la mayoría de los buches tienen una diversidad baja de tipos de alimento y pocos buches con alta diversidad. Esta distribución observada se ajusta significativa-

mente a una distribución seminormal (Fig. 9).

Efecto de temporada de cacería sobre la diversidad

Haciendo referencia a la representación del efecto en el consumo de su dieta y las variaciones existentes entre la composición y la temporada de caza para cada individuo se puede afirmar que existen diferencias significativas. Se encontró que la diversidad de la dieta difiere entre temporadas de cacería (Prueba de Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 18.302$, g.l. = 3, $P < 0.001$). (Fig. 10).

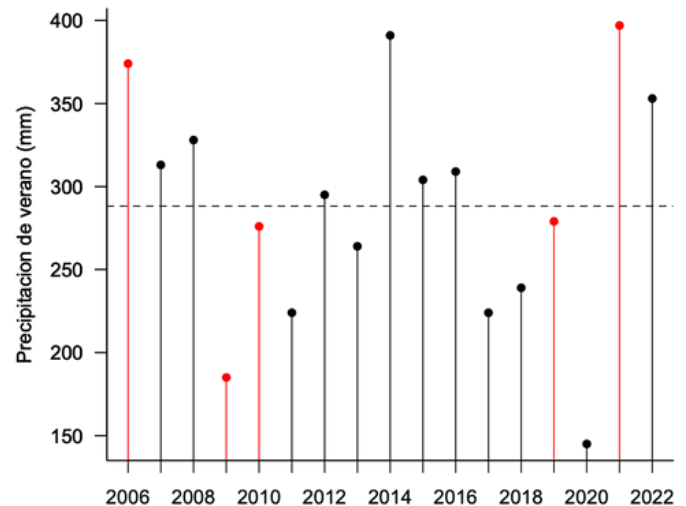


Figura 6. Precipitación de verano (suma de julio, agosto y septiembre) de 2006 a 2022 en el Condado de Santa Cruz, Arizona, Estados Unidos. Las líneas rojas denotan los veranos inmediatamente anteriores a las temporadas de cacería estudiadas. La línea punteada horizontal denota el promedio de la precipitación de verano de 2006-2022 (=288 mm).

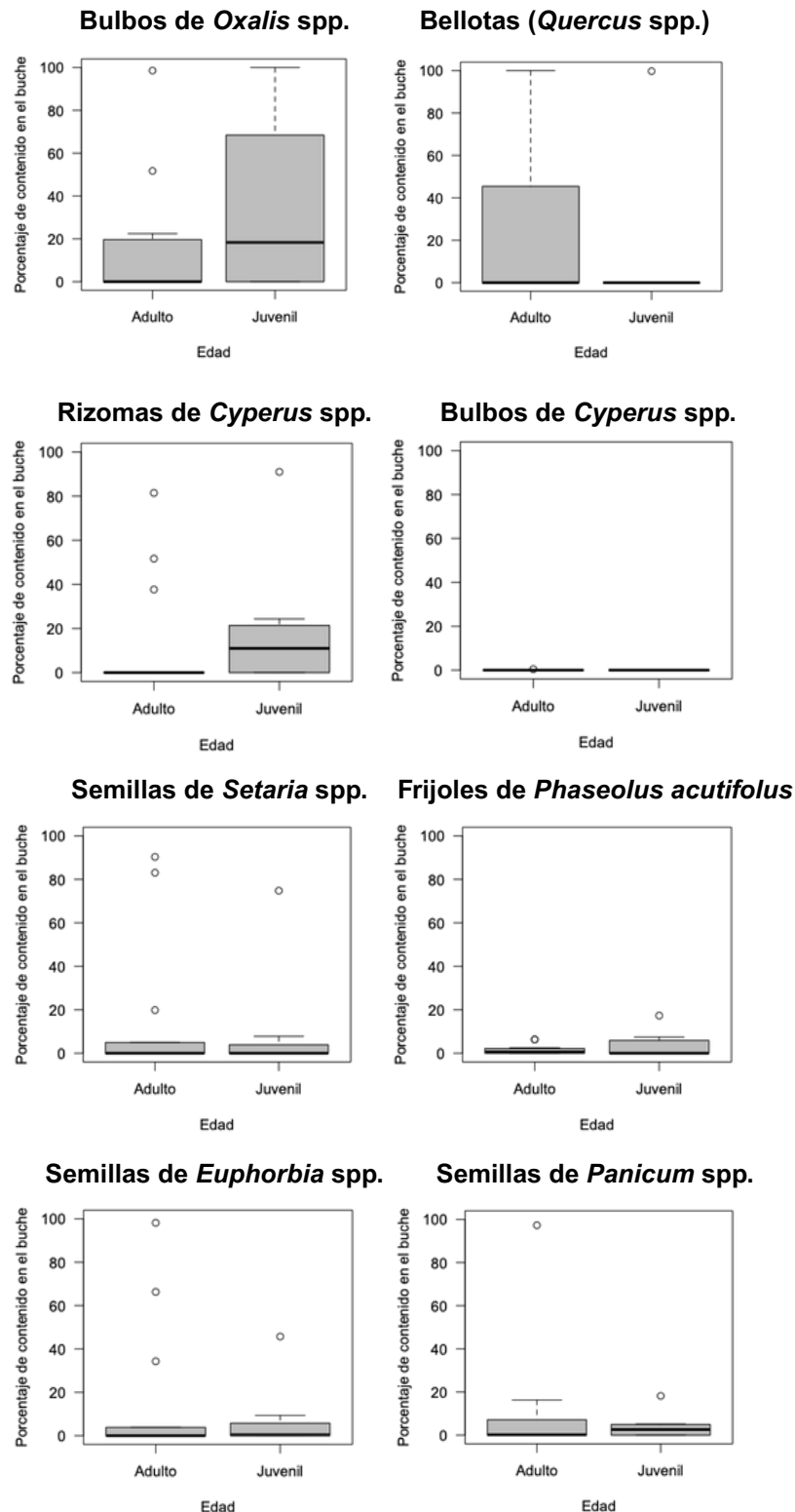


Figura 7. Diferencias en consumo de los ocho alimentos más comunes entre edades de codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

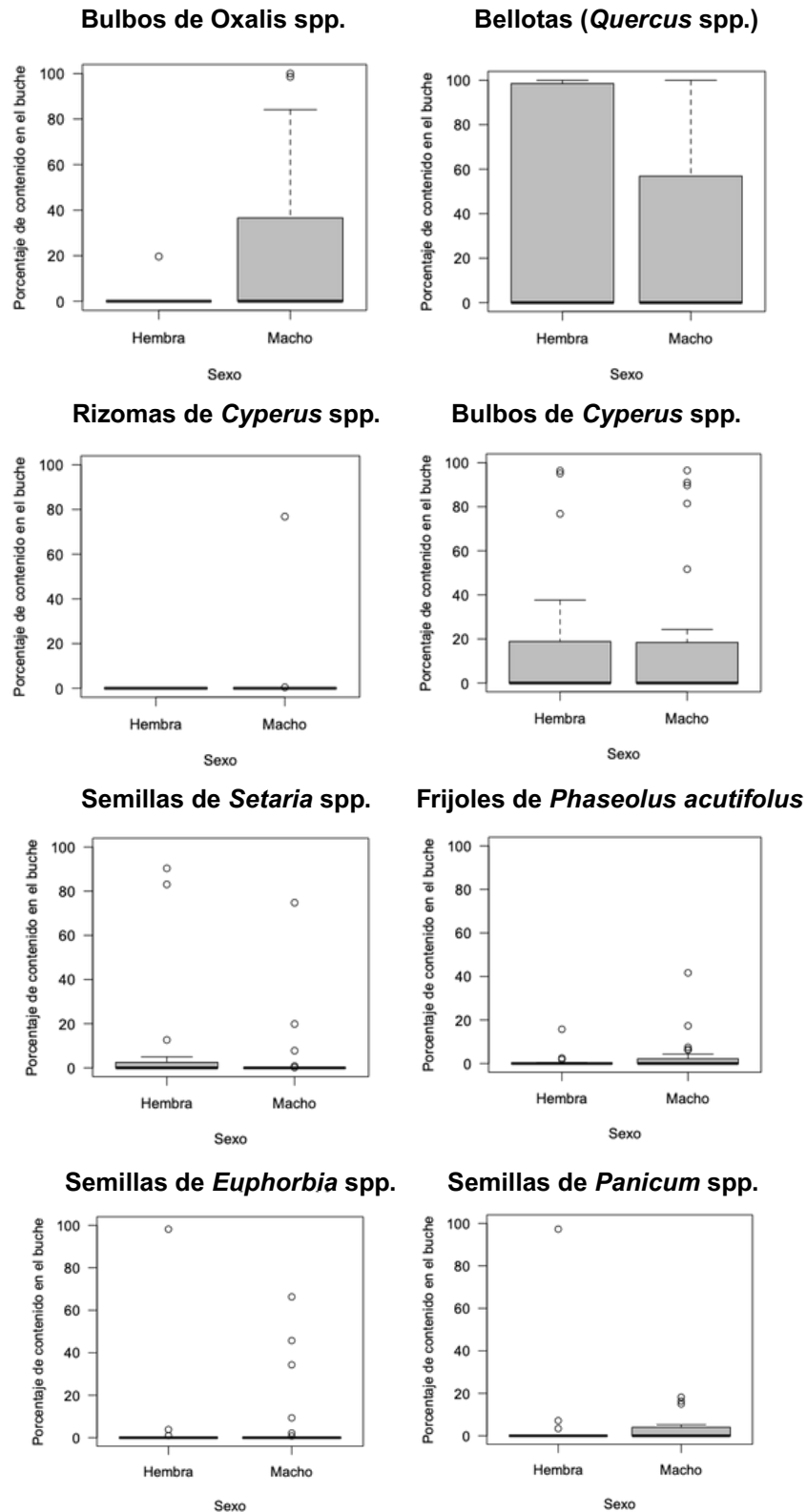


Figura 8. Diferencias en consumo de los ocho alimentos más comunes entre hembras y machos de codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

Efecto de edad sobre la diversidad

El efecto de la diversidad de la dieta en relación con la edad (juveniles o adultos) es escaso, ya que no hay diferencias notorias y, por lo tanto, no tiene significancia. (Prueba de Mann-Whitney, $W = 49$, $P = 0.657$) (Fig. 11). Se encontró que no hay diferencias fisiológicas tangibles entre juveniles y adultos.

Efecto de sexo sobre la diversidad

El efecto que se muestra de sexo (hembras y machos) sobre la diversidad de la dieta es significativo, es decir, la diversidad cambia respectivamente entre hembras y machos prueba de Mann-Whitney, $W = 120$, $P = 0.044$) (Fig. 12).

Composición total e individual de la dieta en Sonora

Los 10 principales alimentos (Fig. 13) que conformaron más del 95% de la dieta global (todas las codornices juntas) peso seco en Sonora, por orden de mayor a menor, fueron bulbos de *Oxalis* spp. (48.02%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (39.43%), semillas de *Panicum* spp. (7.05%), bellotas de *Quercus* spp. (2.70%), familia Formicidae (hormigas) (0.66%), semillas de *Lupinus neomexicanus* (0.42%), Artrópoda (patas) (0.26%), semilla desconocida (0.24%), semillas de *Hexasepalum* spp. (0.19%) y Escarabajo *Phaedon* sp. (0.18%) (Fig. 14). Existió una variación individual de la dieta de 3 individuos de codorniz de Moctezuma cosechadas en Sonora en la temporada del 2021 a 2022 (Fig. 15).

Los 10 alimentos que se muestran en la gráfica representan más del 95% de los datos de composición dietética; quedando como alimentos principales *Oxalis* spp. (bulbos) en primer lugar y *Phaseolus acutifolius* (semillas) en segundo.

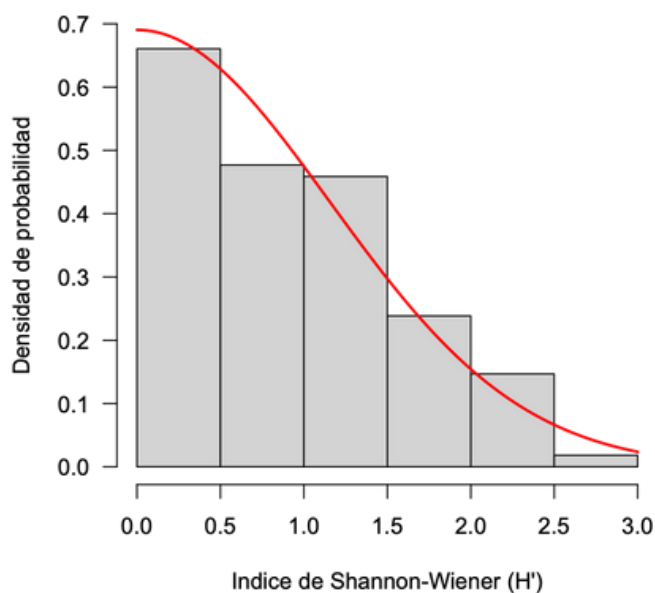


Figura 9. Distribución de los índices de Shannon-Wiener (H') individuales para la composición de la dieta encontrada en los buches de 113 codornices de Moctezuma en el sur de Arizona de 2007-2022. Los números arriba de cada barra del histograma denotan el número de buches con H' en el intervalo. La curva roja denota la función densidad de probabilidad de la distribución seminormal ajustada a los datos.

Discusión

Composición total de la dieta en Arizona

La composición total de la dieta de la codorniz de Moctezuma encontradas en este estudio fue similar a la encontrada por López Bujanda (2019), quien analizó 177 buches *C. montezumae* provenientes de Arizona durante diferentes temporadas de cacería entre 2008–2017. Este autor encontró que la composición total de la dieta invernal estuvo dominada por bellotas de *Quercus* spp. (31.87%), seguido de rizomas de *Cyperus fendlerianus* (17.59%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (12.99%) y semillas de *Paspalum* spp. (6.69%).

Por el contrario, la investigación realizada por Paredes Acuña (2022), quien analizó 107 buches de *C. montezumae* cosechados en el sur de Arizona durante las temporadas invernales del 2017 al 2020, encontró que los alimentos principales fueron los bulbos de *Oxalis* spp. (35.22%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (30.92%), pero una menor proporción de bellotas de *Quercus* spp. (7.17%) y frijoles *Phaseolus acutifolius* (6.5%).

Composición individual de la dieta en Arizona

Nuestro estudio muestra similitudes en la naturaleza de la composición individual de la dieta con López Bujanda (2019) y Paredes Acuña (2022), quienes también demostraron tendencias seminormales en los alimentos principales, esto es, que la mayoría de los buches contienen algún alimento principal de la dieta global en una alta proporción, mientras que menos buches contienen composiciones

variadas. Coincidentemente con López Bujanda (2019), las dietas individuales en Arizona encontradas en este estudio contienen altas proporciones de bulbos de *Oxalis* spp., bellotas de *Quercus* spp. o de semillas de *Phaseolus* spp. En el caso de Paredes Acuña (2022), las dietas individuales fueron contienen altas proporciones, en orden de importancia, los bulbos de *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp., bulbos de *Cyperus* spp. o bellotas de *Quercus* spp.

Variación temporal sobre la composición

Se observó que el consumo de bulbos de *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Setaria* spp. fue mayor en las temporadas más lluviosas, mientras que el consumo de bellotas de *Quercus* spp. aumentó en las temporadas más secas. Paredes Acuña (2022) también observó una asociación positiva entre el consumo de *Oxalis* spp. y la precipitación de verano. López Bujanda et al. (2022) observó que existieron diferencias notables en la composición de la dieta entre los inviernos de 1963-1964 y del 2016-2017 para Arizona.

Por el contrario, el mismo autor encontró que la proporción de bellotas de *Quercus* spp. en la dieta estuvo directamente relacionada con la precipitación anual. Esta diferencia puede deberse a que este estudio posee un tamaño de muestra más balanceado entre las tempo-

radas de cacería (Tabla 1) que el de López-Bujanda et al. (2022, Tabla 1) y, por lo tanto, proporciona inferencias más confiables del efecto entre temporadas sobre el consumo de *Quercus* spp. Este patrón de variación sugiere que las bellotas de *Quercus* spp. son un alimento alternativo durante los años de sequía, cuando su alimento primario, los bulbos y rizomas, posiblemente son escasos (Bishop y Hungerford, 1965).

Paredes Acuña (2022) observa que existen diferencias significativas en el consumo de la mayoría de los alimentos principales de codorniz de Moctezuma entre la temporada de invierno del 2017-2018 y 2018-2019 en Arizona, aunque el consumo de bulbos (*Oxalis* y *Cyperus*) se mantiene como principal fuente de alimento y el consumo de bellotas de *Quercus* spp fue prácticamente nulo.

En contraste, este estudio observó que en la temporada 2019-2020 (más lluviosa, 279 mm), siguiente a la última temporada de Paredes Acuña (2022) de 2018-2019 (menos lluviosa, 239 mm), el consumo de bellotas de *Quercus* spp. fue predominante (Fig. 5). Estos resultados contradicen a la idea de que las bellotas de *Quercus* spp. son un alimento alternativo durante los años de sequía (Bishop y Hungerford, 1965), aunque apoyan las conclusiones de López Bujanda et al. (2022) de que la proporción de bellotas de *Quercus* spp. en la dieta estuvo directamente relacionada con la precipitación anual. Más estudios con diseños de muestreo balanceados en tiempo y espacio son necesarios para evaluar la res-

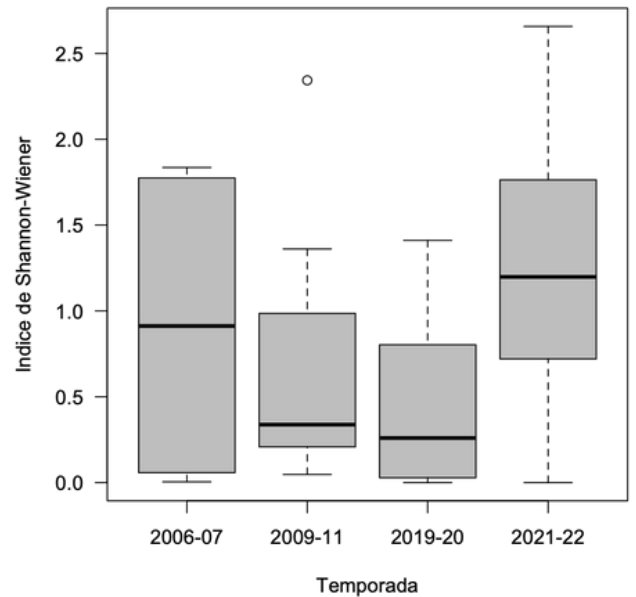


Figura 10. Efecto de temporada de caza sobre la diversidad de la dieta (índice de Shannon-Wiener) de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, EE. UU.

puesta de la dieta de la codorniz de Moctezuma a los cambios ambientales anuales.

Variación entre edades sobre la composición

Este estudio encontró que, en general, los adultos consumen más bellotas de *Quercus* spp. mientras que los juveniles consumen más bulbos de *Oxalis* spp. Ni López Bujanda et al. (2022) ni Paredes Acuña (2022) encontraron un efecto de edad sobre la composición de la dieta en Arizona. El relativamente bajo tamaño de

muestra (10 juveniles y 17 adultos) y la heterogeneidad de las muestras en este estudio (diversas temporadas y diversas edades) no permiten inferencias sólidas sobre la variación en la dieta por la edad.

Variación entre sexos sobre la composición

Los roles diferentes de hembra (productora de huevos) y macho en la reproducción hace suponer a priori que las demandas energéticas y por lo tanto de dieta diferirán notablemente entre sexos (Bravo et al., 2016; Panter y Amar, 2021). Este estudio encontró que, en general, las hembras consumen más bellotas de *Quercus* spp. mientras que los machos consumen más bulbos de *Oxalis* spp. Las bellotas tienen significativamente mayor contenido de lípidos, los cuales favorecería el incremento y mantenimiento de un peso corporal adecuado de las hembras en la temporada prerreproductiva (Roseberry et al., 1970).

Sin embargo, Paredes Acuña (2022) encontró un efecto de sexo sobre el consumo de cuatro alimentos principales de la codorniz de Moctezuma en Arizona. Esta autora encontró que las hembras consumen más bulbos de *Oxalis* spp. que los machos, contrario a los resultados de este estudio. Sin embargo, el relativamente bajo tamaño de muestra (19 hembras y 29 machos) y la heterogeneidad de las muestras (diferentes temporadas y sexos), no permiten hacer inferencias sólidas sobre la variación en la dieta debido al sexo.

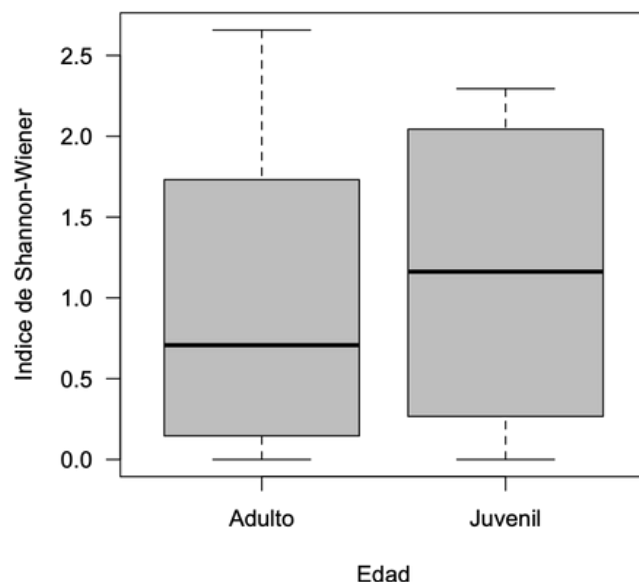


Figura 11. Efecto de edad sobre la diversidad de la dieta (índice de Shannon-Wiener) de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, EE.UU.

Efecto de temporada de cacería sobre la diversidad

López Bujanda (2019) señala que la diversidad de la dieta cambia entre temporadas de cacería en Arizona y Nuevo México.

Por otra parte, Paredes Acuña (2022) menciona que la diversidad entre dos temporadas de colecta consecutivas (2017-2018 y 2018-2019) no cambia de manera evidente, quizás por la constancia relativa en la precipitación de verano. Sin embargo, en este estudio concordamos con López Bujanda (2019), ya que nues-

tros resultados señalan que aparentemente la dieta se mostró más diversa cuando llovió más en el verano inmediatamente anterior.

Efecto de edad sobre la diversidad

Los juveniles están bajo una fuerte presión de selección para alcanzar la forma adulta y adaptarse lo más rápido posible (Marchetti y Price, 1989), por lo que se esperan diferencias notables en la composición y diversidad en sus dietas. Este estudio señala que el efecto de la edad la edad (juveniles o adultos) sobre la diversidad de la dieta es prácticamente nulo (Fig. 11). Este resultado sugiere que adultos y juveniles no difieren notablemente en sus requerimientos nutricionales, contrario a lo que sugiere la literatura ornitológica (Anthony, 1970; Linhart et al., 2022). Por su parte, Paredes Acuña (2022) y López Bujanda et al., (2022) no evaluaron el efecto de edad sobre la diversidad de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona.

Nuevamente, el relativamente bajo tamaño de muestra y los factores sexo y temporada (no evaluados simultáneamente) pudieran haber obscurecido las diferencias en la diversidad de dieta entre edades.

Efecto de sexo sobre la diversidad

La diversidad de la dieta difiere entre hembras y machos (Fig. 12), siendo los machos más generalistas que las hembras. Este patrón, de nuevo, podría explicarse por las diferencias en los roles reproductivos entre hembras y machos, en las que las primeras deben espe-

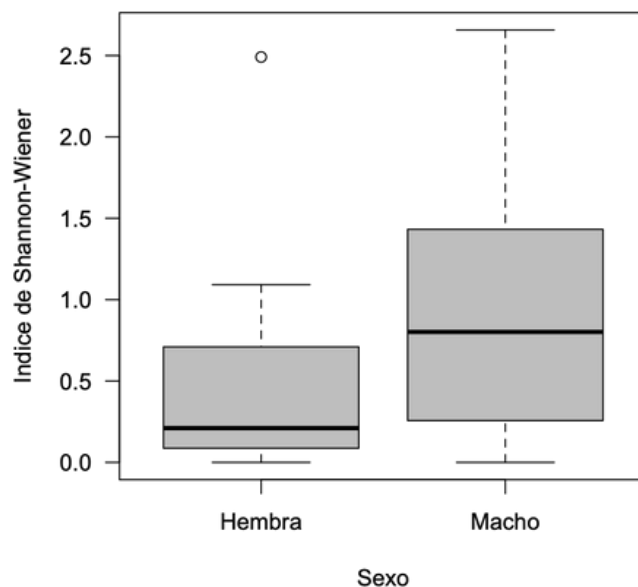


Figura 12. Efecto de sexo sobre la diversidad de la dieta (índice de Shannon-Wiener) de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, EE.UU.

pecializarse en alimentos que prioricen el aumento de masa corporal (Roseberry et al., 1970). Paredes Acuña (2022) y López-Bujanda et al. (2022) no evaluaron el efecto de sexo sobre la diversidad de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona. Un estudio en la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*) no encontró diferencias en las dietas de hembras y machos en el suroeste de Nuevo México (Hunt y Best, 2001). En otra gallinacea, el urogallo de las praderas (*Tympanuchus cupido*) Blanco Fontao et al. (2014) encontraron que las hembras mostraron nichos tróficos más amplios y una mayor especialización trófica individual que los machos en otoño e invierno.

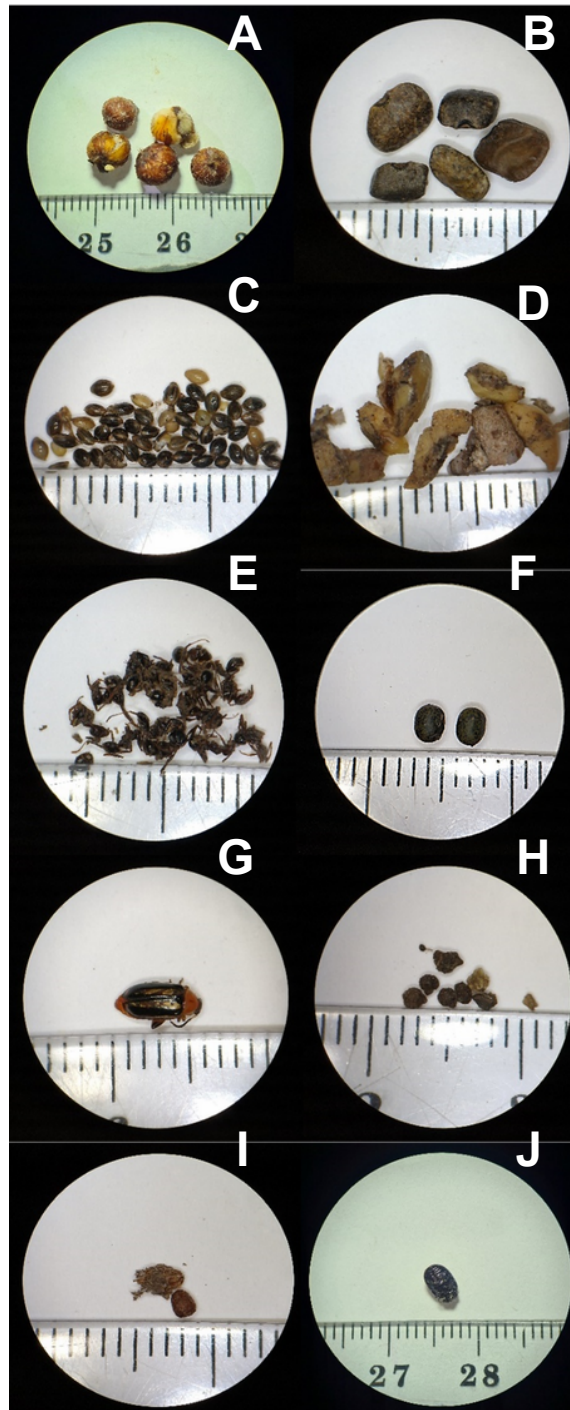
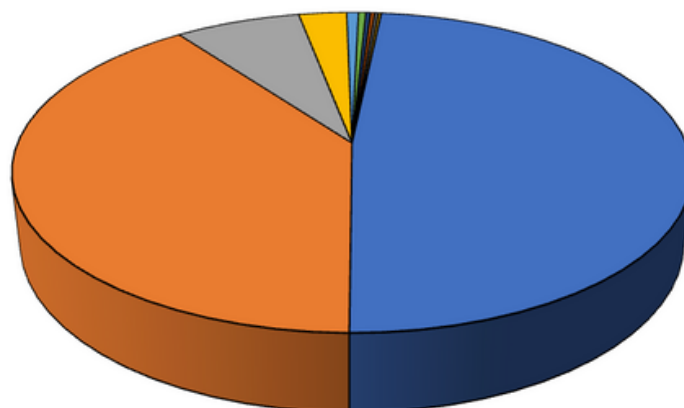
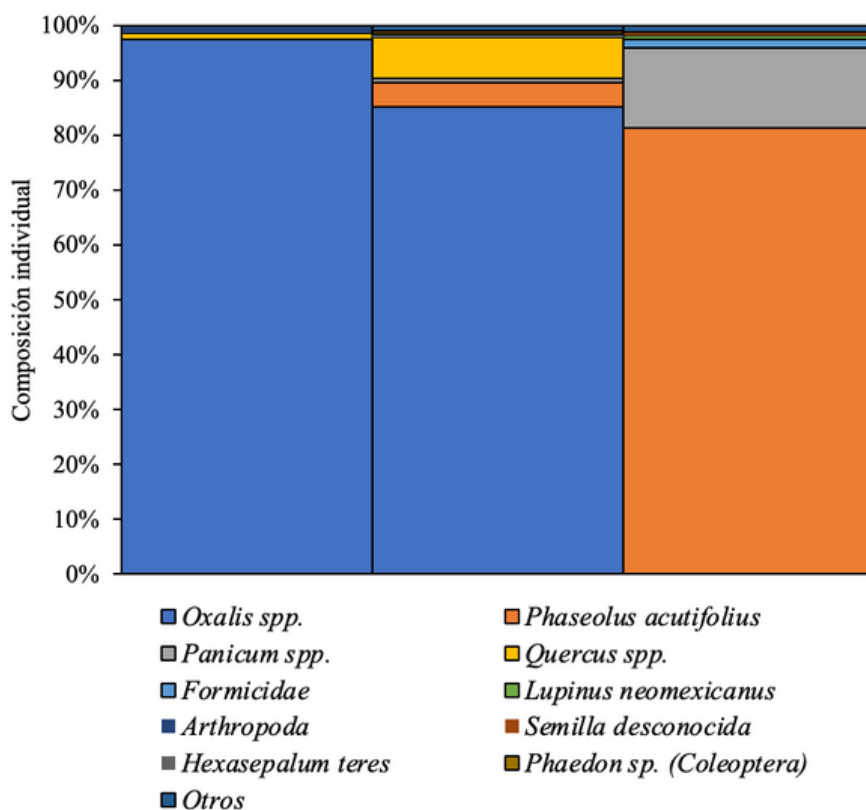


Figura 13. Principales alimentos de la composición total de *C. montezumae* en Sonora: A) bulbos de *Oxalis* spp., B) frijoles *Phaseolus acutifolius*, C) semillas de *Panicum* spp., D) bellotas de *Quercus* spp., E) familia Formicidae (hormigas), F) semillas de *Lupinus neomexicanus*, G) patas de Artrópoda, H) semilla desconocida, I) semillas de *Hexasepalum teres* y J) escarabajo *Phaedon* sp.



- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| ■ <i>Oxalis spp.</i> | ■ <i>Phaseolus acutifolius</i> |
| ■ <i>Panicum spp.</i> | ■ <i>Quercus spp.</i> |
| ■ Formicidae | ■ <i>Lupinus neomexicanus</i> |
| ■ Arthropoda | ■ Semilla desconocida |
| ■ <i>Hexasepalum teres</i> | ■ <i>Phaedon sp. (Coleoptera)</i> |

Figura 14. Composición total de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Sonora en la Temporada del 2021-2022 (n = 3).



- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| ■ <i>Oxalis spp.</i> | ■ <i>Phaseolus acutifolius</i> |
| ■ <i>Panicum spp.</i> | ■ <i>Quercus spp.</i> |
| ■ Formicidae | ■ <i>Lupinus neomexicanus</i> |
| ■ Arthropoda | ■ Semilla desconocida |
| ■ <i>Hexasepalum teres</i> | ■ <i>Phaedon sp. (Coleoptera)</i> |
| ■ Otros | |

Figura 15. Composición individual de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Sonora en la Temporada del 2021-2022 (n = 3).

Composición total e individual de la dieta en Sonora

La composición de la dieta de *C. montezumae* obtenida en Sonora es información relevante para la especie, ya que los estudios de alimentación para la codorniz solamente habían sido determinados en el centro de México y parte del suroeste de Estados Unidos (Nuevo México, Texas y el Sur de Arizona).

Sin embargo, por la cantidad mínima de muestras (buches) colectadas no es posible realizar comparaciones confiables con la composición de dieta en Arizona y/o con otros trabajos de investigación debido a la falta de información por obtención de datos. Sin embargo, algunas coincidencias son dignas de mención. Zaragoza Hernández et al. (2004) determinaron que el alimento principal de las codornices de Moctezuma en el noroeste del Estado de México son los bulbos de *Oxalis alpino* (61.4% en peso seco), seguido por semillas de leguminosas, maíz y trigo. Similar a losbuches colectados en Sonora, las codornices en el Estado de México no consumieron bulbos o rizomas de *Cyperus* spp. o bellotas de encino (*Quercus* spp.).

Conclusiones

En este trabajo se analizó y determinó la composición y variación de la dieta invernal de la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el sur de Arizona y se generaron datos relevantes para la composición de la dieta invernal en el estado de Sonora. La información de la dieta para So-

Tabla 1. Número debuches de codornices Moctezuma analizados por estado y por temporada de cacería o año.

Temporada de cacería o año	Número de codornices cosechadas	
	Arizona	Sonora
2006-2007	4	0
2010	13	0
2019-2020	29	0
2021-2022	49	3
Desconocido	18	0
Total	113	3

nora es novedosa.

Este trabajo de investigación contiene información importante para la ecología, conservación y aprovechamiento de la especie en México y Estados Unidos, teniendo el manejo y aprovechamiento como herramientas clave para su permanencia en los ecosistemas.

Los resultados de este estudio señalan la composición total e individual en Arizona y Sonora, la diversidad total de la dieta en Arizona, las diferencias en consumo y la variación de la dieta en la temporada de invierno en Arizona relacionadas con las precipitaciones anuales de verano y los efectos de las temporadas de cacería (2007-2022), la edad y el sexo.

Tabla 2. Estructura de edades y sexo para 113 codornices Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

	Macho	Hembra	NA	Total
Juvenil	7.96%	0.88%	0%	8.85%
Adulto	5.30%	9.73%	0%	15.04%
NA	12.38%	6.19%	57.52%	76.11%
Total	25.66%	16.81%	57.52%	100%

Las composiciones total e individual en Arizona están principalmente determinadas por el consumo bulbos de *Oxalis* spp, bellotas de *Quercus* spp., rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. La diversidad de la dieta en Arizona con respecto a la distribución del índice de Shannon-Wiener indicó que la gran parte de la de los buches presentan diversidad baja de tipos de alimento y la menor parte de los buches son los que presentan diversidad alta.

En cuanto a las diferencias en consumo se pudo observar que en las temporadas de caza solamente en el caso de bulbos *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Setaria* spp. se encontró una relación significativa con las temporadas más lluviosas. Entre edades se observó que los bulbos de *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Panicum* spp tienen una relación significativa en relación con las temporadas más altas de precipitación y entre sexos, los únicos tipos de alimento que tienen variación significativa son bulbos de *Oxalis* spp. y bellotas de *Quercus* spp.

El efecto de la temporada de caza que tiene la diversidad de la dieta es totalmente significativo, ya que aparentemente la dieta se mostró más diversa cuando hubo mayor precipitación en el verano. El efecto de edad no muestra diferencias significativas en diversidad de la dieta. Sin embargo, si existió un efecto de sexo sobre la diversidad de la dieta, lo que sugiere que hembras y machos difieren en sus requerimientos fisiológicos en función de sus roles reproductivos.

Por los resultados obtenidos, encontramos que en su dieta esta especie prefiere bulbos y rizomas, según las temporadas más lluviosas del verano anterior. Cuando en el verano hay baja precipitación suelen tener una dieta muy variada en diferentes tipos de semillas, artrópodos, tallos e incluso hojas.

Las codornices de Moctezuma varían

su alimentación y distribución dependiendo de los factores geográficos y ambientales. Se espera que los factores que generan cambios en la dieta de la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) y modificaciones en su hábitat se puedan analizar y estudiar a profundidad cada vez más y que esto conlleve a dar un seguimiento en el análisis y manejo correcto de la especie, para poder darle un aprovechamiento sustentable en su ecosistema y ayudar a su reproducción y conservación.

Agradecimientos

Agradecemos a Ana Paredes por apoyar en el análisis y obtención de datos en este trabajo de investigación y sus consejos. A Steve Hopkins, Dennis Kavanagh, David Kirkland, Dale Spartas y cazadores anónimos que colectaron los ejemplares de codornices de Moctezuma en Arizona que se utilizaron en el presente proyecto. Agradecemos a Angel Montoya, Arvind Panjabi, Robert Perez y Linda y Tad Pfister por sus gestiones logísticas y financieras.

Financiamiento

Arizona Quail Alliance, Bird Conservancy of the Rockies, Southern Arizona Quail Forever, Timken Foundation y Texas Parks and Wildlife Department.

Referencias

1. Anthony, R.G, 1970. Food Habits of California Quail in Southeastern Washington during the Breeding Season. *The Journal of Wildlife Management* 34(4): 950–953.
2. Austin, T., Begay, Y., Biedenbender, S., Biggs, R., Boyle, E., Curiel, E., Davis, S., Detchet, S., Emmett, T., Farrell, M., Gerhart, R., Gillespie, W., Haessig, P., Holloway, E., Jenkins, M., Jones, L., Kriegel, D., Lefevre, R., Stamer, M., Lehew, M., Lynch, A., McKay, G., Peery, L., Peralta, A., Ruyle, J., Sautter, J., Schienle, K., Shafiqullah, S., Stetson, C., Vogel, M., White, L., Wilcox, C., York, J. 2013. Coronado National Forest draft land and resource management plan: Cochise, Graham, Pima, Pinal, and Santa Cruz Counties, Arizona, and Hidalgo County, New Mexico. MB-R3-05-7. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southwestern Region, Albuquerque, Estados Unidos de América, 279 p.
3. Bishop, R. A., Hungerford, C. R., 1965. Seasonal food selection of Arizona Mearns' quail. *Journal of Wildlife Management* 4: 813-819.
4. Blanco-Fontao, B., Sandercock, B. K., Obeso, J. R., McNew, L. B., Quevedo, M. 2014. Correction: Effects of Sexual Dimorphism and Landscape Composition on the Trophic Behavior of Greater Prairie-Chicken. *PLOS ONE* 9, 1: 10.1371/annotation/5a8bf4bc-b9bf-4feb-b887-e66cd14f85db.
5. Bravo, C., Ponce, C., Bautista, L. M., Alonso, J. C. 2016. Dietary divergence in the most sexually size-dimorphic bird, *The Auk*, 133, 2: 178–197.
6. Brown, R. L. 1978. An ecological study of Mearns' quail. Federal Aid in Wildlife Restoration Project W-78-R-22, Work Plan 2, Job 2, Final Report, Research Division Arizona. *Game and Fish Department*. Phoenix, Estados Unidos de América.
7. Hernández-Palafox, L., Mendoza-Martínez, G. D., Valdez Hernández, J. I., Alcántara-Carbajal, J. L., Clemente-Sánchez, F., Hoenig, B. D., Snider, A. M., Forsman, A. M., Hobson, K. A., Latta, S. C., Miller, E. T., Polito, M. J., Powell, L. L., Rogers, S. L., Sherry, T. W., Toews, D. P. L., Welch, A. J., Taylor, S. S., Porter, B. A. 2022. Current methods and future directions in avian diet analysis. *Ornithology*, 139 pp.
8. Hunt, J. L., Best, T. L. 2001. Foods of scaled quail (*Callipepla squamata*) in southeastern New Mexico. *Texas Journal of Science* 53, 2: 147-156.
9. Linhart, R. C., Hamilton D. J., Paquet, J., Bellefontaine, S. C., Davis, S., Doiron, P. B., Gratto-Trevor, C. L. 2022. Variation in resource use between adult and juvenile Semipalmated Sandpipers (*Calidris pusilla*) and use of physiological indicators for movement decisions highlights the importance of small staging sites during southbound migration in Atlantic Canada. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10: 1059005.
10. López-Bujanda, O. E. 2019. Dieta invernal de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona y Nuevo México. Tesis de maestría. Maestría en Biociencias. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
11. López-Bujanda, O. E., Macías-Duarte, A., Castillo-Gámez, R. A., Montoya, A. B. 2022. Factors determining diet composition of the Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) at the northern limit its distribution. *Wilson J. Ornithol.* 134, 3:507-520
12. Marchetti, K., Price, T. 1989. Differences in the Foraging of Juvenile and Adult Birds: The Importance of Developmental Constraints. *Biological Reviews* 64: 51-70.
13. Newton, I. 1980. The role of food in limiting bird numbers. *Ardea* 68: 11–30.

14. Panter, C. T., Amar, A. 2021. Sex and age differences in the diet of the Eurasian Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) using web-sourced photographs: exploring the feasibility of a new citizen science approach. *Ibis*, 163: 928-947.
15. Paredes-Acuña, A. G. 2022. Composición de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el límite norte de su distribución. Maestría en Biociencias. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
16. R. Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
17. Roseberry, J. L., Klimstra, W. D. 1971. Annual Weight Cycles in Male and Female Bobwhite Quail. *The Auk* 88(1):116–123.
18. Stromberg, M. R., Montoya, A. B., Holdermann, D. 2020. Montezuma Quail (*Cyrtonyx montezumae*), version 1.0. In *Birds of the World* (P. G. Rodewald, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.monqua.01>.
19. Sullivan, B. L., Wood, C. L., Liff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., Kelling, S. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biol. Conserv.* 142: 2282–2292.
20. Warshal, P. 1995. The Madrean Sky Island Archipelago: a planetary overview. In: Biodiversity and management of the Madrean Archipelago II. (L. F. DeBano, G. J. Gottfried, A. Ortega-Rubio, R. H. Hamre, and C. B. Edminster, editores), pp. 7–18. U.S. Forest Service, Reporte Técnico General RM-GTR 264, Rocky Mountain Research Station, Ft. Collins, Estados Unidos.
21. Zaragoza-Hernández, C., Mendoza-Martínez, G. D., Ibarra-Zimbrón, S., Crosby-Galván, M. M., Clemente-Sánchez, F., Aguilar-Valdez, B. 2004. Composición de la dieta de la codorniz moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el noroeste del Estado de México, México. *Veterinaria México*, 35: 215-236.
22. Tapia, R. J., Ibarra, S., Mendoza, G.D., Zaragoza, C., Clemente, F., Tarango, L. 2002. Densidad poblacional de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en la región noroeste del Estado de México, México. *Vet. México* 33: 255-263.