



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y
TECNOLÓGICAS

POSGRADO EN BIOCENCIAS

COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE LA CODORNIZ MOCTEZUMA (*Cyrtonyx montezumae*) EN EL LÍMITE NORTE DE SU DISTRIBUCIÓN.

TESIS

que para obtener el grado de:

MAESTRA EN BIOCENCIAS

presenta:

ANA GUADALUPE PAREDES ACUÑA

Hermsillo, Sonora, México

13 de septiembre de 2022

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Hermosillo, Sonora a 09 de septiembre del 2022.

Asunto: Cesión de derechos

**UNIVERSIDAD DE SONORA
P R E S E N T E.**

Por este conducto hago constar que soy autor y titular de la obra denominada "COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE LA CODORNIZ MOCTEZUMA (*Cyrtonyx montezumae*) EN EL LÍMITE NORTE DE SU DISTRIBUCIÓN", en los sucesivos LA OBRA, realizada como trabajo terminal con el propósito de obtener el Grado de Maestro en Biociencias, en virtud de lo cual autorizo a la Universidad de Sonora (UNISON) para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución, distribución pública, distribución electrónica y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios de la institución y se integren a los repositorios de la universidad, estatales, regionales, nacionales e internacionales.

La UNISON se compromete a respetar en todo momento mi autoría y a otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente.

De la misma manera, manifiesto que el contenido académico, literario, la edición y en general cualquier parte de LA OBRA son de mi entera responsabilidad, por lo que deslindo a la UNISON por cualquier violación a los derechos de autor y/o propiedad intelectual y/o cualquier responsabilidad relacionada con la OBRA que cometa el suscrito frente a terceros.

ATENTAMENTE


LIC. GILBERTO LEÓN LEÓN
Abogado General
UNIVERSIDAD DE SONORA



Nombre y Firma del Autor
Ana Guadalupe Paredes Acuña

Hermosillo, Sonora, México

Septiembre, 2022.

COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE LA CODORNIZ MOCTEZUMA (*Cyrtonyx
montezumae*) EN EL LÍMITE NORTE DE SU DISTRIBUCIÓN

T E S I S

que para obtener el grado de:
MAESTRO EN BIOCENCIAS

presenta:

ANA GUADALUPE PAREDES ACUÑA

Hermosillo, Sonora, México

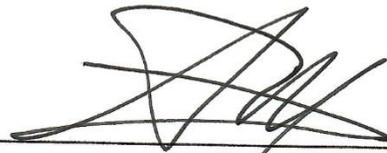
13 de septiembre del 2022

APROBACIÓN

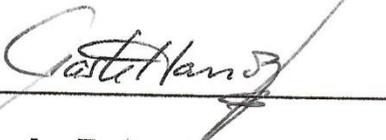
Los miembros del Comité designado para revisar la tesis intitulada “Composición de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el límite norte de su distribución” presentada por Ana Guadalupe Paredes Acuña, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Biociencias.



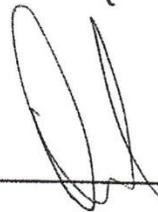
Dra. Reyna A. Castillo Gámez
Director y Presidente



Dr. Alberto Macías Duarte
Co-Director



Dr. Alejandro E. Castellanos Villegas
Sinodal interno y Secretario



M. C. Oscar E. López-Bujanda
Sinodal externo

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alberto Macías Duarte y a la Dra. Reyna A. Castillo Gámez, codirectores del presente proyecto, por su confianza, su invaluable apoyo y paciencia, así como su contribución a mi formación profesional. Agradezco al Dr. Alejandro Castellanos Villegas por formar parte de mi comité y por sus aportes para enriquecer este proyecto de tesis. También agradezco enormemente al M. C. Oscar Enrique López Bujanda por formar parte de mi comité, por acompañarme y asesorarme en cada momento, por enriquecer este proyecto con tus valiosas experiencias y por brindarme su mano amiga siempre.

A Ángel B. Montoya y James Weaver que hicieron posible la colecta, el procesamiento y el envío de las muestras de codornices Moctezuma que se utilizaron en el presente proyecto, así como a A D. Kavanagh, S. Hopkins, R. Perez, P. Toot que ayudaron con la colecta de las codornices. Al United States Fish and Wildlife Service, al Arizona Quail Alliance, Southern Arizona Quail Forever, Timken Foundation y al Texas Parks and Wildlife Department por el financiamiento del presente estudio.

Al Dr. Cesar Hinojo Hinojo por sus consejos, sus enseñanzas, su valioso aporte para mejorar este trabajo, pero, sobre todo, por su amistad. A la M. C. Laura Arvizu por su acompañamiento y apoyo incondicional.

Al Dr. Enrique de la Re Vega, a la Dra. Perla Urquidez Bejarano, al Dr. Luis Enrique Gutiérrez Millán, al Dr. Marco Antonio López Torres y a la L. A. Ana Cecilia Piri Alcaraz por facilitar las instalaciones y diversos equipos del laboratorio 101 de la Licenciatura en Biología de la Universidad de Sonora. A la M. C. Dolores Vásquez del Castillo por su apoyo administrativo en el posgrado de Biociencias de la Universidad de Sonora.

Finalmente, agradezco al Departamento de Posgrado en Biociencias de la Universidad de Sonora, a la Universidad Estatal de Sonora y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para la realización de mis estudios de maestría.

RESUMEN

La codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) es un ave de interés cinegético en México y Estados Unidos que, además, es considerada una especie indicadora de los pastizales asociados al bosque. El estudio sobre la dieta de la codorniz Moctezuma puede generar nueva información y mejorar la conservación, manejo y aprovechamiento cinegético de la especie. El objetivo de este proyecto fue analizar la composición y variación de la dieta de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas. Se colectaron 175 especímenes de codorniz Moctezuma durante las temporadas de cacería 2016-2020 en Arizona y Nuevo México. En Texas, los especímenes fueron colectados bajo licencia de investigación durante las temporadas de invierno y primavera del 2018 al 2020. La composición de la dieta se obtuvo mediante análisis macrohistológico de buches de codorniz Moctezuma. La dieta invernal de la codorniz en Arizona estuvo conformada principalmente por tallos subterráneos (*Oxalis* spp. y *Cyperus* spp.), frijoles téparis y bellotas. En Nuevo México, los principales alimentos fueron bulbos de *Cyperus* spp., frijoles de *Macroptilium* sp. y granos de panizo aserrín (*Panicum hallii*). En Texas, la dieta invernal estuvo representada por frijoles de *Rhynchosia senna*, granos de panizo aserrín y tallos subterráneos (*Cyperus* spp. y *Allium* spp.), mientras que la dieta de primavera estuvo constituida por tallos subterráneos (*Cyperus* spp. y *Oxalis* spp.) y frijoles de *R. senna*. Se registraron cambios estacionales (invierno y primavera) y geográficos en la composición de la dieta en respuesta a variaciones climáticas y ecológicas. La información sobre la dieta de *C. montezumae* en varias escalas temporales y geográficas resultará muy relevante para su manejo y conservación en el límite norte de la distribución de la especie.

ABSTRACT

The Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) is a popular game bird and an indicator species of oak-pine savannas in the northern part of its range. The study on the Montezuma quail's diet can provide new information and improve the conservation, management, and harvest of the species. This project objective was to analyze the diet composition of the Montezuma quail and its variation in Arizona, New Mexico, and Texas. 175 Moctezuma quail specimens were collected during the 2016-2020 hunting seasons in Arizona and New Mexico. In Texas, specimens were collected under a research license during the 2018-2020 spring and winter seasons. Diet composition was obtained by macrohistological analysis of Moctezuma quail crops. Winter diet of quail in Arizona was mainly represented by underground stems (*Oxalis* spp. and *Cyperus* spp.), acorns, and tepary beans. Winter diet in New Mexico consisted mainly of *Cyperus* spp. bulbs, *Macroptilium* spp. beans, and *Panicum hallii* grains. In Texas, winter diet was represented by *Rhynchosia senna* beans, *P. hallii* grains, and underground stems (*Cyperus* spp. and *Allium* spp.); while spring diet consisted of underground stems (*Cyperus* spp. and *Oxalis* spp.) and *R. senna* beans. Seasonal (winter and spring), and geographic changes in diet composition were recorded in response to climatic and ecological variations. Information about Montezuma quail diet at several temporal and geographic scales will prove to be highly relevant to implement better management and conservation strategies in the northern edge of species' range.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	1
I. ANTECEDENTES.....	3
I.1. Descripción de la especie.....	3
I.2. Distribución geográfica.....	5
I.3. Uso del espacio y hábitat	7
I.4. Estado de la población y factores limitantes	10
I.5. Comportamiento de alimentación y dieta	13
II. HIPÓTESIS.....	17
III. OBJETIVOS	18
III.1. Objetivo general	18
III.2. Objetivos específicos.....	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	19
IV.1. Descripción del área de estudio	19
IV.2. Colecta de las muestras	24
IV.3. Composición de la dieta.....	24
IV.4. Variables biológicas, ecológicas y ambientales	26
IV.4.1. Sexado y datado de los individuos colectados	26
IV.5. Análisis estadísticos	28
IV.5.1. Composición de la dieta	28
IV.5.2. Comportamiento de forrajeo	29
IV.5.3. Diversidad trófica y diversidad de las comunidades vegetales	29
IV.5.4. Variación en la composición de la dieta	30
V. RESULTADOS.....	32
V.1. Composición de la dieta	32

V.2. Capacidad del buche y comportamiento de forrajeo	47
V.3. Edad y sexo de las codornices	49
V.4. Comunidades vegetales en el hábitat de forrajeo	50
V.5. Variables ambientales.....	52
V.6. Variación de la dieta.....	53
VI. DISCUSIÓN	55
VI. 1. Nuevos hallazgos en la dieta de la codorniz Moctezuma.....	55
VI. 2. ¿Ha cambiado la dieta de la codorniz históricamente?	57
VI. 3. Explicando la variación geográfica en la dieta	58
VI. 4. Proyecciones a futuro.....	59
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES	62
IX. LITERATURA CITADA.....	63
X. APÉNDICES.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Dimorfismo sexual de codorniz Moctezuma.	4
2	Distribución geográfica actual de la codorniz Moctezuma.	6
3	Puntos de colecta de codornices Moctezuma.	19
4	Vegetación típica en la Reserva Bosque Nacional de Coronado.	21
5	Vegetación típica en las Montañas Elephant, Brewster, Texas.	23
6	Muestras de buche de codorniz Moctezuma.	27
7	Determinación de los tipos de comunidades vegetales presentes en los sitios de forrajeo de la codorniz Moctezuma.	28
8	Curva de acumulación de especies con intervalos de confianza al 95%.	33
9	Porcentaje de la variación individual de la dieta de 164 codornices Moctezuma cosechadas en Arizona, Nuevo México y Texas en del 2016 al 2020.	34
10	Principales alimentos encontrados en los buches de <i>C. montezumae</i> en el norte de su distribución.	35
11	Variación de las principales estructuras de la dieta invernada (% de peso seco) de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas.	36
12	Variación de los principales alimentos de la dieta invernada (% de peso seco) de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas.	37
13	Porcentaje de variación individual de la composición dietética de <i>C. montezumae</i> en Arizona durante las temporadas invernales 2017-2019.	38

14	Variación del porcentaje de peso seco de los principales alimentos en la dieta invernal de la codorniz Moctezuma en dos temporadas consecutivas de colecta en Arizona.	39
15	Porcentaje de variación individual de la dieta de <i>C. montezumae</i> en Nuevo México durante las temporadas invernales 2016-2017 y 2019-2020.	40
16	Variación del porcentaje de peso seco de los principales alimentos en la dieta invernal de <i>C. montezumae</i> en las temporadas 2016-2017 y 2019-2020 en Nuevo México.	41
17	Variación estacional (invierno y primavera) de las principales estructuras de la dieta (% de peso seco) de la codorniz Moctezuma en Texas.	42
18	Porcentaje de variación individual de la dieta de <i>C. montezumae</i> en Texas durante el invierno 2018-2020.	43
19	Variación del porcentaje de peso seco de los principales alimentos de la dieta invernal de <i>C. montezumae</i> en las temporadas 2018-2019 y 2019-2020 en Texas.	44
20	Porcentaje de variación individual de la dieta de <i>C. montezumae</i> en Texas durante la primavera 2019-2020.	45
21	Variación del porcentaje de peso seco de los principales componentes de la dieta de primavera 2019 y 2020 de <i>C. montezumae</i> en Texas.	46
22	Alimentos de origen animal de la temporada 2017-2020 más representativos en la dieta de <i>C. montezumae</i> en el norte de su distribución.	47
23	Patrón de alimentación de <i>C. montezumae</i> durante el día en Arizona, Nuevo México y Texas.	48
24	Comportamiento de alimentación de <i>C. montezumae</i> en el norte de su distribución.	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1	Número de codornices colectadas por temporada en Arizona, Nuevo México y Texas.	25
2	Variedad de alimentos encontrados dentro de buches de <i>C. montezumae</i> colectados en distintas temporadas del 2016 al 2020 e índices de diversidad de trófica (H') según los sitios de colecta.	32
3	Capacidad de los buches de codornices Moctezuma cosechadas en distintas temporadas del 2016 al 2020.	47
4	Proporción de sexo y edad de los individuos de codorniz Moctezuma colectados en el norte de su distribución.	50
5	Variación en el porcentaje de cobertura vegetal e índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') de las principales comunidades vegetales en el hábitat de la codorniz Moctezuma.	51
6	Relación entre las proporciones de los alimentos de la dieta de <i>C. montezumae</i> y las variables ecológicas y ambientales.	54

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas, como la agricultura, la ganadería y la urbanización, así como la introducción de especies exóticas (Ojasti y Dallmeir, 2000), además del cambio climático global que provoca el aumento de la temperatura y alteraciones en los patrones de precipitación (Julliard *et al.*, 2004; Kaeslin *et al.*, 2013; Trenberth y Hurrell, 2019), han provocado cambios en los ecosistemas (Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). Las alteraciones en los ecosistemas pueden limitar el acceso al alimento para la fauna silvestre, interviniendo en la obtención y asimilación de los nutrientes necesarios para llevar a cabo las funciones metabólicas que aseguren la supervivencia y el éxito reproductivo de los organismos (Murphy, 1996).

La alimentación es el principal proceso que vincula los recursos del hábitat con la dinámica poblacional de la fauna silvestre (Ojasti y Dallmeir, 2000). El alimento es un factor que limita la densidad de aves en un lugar y tiempo determinado, en especial durante la temporada de invierno, cuando los grupos de aves se ven afectados por la poca disponibilidad de alimentos (Newton, 1980). La escasez de alimentos puede afectar a las poblaciones de aves a través del ayuno prolongado, la disminución del peso corporal, y el agotamiento de las reservas, generando con ello inanición y desnutrición de los individuos; además de generar alteraciones en la tasa de reproducción (disminución del tamaño de los huevos y de las puestas, afectaciones en la calidad de los espermatozoides) y en el reclutamiento mediante las alteraciones en el crecimiento de los juveniles (Newton, 1980; Murphy, 1996; Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). Sin embargo, las aves silvestres tienen la capacidad de ajustar la selección de los alimentos para satisfacer sus demandas de nutrientes y energía, y cuando su hábitat deja de proporcionar los alimentos adecuados, son capaces de emigrar (Murphy, 1996).

En las zonas áridas y semiáridas, el alimento es considerado como un recurso limitante para la fauna, por lo que las alteraciones en estos hábitats pueden tener efectos negativos tanto en la cantidad como en la calidad del alimento, provocando modificaciones en el comportamiento de forrajeo de las especies que les permita encontrar el alimento con los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento, supervivencia y reproducción (Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). El conocimiento sobre la dieta de la fauna silvestre es un factor ecológico relevante

que permite entender la sobrevivencia y la reproducción de las poblaciones en su hábitat natural, y con ello, es posible generar conocimientos aplicables en el manejo y conservación de las especies (Robbins, 1983).

En las últimas décadas, la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*; Vigors, 1830), ave de caza muy popular en Arizona y Nuevo México, ha presentado disminución de sus poblaciones (Mesta *et al.*, 2011). Sin embargo, en Texas se encuentra protegida debido al peligro de extirpación. Además de su importancia cinegética, *C. montezumae* posee relevancia ecológica al ser especie indicadora de la calidad del hábitat en ecosistemas de pastizal y bosque de pino-encino, ya que depende de estos ecosistemas para obtener alimento y refugio de las hierbas nativas (Stromberg *et al.*, 2020). Por lo anterior, la degradación y pérdida del hábitat, además de las variaciones climáticas, pueden afectar la disponibilidad de alimento para la codorniz Moctezuma en el límite norte de su distribución. El estudio sobre la dieta de la codorniz Moctezuma puede proporcionar información valiosa sobre los cambios en los ecosistemas áridos y semiáridos de Norteamérica, que permita determinar las mejores estrategias de manejo y conservación para la especie en la región del suroeste de EUA. En relación con esto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la composición y variación de la dieta de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas.

I. ANTECEDENTES

I.1. Descripción de la especie

La codorniz Moctezuma (*C. montezumae*, Figura 1) es un ave galliforme originaria de Norteamérica que pertenece a la familia Odontophoridae, grupo al que pertenecen todas las codornices de América (Williford *et al.*, 2017). Esta ave de hábitos terrestres es de tamaño mediano, su apariencia es redonda, posee una cola muy corta, ojos grandes de color café y una particular cresta rígida color café rojizo (Mesta *et al.*, 2011). Presenta una longitud linear media del pico a la cola de 20 a 23 cm, siendo frecuentemente los machos los más grandes, con un peso promedio de 176 y 194 g para hembras y machos, respectivamente (Hernández *et al.*, 2014).

En América existen dos especies del género *Cyrtonyx*: la codorniz Moctezuma (*C. montezumae*) se encuentra hacia el suroeste de Estados Unidos de América (EUA) hasta la parte norte de México (Hernández *et al.*, 2014); y la codorniz ocelada (*C. ocellatus*) se distribuye desde el estado de Chiapas en México hasta el norte de Nicaragua (eBird, 2021). La codorniz ocelada se distingue de la codorniz Moctezuma por su coloración con tonos rojizos y patrones de manchas blancas o beige sobre tonos marrón o negro que se difuminan desde el pecho hacia el vientre tomando una coloración rojiza. Estas dos especies de *Cyrtonyx* se consideran aloespecies (American Ornithologists' Union, 1998), por lo que difieren de una misma superespecie ocupando espacios geográficos mutuamente excluyentes (Mayr, 2006).

La codorniz Moctezuma presenta un marcado dimorfismo sexual (Figura 1). El macho posee un patrón facial de colores blanco y negro en la cara, mientras que la hembra un patrón similar con coloración críptica parda. Los flancos del macho presentan manchas blancas y tonalidades grises, mientras que las hembras poseen escasas manchas negras y tonalidades pardas. Para ambos sexos, el patrón de coloración es críptico y representa una ventaja en su hábitat de pastizal, aunado a su comportamiento de permanecer inmóvil ante los depredadores o bajo cualquier disturbio (Miller, 1943), lo que les permite pasar inadvertidos. Tanto machos como hembras tienen picos gruesos de tonalidad gris azulado o negro y poseen patas color gris claro y garras gruesas (Johnsgard, 2017).



Figura 1. Dimorfismo sexual de la codorniz Moctezuma. El macho (izquierda) presenta un plumaje llamativo, mientras que la hembra (derecha) posee un plumaje críptico. Fotografía tomada por Chris Rohrer en el año 2020 en el Bosque Nacional de Coronado, Arizona (<https://www.naturalista.mx/observations/50231806>).

Los individuos de codorniz Moctezuma pueden ser observados solitarios, en parejas reproductivas o en grupos familiares de hasta 12 individuos (Stromberg, 1990). Durante la temporada de reproducción (febrero-septiembre) se observan parejas de esta especie de codorniz. Se aprecia una abundancia de machos solitarios durante los meses de mayo a octubre; y durante la temporada de cría (agosto-enero) se observan grupos familiares reducidos, conocidos como “coveys”, compuestos de los padres y sus crías (Bishop, 1964). Las parejas reproductoras permanecen juntas durante una temporada de reproducción y cría de pollos de entre 6 y 7 meses dentro de un área de dispersión pequeña de entre 1 y 2 ha (Stromberg, 1990). Para esta codorniz no se han reportado una segunda temporada de apareamiento. Los polluelos de codorniz Moctezuma poseen plumaje suave de color beige y café claro, son precociales, capaces de buscar alimento, correr y piar a los 15-20 minutos después de la eclosión (Stromberg *et al.*, 2020). Leopold y McCabe (1957), mediante el estudio de codornices Moctezuma criadas

en cautiverio, determinaron que los polluelos alcanzan la masa corporal de un adulto entre las 10 y 11 semanas después de la eclosión.

La codorniz Moctezuma presenta un comportamiento tímido y esquivo. Cuando los individuos de *C. montezumae* detectan alguna amenaza se posan sobre el suelo y se mantienen inmóviles para pasar inadvertidos. Solo usan el vuelo, que es un brinco parabólico corto que varía de 2 a 10 m de altura, cuando la amenaza está a punto de tocar a la codorniz (Mesta *et al.*, 2011). En general, la especie *C. montezumae* es considerada como un ave “rara” y es la codorniz menos estudiada de Norteamérica debido, en gran medida, a su comportamiento peculiar que dificulta su observación y estudio. En vista de las dificultades para detectar individuos de esta especie, es común el empleo de perros rastreadores de aves (Hernández *et al.*, 2014), grabaciones de llamados de esta especie, y aparatos de apoyo como cámaras infrarrojas, radiotransmisores y sensores térmicos (Chavarria, 2013).

I.2. Distribución geográfica

La codorniz Moctezuma es un ave residente durante todo el año, considerada como “poco común”, que se localiza desde el suroeste de los Estados Unidos hasta el centro de México (Figura 2), principalmente en hábitats secos, pastizales arbustivos y bosque de pino-encino en las cadenas montañosas a una altura de 1200 a 2900 m (Bishop, 1964), aunque comúnmente se encuentra a una altura de 1500 a 1800 m (Hernández *et al.*, 2014). Esta ave se distribuye en gran parte de México, a través de las Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental hasta el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur llegando a su límite sur hasta Oaxaca (Mesta *et al.*, 2011), y hacia el norte, se encuentra siguiendo las serranías o “islas del cielo” en una porción de EUA, en Arizona, Nuevo México y Texas (eBird, 2021).

Actualmente se reconocen cinco subespecies de codorniz Moctezuma según la coloración del plumaje del macho y su distribución geográfica (Stromberg *et al.*, 2020): *C. montezumae mearnsi* (Nelson, 1900) es la especie más nortea y que habita en condiciones más áridas, se encuentra en Arizona, Nuevo México y Texas en EUA, mientras que en México se encuentra al norte de la Sierra Madre Occidental en los estados de Sonora, Chihuahua y

Durango, y en la parte norte de la Sierra Madre Oriental en los estados de Coahuila y Nuevo León; *C. m. montezumae* (Vigors, 1830) habita en regiones semiáridas de México, encontrándose en Sinaloa, sur de Durango y Jalisco sobre la parte sur sierra Madre Occidental, en el este de Tamaulipas sobre la Sierra Madre Oriental, siguiendo por el eje Neovolcánico en Michoacán hasta el este de Puebla; *C. m. merriami* (Nelson, 1897) se distribuye en las laderas y serranías del estado de Veracruz en México; *C. m. rowleyi* (Phillips, 1966) se encuentra en la Sierra de Miahuatlán en Oaxaca, México; y *C. m. sallei* (Verreaux, 1859, citado en Binford, 1989) se localiza al sur de los estados de Michoacán, Guerrero y el Edo. de México hasta el oeste de Oaxaca.

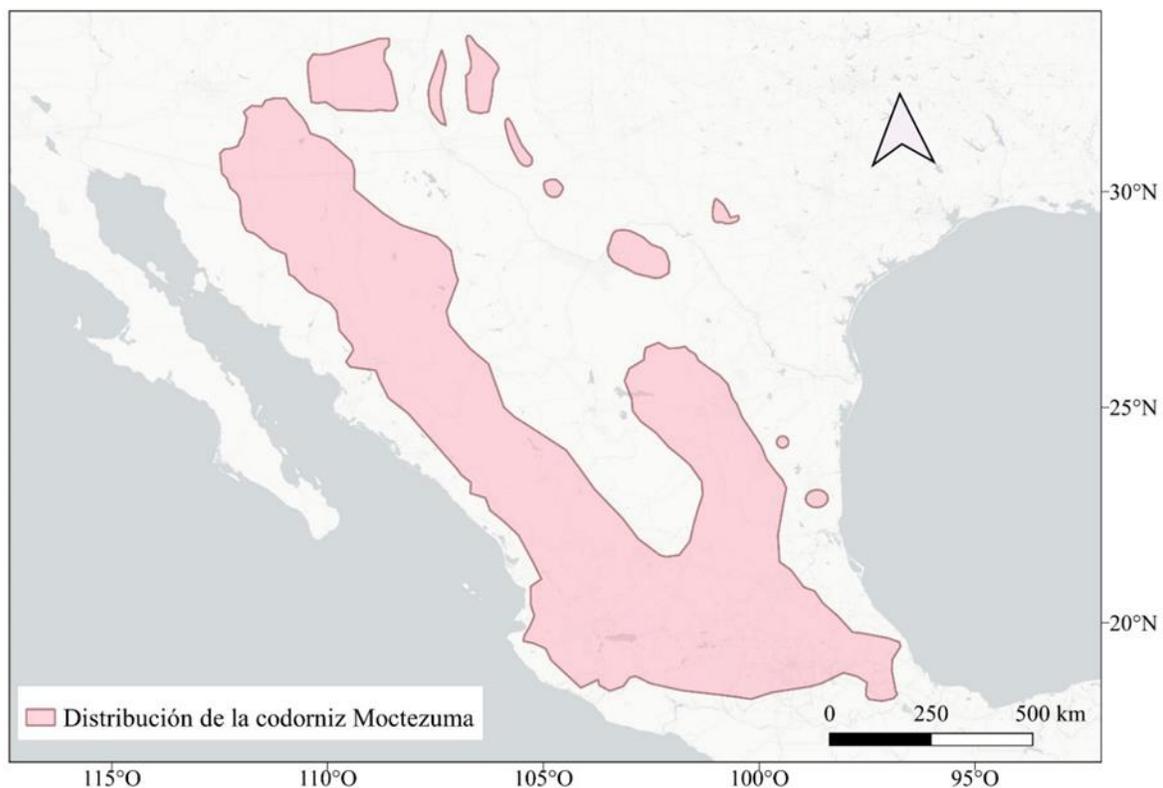


Figura 2. Distribución geográfica actual de la codorniz Moctezuma. La especie se encuentra en gran parte del territorio mexicano y en el suroeste de los Estados Unidos de América. Mapa modificado de BirdLife Internacional (2019).

La porción del suroeste de los EUA representa el límite norte de la distribución de la codorniz Moctezuma. En Arizona, esta ave se encuentra en las cadenas montañosas en el suroeste del estado, principalmente en las montañas de Chiricahua, Baboquivari, Piñalero, Santa Catalina y Galiuro, y hacia el norte del estado se encuentran en Montañas Blancas, Mogollon, Pine y Young (Corman, 2005; Arizona Bird Conservation Initiative and Sonoran Joint Venture, 2020). En Nuevo México, esta codorniz se distribuye en los sistemas montañosos de Whitewater, Sierra las Uvas, Sibley, Sacramento, San Mateo, San Luis, San Andres, Alamo, Cedro, Animas, Bear, Guadalupe, Jicarilla, Mogollon, Pinos Altos, Gallinas, Magdalenas, Organo, Sierra Blanca, Vera Cruz (Holdermann, 1993), y en las montañas Capitán (Oaster, 2018).

Por otra parte, en Texas, la codorniz Moctezuma presenta una distribución restringida y fragmentada, de modo que solo se pueden encontrar pequeñas poblaciones en los sistemas montañosos de Trans-Pecos y Edwards Plateau (Lockwood y Freeman, 2014), ambas regiones conectadas con la Sierra Madre Oriental en México (Harveson *et al.*, 2007).

I.3. Uso del espacio y hábitat

A pesar de tener una amplia distribución en Norteamérica, la codorniz Moctezuma es un ave terrestre sedentaria y, en general, el tamaño de su ámbito hogareño es pequeño (Chavarria *et al.*, 2017a). La codorniz Moctezuma suele caminar y correr, y puede moverse diariamente de 15 a 60 m para buscar sitios de forrajeo o de descanso (Stromberg, 1990). Las parvadas presentan movimientos de corta distancia al desplazarse altitudinalmente sobre las montañas, además de movimientos de larga distancia a través de las serranías, y ambos tipos de movimientos están asociados a la estacionalidad del año (Stromberg *et al.*, 2020).

En la región de Davis Mountains, Texas, Greene (2011) estableció rangos de distribución para la codorniz Moctezuma mediante el uso de radiotelemetría y reportó un ámbito hogareño muy variable que, en promedio, fue de 2,149.4 ha, con un rango de 16.8 a 15,751.4 ha. Además, estimó un desplazamiento lineal que va de los 600 a los 12,700 m. Este autor también reporta la permanencia de las parvadas en sus sitios de actividad cotidiana de hasta un mes. Por otro lado,

en Arizona, Chavarria (2013) examinó el ámbito hogareño y el desplazamiento de 65 codornices Moctezuma durante el invierno de 2008 al 2010, mediante el empleo de radiotelemetría, y encontró que esta ave tiene un desplazamiento medio durante el invierno de 1128 m lineales, con un máximo de 2375 m, además de un ámbito hogareño invernal promedio de 51 ha, con un máximo de 206.7 ha.

Los grupos familiares de *C. montezumae* buscan refugio al atardecer para pasar la noche y duermen en contacto corporal sobre el suelo formando círculos orientando sus cabezas hacia afuera, por la mañana los individuos abandonan el sitio de percha para buscar alimento (Bishop, 1964). Los sitios de percha o refugio generalmente se encuentran en áreas con una alta cobertura de pastizal, sobre sitios inclinados y orientados hacia el sureste, y durante la temporada de invierno, los refugios son utilizados por varios meses (Stromberg, 1990).

La codorniz Moctezuma es un ave que comúnmente se asocia a las praderas y bosques de pino encino. Los primeros estudios sobre la historia de vida de la codorniz Moctezuma (Leopold y McCabe, 1957), mencionan los bosques de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.) de las serranías como principal hábitat de esta ave en EUA y en México, principalmente en sitios con pendientes pronunciadas en las que abundan los pastos nativos altos. En territorio mexicano, además del bosque, esta especie se asocia a los campos de cultivo de trigo, maíz y maguey (Fernández-López, 2015; Achondo *et al.*, 2016).

En Arizona, la codorniz Moctezuma se encuentra en el pastizal asociado al bosque, en sitios donde dominan los encinos (*Quercus arizonica* y *Q. emoryi*) y los pastos altos, como el zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), grama (*B. hirsuta*), navajita (*B. gracilis*), aceitilla (*Aristida ternipes*) y el popotillo plateado (*Bothriochloa barbinodis*; Brown, 1979). Bristow y Ockenfels (2004) reportaron que las codornices del sureste de Arizona prefieren sitios con pasto de alrededor de 20 cm de altura y con cobertura herbácea del 50 al 75% en áreas boscosas con una cobertura mínima de árboles del 26%. Además de los bosques, en Arizona se han encontrado individuos de esta especie en pastizales con dominancia de mezquite (*Prosopis* spp.), paloverde (*Cercidium* spp.) y nopal (*Opuntia* spp.; Bishop, 1964; Chavarria, 2013; Stromberg *et al.*, 2020). Stromberg (1990), mediante el uso de radiotelemetría, encontró que estas codornices prefieren

las laderas empinadas orientadas hacia el norte, donde dominan los encinares con una cobertura de pastos de alrededor del 50%.

De igual forma, en el estado de Nuevo México, la codorniz Moctezuma está asociada con la cobertura de pastos perenes altos en los bosques de pino o encino, y en matorrales ribereños con presencia de gramíneas (Kamees, *et al.*, 2008). Oaster (2018) menciona que la codorniz Moctezuma, en la región de las Montañas Capitán, Nuevo México, selecciona aquellas áreas con una densa vegetación de sotobosque y con una cobertura arbórea de 30 a 69%. Los individuos de esta especie abundan en los pastizales semidesérticos donde dominan el zacate toboso (*Hilaria mutica*), gramas y navajitas (*Bouteloua* spp.) y los zacates tres aristas (*Aristida* spp.) que normalmente se encuentran asociados con sotoles (*Dasyilirion* spp.), soyates (*Nolina* spp.), yucas (*Yucca* spp.), magueyes (*Agave* spp.), mezquites, gobernadora (*Larrea tridentata*), acacias (*Acacia* spp.), chamizos (*Atriplex* spp), entre otros (Holdermann, 1993). Tanto en el Bosque Nacional de Cibola como en el Bosque Nacional de Coronado, en Nuevo México, se han encontrado especímenes de esta codorniz principalmente en el encinal madrense, pastizal semidesértico y en el bosque de pino-enebro y pino-ponderosa, comunidades vegetales donde se destaca la presencia de ciertas gramíneas, como los gramas y navajitas, los pastos de *Andropogon* spp., *Muhlenbergia* spp. y los bromos (*Bromus* spp.; López-Bujanda, 2019).

En Texas, la codorniz Moctezuma se encuentra comúnmente en el pastizal semidesértico donde dominan los pastos perenes y arbustos caducifolios (Stromberg *et al.*, 2020). En la región de Edwards Plateau, esta ave se encuentra en los bosques de encino donde abunda el colorín (*Sophora secundiflora*) y en las montañas de Trans-Pecos se puede encontrar en el matorral semidesértico de gobernadora y mariola (*Parthenium incanum*). Albers y Gehlbach (1990), mediante observaciones de marcas de excavación en el suelo (señal característica de alimentación de esta codorniz) encontraron que los sitios más frecuentados son aquellos que presentan abundancia de pastos altos y hierbas de juncos (*Cyperus* spp.) y tréboles (*Oxalis* spp.). Sanders y colaboradores (2017), mediante el empleo de grabaciones con llamados de *C. montezumae* durante la temporada de monzón en Texas, encontraron altas tasas de ocupación en sitios de 1,700 a 1,800 m de altura con buena cobertura de pastos y gran abundancia de las principales especies de plantas que les sirven de alimento, dentro de áreas dominadas por el

bosque de pino-junípero en las montañas de Davis y en el matorral con presencia de zacates gramas y navajitas en las montañas Elefante.

I.4. Estado de la población y factores limitantes

Se han empleado varias técnicas para estimar la densidad de distintas poblaciones de codorniz Moctezuma, esto es debido a la dificultad de detectar y capturar a los individuos de esta especie en campo, las variaciones temporales y los cambios en su hábitat provocados por los diversos fenómenos naturales y actividades humanas, lo que ha generado grandes variaciones respecto a las estimaciones de abundancia y densidad (Hernández *et al.*, 2006).

En el estado de México, México, Tapia y colaboradores (2002) estimaron una densidad de 0.0466 codornices por hectárea en el estrato forestal (bosque de pino-encino y matorral xerófilo) y 0.0009 codornices/ha en el estrato de pastizal. Por otro lado, en las montañas de Edwards Plateau, Texas, Albers y Gehlbach (1990), estimaron una densidad poblacional de 0.09 codornices/ha. Mientras que, en Arizona, actualmente se estima que hay entre 0.7413 y 1.7297 codornices/ha (Arizona Bird Conservation Initiative and Sonoran Joint Venture, 2020). Estas estimaciones de densidad poblacional son mucho menores a las primeras estimaciones realizadas para esta especie (Leopold y McCabe, 1957; Bishop, 1964).

Las poblaciones de *C. montezumae*, así como de las demás especies de codornices de Norteamérica, han presentado una marcada disminución en los últimos años (Johnsgard, 2017). Además, es de preocupar que la información respecto a los factores que limitan el desarrollo, la distribución y la sobrevivencia de la codorniz Moctezuma aún es escasa.

Chavarria y colaboradores (2017a) reportaron una tasa de supervivencia estimada de 21.9% desde el otoño de 2008 al otoño de 2009 en el suroeste de Arizona mediante el monitoreo de codornices Moctezuma marcadas con radiofrecuencias. Sin embargo, Greene (2011) reportó la tasa más baja de supervivencia anual de esta codorniz, 12.8%, mediante el monitoreo de 72 codornices del 2009 al 2010 y haciendo uso de radiotransmisores en las montañas de Davis, Texas. Las tasas bajas de supervivencia se atribuyen al estrés provocado por la manipulación y el marcaje que, se sospecha, aumentan el riesgo de depredación (Hernández *et al.*, 2009). Por

otra parte, en las montañas Capitán, Nuevo México, Oaster (2018) obtuvo una tasa de supervivencia anual de 75% mediante el monitoreo con radiotransmisores de 56 codornices Moctezuma desde mayo del 2015 a mayo del 2017.

En relación con los factores abióticos que limitan las poblaciones de codorniz Moctezuma, algunos autores sugieren que esta especie está fuertemente influenciada por las precipitaciones y se ha correlacionado la abundancia de estas codornices con los incrementos en las lluvias de verano e invierno (Brown, 1979; Chavarria *et al.*, 2012). Las lluvias generan la producción de pastos perennes que son utilizados por esta ave para ocultarse y construir sus nidos, además promueven el crecimiento de plantas herbáceas, como *Oxalis* spp. y *Cyperus* spp., las cuales son su principal alimento (Brown, 1979). Por otro lado, el aumento de intensidad de fenómenos climatológicos, como las tormentas invernales severas, ocasionan una alta mortalidad de codornices Moctezuma en el noroeste de su distribución, debido a la muerte por congelación y la depredación (Chavarria *et al.*, 2012).

El cambio climático es un fenómeno global que afecta a las poblaciones de fauna silvestre en Norteamérica (Inkley *et al.*, 2004). Estudios recientes han demostrado que los cambios en las variables climáticas (temperatura, nivel del mar, precipitación, cobertura de hielo/nieve) afectan los rangos de distribución, así como aspectos de la historia de vida de las aves silvestres (Trenberth y Hurrell, 2019). Los modelos de predicciones bioclimáticas proporcionan información sobre los posibles efectos del cambio climático sobre las poblaciones de fauna silvestre (Montoya-Gaviria, 2008). En el caso de la codorniz Moctezuma, Salas y colaboradores (2017), mediante modelos de predicción bioclimática, encontraron que los cambios en la precipitación estacional y las variaciones en la temperatura diurna provocarían un decremento considerable en el límite norte de la distribución de esta especie.

En cuanto a los factores biológicos, la depredación parece ser el principal factor que regula las poblaciones de codorniz Moctezuma (Mesta *et al.*, 2011). Entre los principales depredadores de esta ave se encuentran varias rapaces (Stromberg, 1990; Snyder, 1995, Chavarria *et al.*, 2017b), entre ellas, el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), el gavilán Azor (*A. gentilis*), el gavilán rastrero (*Circus hudsonius*), la aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*), además de las rapaces nocturnas (orden Stigiformes) como el búho cornudo (*Bubo virginianus*).

Entre los mamíferos que se alimentan de esta codorniz se encuentran el coyote (*Canis latrans*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y, probablemente las diferentes especies de zorrillos (Mephitidae) que coexisten con esta ave, el mapache (*Procyon lotor*), el coatí (*Nasua narica*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), entre otros (Leopold y McCabe, 1957; Stromberg *et al.*, 2020).

Los principales factores antrópicos que amenazan a la codorniz Moctezuma son la ganadería, la transformación de hábitat, el desplazamiento de la flora nativa a causa de especies exóticas invasoras y, probablemente, la cacería excesiva (Mesta *et al.*, 2011). Desde hace más de 60 años se ha reportado a la ganadería como uno de los principales factores que afecta la densidad y la distribución de la codorniz Moctezuma (Brown, 1979). Esta ave desaparece de los bosques de encino en los que el pastoreo intensivo del ganado ha eliminado a los pastos nativos (Leopold y McCabe, 1957; Bishop, 1964), hierbas que son esenciales para brindar refugio de los depredadores (Moreno-Contreras *et al.*, 2015). En ocasiones, codornices Moctezuma mueren atropelladas en caminos y carreteras debido a su instinto de agacharse y permanecer quieta al momento de detectar alguna amenaza (Harveson y Guevara, 2010). Además, estas aves corren mayor riesgo de ser cazadas (50% de probabilidad de captura) cerca de los caminos y carreteras (Macías-Duarte *et al.*, 2018).

En Estados Unidos, la codorniz Moctezuma es un ave de caza muy popular en Arizona y Nuevo México, sin embargo, en Texas está prohibida esta actividad cinegética (Harveson *et al.*, 2007) por la distribución restringida y el peligro que corren sus poblaciones a la extirpación (Mathur *et al.*, 2019). Por otro lado, en México, la especie está sujeta a protección especial (Pr) y la subespecie *C. montezumae sallei* está bajo el estatus de amenazada (A) según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), aun así, la cacería es una actividad permitida que se realiza de forma inadecuada (Mesta *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2014). En ambos países, los efectos de esta actividad cinegética no se conocen bien, en gran medida, debido a la dificultad para detectar y estudiar a esta especie, así como la falta de registros periódicos de las agencias estatales de vida silvestre (Stromberg *et al.*, 2020).

I.5. Comportamiento de alimentación y dieta

La codorniz Moctezuma es un ave adaptada a los periodos de sequía de las zonas áridas, por lo que está altamente especializada en el forrajeo de estructuras subterráneas que son ricas en nutrientes, como bulbos, rizomas y tubérculos, además de semillas y bellotas que encuentra en el suelo (Leopold y McCabe, 1957; Johnsgard, 2017). Esta ave suele buscar su alimento bajo pastos altos para esconderse de los depredadores, aunque también pueden alimentarse en sitios relativamente abiertos en el bosque (Albers y Gehlbach, 1990). Se alimenta usando sus fuertes patas y garras largas para escarbar en sitios con abundancia de pastos y hierbas, especialmente en presencia de juncos (*Cyperus* spp.) y tréboles (*Oxalis* spp.), plantas que conforman su principal alimento (Harveson y Guevara, 2010). Al escarbar, suelen dejar agujeros en forma de cono de aproximadamente 2.5 cm de ancho y 5 cm de largo, y de 1 a 8 cm de profundidad (Leopold y McCabe, 1957; Bishop y Hungerford, 1965). En general, la codorniz Moctezuma tiene preferencia por los sitios que presentan desnivel para buscar su alimento, como barrancas o laderas, debajo de árboles y arbustos, rasgando en el suelo o la base de las rocas entre las hierbas (Bishop, 1964). La codorniz Moctezuma, en su estado silvestre, no toma agua de forma líquida y parece cubrir su demanda de agua con la gran cantidad de humedad que poseen los bulbos, los tubérculos y rizomas de los que se alimentan (Holdermann, 1993).

La codorniz Moctezuma suele alimentarse constantemente durante el día. Bishop (1964), mediante observaciones de codornices en campo, reportó mayor actividad y más horas de forrajeo de esta especie durante las estaciones cálidas mostrando un comportamiento de alimentación diario que consta de rascar en el suelo durante la mañana y el atardecer en busca de su alimento, y mediante el análisis de buches de individuos colectados, del mismo modo que en estudios recientes (López-Bujanda, 2019), observó una relación directa entre el tiempo de forrajeo y la capacidad del buche.

Son pocos los estudios que se han realizado con respecto a la dieta de la codorniz Moctezuma, tanto en México como en EUA. Sin embargo, mediante el conocimiento generado, se conoce que alrededor del 80% de la dieta de *C. montezumae* se compone de bulbos, rizomas y bellotas durante todo el año (Stromberg *et al.*, 2020).

Leopold y McCabe (1957) realizaron el primer estudio que abordó la dieta de esta codorniz en el norte de México. Estos autores analizaron los buches de 15 codornices Moctezuma capturadas en el noroeste de Chihuahua durante el verano de 1948 y determinaron que la dieta de verano se conforma de un 68% (basado en volumen) de alimentos de origen animal, predominantemente de insectos, y de un 38% de alimentos provenientes de 24 especies de plantas, siendo los más frecuentes los bulbos de juncos (*Cyperus* spp.) y las bellotas de encino (*Quercus* spp.).

Los estudios más recientes sobre la dieta de *C. montezumae* en México han destacado como alimentos principales a los bulbos de tréboles (*Oxalis* spp.) y los granos de maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum aestivum*). En el 2001, Zaragoza-Hernández, mediante el análisis de 14 buches colectados durante el invierno 1999-2000, encontró que la dieta invernal de esta codorniz se compone principalmente de bulbos de *Oxalis* spp. (61.43% en peso seco), semillas de leguminosas (22.94%) y granos de maíz (10.76%) y de trigo (4.71%). Además, este autor, determinó la composición proximal de los bulbos de *Oxalis* spp. (93.7% de materia seca, 6.82% de grasa, 6.92% de proteína cruda, 41.52% de fibra detergente acida), estructura que resultó ser un alimento de alto valor energético con bajo contenido de proteína. Por su parte, Romero-Sánchez (2003), mediante el análisis de 9 buches colectados al noroeste del estado de México durante la temporada invernal 2001-2002, reportó como componente principal de la codorniz Moctezuma a los bulbos de *Oxalis* spp. (41.99% de materia seca) como componente principal de la dieta, seguido de granos de trigo (40.97%) y semillas de leguminosa (16.46%), además de determinar el aporte de proteína, calcio y fósforo de los principales componentes, siendo las semillas de leguminosa y los granos de trigo los que proveen niveles más altos de proteína, y los granos de trigo como la principal fuente de calcio y fósforo. El estudio más reciente sobre la dieta de la codorniz en el centro de México lo realizó Fernández-López (2015), mediante el análisis de 35 buches de codornices colectadas en Tlaxco, Tlaxcala durante el invierno del 2003 al 2007, y reportó a los bulbos de *Oxalis* spp (77.7% en base al peso seco) y granos de trigo (13.07%) como componentes principales de la dieta.

Por otro lado, en el límite norte de la distribución de la codorniz Moctezuma, en Estados Unidos de América, los primeros reportes sobre la dieta en el estado de Arizona destacan la

importancia de los bulbos de *Oxalis* spp., las bellotas, los tubérculos de *Cyperus* spp. y diferentes tipos de insectos, entre una variedad de semillas y otras estructuras vegetales subterráneas (Bishop y Hungerford, 1965; Brown, 1982). Bishop (1964) estudió la dieta de la codorniz Moctezuma en diferentes temporadas mediante el análisis de 224 buches de organismos colectados en Arizona de 1962 a 1963 y observó una destacada presencia de bulbos *Oxalis* spp. en la dieta durante todo el año, además de bellotas, una variedad de semillas, tubérculos de *Cyperus* spp. e insectos. Este autor reportó una variación en la composición de la dieta según la temporada del año: la dieta invernal (enero, febrero y marzo) estuvo conformada principalmente por bulbos de *Oxalis* spp. en un 64.3% en base al volumen, un 9.3% de semillas y tubérculos de *Cyperus* spp., y 6.4% de frutos de enebros (*Juniperus* spp.); la dieta de primavera (abril a junio) se conformó de bellotas (41.8%), bulbos de *Oxalis* spp. (30.7%) y semillas y tubérculos de *Cyperus* spp. (19.8%); en el verano (julio a septiembre) la dieta estuvo compuesta de un 49.7% de insectos (escarabajos, chapulines y hormigas) y un 36.6% de bellotas; y, por último, la dieta de otoño (octubre a diciembre) constó principalmente de una variedad de bulbos de *Oxalis* spp. (33.2%), semillas y tubérculos de *Cyperus* spp. (18.2%) y bellotas (16.7%), entre una gran variedad de semillas.

Por su parte, Brown (1982) analizó 188 buches codorniz Moctezuma colectados entre 1967 y 1977 en el sureste de Arizona y encontró que la dieta estuvo conformada por un 50.7% de bulbos de *Cyperus rusbyi* (actualmente *C. sphaerolepis*) y 25.9% de bulbos de *Oxalis amplifolia* (actualmente *O. drummondii*), además de 7.5% de granos de *Paspalum stramineum* (actualmente *P. setaceum* var. *stramineum*), 3.5% de frijoles de *Galactia wrightii* y 3.1% de frijol tépari (*Phaseolus acutifolius*). Este estudio mostró una composición similar a lo reportado por Bishop (1964), sin embargo, no se especifica la temporada en la que fueron cosechadas las codornices.

En la actualidad, solo se ha realizado un único estudio sobre la composición de la dieta de invierno de la codorniz Moctezuma en Arizona y Nuevo México. López-Bujanda (2019) reportó una alta diversidad de componentes alimenticios y sus resultados mostraron una variación geográfica en la composición de la dieta invernal de la codorniz. Los resultados de este estudio mostraron que la dieta invernal del 2016-2017 en Arizona estuvo conformada

principalmente de un 31.9% de bellotas, 17.6% de rizomas de *Cyperus fendlerianus*, 13% de frijoles tépari, 6.7% de granos de *Paspalum* spp., 4% de una variedad de insectos y 3.7% de bulbos de *Oxalis* spp., mientras que la dieta invernal 2009-2016 en Nuevo México estuvo representada principalmente por un 30.8% de rizomas de *C. fendlerianus*, 17.7% de frijoles téparis, 17% de bulbos de *Cyperus* spp., 6.9% de una variedad de insectos y 6.2% de bulbos de *Oxalis* spp. El trabajo de López-Bujanda (2019) mostró una composición dietética invernal de la codorniz Moctezuma diferente a lo reportado 55 años antes por Bishop (1964), y, además, reportó diferencias en la composición de la dieta invernal entre Arizona y Nuevo México, dejando en evidencia la variación temporal y geográfica de la dieta de la codorniz en el límite norte de su distribución, en respuesta a la disponibilidad de los recursos en su hábitat, y además, se muestra a la especie con un comportamiento alimenticio más oportunista que especialista.

Aun no hay estudios sobre la composición de la dieta de *C. montezumae* en Texas. Sin embargo, Albers y Gehlbach (1990), estudiaron el hábitat de alimentación de esta especie en Edwards Plateau, Texas y, mediante las observaciones de marcas de agujeros, reportaron como alimento de esta ave la planta de *Oxalis drummondii*. Por otro lado, Hernández y colaboradores (2006), en un estudio sobre las características del hábitat de la codorniz Moctezuma en las montañas Elephant, Texas, reportaron a las plantas de *Allium* spp. como el principal alimento de esta ave, además, registraron una alta densidad de estas hierbas en los sitios de forrajeo de la especie, así como el mayor porcentaje (75%) de marcas de excavaciones sobre la base de sus tallos.

Los requerimientos nutricionales de la codorniz Moctezuma aún se desconocen y solo se han reportado un par de trabajos sobre la concentración de nutrientes de los principales alimentos en la dieta de la codorniz Moctezuma en el centro de México (Zaragoza- Hernández, 2001; Romero-Sánchez, 2003). Sin embargo, es posible encontrar en la literatura información sobre la composición química proximal de algunos alimentos que son importantes en la dieta de la codorniz (Apéndice 1).

II. HIPÓTESIS

La composición de la dieta de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas está dominada principalmente por estructuras subterráneas y distintas semillas que varían en proporción según los cambios en el espacio geográfico, las diferentes estaciones del año y las fluctuaciones de los factores ambientales.

III. OBJETIVOS

III.1. Objetivo general

Analizar la composición y variación geográfica de la dieta de la codorniz Moctezuma (*C. montezumae*) en Arizona, Nuevo México y Texas.

III.2. Objetivos específicos

1. Determinar la composición de la dieta de la codorniz Moctezuma en las temporadas invernales del 2016 al 2020 en Arizona, Nuevo México y Texas, así como la composición de la dieta de primavera 2019-2020 en Texas.
2. Determinar la variación geográfica de la dieta de invierno de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas, así como la variación estacional (invierno y primavera) en Texas.
3. Analizar la relación entre la variación en la composición de la dieta y los factores biológicos de sexo, la diversidad de la vegetación circundante y diversidad de los componentes alimenticios, el tiempo de forrajeo, así como los factores ambientales de temperatura media anual, temperatura media mensual, precipitación de verano, precipitación anual, altitud, latitud y longitud.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende distintas localidades en el límite norte de la distribución de la codorniz Moctezuma, que coincide con la parte suroeste de los Estados Unidos de América (Figura 3). El clima de la región es seco-cálido (BW y BS *sensu* Köppen; Kottek *et al.*, 2006). Las temperaturas son altas con presencia de vientos secos y calientes en la mayor parte del año en las áreas del desierto, además presenta topografía muy variable y eventos de lluvias estacionales estocásticas que se producen principalmente en verano e invierno (Austin *et al.*, 2013).

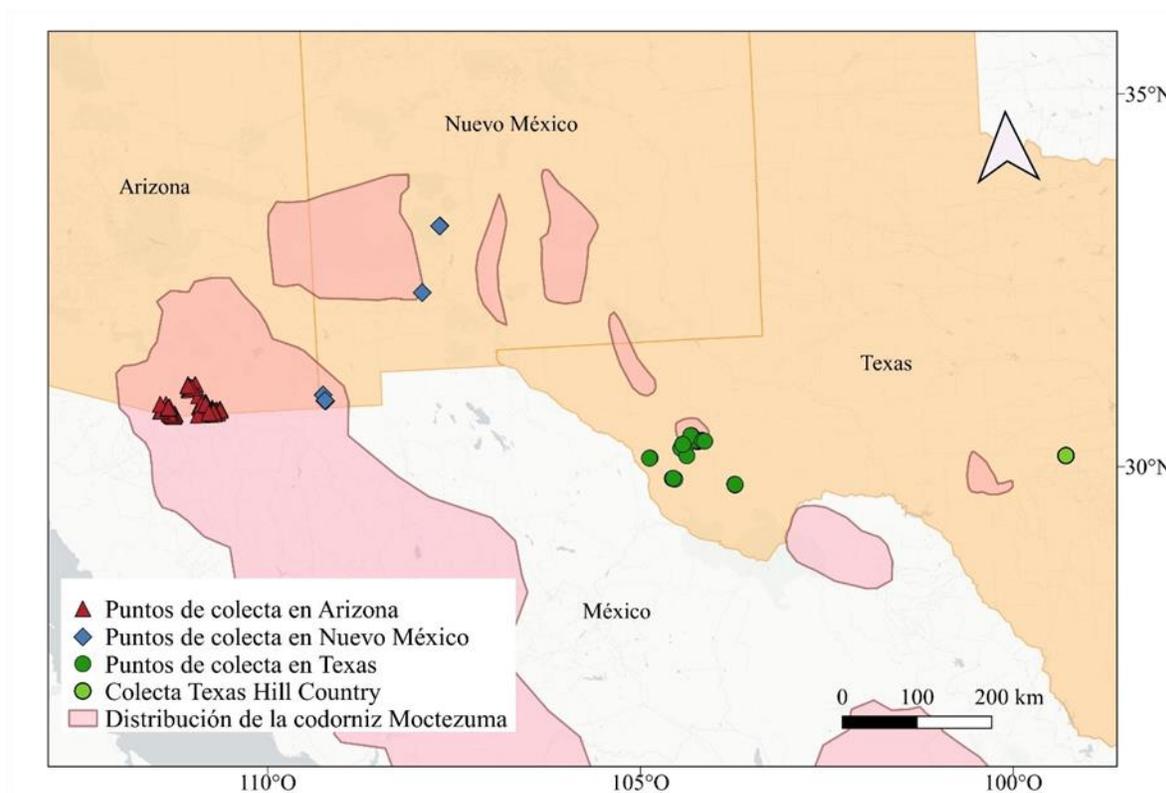


Figura 3. Puntos de colecta de codornices Moctezuma. Localización de los individuos cosechados en Arizona, Nuevo México y Texas. El punto de colecta en Texas Hill Country es una ubicación aproximada (por petición de los propietarios no se revela la ubicación exacta).

En Arizona, el área de colecta se encuentra en el Bosque Nacional de Coronado, en las Áreas de Manejo de Ecosistema (EMA) Tumacacori, Santa Rita, Huachaca y Peloncillo, dentro de los límites de los condados de Santa Cruz, Pima y Cochise. El área de estudio en Nuevo México corresponde a una pequeña porción del Bosque Nacional de Coronado, las Montañas Tierra Blanca del Bosque Nacional de Gila y en el cañón Madera del Bosque Nacional Cibola, dentro de los límites de los condados de Hidalgo, Sierra y Socorro. Mientras que, en Texas, el sitio de estudio corresponde a diversas áreas montañosas de Trans-Pecos (la Reserva de las Montañas Davis, el Área de Manejo de Vida Silvestre de las Montañas Elefante, en Sierra Vieja y en la cuenca del centro del condado de Presidio), en los condados de Brewster, Jeff Davis y Presidio, y la región este de Edwards Plateau, en Texas Hill Country.

La Reserva del Bosque Nacional de Coronado (31°59'N, 110°18'O) recibe una precipitación anual promedio de 252 mm y su temperatura media anual es de 21.67 °C, según datos meteorológicos tomados del periodo 2000-2021 (National Weather Service, 2021). Esta reserva está compuesta principalmente por las comunidades vegetales encinal madrense y pastizal semidesértico (Figura 4). El encinal madrense se encuentra entre los 480 y 1980 m de altitud, los árboles dominantes son los encinos (*Quercus emoryi*, *Q. arizonica* y *Q. oblongifolia*) y táscale (*Juniperus deppeana* y *J. monosperma*), mientras que los arbustos dominantes son la tesota (*Senegalia greggii*), pingüica (*Arctostaphylos pungens*), árbol amargo (*Garrya wrightii*), zumaques (*Rhus* spp.), entre otros (Austin *et al.*, 2013). La comunidad de pastizal semidesértico se encuentra entre 970 y 1600 m de altitud, los pastos nativos que dominan el paisaje son: el zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), varias especies de zacate navajita (*Bouteloua hirsuta*, *B. eriopoda*, *B. gracilis* y *B. curtipendula*), zacate rizado (*Hilaria belangeri*), zacate barba negra (*Heteropogon contortus*), los zacates *Aristida ternipes* y *A. purpurea*, tridente esbelto (*Tridens muticus*), hierbas de mezquitillo (*Krameria erecta*), y los arbustos de espino (*Mimosa aculeaticarpa*), nopales (*Opuntia* spp.), magueyes (*Agave* spp.), ocotillo (*Fouquieria splendens*), entre otros (Austin *et al.*, 2013).



Figura 4. Vegetación típica en la Reserva Bosque Nacional de Coronado. Se aprecia la dominancia de las comunidades vegetales de pastizal y encinal. Fotografía tomada por Oscar E. López Bujanda en el invierno de 2017.

Los bosques nacionales de Gila y Cibola en Nuevo México están dominados por las comunidades vegetales de bosque de pino-táscate y bosque de pino ponderosa. El Bosque Nacional de Gila (33°21'N, 108°54'O) tiene una temperatura media anual de 13.8 °C y recibe una precipitación anual promedio de alrededor de 390 mm según los cálculos realizados con datos meteorológicos de los últimos 20 años (National Weather Service, 2021), tiene un amplio rango de elevación (1281-3325 m) e incluye varias cadenas montañosas donde las comunidades vegetales de pino-táscate y pastizal domina a elevaciones más bajas y el bosque de pino ponderosa domina a elevaciones más altas (Vander-Lee *et al.*, 2008). El Bosque Nacional de Cibola (35°12'N, 106°28'O) se encuentra entre los 1524 y 3445 m de altitud, la temperatura promedio mensual es de 11.17°C y la precipitación promedio anual es de alrededor de 443mm

(National Weather Service, 2021), y son el bosque de pino-táscate (*Pinus* spp., y *Juniperus* spp.) y bosque de pino (*Picea* spp., y *Abies* spp.) las comunidades vegetales que dominan el paisaje de montaña (Rogers, 2003).

Trans-Pecos (30°20'N, 103°42'O) es una extensa área que se encuentra en el suroeste de Texas, presenta fisiografía diversa debido a los numerosos sistemas montañosos y cuencas hidrográficas (Figura 5), por lo cual, su rango de elevación es amplio (de 300 a 2667 m). El clima de la región es árido, durante el invierno es frío y seco, mientras que en verano es seco y caliente. El promedio de precipitación anual es de 300 mm, del cual el aporte máximo es durante las tormentas de verano. La temperatura media en el verano oscila entre 29 y 38 °C dependiendo de la elevación, mientras que, en invierno, la temperatura media es de -2 a 0 °C. En las áreas de menor elevación (300-1000 m) la flora característica es la del desierto de Chihuahua: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), gobernadora (*Larrea tridentata*), hojaseén (*Flourensia cernua*), ocotillo, sotoles (*Dasyliirion* spp.), yucas (*Yucca* spp.), arbustos de *Parthenium* spp., acacias (*Acacia* spp.), sensitivas (*Mimosa* spp.), entre otros. Los pastizales se extienden por toda el área de Trans-Pecos entre los 1,065 y 1,585 m de elevación sobre las mesetas, cuencas y colinas, y entre los pastizales de alta montaña que predominan en las montañas de Davis, el zacate navajita (*B. gracilis*) domina entre pastos del género *Stipa*, *Bothriochloa* y *Schizachyrium*, cola de zorra (*Scleropogon brevifolius*) y toboso (*Hilaria mutica*). En los sistemas montañosos, entre los valles y las montañas donde la precipitación excede los 380 mm, se extienden los bosques donde los árboles dominantes son los encinos (*Quercus* spp.), táscates (*Juniperus* spp.), pinos (*Pinus* spp.), madroño (*Arbutus xalapensis*), arce palo de azúcar (*Hacer grandidentatum*), álamo (*Populus tremuloides*) y cedro (*Cupressus arizonica*); mientras que el sotobosque está conformado por arbustos de *Frangula betulifolia*, perlitas (*Symphoricarpos* spp.), y pastos de *Stipa* spp., de *Muhlenbergia* spp., arrocillo (*Piptochaetium fimbriatum*) y maíz de cuervo (*Zuloagaea bulbosa*). Por último, el área de Trans-Pecos también posee vegetación riparia a lo largo de los ríos, cañones y arroyos, donde destacan los árboles de mimbre (*Chilopsis linearis*), pino salado (*Tamarix* spp.; especie introducida), mezquites (*Prosopis* spp.), álamos (*Populus* spp.), sauces (*Salix* spp.), nogal (*Juglans microcarpa*), fresno (*Fraxinus velutina*), palo blanco (*Celtis laevigata*), arbustos de azumiate (*Baccharis salicifolia*) y los carrizos de *Phragmites australis* y *Arundo donax* (especie introducida)(Powell, 1998).



Figura 5. Vegetación típica en las Montañas Elephant, Brewster, Texas. Se aprecia la dominancia del pastizal semidesértico. Fotografía tomada por Jim Miller en el invierno de 2020.

La región de Texas Hill Country (30°10'N, 99°03'O), que forma parte del sureste de Edwards Plateau, es un área geográfica ubicada en el centro de Texas. Las montañas rocosas, llanuras y valles dominan el paisaje. El rango de elevación oscila entre los 300 y 760 msnm. En la región, la precipitación media anual es de alrededor de 760 mm, la temperatura media de verano varía entre 20 y 30 °C (algunos días pueden rebasar los 35 °C), y en el invierno, la temperatura media varía entre 0 y 20 °C. Las principales comunidades de plantas en Texas Hill Country son las sabanas siempre verdes, comunidades de plantas caducifolias de alta montaña y comunidades ribereñas. Los cañones, sitios más fríos y húmedos, presentan vegetación diversa de árboles de hoja caduca como el arce palo de azúcar, cerezo criollo (*Prunus serotina*), nogal (*Juglans nigra*), fresno (*Fraxinus albicans*), encino molino (*Q. fusiformis*) y olmo texano (*Ulmus crassifolia*). En las laderas más altas y secas los árboles dominantes son el táscate (*J. ashei*) y el encino molino, mientras que los arbustos dominantes son la burrita

roja (*Dermatophyllum secundiflorum*), palo amarillo (*Berberis trifoliolata*), capulín (*Rhus virens*) y chapote negro (*Diospyros texana*). Las comunidades ribereñas de las tierras bajas presentan vegetación diversa, en los arroyos estacionales dominan el encino molino, palo blanco, cedro olmo texano, acebo (*Ilex decidua*), *Forestiera pubescens*, agrito (*Rhus aromatica*), *Frangula caroliniana* y zarzaparrillas (*Smilax* spp.); en las comunidades ribereñas con fuente constante de agua dominan los árboles de ciprés de pantano (*Taxodium distichum*), pacana (*Carya illinoensis*), sicómoro (*Platanus occidentalis*), palo blanco, olmo (*Ulmus americana*), chopo (*Populus deltoides*) y sauce negro (*Salix nigra*), mientras que los arbustos dominantes son el tilo (*Sambucus canadensis*), jazmín (*Cephalanthus occidentalis*), cornejo (*Cornus drummondii*), enredadera trompeta (*Campsis radicans*) y *Vitis mustangensis* (Wrede, 2010).

IV.2. Colecta de las muestras

Se cosecharon 175 especímenes de codorniz Moctezuma en distintas temporadas del 2016 al 2020 (Tabla 1) mediante la cacería legal, con el apoyo de perros rastreadores, en los estados de Arizona y Nuevo México. En Texas se requirió un permiso especial de colecta científica otorgado por el Texas Parks and Wildlife Department. Los ejemplares fueron debidamente etiquetados con los siguientes datos de colecta: coordenadas geográficas, hora y fecha de cosecha, codornices colectadas por cada parvada, tamaño de la parvada y datos del cazador. Las codornices fueron procesadas y colocadas en bolsas de polietileno en un congelador a -4°C para posteriormente ser analizadas en el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, en Hermosillo, Sonora.

IV.3. Composición de la dieta

Uno de los métodos más utilizados para estudiar la dieta de las aves es el análisis el contenido del buche (Gallina-Tessaro, 2015). El buche es una parte del sistema digestivo que está formado por la evaginación del esófago, es una estructura en forma de saco que funge como almacén de alimentos antes de ser digeridos en el estómago (Verdugo, 2008). Así, el alimento se conserva

intacto en el buche y puede ser analizado de forma directa para identificar los componentes dietarios.

Tabla 1. Número de codornices colectadas por temporada en Arizona, Nuevo México y Texas.

Temporada de colecta	Estación del año	Número de codornices cosechadas		
		Arizona	Nuevo México	Texas
2016-2017	Invierno	0	3	0
2017-2018	Invierno	71	0	0
2018-2019	Invierno	33	0	20
2019-2020	Invierno	3	10	13
2019	Primavera	0	0	10
2020	Primavera	0	0	8
	Verano	0	0	4
Total		107	13	55

Para el presente estudio, se determinó la composición de la dieta mediante el análisis macrohistológico del contenido de los buches de las codornices colectadas (Figura 6). Los buches se pesaron en una balanza analítica (Ohaus Adventure Pro) de 0.0001 g de precisión para determinar la capacidad del buche a partir del peso húmedo en gramos. Se extrajo el contenido de los buches y posteriormente se procedió a separar y clasificar los componentes con el apoyo de un microscopio estereoscópico (Velab) de 0.7 a 4X. Los componentes se identificaron según la estructura (bulbo, rizoma, semilla, fruto, hoja, huevo, larva, insecto, artrópodo) y la especie (en algunos casos se identificaron hasta género, familia u orden) con el apoyo de los datos y colecciones de la red de herbarios y museos disponible en el portal SEINet (2021), la colección virtual de imágenes de frutos y semillas del Instituto de Biología de la UNAM (Irekani, 2021), la plataforma Naturalista (Naturalista, 2021), el manual de identificación de bulbos de la U. S. Department of Agriculture (2011) y la guía de identificación de insectos de Norteamérica de Eaton y Kaufman (2007). Posteriormente los alimentos se secaron a peso constante por 48 horas

en una estufa de aire forzado (Shel Lab SMO5) a 65 °C y se obtuvo el peso del alimento seco (0.0001 g de precisión) y las proporciones de cada componente de la dieta (Gallina-Tessaro, 2015; López-Bujanda, 2019).

IV.4. Variables biológicas, ecológicas y ambientales

IV.4.1. Sexado y datado de los individuos colectados

La codorniz Moctezuma es un ave que presenta dimorfismo sexual, y para determinar la edad y el sexo de los individuos se toman en cuenta las diferencias en el plumaje formativo y el definitivo (Stromberg *et al.*, 2020). Las codornices se sexaron (macho/hembra) y se dataron (juvenil/adulto) en base al protocolo y guía fotográfica de López-Bujanda (2019), el cual se basa en las diferencias de coloración y de patrones en las plumas coberteras de las alas.

IV.4.2. Variables ambientales

Los datos de posición (longitud y latitud) se obtuvieron de la georreferencia de cada codorniz colectada, mientras que la altura se determinó mediante los datos de altura del software Google Earth (Google Earth, 2021). Por otro lado, los datos meteorológicos de precipitación de verano (julio, agosto y septiembre) y precipitación anual, así como de temperatura media anual y media mensual, se obtuvieron de 9 estaciones meteorológicas cercanas a los puntos de colecta (Green Valley, Albuquerque, Mountainair, Valentine, Mount Locke, Fort Davis, Persimmon, Junction y Kerrville 3) de la National Weather Service (NWS; National Weather Service, 2021), y los datos de la estación San Simón de la Red Meteorológica (AZMET) de la Universidad de Arizona (The Arizona Meteorological Network, 2021).

IV.4.3. Cobertura vegetal del hábitat

La codorniz Moctezuma presenta un ámbito hogareño pequeño (Chavarria *et al.*, 2017) y se ha estimado que su desplazamiento medio durante el invierno es de alrededor de 1100 m (Chavarria, 2013). En base al comportamiento sedentario de la especie, es posible determinar los tipos de comunidades vegetales presentes en el hábitat de la codorniz utilizando datos geográficos de cobertura vegetal.



Figura 6. Muestras de buche de codorniz Moctezuma. A) Buche de codorniz Moctezuma lleno de alimento antes de ser procesado para analizar su contenido. B) Contenido de un buche de codorniz separado por categorías (bulbos, semillas, invertebrado) para su posterior identificación.

El GAP/LANDFIRE National Terrestrial Ecosystems (2011), producido por el Servicio Geológico de los EUA y el Programa LANDFIRE, es un mapa detallado de cobertura terrestre de los EUA. Esta información geográfica, que consta de una capa ráster de 30×30 m de resolución, se utilizó para caracterizar el hábitat de la codorniz en base a la cobertura vegetal cercana a los puntos de colecta. Se utilizó el software QGIS 3.10 (QGIS Development Team, 2021) para asignar un área de influencia circular (buffer) de 1000 m de radio a cada uno de los puntos georreferenciados de las codornices colectadas. El perímetro de 1000 m se consideró en base al desplazamiento medio de la codorniz calculado por Chavarria (2013). El buffer se utilizó

para cortar la capa ráster del mapa GAP/LANDFIRE National Terrestrial Ecosystems (2011) para determinar los tipos de comunidades vegetales en el hábitat de forrajeo de cada codorniz (Figura 7). El área de los parches se obtuvo en base al número de píxeles de cada tipo de vegetación dentro del perímetro extraído utilizando la herramienta de análisis ráster “Informe de valores únicos de capa ráster” de QGIS 3.10.

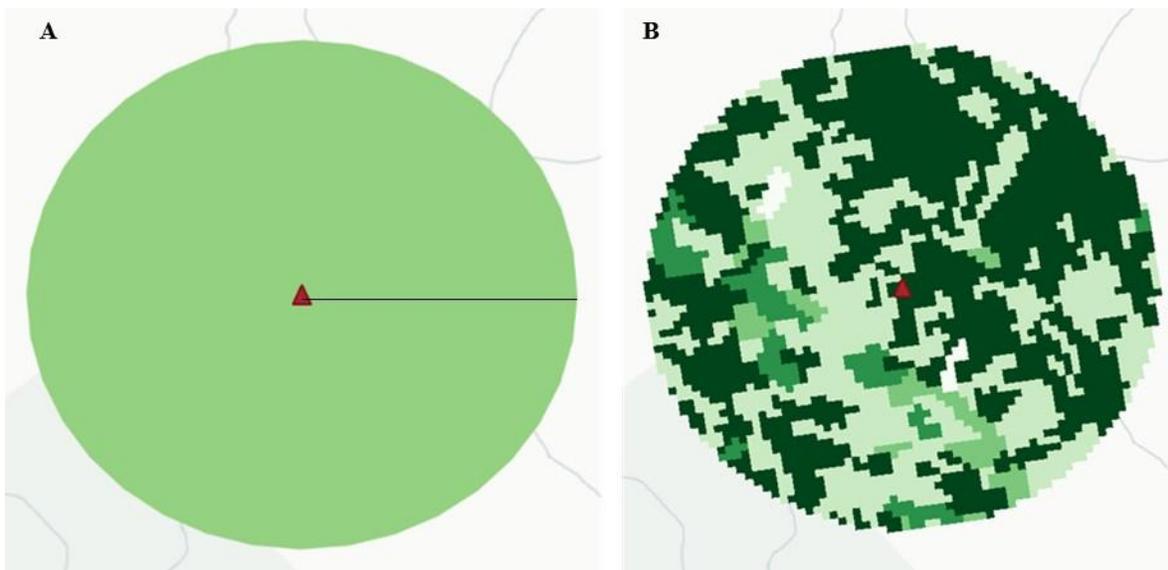


Figura 7. Determinación de los tipos de comunidades vegetales presentes en los sitios de forrajeo de la codorniz Moctezuma. A) A cada punto de georreferencia de colecta (triángulo rojo) se le asignó un perímetro circular de 1000 m como área de influencia (línea negra). B) El perímetro se utilizó para extraer la información de vegetación del mapa ráster GAP, la cual se representa visualmente en la imagen con un color de píxel para cada tipo de comunidad vegetal.

IV.5. Análisis estadísticos

IV.5.1. Composición de la dieta

Para determinar la composición de la dieta de la codorniz Moctezuma se utilizó el porcentaje en base al peso seco en gramos (Gallina-Tessaro, 2015). Las muestras se agruparon por sitios de colecta (Arizona, Nuevo México y Texas), y por temporada (primavera e invierno) en Texas.

IV.5.2. Comportamiento de forrajeo

Para analizar patrones en el comportamiento de forrajeo y hábitos alimenticios de *C. montezumae*, se realizó un análisis de regresión lineal simple.

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

Para determinar el patrón de forrajeo diario se empleó la hora de cosecha como variable explicatoria y el peso del buche en gramos como variable de respuesta. Para determinar hábitos alimenticios se utilizaron los datos de peso del buche como variable explicatoria y la variedad de alimentos encontrados como variable de respuesta. Los análisis de regresión lineal se realizaron en el software Past3 (Hammer *et al.*, 2001).

IV.5.3. Diversidad trófica y diversidad de las comunidades vegetales

Se obtuvieron los valores de la diversidad trófica de los buches y la diversidad de las comunidades vegetales en el hábitat de la codorniz utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). Este índice toma en cuenta el número de especies y su abundancia relativa para medir el grado de confianza que representa la selección aleatoria de un individuo en la muestra (Margalef, 1972; Pla, 2006), en este caso, un tipo alimento o comunidad vegetal, y está definido de la siguiente manera:

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

donde S es el número de categorías (variedades de alimento o comunidades vegetales) en cada muestra y p_i es la proporción de cada i -ésima categoría. Para obtener los índices de diversidad de los alimentos se tomó en cuenta el peso seco de cada componente, y la diversidad de las comunidades vegetales se obtuvo según el área en unidades de píxel. Se realizó una regresión lineal simple usando los valores de H' de los alimentos en los buches y las comunidades vegetales en el hábitat de forrajeo para determinar si la variedad en las comunidades vegetales influye sobre la variedad de alimentos en los buches. Se realizó una curva de acumulación de especies con los datos de los alimentos encontrados en los buches para conocer el esfuerzo de muestreo. Además, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de la U de Mann-Whitney

para comprobar diferencias en los valores del índice de diversidad H' de los alimentos encontrados en los buches y de las comunidades vegetales.

Los índices de diversidad, así como el análisis de regresión lineal, la curva de acumulación de especies, el análisis de varianza y prueba post hoc se realizaron en el software Past3 (Hammer *et al.*, 2001).

IV.5.4. Variación en la composición de la dieta

Los alimentos encontrados dentro de los buches de codornices son los componentes de su dieta, por lo tanto, corresponden a variables composicionales. Los datos composicionales (y_c) son vectores positivos que componen proporciones o porcentajes de un total, por lo que su suma es igual a 1. El análisis de regresión de Dirichlet es la forma generalizada de una distribución beta, que evalúa el efecto de más de dos variables explicatorias (x_1, x_2, \dots, x_p) sobre cada uno de los componentes (y_1, y_2, \dots, y_c) al estimar los coeficientes de regresión ($\beta_{c0}, \beta_{c1}, \dots, \beta_{cp}$), y se define mediante el siguiente modelo (Maier, 2014):

$$\log \alpha_c = \beta_{c0} + \beta_{c1}x_1 + \beta_{c2}x_2 + \dots + \beta_{cp}x_p$$

Para determinar la variación de la composición de la dieta de la codorniz Moctezuma se utilizó el modelo de regresión de Dirichlet, mismo que ya ha sido empleado para analizar datos composicionales de dieta en aves de pastizal y codornices (Titulaer, 2016; López-Bujanda, 2019).

Antes de proceder con el análisis de Dirichlet, se realizó un correlograma para detectar correlación entre variables explicativas, utilizando el paquete corrplot (Wei y Simko, 2021) del software RStudio (RStudio Team, 2021), por lo que se descartaron las variables de longitud, número de comunidades vegetales en los parches, la precipitación anual y la precipitación de invierno por estar altamente correlacionadas con la latitud (Y), el índice H' de vegetación y la precipitación de verano. Para aplicar el análisis de regresión de Dirichlet, la variable de respuesta fue la proporción de los componentes de la dieta, mientras que las variables explicativas fueron el factor biológico de sexo; los factores ecológicos de diversidad de la vegetación circundante y diversidad de los componentes alimenticios; así como los factores meteorológicos de temperatura media anual, temperatura media mensual, la precipitación de verano (julio, agosto,

septiembre) y los datos de posición de latitud y elevación. Este análisis fue realizado con el paquete DirichletReg (Maier, 2014) mediante el software RStudio (RStudio Team, 2021).

Para enfrentar el problema con los componentes nulos ($y = 0$) de los datos de la composición de dieta, se utilizó la función “DR_data” del paquete DirichletReg (Maier, 2014), la cual transforma la proporción de los componentes para alejarlos de los valores extremos 0 y 1, mediante el siguiente ajuste:

$$y^* = \frac{y(n-1) + \frac{1}{c}}{n}$$

donde n es el número de observaciones en y y c es el número de componentes. Se utilizó la prueba de Wald para determinar si los predictores tuvieron efecto sobre los componentes de la dieta según la significancia de los coeficientes de regresión β_{cp} ($H_0: \beta_{cp} = 0$, $H_1: \beta_{cp} \neq 0$).

V. RESULTADOS

V.1. Composición de la dieta

Se analizaron 175 buches de codorniz Moctezuma cosechadas entre 2016 y 2020 en Arizona, Nuevo México y Texas. Se encontró un total de 178 tipos de alimentos dentro de los buches de codorniz en los tres sitios de colecta (Tabla 2). Con la cantidad de especímenes colectadas en los tres estados, no se alcanzó el punto máximo de especies encontradas (Figura 8). El promedio de alimentos encontrados fue de 5.29 ± 0.30 tipos de alimento/buche, con un rango de 0 a 22 tipos de alimento/buche. La diversidad trófica (H') en Arizona fue de 3.31, en Texas 3.19 y en Nuevo México 1.37. La diversidad trófica por buche no difirió en función del sitio de colecta (Prueba de Kruskal-Wallis de diferencia de medianas, $H(\chi^2) = 4.540$, $p = 0.103$).

Tabla 2. Variedad de alimentos encontrados dentro de buches de *C. montezumae* colectados en distintas temporadas del 2016 al 2020 e índices de diversidad de trófica (H') según los sitios de colecta.

Sitios de colecta	Variedad de alimentos encontrados en los buches				H'
	<i>n</i>	Total	Promedio por buche \pm S.E.	Máximo	
Arizona	107	138	5.89 ± 0.42	22	3.31
Nuevo México	13	25	4.15 ± 0.99	13	1.37
Texas	55	72	4.38 ± 0.40	12	3.19
Todos los sitios	175	178	5.29 ± 0.30	22	3.70

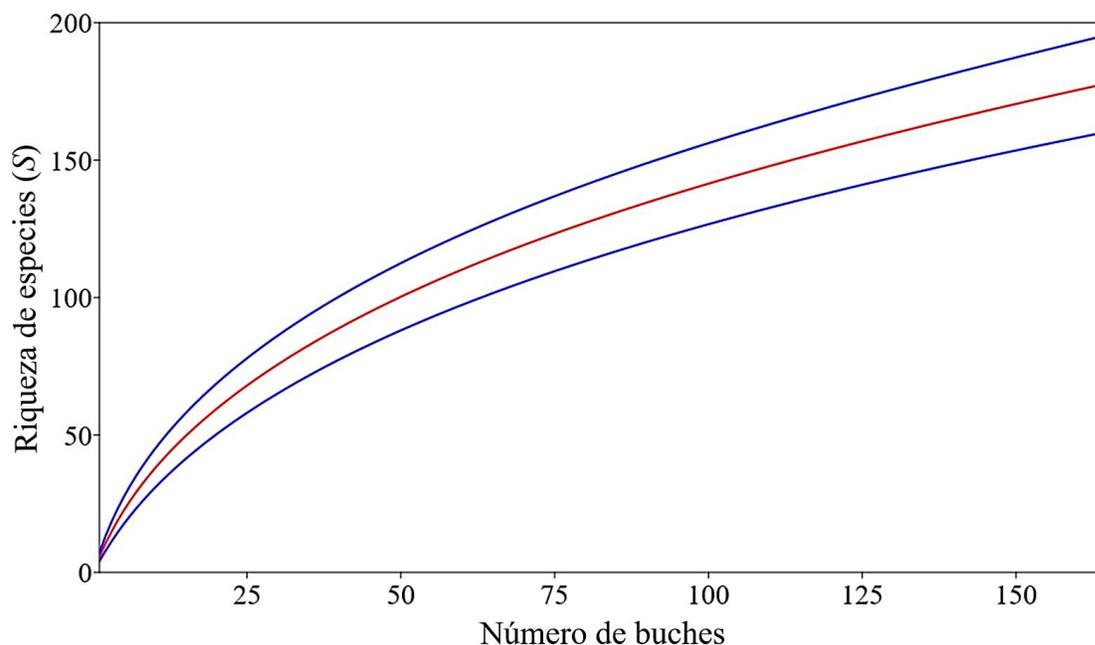


Figura 8. Curva de acumulación de especies con intervalos de confianza al 95%.

En Texas, se encontró un promedio de 4.67 ± 0.52 alimentos/buche en las muestras colectadas en invierno ($n = 33$), con rango de 1 a 12 alimentos/buche, mientras que para las muestras colectadas en primavera ($n = 18$), el promedio de alimentos encontrados fue de 4.33 ± 0.74 alimentos/buche, con un rango de 1 a 10 alimentos/buche. Los valores de diversidad trófica (H') mostraron diferencias significativas según de la temporada de colecta en Texas (Prueba de Kruskal-Wallis de diferencia de medianas, $H(\chi^2) = 6.119$, $p = 0.013$)

En general, la dieta de la codorniz Moctezuma estuvo representada por un 97.01% de alimentos de origen vegetal ($n = 110$), 2.93% de elementos de origen animal ($n = 66$) y 0.05% de alimentos no identificados ($n = 2$; Apéndice 2). Se observó una marcada variación individual en el contenido de los buches de codorniz los en los tres sitios (Figura 9), sin embargo, se aprecia cierto patrón de composición dietaria (Apéndice 5). Los principales alimentos que conformaron el 80% de la dieta (Figura 10) fueron los bulbos y rizomas de *Cyperus* spp. (35.28% del peso seco), los bulbos de *Oxalis* spp. (26.47%), las bellotas de *Quercus* spp. (5.05%), los frijoles silvestres de *Rhynchosia senna* (4.53%), frijoles téparis (*Phaseolus acutifolius*; 4.34%) y los granos de panizo aserrín *Panicum hallii* (3.96%).

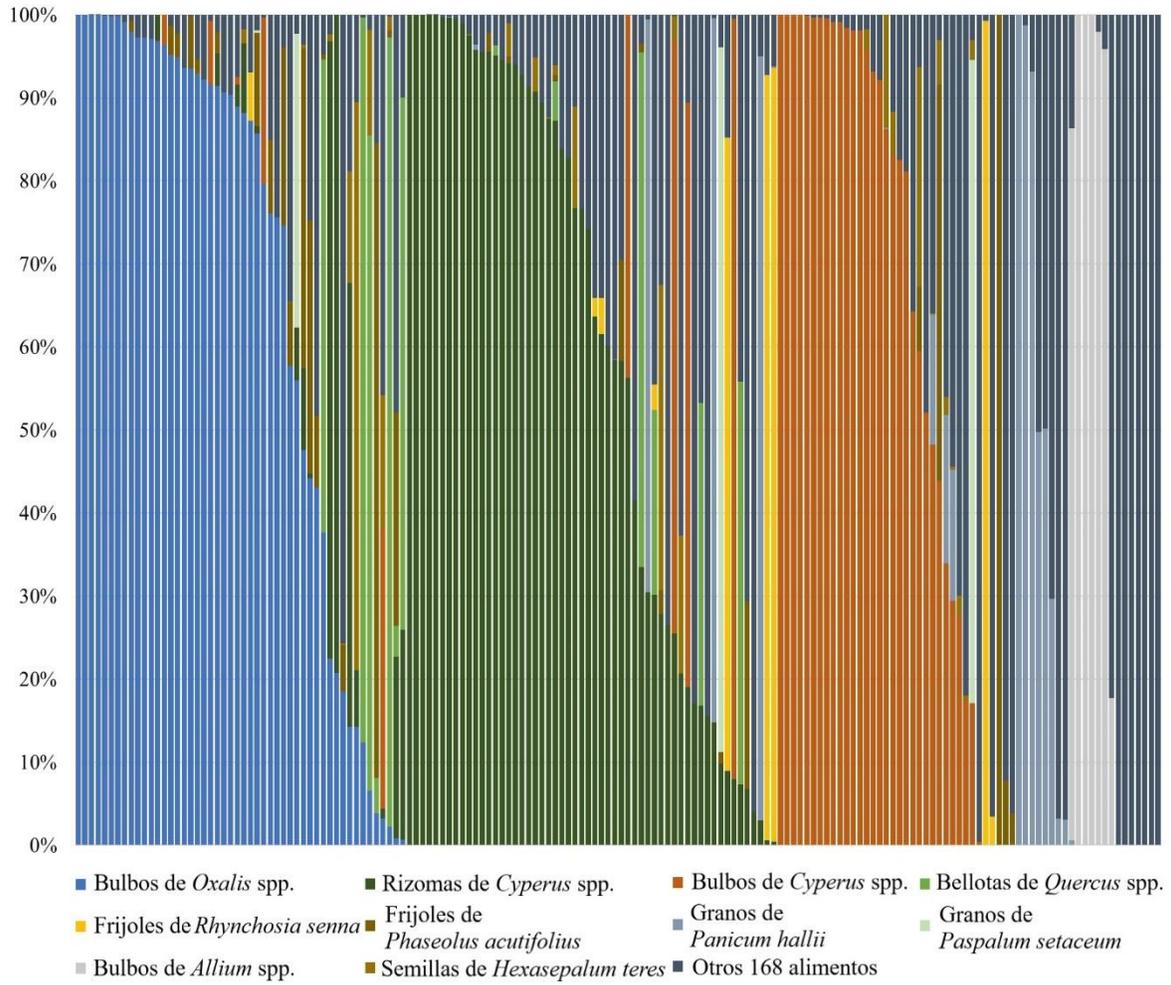


Figura 9. Porcentaje de la variación individual de la dieta de 164 codornices Moctezuma cosechadas en Arizona, Nuevo México y Texas del 2016 al 2020. Los 10 alimentos que se muestran en la gráfica representan alrededor del 85% de los datos de composición dietética.

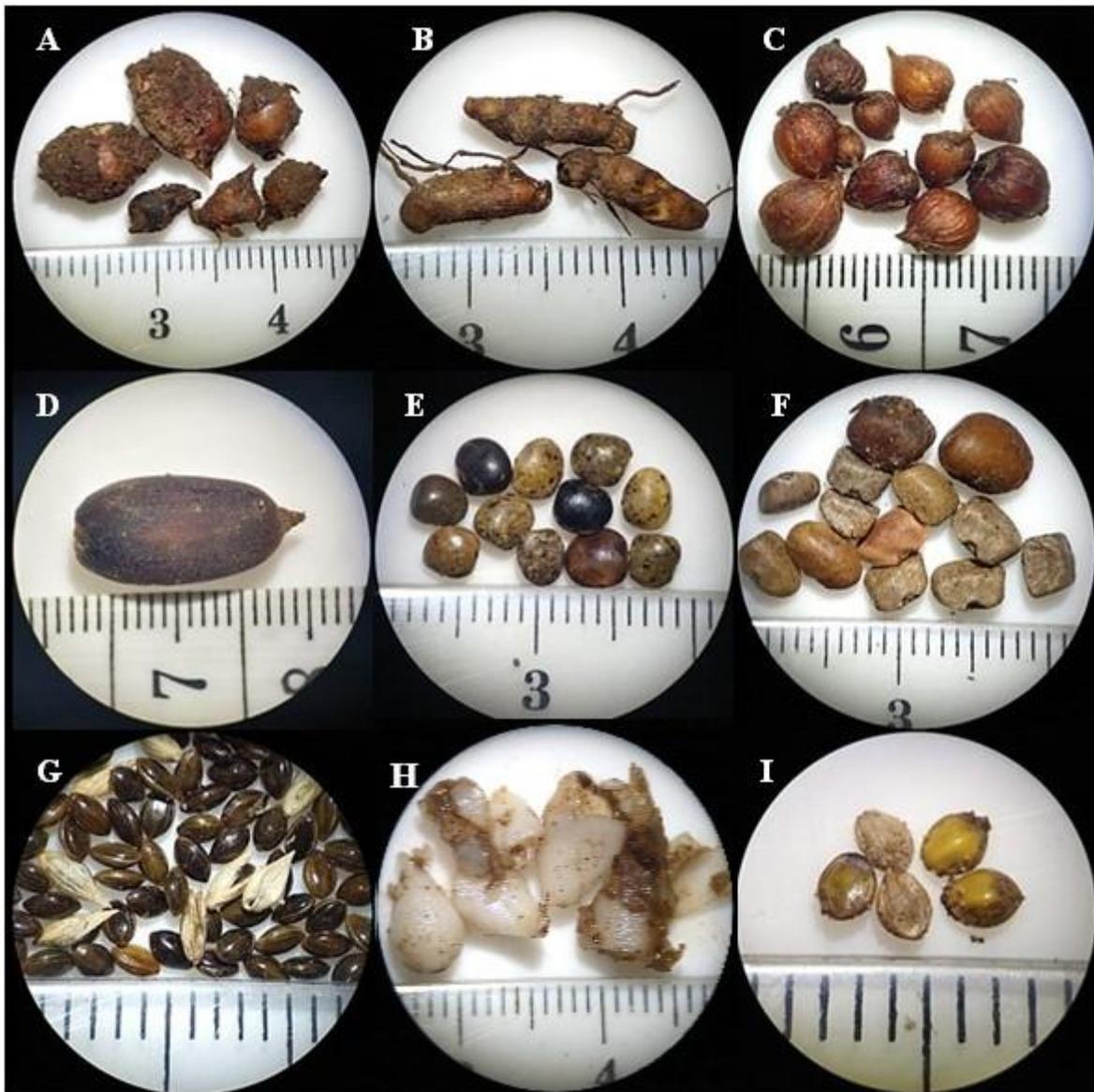


Figura 10. Principales alimentos encontrados en los buches de *C. montezumae* en el norte de su distribución. A) Bulbos de *Cyperus* spp. B) Rizomas de *Cyperus* spp. C) Bulbos de *Oxalis* spp. D) Bellota de *Quercus* spp. E) Frijoles silvestres de *Rhynchosia senna*. F) Frijoles téparis (*Phaseolus acutifolius*). G) Granos de panizo aserrín (*Panicum hallii*). H) Cebollas silvestres (*Allium* spp.). I) Granos de *Paspalum setaceum*.

Las principales estructuras en la dieta invernal de la codorniz en Arizona, Nuevo México y Texas fueron los tallos subterráneos (bulbos y rizomas) y las semillas, principalmente de la familia Fabaceae y Poaceae, al conformar más del 95% de la dieta (Figura 11). Las estructuras subterráneas, especialmente los bulbos, son los grupos de alimentos principales (66% de la dieta) en Arizona y Nuevo México, mientras que en Texas las semillas, principalmente de Fabaceae y Poaceae, son los alimentos más destacados (60%). La dieta invernal de la codorniz Moctezuma varió en su composición en Arizona, Nuevo México y Texas (Figura 12). Las estructuras subterráneas (bulbos y rizomas) de *Cyperus* spp. fueron el alimento que estuvo presente en la dieta invernal en proporciones importantes en los tres sitios de colecta.

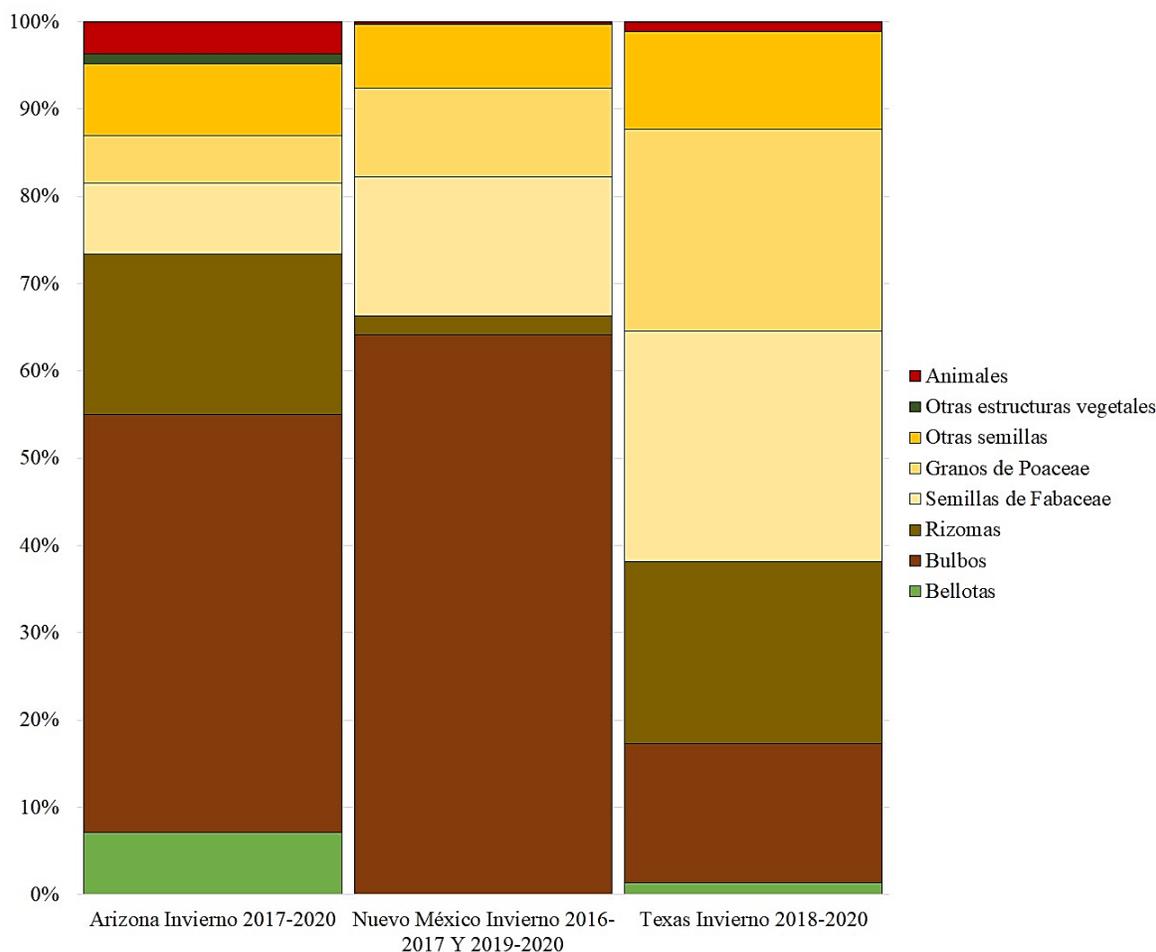


Figura 11. Variación de las principales estructuras de la dieta invernal (% de peso seco) de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas.

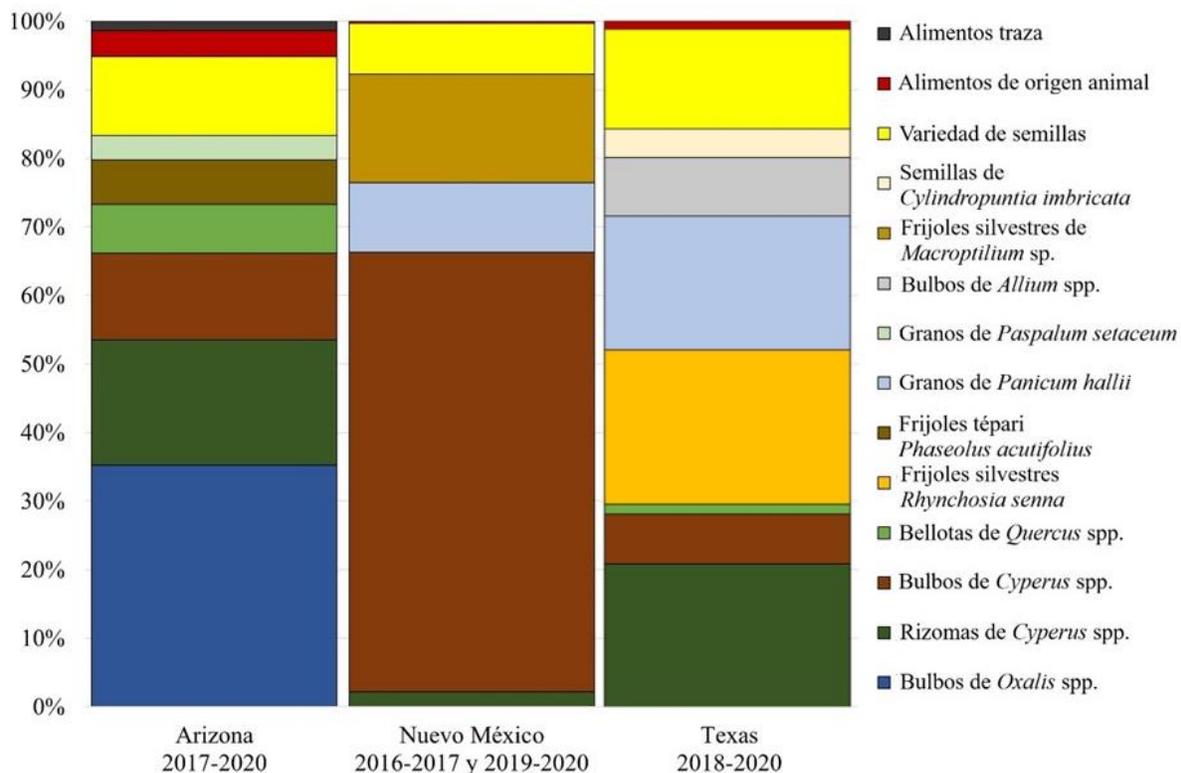


Figura 12. Variación de los principales alimentos de la dieta invernal (% de peso seco) de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas.

Se encontraron 138 tipos de alimentos en los 107 buches de *C. montezumae* cosechados en Arizona durante las temporadas invernales del 2017 al 2020. Alrededor del 80% de la dieta de la codorniz Moctezuma en Arizona (Figura 13) estuvo conformada por, en orden de mayor a menor importancia, bulbos de *Oxalis* spp. (35.22%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (30.92%), bellotas (7.17%) y frijoles tépari (6.5%). La dieta invernal 2017-2018 ($n = 66$) estuvo constituida por 114 variedades de alimento, entre los que destacan al conformar el 85% de la dieta, los rizomas de *Cyperus* spp. (28.51%), los bulbos de *Oxalis* spp. (26.83%), las bellotas (11.36%), los bulbos de *Cyperus* spp. (7.83%), los frijoles tépari (6.72%) y granos de *Paspalum setaceum* (3.92%). Mientras que, la dieta invernal 2018-2019 ($n = 30$) estuvo conformada por 66 tipos alimentos, de los cuales los bulbos de *Oxalis* spp. (50.37%) y *Cyperus* spp. (22.14%), los frijoles tépari (6.08%), los granos de *P. setaceum* (2.97%) y de *Eriochloa acuminata* (2.46%), además de las semillas de mimbre (*Chilopsis linearis*, 1.82%), representaron el 85% de la composición de la dieta de esa temporada. La dieta invernal 2019-2020 ($n = 3$) estuvo conformada por 18 tipos de alimentos, de los cuales los bulbos de *Oxalis* spp. (36.76%), las

semillas de pelagallina (*Kallstroemia grandiflora*, 26.66%) y de lechero (*Euphorbia heterophylla*, 14.57%), además de frijoles tépari (6.91%) y chapulines de patas azules (*Melanoplus lakinus*, 4.92%), representaron el 90% de la composición de la dieta de ese periodo. El tamaño de muestras de buchec de codorniz de las temporadas 2017-2018 y 2018-2019 permitieron la comparación entre estos dos periodos de colecta en Arizona. La composición de la dieta fue diferente en dos temporadas invernales consecutivas de 2017-2018 y 2018-2019 en Arizona, siendo la temporada 2017-2018 la que tuvo mayor variedad de componentes (Figura 14).

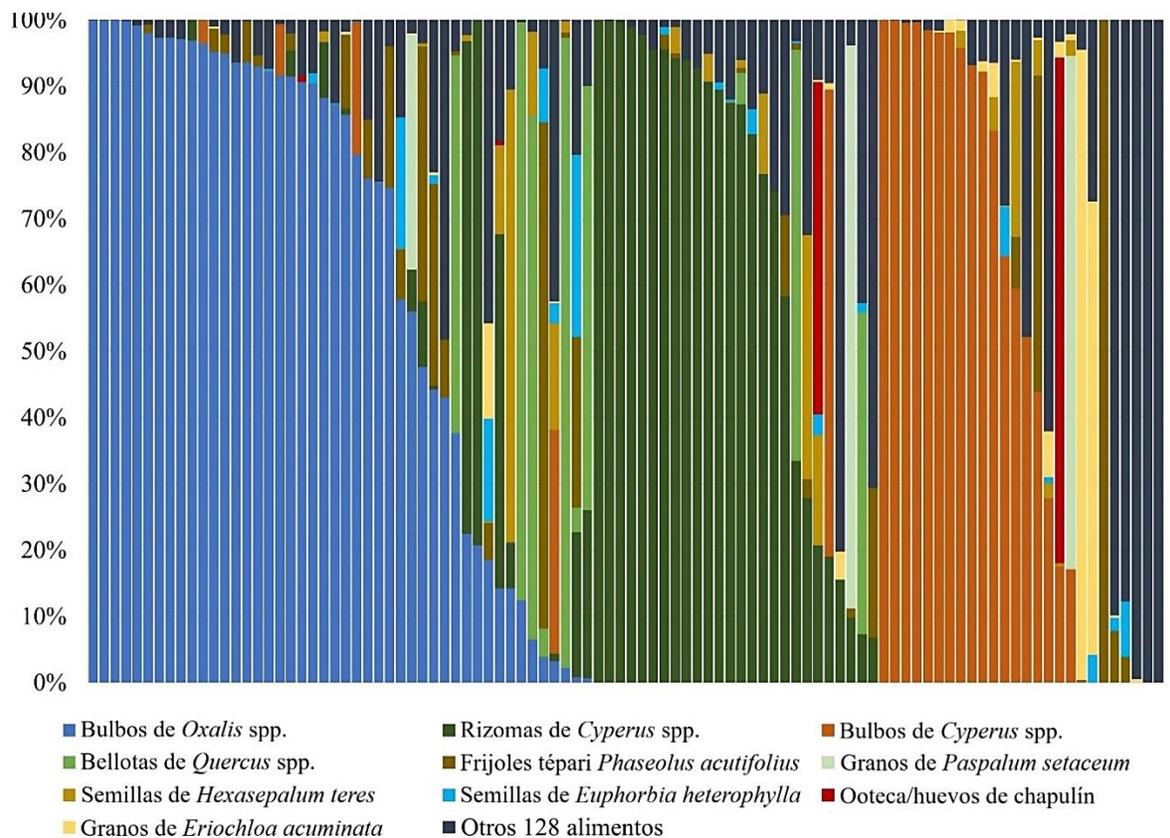


Figura 13. Porcentaje de variación individual de la composición dietética de *C. montezumae* en Arizona durante las temporadas invernales 2017-2019. En la gráfica se muestran los 10 alimentos que conforman el 90% de la dieta en base al peso seco.

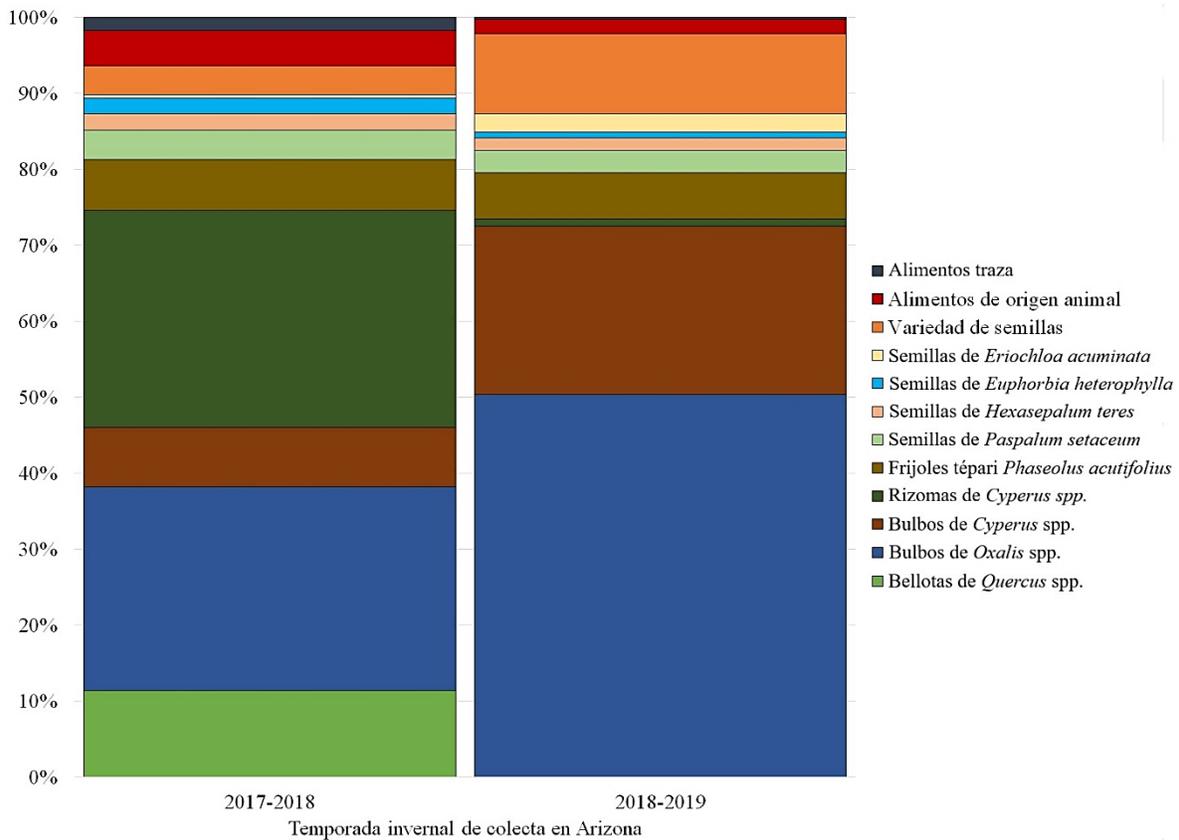


Figura 14. Variación del porcentaje de peso seco de los principales alimentos en la dieta invernal de la codorniz Moctezuma en dos temporadas consecutivas de colecta en Arizona.

Por otro lado, en los 13 buches de codorniz colectados en Nuevo México durante las temporadas invernales 2016-2017, 2018-2019 y 2019-2020 se encontraron 25 tipos de alimentos, entre los que destacan los bulbos de *Cyperus* spp. (64.13%), los frijoles de *Macroptilium* sp. (15.82%) y los granos de panizo aserrín (10.11%), que juntos conformaron el 90% de la composición dietética en base al peso seco (Figura 15). La dieta invernal 2016-2017 ($n = 3$) estuvo constituida por 14 tipos de alimentos, de los cuales, los más importantes fueron los frijoles silvestres de *Macroptilium* sp. (42.36%), los bulbos de *Cyperus* spp. (37.20%) y los granos de panizo aserrín (16.16%), que juntos conformaron más del 95% de la dieta de esa temporada. La dieta invernal 2018-2019 ($n = 1$) estuvo constituida por los siguientes 4 tipos de alimentos: Granos de panizo aserrín (50.14%), semillas de pelagallina (46.78%), semillas de *Ipomoea* sp. (2.88%) y semillas de *Talinum aurantiacum* (0.21%). La dieta invernal 2019-2020 ($n = 7$) estuvo conformada por 12 tipos alimentos, de los cuales, los bulbos de *Cyperus* spp.

fueron el alimento más importante al representar el 92.10% de la dieta de esa temporada, seguido de los rizomas de *Cyperus* spp. (3.97%). La composición de la dieta de la codorniz Moctezuma en Nuevo México varió en su proporción en las tres temporadas invernales de colecta (Figura 16).

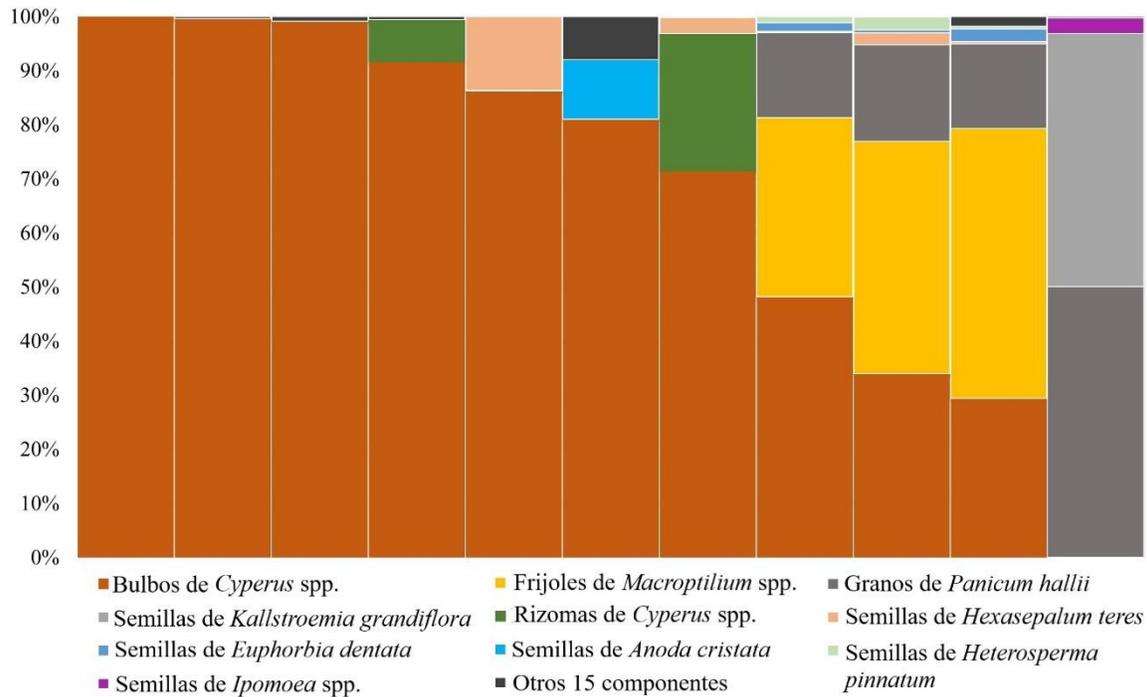


Figura 15. Porcentaje de variación individual de la dieta de *C. montezumae* en Nuevo México durante las temporadas invernales 2016-2017 y 2019-2020. Los 10 alimentos mostrados en la gráfica representan el 99% de los datos de composición dietética para el sitio.

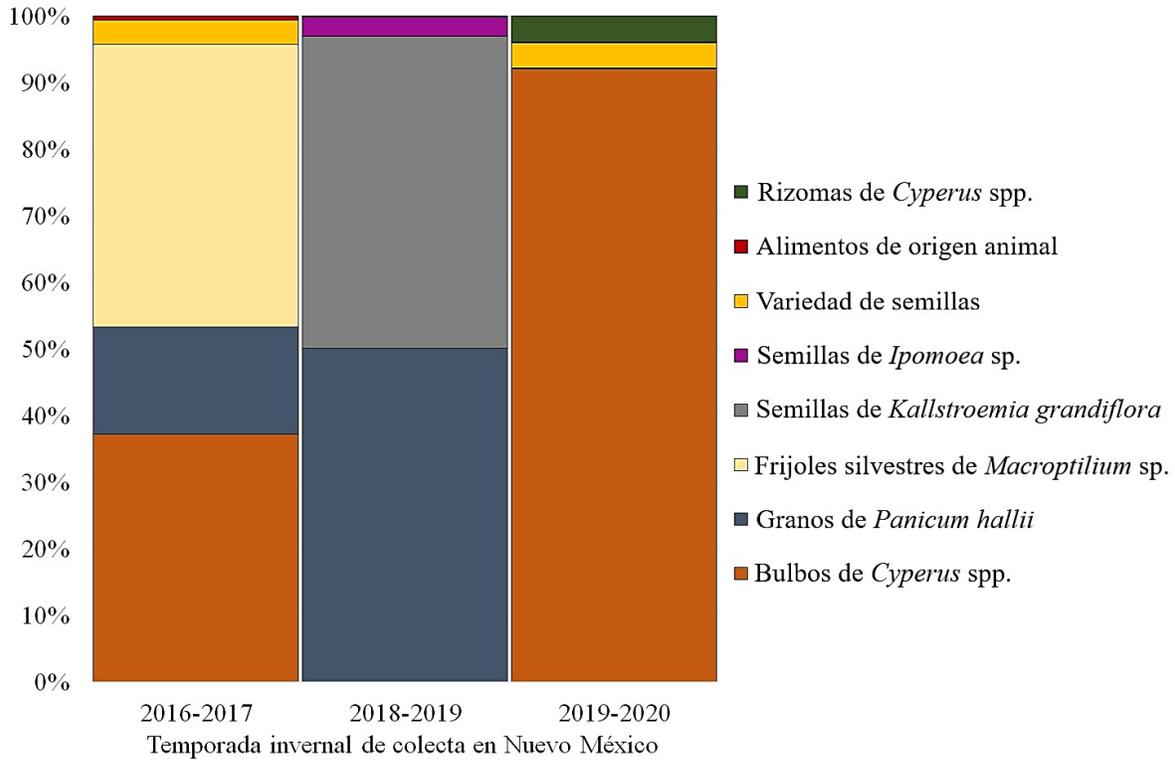


Figura 16. Variación del porcentaje de peso seco de los principales alimentos en la dieta invernal de *C. montezumae* en las temporadas 2016-2017, 2018-2019 y 2019-2020 en Nuevo México.

En Texas, la proporción de las principales estructuras de la dieta varió según las distintas temporadas de invierno y primavera (Figura 17). En invierno, la dieta estuvo conformada principalmente por semillas (60% de la dieta), en donde destacaron las semillas de Fabaceae (26.40%) y Poaceae (23.07%), mientras que las estructuras subterráneas conformaron el 36.75% de la dieta. Por su parte, la dieta de primavera estuvo constituida principalmente por estructuras subterráneas (87.36%), donde los rizomas conformaron el 61.64% y los bulbos el 25.72%, mientras que las semillas conformaron el 11% de la dieta de primavera.

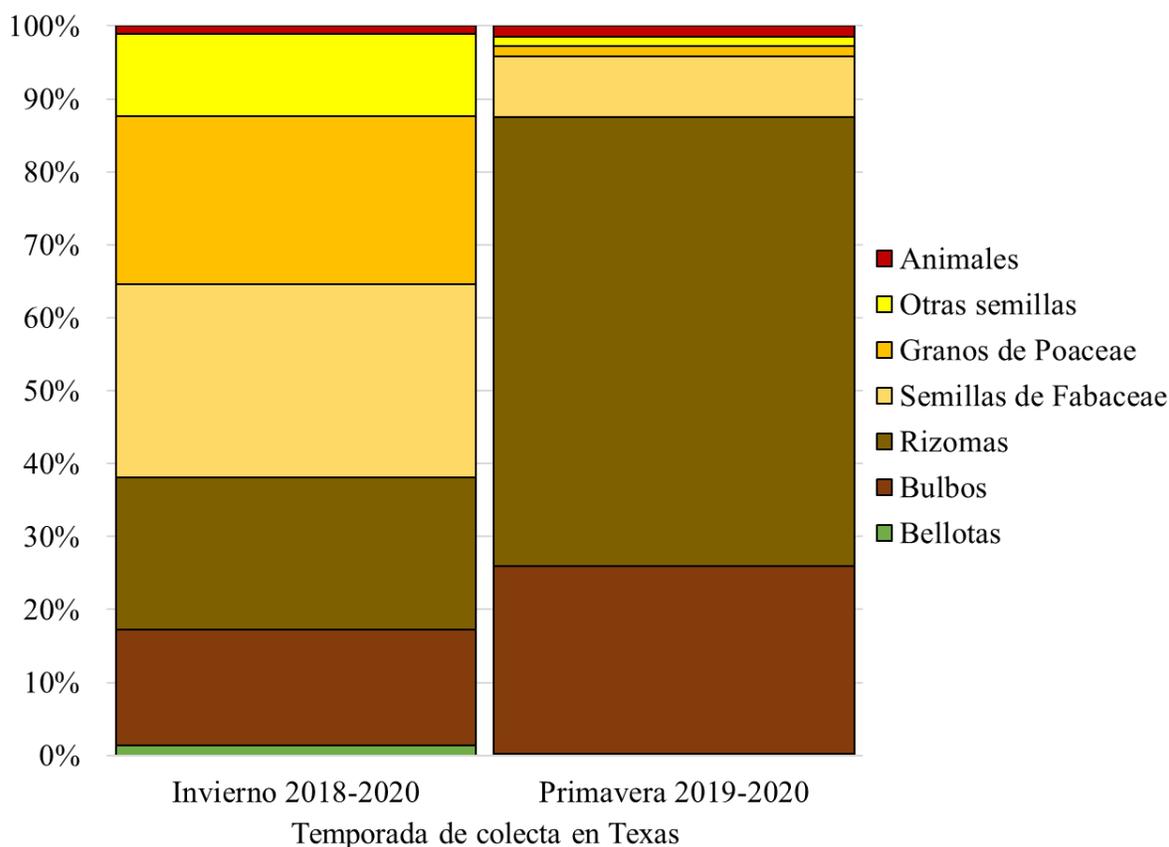


Figura 17. Variación estacional (invierno y primavera) de las principales estructuras de la dieta (% de peso seco) de la codorniz Moctezuma en Texas.

Se encontraron en total 72 variedades de alimentos en los 55 buches de codorniz colectados durante el invierno y primavera del 2018 al 2020 en Texas. La dieta invernal 2018-2020 de la codorniz en Texas ($n = 33$) estuvo conformada por 54 tipos de alimentos, entre los que destacan los bulbos y rizomas de *Cyperus* spp. (28.17%), los frijoles silvestres de *R. senna* (22.49%), los granos de panizo aserrín (19.54%), cebollas silvestres (*Allium* spp., 8.58%), las semillas de cardenche (*Cylindropuntia imbricata*, 4.16%), las semillas de nochebuena silvestre (*Euphorbia cyathophora*, 3.27%), frijoles de *Lupinus neomexicanus* (3.25%) y granos de arrocillo (*Piptochaetium fimbriatum*, 3.05%) que, en conjunto, constituyeron poco más del 90% de la dieta en base al peso seco (Figura 18).

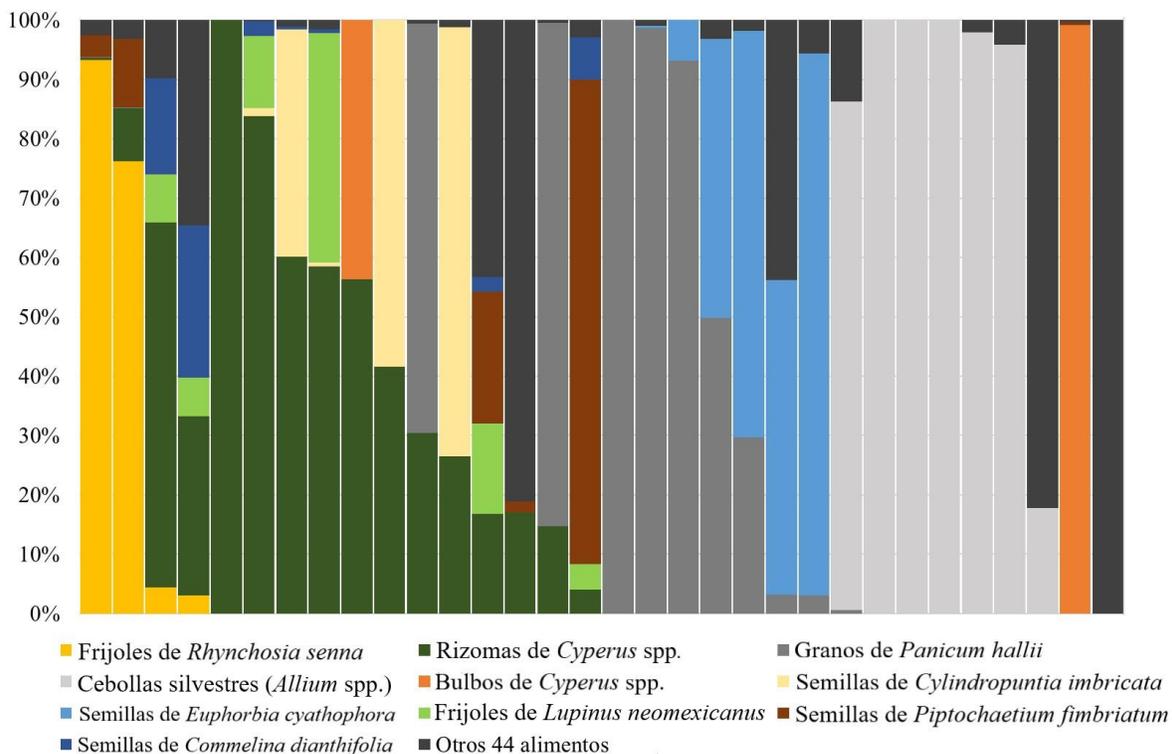


Figura 18. Porcentaje de variación individual de la dieta de *C. montezumae* en Texas durante el invierno 2018-2020. Los 10 alimentos mostrados en la gráfica representan más del 92% de los datos de composición dietética para el sitio.

Al igual que en Arizona y Nuevo México, la dieta invernal de la codorniz en Texas varió en su composición en las dos temporadas consecutivas de colecta 2018-2019 y 2019-2020 (Figura 19). La dieta invernal 2018-2019 ($n = 20$) estuvo constituida por 36 variedades de alimento, entre los que destacan los frijoles silvestres de *R. senna* (29.62%), los granos de panizo aserrín (26.01%), los rizomas de *Cyperus* spp. (23.60%), además de las semillas de cardenche (5.54%) y de nochebuena silvestre (4.36%), elementos que conformaron alrededor del 90% de la dieta. Mientras que, la dieta invernal 2019-2020 ($n = 13$) estuvo conformada por 30 tipos alimentos, entre los que destacan los bulbos de *Allium* spp. (34.47%), los bulbos (24.95%) y rizomas (12.68%) de *Cyperus* spp., semillas de casalá (*Commelina dianthifolia*, 6.00%), bellotas (5.61%), granos de arrozillo (4.11%) y frijoles de *L. neomexicanus* (2.98%), que juntos conformaron más del 90% de la dieta de esa temporada.

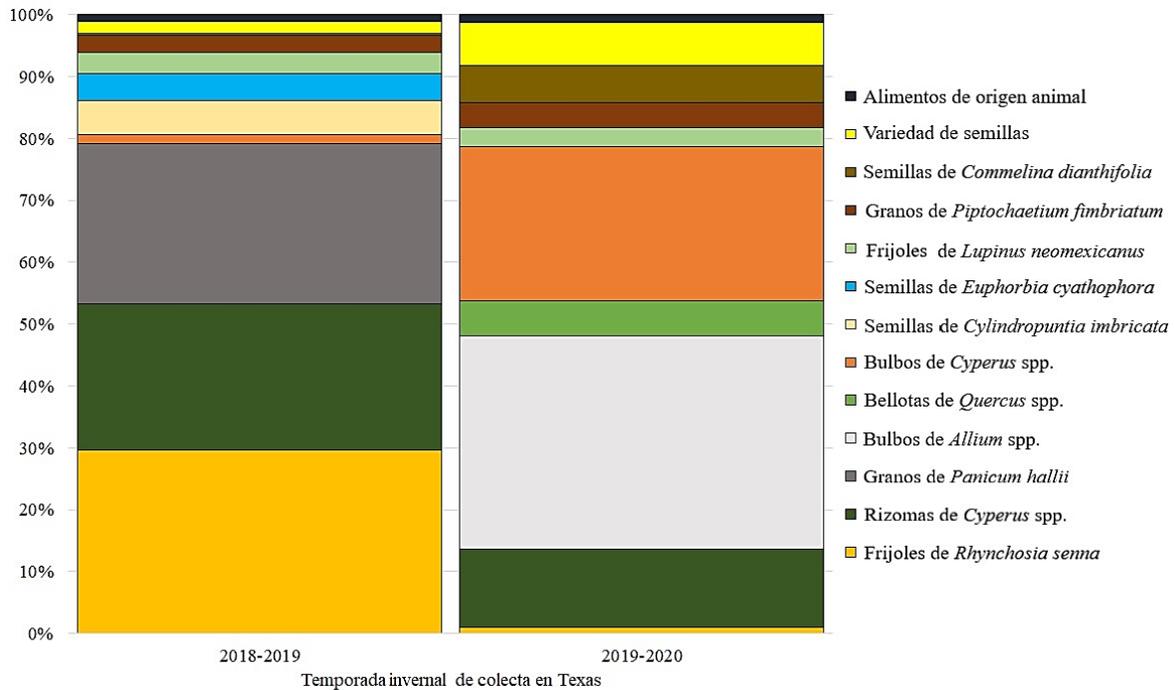


Figura 19. Variación del porcentaje de peso seco de los principales alimentos de la dieta invernal de *C. montezumae* en las temporadas 2018-2019 y 2019-2020 en Texas.

Por otro lado, la dieta de primavera 2019-2020 de 18 codornices Moctezuma estuvo conformada por 39 tipos de alimentos, siendo los rizomas de *Cyperus* spp. (61.64%), los bulbos de *Oxalis* spp. (19.46%), los bulbos de *Cyperus* spp. (6.26%) y los frijoles silvestres de *R. senna* (5.55%) y de *L. neomexicanus* (2.37%) los que conformaron el 95% de la dieta (Figura 20). La dieta de primavera en Texas varió en su composición en las dos temporadas de colecta 2019 y 2020 (Figura 21). La dieta de primavera 2019 de 10 codornices estuvo constituida por 20 variedades de alimento, entre los que destacan los bulbos de *Oxalis* spp. (45.19%), los rizomas (35.05%) y bulbos (14.54%) de *Cyperus* spp., y los granos de arrozillo (3.17%), que juntos conformaron el 98% de la dieta. Mientras que, la dieta de primavera 2020 de 8 codornices estuvo conformada por 27 tipos alimentos, de los cuales los rizomas de *Cyperus* spp. (81.75%) y los frijoles silvestres de *R. senna* (9.74%) y de *L. neomexicanus* (4.13%) representaron el 95% de la composición de la dieta de ese año.

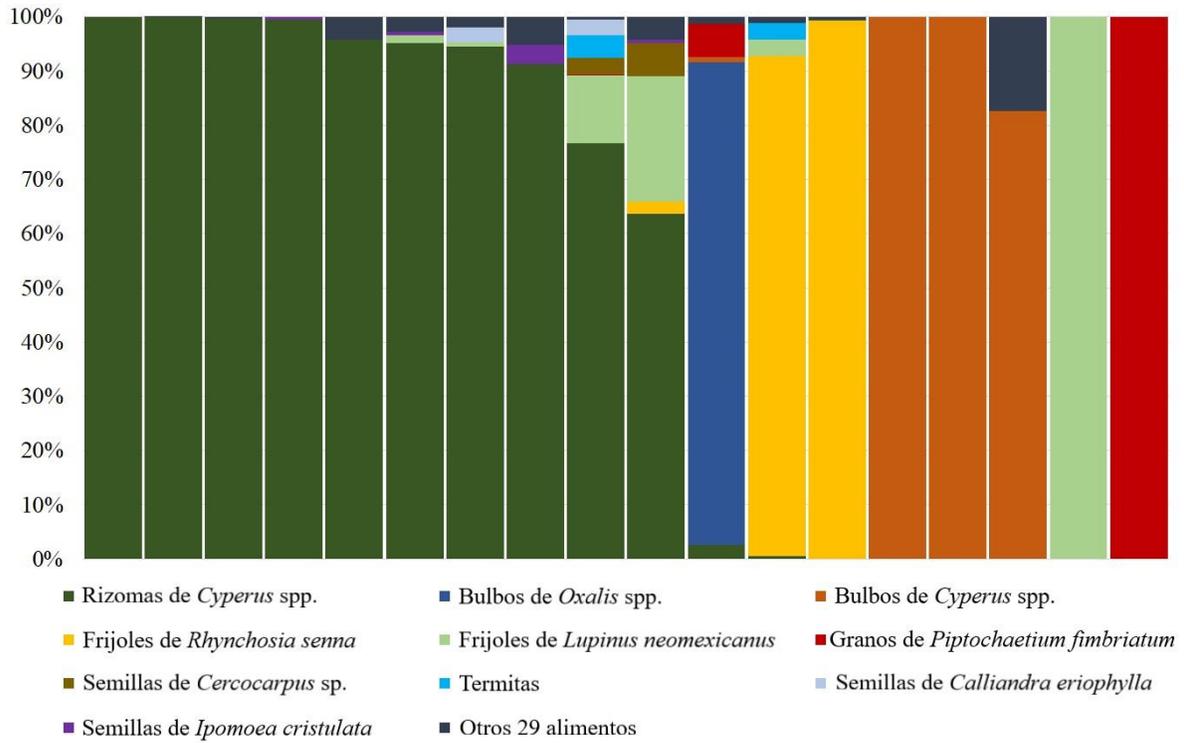


Figura 20. Porcentaje de variación individual de la dieta de *C. montezumae* en Texas durante la primavera 2019-2020. Los 10 alimentos mostrados en la gráfica representan el 98% de los datos de composición dietética.

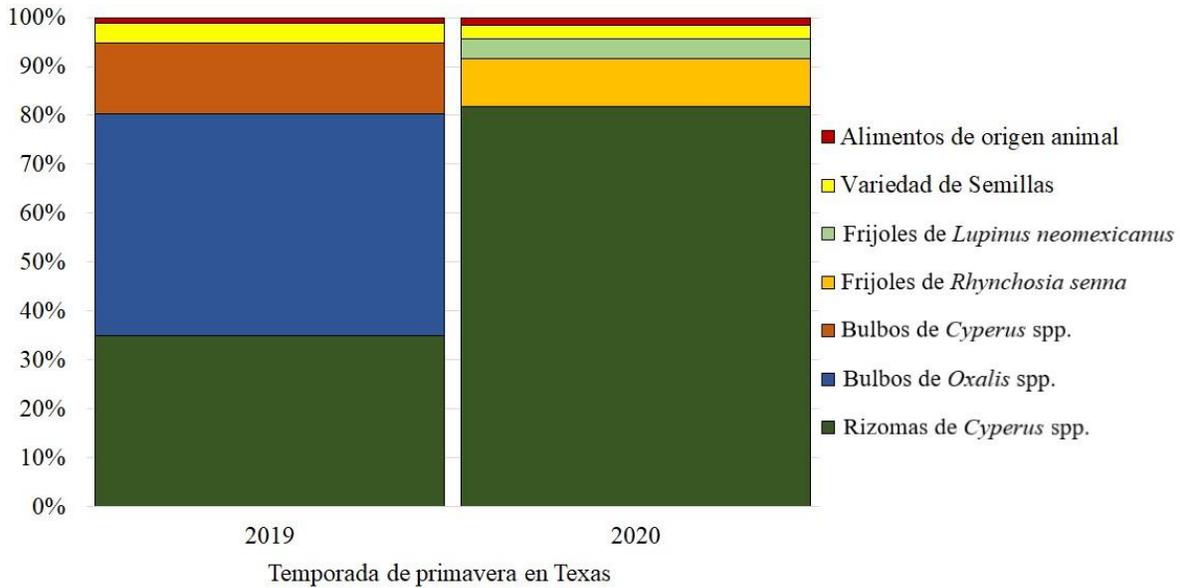


Figura 21. Variación del porcentaje de peso seco de los principales componentes de la dieta de primavera 2019 y 2020 de *C. montezumae* en Texas.

Se colectaron 4 codornices Moctezuma durante el verano en Texas. En el verano 2019 se colectó una codorniz en el condado de Jeff Davis y en el verano 2020 se colectaron 3 individuos en la Meseta de Edwards. La composición de la dieta de verano en Jeff Davis fue de 93.91% de chapulines *Melanoplus lakinus*, 3.46% de frijoles silvestres *R. senna*, y el 2.63% restante estuvo conformado por termitas y semillas de *Ipomoea cristulata* y de Acanthaceae. Por su parte, la dieta de verano en la Meseta de Edwards estuvo conformada por un 99.91% de bulbos de *Oxalis* spp. y 0.09% de larvas de coleóptero (Tenebrionidae).

Los alimentos de origen animal, en su mayoría insectos, conformaron el 3.69% de la dieta de invierno de la codorniz Moctezuma en Arizona (Apéndice 2), siendo las ootecas o huevos de saltamontes y los chapulines del género *Melanoplus* los más representativos (Figura 22). En la dieta invernal de Nuevo México, los animales en la dieta solo representaron el 0.32% donde también los insectos fueron los más abundantes. Los artrópodos, en su mayoría larvas y adultos de insectos, conformaron alrededor del 1% de la dieta de primavera e invierno en Texas.

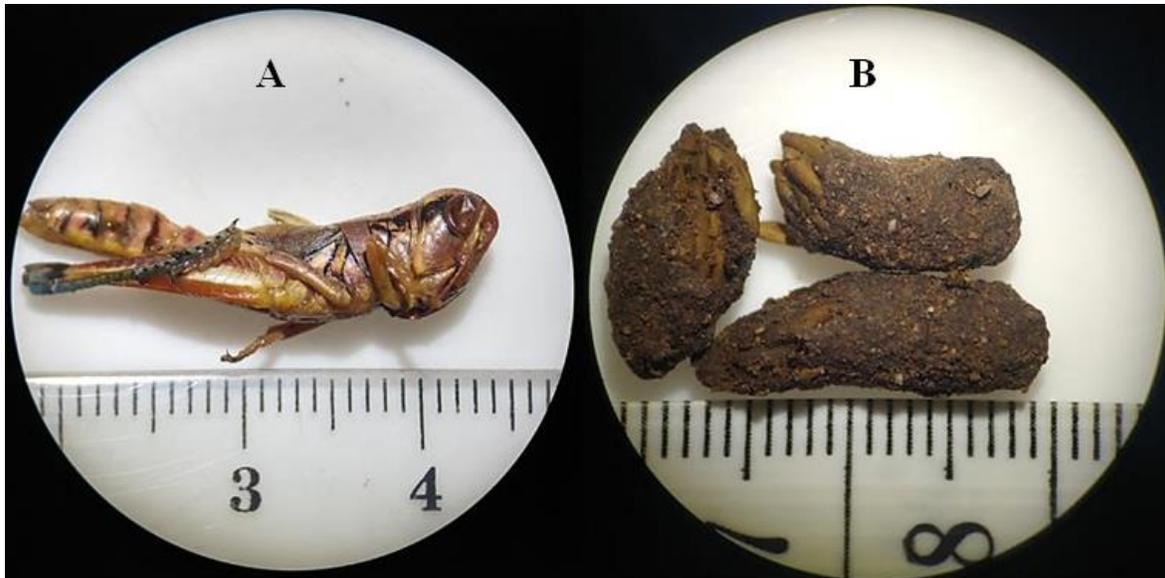


Figura 22. Alimentos de origen animal de la temporada 2017-2020 más representativos en la dieta de *C. montezumae* en el norte de su distribución. A) Chapulín de *Melanoplus* sp. B) Ootecas de chapulín (Orden Orthoptera).

V.2. Capacidad del buche y comportamiento de forrajeo

Las codornices fueron colectadas durante el día entre las 8:30 y las 20:50 h, la mayoría de los individuos (78.26%) fueron tomados entre las 10:00 y 16:00 h. En promedio, la capacidad de los buches fue de 3.92 ± 0.22 g de peso húmedo (Tabla 3) y no difirió según el sitio de colecta (Prueba de Kruskal-Wallis de diferencia de medianas, $H(\chi^2) = 3.31$, $p = 0.19$).

Tabla 3. Capacidad de los buches de codornices Moctezuma cosechadas en distintas temporadas del 2016 al 2020.

Sitios de colecta	n	Capacidad del buche en base al peso húmedo (g)		
		Promedio \pm S.E.	Mínimo	Máximo
Arizona	107	3.86 ± 0.31	0.29	16.14
Nuevo México	13	2.91 ± 0.34	0.68	4.30
Texas	55	4.28 ± 0.36	1.13	12.10
Todos los sitios	175	3.92 ± 0.22	0.29	16.14

La hora de la cosecha de las codornices y el peso húmedo del buche tuvieron una asociación positiva moderada ($n = 162$, $r = 0.352$, $p < 0.001$) (Figura 23). De igual forma, se encontró evidencia de una relación positiva moderada entre el peso húmedo y la variedad de alimentos en los buches ($n = 165$, $r = 0.429$, $p < 0.001$) (Figura 24).

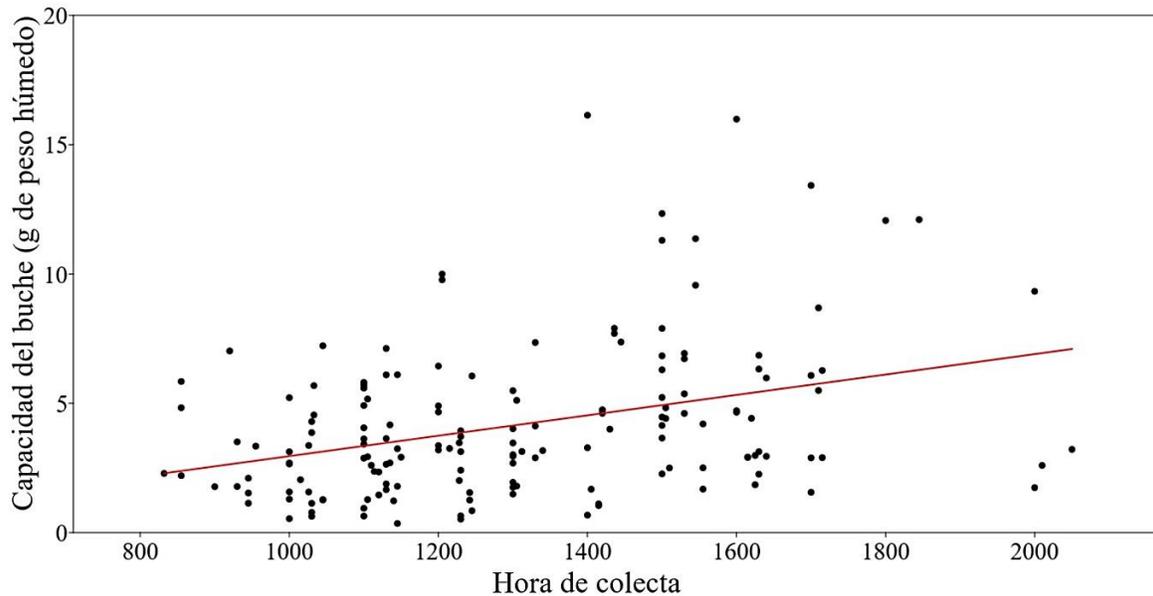


Figura 23. Patrón de alimentación de *C. montezumae* durante el día en Arizona, Nuevo México y Texas. Regresión lineal: $y = 0.004x - 0.986$, $p < 0.001$. Coeficiente de determinación: $R^2 = 0.124$.

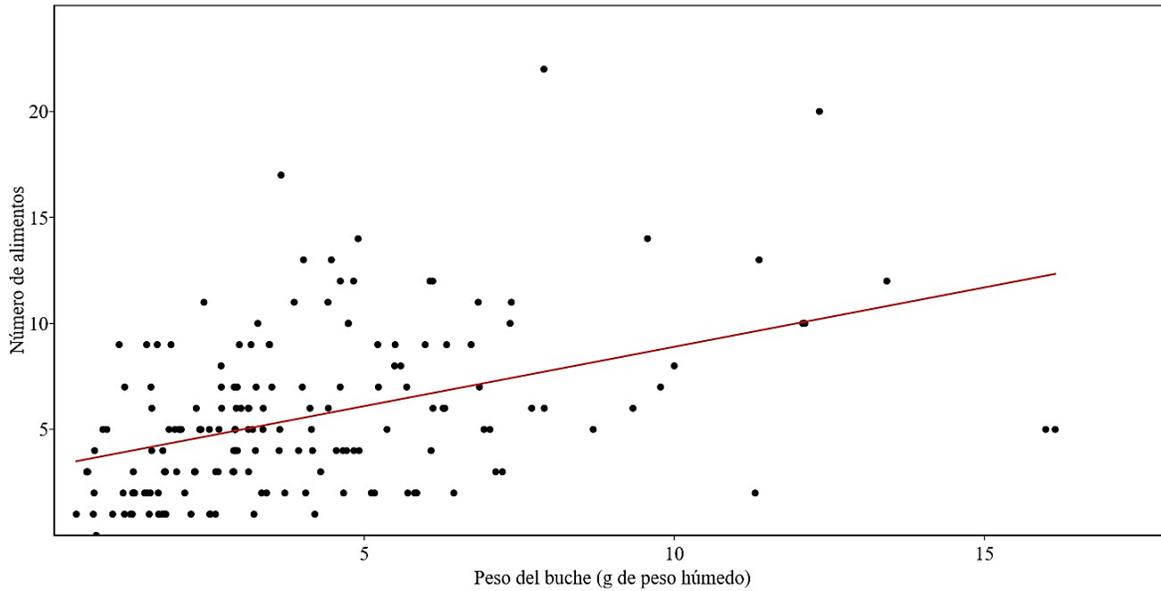


Figura 24. Comportamiento de alimentación de *C. montezumae* en el norte de su distribución. Regresión lineal: $y = 0.561x + 3.300$, $p < 0.001$. Coeficiente de determinación: $R^2 = 0.184$.

V.3. Edad y sexo de las codornices

En relación con el sexo de las codornices Moctezuma colectadas en los tres sitios, la proporción de machos fue de 56.02% con un intervalo de confianza al 95% de 48.47 y 63.57, mientras que la proporción de juveniles fue de 53.66% con un intervalo de confianza al 95% de 46.07% y 61.25% (Tabla 4). En Texas, la proporción de machos fue la más elevada ($64.82 \pm 12.74\%$ al 95% de confianza), mientras que, en Nuevo México, la proporción de machos fue la más baja ($30.77 \pm 25.09\%$). En Arizona y Texas, la proporción de codornices juveniles colectadas fue mayor con un $54.90 \pm 9.66\%$ y $63.64 \pm 12.83\%$ respectivamente, por el contrario, en Nuevo México, la mayoría de las codornices cosechadas fueron adultos ($61.54 \pm 26.45\%$ al 95% de confianza).

Tabla 4. Proporción de sexo y edad de los individuos de codorniz Moctezuma colectados en el norte de su distribución

Sitio de colecta	<i>n</i>	Sexo (%)		Edad (%)	
		Macho	Hembra	Juvenil	Adulto
Arizona	102	54.90	45.10	54.90	45.10
Nuevo México	13	30.77	69.23	38.46	61.54
Texas	54	64.81	35.19	63.64	36.36
Total	166	56.02	43.98	53.66	46.34

V.4. Comunidades vegetales en el hábitat de forrajeo

En total, se encontraron 30 tipos de comunidades vegetales en los sitios de forrajeo de las codornices Moctezuma colectadas (Tabla 5), las más representativas fueron el encinar madrense (29.69% del área total), el pastizal semidesértico (27.93%), el mezquital (10.19%) y el bosque madrense de pino-junípero (7.75), que juntas conformaron más del 75% de la cobertura vegetal en el hábitat de forrajeo de la especie. En los sitios de colecta de Arizona se determinaron 18 tipos de comunidades vegetales, de las cuales, más del 85% del área de cobertura vegetal estuvo dominada por, en orden de importancia, el encinar madrense (34.20%), el pastizal semidesértico (27.83%), el mezquital chihuahuense (15.10%), el matorral desértico espinoso mixto (6.13%) y el matorral desértico salado mixto (5.20%). Mientras que, en Nuevo México, se encontraron 16 tipos de comunidades vegetales, de las cuales, más del 90% de la cobertura vegetal estuvo representada por el pastizal semidesértico (47.94%), el bosque madrense de pino-junípero (26.62%) y el encinal madrense (17.66%). Por su parte, en Texas, se encontraron 17 tipos de vegetación, de los cuales 7 representaron alrededor del 90% de la cobertura vegetal: el encinar madrense (29.69%), el pastizal semidesértico (21.92%), el desierto mixto y matorral espinoso (13.29), matorral desértico espinoso mixto (9.23%), bosque madrense pino-junípero (9.08%), matorral desértico suculento (7.78%) y sistemas ribereños de montaña (6.18%).

Los valores del índice de Shannon Weaver (H') de las comunidades vegetales en el hábitat de forrajeo de la codorniz Moctezuma fueron de 2.56, 1.94 y 3.08 en Arizona, Nuevo México y Texas respectivamente. Los valores de diversidad de los tipos de vegetación en el

hábitat de la codorniz Moctezuma fueron significativamente diferentes según el sitio de colecta (Prueba de Kruskal-Wallis de diferencia de medianas, $H(\chi^2) = 48.09$, $p < 0.001$). Todos los sitios tuvieron diferencias significativas entre sí en los valores de H' (Prueba de Mann-Whitney, Arizona y Nuevo México: $U = 65$, $p < 0.001$; Arizona y Texas: $U = 1147$, $p < 0.001$; Nuevo México y Texas: $U = 24$, $p < 0.001$).

La diversidad trófica en los buches no mostró relación con la diversidad de las comunidades vegetales en el hábitat de forrajeo de la codorniz Moctezuma en el límite norte de su distribución ($n = 157$, $r = 0.054$, $p = 0.497$).

Tabla 5. Variación en el porcentaje de cobertura vegetal e índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') de las principales comunidades vegetales en el hábitat de la codorniz Moctezuma en Arizona (AZ), Nuevo México (NM) y Texas (TX).

Comunidades vegetales	Cobertura vegetal (%) en el hábitat de forrajeo			
	AZ	NM	TX	TOTAL
Encinar madreño	34.20	17.66	22.15	29.69
Pastizal semidesértico chihuahuense	27.83	47.94	21.92	27.93
Matorral de mesquite chihuahuense	15.10	0.05	1.07	10.19
Bosque madreño de pino-junípero	4.84	26.62	9.08	7.74
Matorral desértico mixto y espinoso	6.13	0	9.23	6.44
Desierto mixto y matorral espinoso	0	0	13.29	3.48
Matorral desértico salado mixto	5.20	0	0	3.41
Chaparral de Mogollón	3.45	0.91	3.44	3.24
Matorral desértico suculento	0.05	0	7.78	2.07
Sistemas ribereños de montañas	0	0	6.18	1.62
Otras*	3.20	6.84	5.85	4.19
H'	2.56	1.94	3.08	2.95

*El 4.19% restante del área total de muestreo corresponde a 21 tipos de comunidades vegetales distintas, de las cuales, 10 componen el 3.2% de la cobertura en Arizona, 11 tipos conforman el 6.84% de la cobertura en Nuevo México y 8 tipos de vegetación corresponden al 5.85% de la cobertura en Texas.

V.5. Variables ambientales

En Arizona, los individuos de *C. montezumae* fueron colectados a una elevación promedio de 1491.684 ± 19.676 m (rango = 1167-1848 m), con precipitación media anual de 313.713 ± 13.494 mm (rango = 222.758-515.366 mm) y precipitación de verano promedio de 195.311 ± 7.224 mm (rango = 109.982-303.276 mm), a una temperatura media anual promedio de 21.198 ± 0.044 °C (rango = 19.87-21.49 °). En Nuevo México, la colecta se realizó a una altura media de 1729.636 ± 27.278 m (rango = 1640-1862 m), con precipitación promedio anual de 333.848 ± 35.750 mm (rango = 231.902-514.350 mm) y precipitación promedio de verano de 148.382 ± 18.928 mm (rango = 76.454-251.206 mm), con una temperatura media anual de 14.637 ± 0.947 °C (rango = 10.52-17.41 °C). Por otro lado, en el oeste de Texas las muestras fueron colectadas a una elevación promedio de 1747.078 ± 11.822 m (rango = 1579-1893 m), la precipitación media anual fue de 369.432 ± 16.629 mm (rango = 211.836-550.418 mm) y la precipitación promedio de verano fue de 179.864 ± 13.249 mm (rango = 54.610-323.596 mm), a una temperatura media anual de 17.287 ± 0.237 °C (rango = 15.47-20.75 °C). Mientras que en el centro de Texas la colecta se realizó a una altura aproximada de 633 m, la precipitación anual del sitio fue de 590.55 mm, la precipitación de verano fue de 82.55 mm y la temperatura media anual fue de 18.83 °C.

Los sitios de colecta de codornices Moctezuma con una elevación promedio más alta se localizaron en Texas, mientras que aquellos de menor elevación promedio fueron los de Arizona. Los sitios ubicados en Texas tuvieron una mayor precipitación anual, mientras que los sitios de Arizona fueron los que recibieron menor aporte anual. Los sitios de colecta en Arizona fueron los que recibieron mayor aporte de precipitación de verano, por el contrario, en Nuevo México, recibieron menor precipitación de verano. En los puntos de colecta de Arizona se registraron las temperaturas medias anuales más altas, mientras que en Nuevo México se registraron las temperaturas más bajas.

V.6. Variación de la dieta

La composición de la dieta de la codorniz Moctezuma varió en función de las variables biológicas, ecológicas y ambientales, según los resultados del análisis de regresión de Dirichlet (Tabla 6). Las codornices macho estuvieron asociados directamente con la proporción de bulbos de *Oxalis* spp., mientras que las hembras estuvieron asociadas con la proporción de rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. y bulbos de *Allium* spp.

En cuanto a las variables de posición, la latitud tuvo una relación positiva con la proporción de bulbos de *Oxalis* spp. y de bulbos y rizomas de *Cyperus* spp., mientras que se asoció negativamente con la proporción de granos de *P. hallii* y bulbos de *Allium* spp. La elevación estuvo positivamente asociada con la proporción de bulbos de *Oxalis* spp., *Allium* spp. y rizomas de *Cyperus* spp., mientras que se asoció negativamente con la proporción de bulbos de *Cyperus* spp.

En relación con las variables meteorológicas, la precipitación de verano se asoció positivamente con la proporción de bulbos de *Oxalis* spp. y *Allium* spp., mientras que se asoció de forma negativa con la proporción de granos de *P. hallii*. La temperatura media anual se relacionó positivamente con la proporción de bulbos de *Oxalis* spp. y *Allium* spp., mientras que tuvo una asociación negativa con la proporción de bulbos de *Cyperus* spp. La temperatura media mensual tuvo relación directa con la proporción de rizomas de *Cyperus* spp. e inversa con la proporción de granos de *P. hallii* y de bulbos de *Allium* spp. y *Cyperus* spp.

Con respecto a la relación entre las variables ecológicas de diversidad trófica y diversidad de la vegetación del hábitat sobre la composición de la dieta de la codorniz Moctezuma, la diversidad trófica se asoció positivamente con la proporción de rizomas de *Cyperus* spp. y de semillas de *Hexasepalum teres*, mientras que se asoció negativamente con la proporción de bulbos de *Cyperus* spp. y *Allium* spp. Por otro lado, la diversidad de la vegetación se asoció positivamente con la proporción de bulbos y rizomas de *Cyperus* spp. y de granos de *P. hallii*, mientras que se asoció negativamente con la proporción de bulbos de *Allium* spp. y semillas de *Kallstroemia grandiflora*.

Tabla 6. Relación entre las proporciones de los alimentos de la dieta de *C. montezumae* y las variables ecológicas y ambientales de sexo (SM, con macho como nivel de referencia), latitud (Y), elevación (E), precipitación de verano (PV), temperatura media anual (TMA), temperatura media mensual (TMM), índice de diversidad de Shannon-Wiener de los alimentos en los buches (HA) e índice de diversidad de Shannon-Wiener de las comunidades vegetales del hábitat (HV), mediante el análisis de regresión de Dirichlet donde β es el estimador, E.E.(β) es el error estándar, z es el estadístico de prueba y p es el valor de significancia.

Alimento	Estimador	Variables							
		SM	Y	E	PV	TMA	TMM	HA	HV
Bulbos de <i>Oxalis</i> spp.	β	0.373	0.863	0.002	0.003	0.261	0.011	-0.237	-0.164
	E.E.(β)	0.165	0.142	< 0.001	0.001	0.041	0.032	0.121	0.176
	z	2.158	6.099	4.973	2.978	6.316	0.329	-1.960	-0.929
	p	0.031	< 0.001	< 0.001	0.003	< 0.001	0.742	0.050	0.353
Bulbos de <i>Allium</i> spp.	β	-0.932	-4.260	0.003	0.006	0.779	-0.128	-3.069	-2.469
	E.E.(β)	0.171	0.178	< 0.001	0.001	0.046	0.032	0.248	0.206
	z	-5.440	-23.955	4.671	5.566	16.968	-3.996	-12.391	-12.006
	p	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001				
Bulbos de <i>Cyperus</i> spp.	β	-0.531	1.714	-0.003	-0.002	-0.309	-0.124	-0.810	1.126
	E.E.(β)	0.136	0.091	< 0.001	0.001	0.048	0.040	0.176	0.103
	z	-3.919	18.781	-4.872	-1.747	-6.418	-3.083	-4.602	10.902
	p	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.080	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001
Rizomas de <i>Cyperus</i> spp.	β	-0.546	0.103	0.007	0.002	-0.033	0.241	1.241	2.602
	E.E.(β)	0.144	0.144	< 0.001	< 0.001	0.028	0.028	0.110	0.390
	z	-3.803	7.136	10.784	1.653	-1.157	8.635	11.272	6.679
	p	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.098	0.247	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Granos de <i>Panicum</i> <i>hallii</i>	β	-0.109	-0.630	-0.001	-0.006	-0.005	-0.190	-0.116	0.644
	E.E.(β)	0.165	0.181	0.001	0.001	0.047	0.054	0.143	0.309
	z	-0.662	-3.480	-1.649	-3.743	-0.107	-3.542	-0.813	2.086
	p	0.508	< 0.001	0.099	< 0.001	0.915	< 0.001	0.416	0.037
Semillas de <i>Hexasepalum</i> <i>teres</i>	β	0.045	0.066	-0.001	-0.001	-0.001	0.009	0.275	-0.158
	E.E.(β)	0.169	0.161	< 0.001	0.001	0.044	0.032	0.131	0.176
	z	0.264	0.412	-0.688	-1.344	-0.020	0.266	2.106	-0.895
	p	0.791	0.680	0.491	0.179	0.984	0.790	0.035	0.371
Semillas de <i>Kallstroemia</i> <i>grandiflora</i>	β	-0.005	-0.125	< 0.001	0.001	-0.033	-0.046	0.032	-1.106
	E.E.(β)	0.166	0.136	< 0.001	0.001	0.041	0.030	0.123	0.140
	z	-0.031	-0.916	0.089	1.145	-0.794	-1.543	0.260	-7.932
	p	0.975	0.360	0.929	0.252	0.427	0.123	0.795	< 0.001

VI. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general que establece que la composición de la dieta de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas está dominada principalmente por estructuras subterráneas y diversas semillas que varían predeciblemente en proporción según la región geográfica, las diferentes estaciones del año y las variables climáticas.

VI. 1. Nuevos hallazgos en la dieta de la codorniz Moctezuma

La codorniz Moctezuma es considerada un ave especialista en alimentarse de estructuras subterráneas y semillas (Bishop y Hungerford, 1965). Los resultados de este estudio confirman que su dieta está conformada mayormente por estructuras subterráneas (rizomas y bulbos) y semillas (especialmente de leguminosas y gramíneas) (Figura 11). Sin embargo, la codorniz Moctezuma también presenta un comportamiento de alimentación elástico (Gutiérrez, 1998), ya que en el presente estudio se encontró que la codorniz Moctezuma se alimentó de 178 especies diferentes (Figura 8, Tabla 2) en las tres regiones estudiadas (138 en Arizona, 72 en Texas y 25 en Nuevo México). Dicha cantidad de especies está muy por encima de lo reportado en estudios anteriores realizados a lo largo de su rango de distribución (Leopold y McCabe, 1957; Bishop y Hungerford, 1965; Brown, 1982; Zaragoza-Hernández, 2001; Romero-Sánchez, 2003; Fernández-López, 2015; López-Bujanda, 2019). Los valores del índice de diversidad indican que la dieta de la codorniz Moctezuma en el límite norte de su distribución tiene una diversidad trófica media (Valores de H' de 3.3 en Arizona y 3.2 en Texas) de acuerdo con el criterio de Margalef (1972), lo que implica que pocas especies dominan la dieta, pero complementados por una gran variedad de alimentos (Figuras 9, 13, 15, 18, 20). Si bien hay estudios que sugieren que las aves especialistas son más vulnerables al cambio global (Julliard *et al.*, 2004; Devictor *et al.*, 2008), la dieta diversa de la codorniz podría conferirles resiliencia a los cambios en su hábitat por disturbio humano y el cambio en las condiciones ambientales.

En Texas, no hay estudios previos de la dieta de la codorniz Moctezuma, aunque algunas observaciones indirectas han sugerido que, en el centro de Texas, su dieta se basa en bulbos de

Oxalis drummondii (Albers y Gehlbach, 1990), mientras que en el oeste de Texas las codornices se alimentan de bulbos de *Allium* spp., *Oxalis* spp. y *Cyperus* spp. (Hernandez *et al.*, 2006; Gonzalez-Sanders, 2012). Este es el primer estudio en determinar directamente la dieta de la codorniz mediante el análisis macrohistológico de los buches en este estado.

Los hallazgos de la dieta de Texas (Figura 17) mostraron ciertas particularidades que no se habían reportado para Arizona y Nuevo México. Mientras que en Arizona y Nuevo México la dieta invernal estuvo mayormente constituida por bulbos (~60%), en Texas las semillas de leguminosas y gramíneas fueron los componentes principales en la dieta (~60%). Por otro lado, la dieta de primavera en Texas estuvo conformada principalmente por rizomas (~60%). Es probable que esta diferencia en la composición de la dieta de Texas con respecto a las otras regiones de estudio esté relacionada con la diferencia en las comunidades vegetales presentes en el hábitat de la codorniz en Texas, donde encontramos una mayor cobertura de matorrales desérticos y sistemas ribereños de montaña (Tabla 5).

Las diferencias geográficas y estacionales en la dieta de la codorniz Moctezuma que se encontraron en este estudio (Figura 12) permiten identificar elementos clave en la dieta que pudieran implementarse en estrategias de manejo del hábitat en el norte de su rango de distribución. En Arizona la dieta invernal estuvo conformada por bulbos de *Oxalis* spp., tallos subterráneos de *Cyperus* spp., bellotas y frijoles tépari (Figuras 14 y 17). En Nuevo México los principales alimentos de invierno fueron los tallos subterráneos de *Cyperus* spp., los frijoles de *Macroptilium* sp. y los granos de *P. hallii* (Figura 16). En Texas, la dieta de invierno estuvo conformada por frijoles *R. senna*, granos de *P. hallii*, tallos subterráneos de *Cyperus* spp. y cebollas silvestres (Figura 19). Mientras que la dieta de primavera en Texas estuvo dominada por tallos subterráneos de *Cyperus* spp., bulbos de *Oxalis* spp. y frijoles silvestres de *R. senna* (Figura 21). En este estudio se observan por primera vez cebollas silvestres (*Allium* spp.) y frijoles silvestres de *R. senna* y *Macroptilium* sp. dentro de los buches, como parte de la dieta. Según Murphy (1996), las codornices requieren 8–14% de proteína, 0.44–3.80% de Ca, 0.21–1.10% de P y 1% de grasas. De esta forma, los alimentos principales en las tres regiones en teoría cubrirían los requerimientos nutricionales de *C. montezumae* al incluir alimentos ricos en carbohidratos (*Oxalis*, *Cyperus*, bellotas, frijoles y granos), proteínas (frijoles, bellotas e

insectos), lípidos (*Cyperus* y bellotas), además de aportes de humedad (*Allium*, *Oxalis* y *Cyperus*; Apéndice 1). Los programas de manejo de la codorniz deben fomentar la abundancia de estas especies específicas para las poblaciones de codornices en las distintas regiones, tomando en cuenta las distintas estaciones del año.

VI. 2. ¿Ha cambiado la dieta de la codorniz históricamente?

Al comparar los resultados de estudios previos en Arizona (Bishop y Hungerford, 1965; López-Bujanda, 2019) con los generados en el presente estudio, se puede apreciar diferencias en la composición de la dieta invernal de la codorniz Moctezuma a lo largo del tiempo (Apéndices 3 y 4). Bishop y Hungerford (1965) reportaron una dieta del periodo 1962-1963 constituida casi en un 70% de bulbos de *Oxalis* spp., seguido de semillas y tubérculos de *Cyperus* spp. Mas recientemente, López-Bujanda (2019) reporto que en el periodo 2007-2017 la dieta estuvo principalmente constituida en un 56% de bellotas, rizomas de *Cyperus fendlerianus*, frijoles tépari, granos de *Paspalum* sp. y solo una pequeña parte de bulbos de *Oxalis* spp. (<5%). En este trabajo, la dieta del periodo 2017-2020 estuvo constituida en un 80% de bulbos de *Oxalis* spp., bulbos y rizomas de *Cyperus* spp., bellotas y téparis.

De acuerdo con la Teoría del Consumidor Óptimo (Gutiérrez, 1998; Ojasti y Dallmeir, 2000), los animales tienden a diversificar su dieta cuando su alimento preferido escasea, lo que puede explicar los cambios históricos en la dieta de la codorniz Moctezuma. López-Bujanda (2019) encontró que la proporción de bellotas en los buches aumenta en sitios más cálidos. Similarmente, nuestro análisis refleja una relación directa entre la proporción de bulbos *Oxalis* y los sitios con más precipitaciones de verano (Tabla 6). En el 2016 ocurrió un pico máximo en el fenómeno El Niño, resultando en pocas precipitaciones de verano y altas temperaturas (Weiss *et al.*, 2016), lo cual podría explicar la ausencia de *Oxalis* spp. en la dieta 2016-2017 (López-Bujanda, 2019). En nuestros resultados, la proporción de *Oxalis* en la dieta se ha mantenido menor que en lo reportado en 1965 (Bishop y Hungerford, 1965). Estos resultados sugieren que hay una tendencia a la diversificación de la dieta y a la disminución de la proporción de *Oxalis* como consecuencia del aumento global de las temperaturas y mayor frecuencia de sequías (Ojasti y Dallmeir, 2000; Birnie-Gauvin *et al.*, 2017).

VI. 3. Explicando la variación geográfica en la dieta

Se puede observar una tendencia de la codorniz Moctezuma a mantener proporciones constantes de grupos funcionales (*sensu* Pérez *et al.*, 2017) en su dieta (Figuras 11 y 12). Los bulbos de *Cyperus* spp. fueron los más consumidos durante el invierno en Nuevo México, los bulbos de *Oxalis* spp. se mantuvieron como alimento principal de la dieta invernal en Arizona, mientras que en Texas los bulbos más consumidos fueron los de *Allium* spp. Del mismo modo, los frijoles téparis (*P. acutifolius*) estuvieron presentes en la dieta invernal de Arizona, los frijoles silvestres de *Macroptilium* sp. fueron exclusivos de Nuevo México y los frijoles silvestres de *R. senna* fueron el alimento más representativo y único para Texas. Aparentemente, la codorniz Moctezuma está sustituyendo alimentos específicos por otros similares tanto estructural como nutricionalmente. Los bulbos son estructuras que están disponibles durante las estaciones de invierno y primavera, que contienen compuestos de alta energía y gran porcentaje de humedad (Leopold y McCabe, 1957; Hernández-Téllez *et al.*, 2005; Apéndice 1), características que pueden ser aprovechadas por las codornices para la termorregulación en las estaciones frías y cubrir sus necesidades de agua. Los frijoles son elementos importantes en la dieta ya que, como en las demás leguminosas, tienen alto valor nutricional y aporte de energía (Weber *et al.*, 1996). Las semillas de leguminosas están presentes en la dieta de la codorniz en toda la franja norte de su rango de distribución, y esto se debe a su calidad nutricional y su disponibilidad aún bajo condiciones adversas de sequía y altas temperaturas, ya que son plantas adaptadas a las zonas áridas.

El análisis de regresión de Dirichlet puede ayudar a interpretar la sucesión de bulbos en la dieta invernal de la codorniz Moctezuma en su rango norte (Tabla 6). La proporción de *Oxalis* spp. en la dieta aumentó con la latitud norte, la elevación, la precipitación de verano y la temperatura media anual, y fue una estructura mayormente consumida por machos. La proporción de bulbos *Cyperus* spp. aumentó en sitios de menor elevación hacia el norte, en zonas templadas con alta diversidad de comunidades vegetales, y fue consumida principalmente por hembras. Las cebollas silvestres fueron consumidas mayormente en sitios localizados hacia el sur, a alta elevación, en sitios cálidos y húmedos con poca diversidad del paisaje, y fue consumido principalmente por hembras. La relación que tienen los tres tipos de bulbos con la

poca diversidad trófica indica una clara preferencia de la codorniz hacia estos recursos por sobre los demás componentes en cada una de las regiones estudiadas (Figura 9).

Bishop (1964) ya había mencionado la relación entre el consumo de bulbos *Oxalis* en la dieta de la codorniz y las buenas lluvias de verano. Sin embargo, los estudios más recientes no señalan relación entre la proporción de *Oxalis* spp. y los factores climáticos, quizás debido a la poca incidencia de estos bulbos en la dieta (Macías-Duarte, 2018; López-Bujanda, 2019), pero sí coinciden con nuestro análisis respecto al alto consumo de bulbos *Cyperus* spp. en sitios húmedos y cálidos de mayor elevación. Otra estructura importante en la dieta en las tres regiones fueron los rizomas de *Cyperus* spp., los cuales se encontraron en mayor proporción hacia el norte en sitios elevados con mayor diversidad de parches vegetales y variedad de alimento, y consumidos principalmente por hembras. Los rizomas parecen ser un alimento alternativo de la codorniz que, al estar relacionados directamente con la alta diversidad trófica, quizás refleje un aporte nutricional bajo y una alta disponibilidad cuando los bulbos preferidos no se encuentran disponibles.

La relación del consumo de los bulbos con los sexos no es clara. Quizás la alta proporción de machos de las muestras analizadas estén sesgando el análisis de regresión Dirichlet, aunque también podría deberse a las diferencias en las demandas energéticas y nutricionales entre machos y hembras como ocurre en otras especies de codornices (Gorrachategui, 1996; Lázaro *et al.*, 2005). Sin embargo, los requerimientos energéticos y nutricionales de la codorniz Moctezuma aún se desconocen, por lo que sería una línea clave de investigación a considerar para futuros proyectos.

VI. 4. Proyecciones a futuro

Como especie habitante de zonas áridas y semiáridas, las adaptaciones a la disponibilidad del alimento en las distintas temporadas y a través de las diferentes zonas geográficas con sus condiciones medioambientales particulares, parecen modificar el comportamiento de forrajeo de la codorniz Moctezuma en el norte de su distribución. Esta plasticidad de forrajeo puede conferirle cierta ventaja a la codorniz en escenarios futuros donde los eventos estocásticos provocados por el cambio climático global y las alteraciones del hábitat modifican la

disponibilidad y calidad de los recursos de forma progresiva. Sin embargo, se predice una disminución del rango de distribución de la codorniz Moctezuma en Arizona, Nuevo México y Texas dentro de los próximos 50 a 70 años (Salas *et al.*, 2017).

En Norteamérica se predicen cambios en la temperatura y en la cantidad y frecuencia de las lluvias (Trenberth y Hurrell, 2019), por lo que también se esperan afectaciones a la fauna silvestre al modificarse la abundancia y composición del alimento (Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). En las zonas áridas y semiáridas del suroeste de Estados Unidos, en Arizona, Nuevo México y Texas, se espera un aumento en la temperatura, así como una disminución en la frecuencia de las precipitaciones (Peery *et al.*, 2011; USGCRP, 2017). Con los cambios que se esperan en los tres estados, tanto en la temperatura como en las precipitaciones, y según los resultados del análisis de regresión de Dirichlet, se espera que en la dieta de la codorniz Moctezuma aumente el consumo de granos de *P. hallii* en zonas secas, mientras que se espera un efecto negativo en el consumo de bulbos de *Allium* spp. y *Oxalis* spp. (alimentos relacionados directamente con la precipitación de verano) si disminuye la frecuencia de las precipitaciones en el sur de Estados Unidos. El entendimiento de las variaciones en la dieta de la codorniz Moctezuma puede aplicarse a mejorar las estrategias de manejo y de conservación en su hábitat cambiante.

VII. CONCLUSIONES

En esta tesis se analizó la composición y variación de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, Nuevo México y Texas, generando información importante para comprender un aspecto clave de la ecología de esta especie en el norte de su rango de distribución.

Los resultados de este estudio señalan variación geográfica de la dieta invernal de la codorniz Moctezuma, y variación temporal de la dieta de invierno y primavera en Texas. La dieta invernal en la región de Arizona consistió principalmente en tallos subterráneos *Oxalis* spp. y *Cyperus* spp., frijoles tépari y bellotas. Los principales alimentos en la región de Nuevo México fueron bulbos de *Cyperus* spp., frijoles silvestres de *Macroptilium* sp. y granos de *Panicum hallii*. Este es el primer trabajo en reportar la composición de la dieta en Texas, tanto en el oeste como en la Meseta de Edwards. La dieta invernal en el oeste de Texas estuvo constituida principalmente por frijoles silvestres de *Rhynchosia senna*, granos de *P. hallii*, tallos subterráneos de *Cyperus* spp. y cebollas silvestres de *Allium* spp.; mientras que la dieta de primavera estuvo mayormente representada por tallos subterráneos de *Cyperus* spp. y *Oxalis* spp. La dieta de verano de la codorniz en la Meseta de Edwards, Texas estuvo constituida por bulbos de *Oxalis* spp.

En el límite norte de su rango de distribución, el alimento más frecuente en la dieta de la codorniz Moctezuma fueron los tallos subterráneos de *Cyperus* spp. Esta especie presenta un comportamiento de alimentación de tipo “oportunista”, ya que tiene preferencia hacia ciertas estructuras subterráneas y semillas entre una gran variedad de alimentos que puede consumir.

Las variables ambientales y ecológicas tienen efecto sobre la composición de la dieta, según el análisis de regresión de Dirichlet. Se espera que los cambios en la dieta de la codorniz sigan observándose en el futuro, debido a las modificaciones en su hábitat que se predicen con el cambio climático global.

VIII. RECOMENDACIONES

El análisis de regresión de Dirichlet en este estudio utilizó la variación geográfica (muestreo a través del espacio) para realizar inferencias sobre la variación temporal (muestreo a través del tiempo) y por lo tanto las inferencias deben ser tomadas con precaución. Sin embargo, para inferencias más sólidas sobre los efectos de la variación ambiental en la dieta de la codorniz Moctezuma, se debe analizar en diversos individuos en distintas poblaciones de forma homogénea en todo el rango de distribución, en las distintas temporadas del año de forma interanual para poder observar variaciones individuales, geográficas y temporales.

Las colectas de codornices para analizar los buches deben establecerse preferentemente por la tarde, para tener una mayor probabilidad de cosechar buches llenos de alimento, que reflejen de forma íntegra la alimentación de la codorniz. Además de los buches, se debe contemplar el análisis de mollejas para complementar los datos sobre la dieta de la codorniz.

Los requerimientos nutricionales de la codorniz también deben ser estudiados, así como los valores energéticos y la composición química de los principales alimentos y estructuras. La utilidad práctica del análisis profundo de la dieta es poder realizar inferencias sobre la capacidad de carga nutricional de las diversas regiones donde habita la codorniz para implementar planes de manejo y/o conservación exitosos.

Los programas de manejo de hábitat son necesarios para incrementar la abundancia y disponibilidad de plantas que sirven de alimento a la codorniz Moctezuma (*Cyperus* spp., *Oxalis* spp., *Allium* spp, semillas de leguminosas y gramíneas) en sitios de alta frecuencia de avistamientos de esta especie, especialmente en el estado de Texas, donde la población de codornices se encuentra en riesgo de extirpación, ya sea regulando las actividades de agricultura y ganadería, eliminando las especies de plantas que interfieran con el crecimiento de las hierbas nativas, o también mediante la suplementación de alimento en áreas preferidas por la codorniz.

IX. LITERATURA CITADA

- Achondo, A., J. Castañeda, M. Uribe, V. H. Santoyo, E. López y A. Lara. 2016. Agroforestería para la conservación del hábitat de codorniz Moctezuma. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3219–3233.
- Albers, R. P. y F. R. Gehlbach. 1990. Choices of feeding habitat by relict Montezuma Quail in central Texas. *Wilson Bulletin* 102: 300–308.
- American Ornithologists' Union. 1998. Checklist of North American Birds. 7th. edition. American Ornithologists' Union, Washington, DC, USA.
- Arizona Bird Conservation Initiative and Sonoran Joint Venture. 2020. Montezuma Quail (*Cyrtonyx montezumae*) Species Account. Disponible en el URL: <https://sonoranjv.org/accounts/montezuma-quail.pdf>
- Arizona Quail Alliance. 2004. Mearns' Quail Nutritional Analysis Report. Nogales, Arizona.
- Austin, T., Y. Begay, S. Biedenbender, R. Biggs, E. Boyle, E. Curiel, S. Davis, S. Detchet, T. Emmett, M. Farrell, R. Gerhart, W. Gillespie, P. Haessig, E. Holloway, M. Jenkins, L. Jones, D. Kriegel, R. Lefevre, M. Stamer, M. Lehew, A. Lynch, G. McKay, L. Peery, A. Peralta, J. Ruyle, J. Sautter, K. Schienle, S. Shafiqullah, C. Stetson, M. Vogel, L. White, C. Wilcox, J. York. 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, New Mexico. 279 p.
- AZMET The Arizona Meteorological Network. 2021. San Simon Station Data and Reports. Monthly Summary Data. Disponible en el URL: <https://cals.arizona.edu/azmet/37.htm>
- Binford, L. C. 1989. A distributional survey of the birds of the Mexican state of Oaxaca. *Ornithological Monographs* 43. American Ornithologists' Union, Washington, DC, USA.
- BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. 2019. Bird species distribution maps of the world. Version 2019.1. Disponible en el URL: <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>
- Birnie-Gauvin, K., K. Peiman, D. Raubenheimer y S. Cooke. 2017. Nutritional Physiology and Ecology of Wildlife in a Changing World. *Conservation Physiology* 5: 1–18.
- Bishop, R. A. 1964. The Mearns Quail (*Cyrtonyx montezumae mearnsi*) in southern Arizona. M.S. thesis, University of Arizona, Tucson, AZ, USA.

- Bishop, R. A. y C. R. Hungerford. 1965. Seasonal food selection of Arizona Mearns Quail. *Journal of Wildlife Management* 29: 812–819.
- Bristow, K. D. y R. A. Ockenfels. 2004. Pairing season habitat selection by Montezuma quail in southeastern Arizona. *Journal of Range Management* 57: 532–538.
- Brown, D. E. 1979. Factors influencing reproductive success and population densities in Montezuma quail. *The Journal of Wildlife Management* 43(2): 522–526. doi:10.2307/3800365
- Brown, R. L. 1982. Effects of livestock grazing on Mearns's quail in Southeastern Arizona. *Journal of Range Management*, 35: 727–732. doi: 10.2307/3898250
- Chavarria, P.M. 2013. Ecology of Montezuma quail in Southeast Arizona. Ph. D. Thesis, Texas A&M University. College Station, Texas, USA.
- Chavarria, P. M., A. Montoya, N. J. Silvy y R. R. Lopez. 2012. Impact of inclement weather on overwinter mortality of Montezuma quail in southeast Arizona. *Proceedings of the National Quail Symposium* 7: 346–351.
- Chavarria, P. M., N. J. Silvy, R. R. Lopez, D. S. Davis y A. Montoya. 2017a. Ranges and movements of Montezuma quail in southeast Arizona. *National Quail Symposium Proceedings* 8: 359–368.
- Chavarria, P. M., N. J. Silvy, R. R. Lopez, D. S. Davis y A. Montoya. 2017b. Survival demographics of Montezuma quail in southeast Arizona. *National Quail Symposium Proceedings* 8: 369–374.
- Corman, T. E. 2005. Montezuma Quail. 90–91 p. Corman, T. E., and C. Wise Gervais (Eds.), *Arizona Breeding Bird Atlas*. University of New Mexico Press. Albuquerque, NM.
- Devictor, V., R. Julliard y F. Jiguet. 2008. Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos* 117: 507–514. doi: 10.1111/j.0030-1299.2008.16215.x
- Eaton, E. R. y K. Kaufman. 2007. *Kaufman field guide to insects of North America*. Houghton Mifflin Harcourt. USA. 389 p.
- eBird. 2021. Mapa de distribución de la codorniz Moctezuma *Cyrtonyx montezumae* y de la codorniz ocelada *Cyrtonyx ocellatus*. Base de datos espacial. Disponible en el URL: <https://ebird.org/map>
- Fernández-López, M. A. 2015. Hábitos alimenticios de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en la época invernal en Tlaxco, Tlaxcala, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Edo. de México.

- Gallina-Tessaro, S. 2011. Técnicas para conocer la dieta. Págs. 215–235. En S. Gallina-Tessaro y C. López-González (eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. México.
- Gambo, A. y A. Da’u. 2014. Tiger Nut (*Cyperus esculentus*): Composition, products, uses and health benefits - A review. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences 7(1): 56–61. doi: 10.4314/bajopas.v7i1.11
- GAP/LANDFIRE National Terrestrial Ecosystems. 2011. U.S. Geological Survey Gap Analysis Project 20160513. U.S. Geological Survey. doi: 10.5066/F7ZS2TM0
- Gonzalez-Sanders, C. 2012. An evaluation of a presence-absence survey to monitor Montezuma quail in Western Texas. M.S. Thesis, College of Graduate Studies, Texas A&M University-Kingsville. Texas, USA.
- Google Earth. 2021. Google Earth. Versión 9.147.0.2. Apache License, Version 2.0. Disponible en el URL: <https://earth.google.com/web/>
- Gorrachategui, M. 1996. Alimentación de aves alternativas: codornices, faisanes y perdices. XII curso de especialización FEDNA. Madrid. Disponible en el URL: http://portal.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Alimentaci%C3%B3n_de_Aves_Alternativas.pdf
- Greene, C. D. 2011. Ecology of Montezuma quail in the Davis Mountains of Texas. M.S. Thesis. School of Agricultural and Natural Resource Sciences, Sul Ross State University. Alpine, Texas, USA.
- Gutiérrez, G. 1998. Estrategias de forrajeo. Págs. 359–381. En: R. Ardila, W. López, A.M. Pérez, R. Quiñones, y F. Reyes (Eds.). Manual de Análisis Experimental del Comportamiento. Madrid: Librería Nueva.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan, 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontología Electrónica 4(4): 9 pp. Disponible en el URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Harveson, L. A., T. H. Allen, F. Hernández, D. A. Holdermann, J. M. Mueller y M. S. Whitley. 2007. Montezuma Quail Ecology and Life History. 23–39 p. Brennan, L. (Ed.), Texas Quails. Ecology and Management. Texas A&M University Press. 1st. edition. USA.
- Harveson, L. A. y A. Guevara. 2010. Unraveling the Mysteries of Montezuma Quail. Borderlands News. Texas Wildlife Association: 26–27.
- Heredia-Rodríguez, L., M. Gaytán-Martínez, E. Morales-Sánchez, A. J. Garza-Juárez, V. Urias-Orona, B. E. González-Martínez, L. M. López-Cabanillas y J. A. Vázquez-Rodríguez.

2019. Nutritional and technological properties of Tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) cultivated in Mexican Northeast. *Czech Journal of Food Sciences* 37(1): 62–68.
- Hernandez, F., L. A. Harveson y C. E. Brewer. 2006. A comparison of trapping techniques for Montezuma quail. *Wildlife Society Bulletin* 34: 1212–1215. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[1212:ACOTTF]2.0.CO;2
- Hernández, F., E. A. Lozano-Cavazos, G. Chávez-León, D. García-Solórzano y L. A. Brennan. 2014. Codornices de México. Págs. 191–228. En: R. Valdez y J.A. Ortega, eds. *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Hernández-Téllez, M., G. D. Mendoza-Martínez, C. Zaragoza-Hernández, F. Clemente-Sánchez, L. A. Tarango-Arámbula y R. Valdez. 2005. Estimación de la capacidad nutricional de carga para *Cyrtonyx montezumae*. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica*, XV(1):27-32.
- Holdermann, D. A. 1993. Montezuma Quail Investigations. New Mexico Department of Game and Fish, Santa Fe, NM, USA.
- Inkley, D. B., M. G. Anderson, A. R. Blaustein, V. R. Burkett, B. Felzer, B. Griffith, J. Price y T. L. Root. 2004. Global climate change and wildlife in North America. *Wildlife Society Technical Review* 04-2. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA. 26 p.
- Irekani. 2021. Colección anexa de frutos y semillas (MEXU): [1136]. IREKANI, Instituto de Biología, UNAM. Disponible en el URL: <http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/69346?proyecto=Irekani>
- Johnsgard, P. A. 2017. Montezuma Quail. 62–70 p. En: *The North American Quails, Partridges, and Pheasants. Their Biology and Behavior*. School of Biological Sciences, University of Nebraska-Lincoln. Zea Books. Nebraska, USA.
- Julliard, R., F. Jiguet y D. Couvet. 2004. Common birds facing global changes: what makes a species at risk? *Global Change Biology* 10(1): 148–154. doi:10.1111/j.1365-2486.2003.00723.x
- Kaeslin, E., I. Redmond y N. Dudley. 2013. La fauna silvestre en un clima cambiante. Estudios FAO: Montes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 114 p.
- Kamees, L., T. Mitchusson y M. Gruber. 2008. New Mexico's Quail, Biology, Distribution and Management Recommendations. New Mexico Department of Game and Fish, Santa Fe, NM, USA.

- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, y F. Rubel. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15(3): 259–263. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130
- Lázaro, R., M. P. Serrano y J. Capdevila. 2005. Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: codornices. Sitio Argentino de Producción Animal. XXI curso de especialización FEDNA. Madrid. Disponible en el URL: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/producciones_avicolas_alternativas/51-codornices.pdf
- Leopold, A. S. y R. A. McCabe. 1957. Natural history of the Montezuma Quail in Mexico. *Condor* 59: 3–26.
- Lockwood, M. W. y B. Freeman. 2014. The Texas Ornithological Society Handbook of Texas Birds. Louise Lindsey Merrick Natural Environment Series, volume 47. Texas A&M University Press, College Station, TX, USA.
- López-Bujanda, O. E. 2019. Dieta invernal de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona y Nuevo México. Tesis de maestría. Universidad de Sonora. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Hermosillo, Sonora, México.
- Macías-Duarte, A., O. E. López-Bujanda, R. A. Castillo-Gámez, y A. B. Montoya. 2018. Winter Diet of the Montezuma Quail (*Cyrtonyx montezumae*) in Arizona and New Mexico. Sonora State University Technical Report No. UES-PIE-17-UAH-LE-04. Hermosillo, Sonora, México.
- Maier, M. J. 2014. DirchletReg: Dirichlet regression for compositional data in R. Research Report Series. Report 125. Institute for Statistics and Mathematics. Disponible en el URL: <http://statmath.wu.ac.at/>
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. 229–236 p. En Deevey E. S. (Ed), Growth by Intraspection. Ecological Essays in honor of G. E. Hutchinson. Transactions Connecticut Academy of Arts & Science.
- Mathur, S., J. M. Tomeček, A. Heniff, R. Luna y J. A. DeWoody. 2019. Evidence of genetic erosion in a peripheral population of a North American game bird: the Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*). *Conservation Genetics* 20: 1369–1381. doi: 10.1007/s10592-019-01218-9
- Mayr, E. 2006. Glosario. 269 p. Mayr, E. (Ed.), Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica. 1ra. edición. Katz editores. Argentina.
- Mesta, R., E. Fernández y O. Sánchez. 2011. La conservación y el manejo de codornices del norte de México. 49–191 p. En Sánchez, O., P. Zamorano, E. Peters y H. Moya (Eds.), Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. 1ra. edición, INESEMARNAT. México.

- Miller, L. 1943. Notes on the Mearns Quail. *Condor* 45: 104–109.
- Montoya-Gaviria, J. G. 2008. Modelos atmosféricos. Págs. 231–256. En: Lecciones de meteorología dinámica y modelamiento atmosférico. 1ra. edición. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Moreno-Contreras, I., A. Gatica-Colima y D. Venegas. 2015. New Montezuma Quail records from Chihuahua, Mexico. *Western Birds* 46: 339–342.
- Murphy, M. E. 1996. Nutrition and metabolism. 31–60 p. Carey, C. (Ed.), *Avian energetics and nutritional ecology*. 1st. edition. Chapman & Hall. Universidad de Michigan, USA.
- Murthy, K. y S. Emmanuel. 2011. Nutritional and Antinutritional Properties of the Underexploited Wild Legume *Rhynchosia bracteata* Benth. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 46(2): 141–146. doi: 10.3329/bjsir.v46i2.4488
- National Weather Service. 2021. Arizona, New Mexico, and Texas Climate. Monthly summarized data. Precipitation and average temperature. Disponible en el URL: <https://www.weather.gov/wrh/climate>
- Naturalista. 2021. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en el URL: <https://www.naturalista.mx/>
- Nelson, E. W. 1897. Preliminary descriptions of New Birds from Mexico and Guatemala in the Collection of the United States Department of Agriculture. *The Auk* 14(1): 42–76. doi:10.2307/4068520
- Nelson, E. W. 1900. Descriptions of thirty New North American Birds, in the Biological Survey Collection. *The Auk* 17(3): 253–270. doi:10.2307/4069117
- Newton. 1980. The role of food in limiting bird numbers. *Ardea* 68: 11–30.
- Oaster, E. A. 2018. Ecology of the Mearns Quail (*Cyrtonyx montezumae*) in the Capitan mountains of New Mexico. M.S. Thesis. Sul Ross State University. Alpine, Texas, USA.
- Ojasti J. y F. Dallmeier. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C.
- Peery, M. Z., R. J. Gutiérrez, R. Kirby, O. E. LeDee, y W. LaHaye. 2011. Climate change and spotted owls: potentially contrasting responses in the Southwestern United States. *Global Change Biology* 18(3): 865–880. doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02564.x
- Pérez Flores, J. G., J. Jaimez Ordaz y E. Contreras López. 2017. ¿Qué es un alimento funcional? *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI* 4(8). doi:10.29057/icbi.v5i8.2047

- Phillips, A. R. 1966. Further systematic notes on Mexican birds. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 86: 86–94, 103–112, 125–131, 148–159.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* 31(8): 583-590.
- Powell, A. M. 1998. *Trees and shrubs of the Trans-Pecos and adjacent areas*. 1st edition. University of Texas Press. USA. 517 p.
- QGIS Development Team. 2021. QGIS Geographic Information System. Software, Version 3.10 A Coruña. Open-Source Geospatial Foundation Project. Disponible en el URL: <https://qgis.org>
- Robbins, C. 1983. *Wildlife feeding and nutrition*. Academic Press, Inc. USA. 343 p.
- Rogers, P. 2003. *Forest resources of the Cibola National Forest*. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. New Mexico. 13 p.
- Romero-Sánchez, M. E. 2003. Determinación de la cantidad y calidad de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el Noroeste del estado de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Edo. de México.
- RStudio Team. 2021. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. Disponible en el URL: <http://www.rstudio.com/>
- Salas, E. A. L., V. A. Seamster, K. G. Boykin, N. M. Harings y K. W. Dixon. 2017. Modeling the impacts of climate change on Species of Concern (birds) in South Central U.S. based on bioclimatic variables. *AIMS Environmental Science* 4: 358–385. doi: 10.3934/environsci.2017.2.358
- Sanders, C. G., F. Hernández, L. A. Brennan, A. N. Tri y R. Pérez. 2017. A presence-absence survey to monitor Montezuma Quail in western Texas. *National Quail Symposium Proceedings* 8: 375–386.
- SEINet. 2021. Southwest Environmental Information Network, SEINet Arizona-New Mexico Chapter. Disponible en el URL: <https://swbiodiversity.org/seinet/>
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* 30 diciembre, 2010. Disponible en el URL: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Skipper, B. R., D. Kim y C. Morris. 2020. Seasonal Abundance and Nutritional Concentration of Grassland Arthropods. *Western North American Naturalist* 80(1): 19–27. doi: 10.3398/064.080.0103

- Snyder, H. A. 1995. Apache Goshawk conservation biology in southeast Arizona. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, AZ, USA.
- Stromberg, M. R. 1990. Habitat, movements, and roost characteristics of Montezuma Quail in southeastern Arizona. *Condor* 92: 229–236.
- Stromberg, M. R., A. B. Montoya y D. Holdermann. 2020. Montezuma Quail (*Cyrtonyx montezumae*), version 1.0. Birds of the World (P. G. Rodewald, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. doi: 10.2173/bow.monqua.01
- Tapia, J., S. Ibarra, G. D. Mendoza, C. Zaragoza, F. C. Sánchez y L. A. Tarango. 2002. Densidad poblacional de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en la región noroeste del Estado de México, México. *Veterinaria México* 33(3): 255–263.
- Titulaer, M. 2016. Selección de semillas y dieta invernal de aves de pastizal en el norte de México. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Trenberth K. E. y J. W. Hurrell. 2019. Climate change. 5–25 p. En Dunn P. O. y A. P. Møller (Eds.), *Effects of climate change on birds*. 2nd. edition. Oxford university press. USA.
- U. S. Department of Agriculture. 2011. Bulb preclearance program: identification manual. 1st ed. US Department of Agriculture. USA. 300 p.
- USGCRP. 2017. En D. J. Wuebbles, D. W. Fahey, K. A. Hibbard, D. J. Dokken, B. C. Stewart y T. K. Maycock (Eds.), *Climate science special report: Fourth National Climate Assessment, volume I*. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program. doi:10.7930/J0J964J6
- Vander-Lee, B., R. Smith y J. Bate. 2008. Ecological and biological diversity of National Forests in Region 3. Southwest Forest Assessment Project. The Nature Conservancy, Tucson, AZ.
- Verdugo, L. 2008. Nutrición, alimentación y digestión. Págs. 87–129. En M.L. Fanjul y M. Hiriart (Eds.), *Biología funcional de los animales. Volumen I. Una fisiología comparada metabólica y ambiental*. 2da. edición. Siglo XXI editores. México.
- Vigors, N. A. 1830. Notices on some new species of birds. *Zoological Journal* 5:273-275.
- Weber, C. W., R. B. Ariffin, G. P. Nabhan, A. Idouraine y E. A. Kohlhepp. 1996. Composition of sonoran desert foods used by Tohono O'Odham and Pima Indians. *Ecology of Food and Nutrition* 35(2): 95–104. doi: 10.1080/03670244.1996.999147
- Wei, T. y V. Simko. 2021. R Package 'corrplot'. Visualization of a Correlation Matrix. Version 0.90. Disponible en el URL: <https://github.com/taiyun/corrplot>

- Weiss, J., M. Crimmins, G. Garfin y P. Brown. 2016. El Niño 2015-2016: Will It Affect the Wildland Fire Season in Arizona? College of Agriculture & Life Sciences. Cooperative Extension. University of Arizona. Disponible en en URL: <https://cals.arizona.edu/research/climategem/sites/cals.arizona.edu.research.climategem/files/el-ni%C3%B1o-2015-2016-wildland-fire.pdf>
- Williford, D., R. W. DeYoung y L. A. Brennan. 2017. Molecular Ecology of New World Quails: Messages for Managers. In National Quail Symposium Proceedings 8(20): 37–56.
- Wrede, J. 2010. Trees shrubs, and vines of the Texas Hill Country. Texas A & M press. College Station, Texas.
- Zaragoza-Hernández, C. 2001. Caracterización del hábitat y composición de la dieta de la Codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el noroeste del Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México.

X. APÉNDICES

Apéndice 1. Composición proximal (%) de humedad (H), proteína cruda (PC), grasa cruda (GC), fósforo (P), calcio (Ca), carbohidratos (CH) y el valor calórico (E) de algunos alimentos de *C. montezumae*.

Composición proximal ¹ y mineral								
Alimento	H	PC	GC	P	Ca	CH	E (Kcal/g)	Fuente
Bulbos de <i>Oxalis</i> spp.	31.51	8.86	2.43	0.23	0.26	74.60		Arizona Quail Alliance, 2004
Frijoles téparis <i>Phaseolus acutifolius</i>	7.41	20.50	1.52	0.39	0.30	49.46	3.28	Weber <i>et al.</i> , 1996; Arizona Quail Alliance, 2004; Heredia-Rodríguez <i>et al.</i> , 2019
Frijol silvestre <i>Rhynchosia bracteata</i>	12.36	21.18	6.16	0.78	0.35	58.92	3.69	Murthy y Emmanuel, 2011
Tubérculo de <i>Cyperus esculentis</i>	3.50	7.15	32.13	0.12	0.16	46.99	3.21	Gambo y Da'ú, 2014
Bellota <i>Quercus emoryi</i>	2.60	21.10	24.80			41.60	4.74	Weber <i>et al.</i> , 1996
Granos de <i>Panicum sonorum</i>	7.7	8.9	4.6			42.5	2.47	Weber <i>et al.</i> , 1996
Bulbos de <i>Allium</i> spp.	88.4	2.6	0.3			5.7	0.36	Weber <i>et al.</i> , 1996
Saltamonte <i>Melanoplus</i> spp.	69.16	76	6.74	0.79	0.27		5.31	Skipper <i>et al.</i> , 2020

¹Porcentaje en base al peso seco

Apéndice 2. Porcentajes de peso seco de los alimentos encontrados dentro de los buches de *C. montezumae* en Arizona (AZ), Nuevo México (NM) y Texas (TX).

Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
Alimentos de origen vegetal						
<i>Quercus</i> spp.	Fagaceae	Bellota	7.165		0.941	5.047
<i>Oxalis</i> spp.	Oxalidaceae	Bulbo	35.220		10.558	26.474
<i>Allium</i> spp.	Amaryllidaceae	Bulbo			5.365	1.504
<i>Cyperus</i> spp.	Cyperaceae	Bulbo	12.612	64.135	6.615	13.611
<i>Cyperus</i> spp.	Cyperaceae	Rizoma	18.310	2.165	33.293	21.670
<i>Cyperus fendlerianus</i>	Cyperaceae	Semilla	0.092	0.189	0.163	0.117
<i>Cyperus esculentus</i>	Cyperaceae	Semilla	< 0.001			< 0.001
<i>Cyperus</i> spp.	Cyperaceae	Semilla	0.013		0.060	0.026
<i>Phaseolus acutifolius</i>	Fabaceae	Semilla	6.504			4.342
<i>Calliandra humilis</i>	Fabaceae	Semilla	0.005		0.092	0.029
<i>Calliandra eriophylla</i>	Fabaceae	Semilla	0.048		0.213	0.092
<i>Crotalaria pumila</i>	Fabaceae	Semilla	0.003	0.028		0.003
<i>Crotalaria sagittalis</i>	Fabaceae	Semilla	0.004			0.003
<i>Dalea</i> spp.	Fabaceae	Semilla	0.027		0.002	0.018
<i>Desmanthus</i> sp.	Fabaceae	Semilla	0.038			0.025
<i>Desmodium</i> spp.	Fabaceae	Semilla	0.185		0.004	0.125
<i>Lotus</i> sp.	Fabaceae	Semilla	0.001			< 0.001
Especie		Estructura	Porcentaje de peso seco			

	Familia, orden o grupo		AZ	NM	TX	Total
<i>Lupinus neomexicanus</i>	Fabaceae	Semilla	0.138		2.813	0.880
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cactaceae	Semilla	0.002		2.602	0.731
<i>Macroptilium</i> sp.	Fabaceae	Semilla	0.151	15.815		0.923
<i>Rhynchosia senna</i>	Fabaceae	Semilla	0.110		15.897	4.530
<i>Tephrosia vicioides</i>	Fabaceae	Semilla	0.072			0.048
<i>Vicia</i> spp.	Fabaceae	Semilla	0.009		0.171	0.054
<i>Zornia reticulata</i>	Fabaceae	Semilla	0.066			0.044
<i>Commelina dianthifolia</i>	Commelinaceae	Semilla	0.454		1.077	0.605
<i>Hexasepalum teres</i>	Rubiaceae	Semilla	1.917	1.410		1.353
<i>Acalypha phleoides</i>	Euphorbiaceae	Semilla	0.085	0.005	0.008	0.059
<i>Acalypha ostryifolia</i>	Euphorbiaceae	Semilla	0.388			0.259
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	Semilla			0.048	0.014
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Euphorbiaceae	Semilla	1.860			1.242
<i>Euphorbia dentata</i>	Euphorbiaceae	Semilla		0.638		0.033
<i>Euphorbia cyathophora</i>	Euphorbiaceae	Semilla			2.047	0.574
<i>Euphorbia setiloba</i>	Euphorbiaceae	Semilla			0.001	< 0.001
<i>Tragia</i> sp.	Euphorbiaceae	Semilla	0.013		0.262	0.082
<i>Ipomoea cristulata</i>	Convolvulaceae	Semilla	0.390	0.170	0.170	0.317
<i>Ipomoea</i> spp.	Convolvulaceae	Semilla	0.078	0.234	0.008	0.066
<i>Aristida</i> sp.	Poaceae	Semilla			0.004	0.001
<i>Eriochloa acuminata</i>	Poaceae	Semilla	1.147		< 0.001	0.766
<i>Panicum hirticaule</i>	Poaceae	Semilla	0.085			0.057

Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
<i>Panicum hallii</i>	Poaceae	Semilla		10.110	12.237	3.957
<i>Paspalum setaceum</i>	Poaceae	Semilla	3.503			2.339
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	Poaceae	Semilla	0.343		2.364	0.892
<i>Setaria</i> spp.	Poaceae	Semilla	0.344		0.301	0.314
<i>Amaranthus palmeri</i>	Amaranthaceae	Semilla	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001
<i>Anoda cristata</i>	Malvaceae	Semilla	0.049	0.432	0.009	0.058
<i>Sida</i> sp.	Malvaceae	Semilla			0.046	0.013
<i>Talinum paniculatum</i>	Talinaceae	Semilla	0.005			0.003
<i>Talinum aurantiacum</i>	Talinaceae	Semilla	0.006	0.017	0.004	0.005
<i>Aeschynomene americana</i>	Fabaceae	Semilla	0.006			0.004
<i>Chamaecrista serpens</i>	Fabaceae	Semilla	0.008			0.005
<i>Chenopodium neomexicanum</i>	Amaranthaceae	Semilla	0.001			< 0.001
<i>Chilopsis linearis</i>	Bignoniaceae	Semilla	0.629			0.420
<i>Dipterostemon capitatus</i>	Asparagaceae	Semilla	0.030			0.020
<i>Evolvulus</i> sp.	Convolvulaceae	Semilla	0.010			0.006
<i>Glandularia</i> sp.	Verbenaceae	Semilla			0.006	0.002
<i>Helianthus ciliaris</i>	Asteraceae	Semilla			0.369	0.103
<i>Heterosperma pinnatum</i>	Asteraceae	Semilla	0.002	0.415		0.023
<i>Kallstroemia grandiflora</i>	Zygophyllaceae	Semilla	0.609	3.794		0.604

Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
<i>Lithospermum sp.</i>	Boraginaceae	Semilla	0.005		0.007	0.005
<i>Parthenocissus inserta</i>	Vitaceae	Semilla	0.016			0.011
<i>Physalis spp.</i>	Solanaceae	Semilla	0.001			< 0.001
<i>Cymopterus lemmonii</i>	Apiaceae	Semilla	< 0.001			< 0.001
<i>Tithonia thurberi</i>	Asteraceae	Semilla	0.262			0.175
<i>Vitis arizonica</i>	Vitaceae	Semilla	0.263			0.175
<i>Yabea microcarpa</i>	Apiaceae	Semilla	0.001			< 0.001
<i>Yucca elata</i>	Asparagaceae	Semilla			0.011	0.003
<i>Commicarpus scandens</i>	Nyctaginaceae	Fruto	0.202			0.135
<i>Mentzelia aspera</i>	Loasaceae	Semilla	0.071			0.048
<i>Portulaca sp.</i>	Portulacaceae	Semilla	< 0.001			< 0.001
<i>Solanum citrullifolium</i>	Solanaceae	Semilla			0.117	0.016
<i>Phaseolus sp.</i>	Fabaceae	Semilla	0.024			0.008
<i>Cercocarpus sp.</i>	Rosaceae	Semilla			0.160	0.045
<i>Physalis spp.</i>	Solanaceae	Fruto	0.455			0.304
Fabaceae 1	Fabaceae	Semilla	0.012			0.007
Fabaceae 2	Fabaceae	Vaina	0.087	0.118		0.065
Fabaceae 3	Fabaceae	Semilla	0.011			0.007
Fabaceae 4	Fabaceae	Semilla	0.616			0.411
Fabaceae 5	Fabaceae	Semilla			0.048	0.013
Poaceae 1	Poaceae	Semilla	0.032			0.021
Poaceae 2	Poaceae	Semilla	0.001			< 0.001
Convolvulaceae	Convolvulaceae	Semilla	0.003			0.001

Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
Solanaceae 1	Solanaceae	Semilla	0.001			0.001
Solanaceae 2	Solanaceae	Fruto	0.165			0.110
Euphorbiaceae	Euphorbiaceae	Semilla			0.011	0.003
Acanthaceae	Acanthaceae	Semilla			0.003	0.001
Semillas no identificadas	Spermatophyta	Semillas	0.754		0.256	0.575
Fruto no identificado	Spermatophyta	Fruto	0.001			< 0.001
Hojas no identificadas	Spermatophyta	Hoja	0.046		0.018	0.036
Estructuras no identificadas	Embryophyta	Estructura vegetal	0.460		0.007	0.328

Alimentos de origen animal

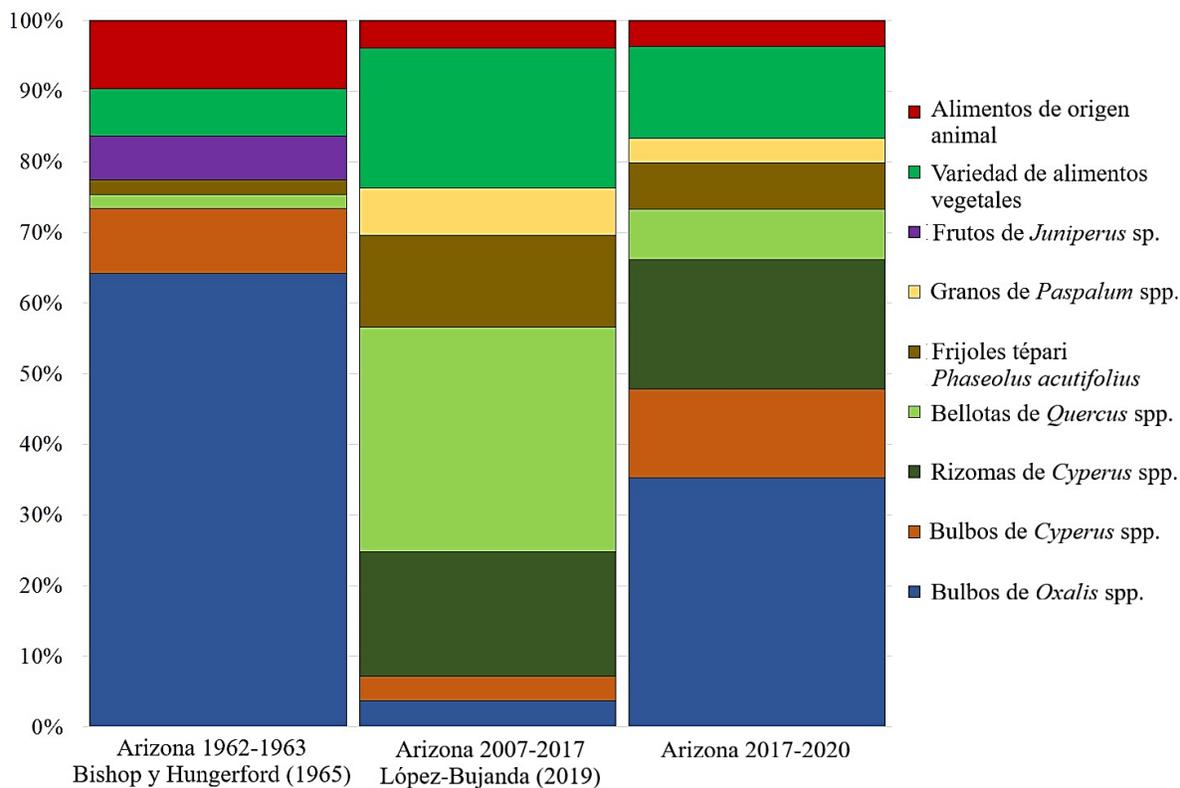
<i>Melanoplus femurrubrum</i>	Acrididae (Orthoptera)	Insecto	0.030			0.020
<i>Melanoplus lakinus</i>	Acrididae (Orthoptera)	Insecto	0.594		0.443	0.521
<i>Melanoplus sanguinipes</i>	Acrididae (Orthoptera)	Insecto			0.353	0.099
<i>Melanoplus</i> spp.	Acrididae (Orthoptera)	Insecto	0.205		0.008	0.139
Chapulín	Orthoptera	Huevo/ooteca	1.704		0.121	1.172
<i>Cuerna arida</i>	Cicadellidae (Hemiptera)	Insecto	0.024		0.026	0.023
<i>Catorhintha selector</i>	Coreidae (Hemiptera)	Insecto	0.010			0.006
<i>Holcostethus limbolarius</i>	Pentatomidae (Hemiptera)	Insecto			0.063	0.018

Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
<i>Pangaeus bilineatus</i>	Cydnidae (Hemiptera)	Insecto	0.016			0.011
<i>Lobiopa falli</i>	Nitidulidae (Coleoptera)	Insecto	0.003			0.002
<i>Disonycha glabrata</i>	Chrysomelidae (Coleoptera)	Insecto	0.022			0.015
<i>Amara</i> sp.	Carabidae (Coleoptera)	Insecto	0.082			0.055
<i>Harpalus pensylvanicus</i>	Carabidae (Coleoptera)	Insecto	0.023			0.016
<i>Harpalus</i> sp.	Carabidae (Coleoptera)	Insecto			0.031	0.009
<i>Philodes</i> sp.	Carabidae (Coleoptera)	Insecto	0.009	0.016	0.009	0.010
<i>Eusattus</i> sp.	Tenebrionidae (Coleoptera)	Insecto			0.094	0.026
<i>Phaedon</i> sp.	Chrysomelidae (Coleoptera)	Insecto	0.003			0.002
<i>Zygogramma tortuosa</i>	Chrysomelidae (Coleoptera)	Insecto	0.095			0.064
<i>Gryllus pennsylvanicus</i>	Gryllidae (Orthoptera)	Insecto	0.009			0.006
Chinche	Hemiptera	Insecto		0.019		0.001
Carábido	Carabidae (Coleoptera)	Insecto	0.001	0.083		0.005
Nitidúlido	Nitidulidae (Coleoptera)	Insecto			0.004	0.001
Coleóptero 1	Coleoptera	Insecto	0.002			0.001
Coleóptero 2	Coleoptera	Insecto	0.001			< 0.001

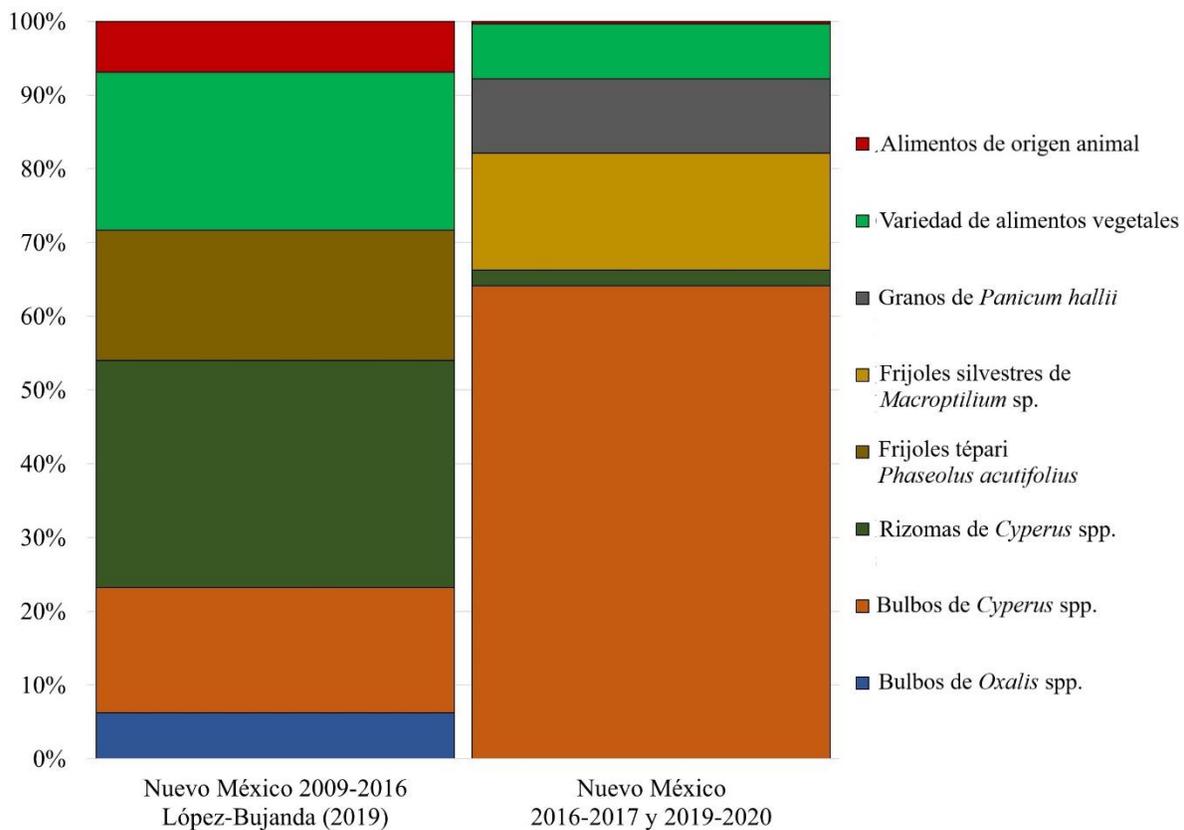
Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
Coleóptero 3	Coleoptera	Insecto	< 0.001			< 0.001
Coleóptero 4	Coleoptera	Insecto			0.001	< 0.001
Himenóptero	Hymenoptera	Insecto		0.055		0.002
Hormiga 1	Formicidae (Hymenoptera)	Insecto	< 0.001			< 0.001
Hormiga 2	Formicidae (Hymenoptera)	Insecto	0.001			< 0.001
Hormiga 3	Formicidae (Hymenoptera)	Insecto		0.007		< 0.001
Termitas	Termitoidea (Blattodea)	Insecto	0.006		0.186	0.056
Insectos no identificados	Insecta	Insecto	0.014		0.003	0.005
Larva de Therevidae	Therevidae (Diptera)	Larva	0.023			0.015
Larvas dípteras	Diptera	Larva	0.004			0.003
Orugas	Lepidoptera	Larva	0.070			0.062
Larva de tenebriónido	Tenebrionidae (Coleoptera)	Larva	0.015	0.136	0.009	0.020
Larva de carábido	Carabidae (Coleoptera)	Larva			0.009	0.002
Larva de coleóptero	Coleoptera	Larva	0.010		0.002	0.007
Larvas no identificadas	Insecta	Larva	0.610	0.005	0.172	0.440
Pupas	Insecta	Pupa			0.001	< 0.001
<i>Orthoporus</i> sp.	Spirostreptidae (Diplopoda)	Adulto	0.055		0.078	0.059

Especie	Familia, orden o grupo	Estructura	Porcentaje de peso seco			
			AZ	NM	TX	Total
<i>Zonitoides arboreus</i>	Gastrodontidae	Adulto	0.006			0.004
<i>Curicaberis</i> sp.	Sparassidae (Araneae)	Adulto	0.022			0.015
<i>Carios</i> sp.	Argasidae (Ixodida)	Adulto	0.001			< 0.001
Ácaro rojo	Arachnida	Adulto		0.002		< 0.001
Araña 1	Araneae	Adulto	0.001			< 0.001
Pseudoscorpión	Neobisiidae	Adulto	< 0.001			< 0.001
Artrópodo 1	Arthropoda	Patas	0.003			0.001
Vertebrado 1	Vertebrata	Huesos	0.018			0.012
Estructuras no identificadas			0.081			0.054

Apéndice 3. Variación en el tiempo de la composición de la dieta invernal (en porcentaje) de la codorniz Moctezuma en Arizona. Los datos históricos fueron tomados de Bishop y Hungerford (1965) y López-Bujanda (2019).



Apéndice 4. Variación en el tiempo de la composición de la dieta invernal (en porcentaje) de la codorniz Moctezuma en Nuevo México. Los datos de composición de la dieta del 2009-2016 se tomaron de López-Bujanda (2019).



Apéndice 5. Variación de los principales grupos de alimentos en la dieta (porcentaje) de la codorniz Moctezuma según el sitio y la temporada en el norte de su distribución.

