



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-
TABASCO-VERACRUZ

CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

POSTGRADO EN
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

**CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT Y DETERMINACIÓN DE LA DIETA DE LA
LECHUZA LLANERA (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) EN EL
CENTRO-NORTE DE MÉXICO.**

LARISA ALHELÍ VELASCO BAUTISTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIAS

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México
Enero, 2020

La presente tesis, titulada: **CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT Y DETERMINACIÓN DE LA DIETA DE LA LECHUZA LLANERA (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO**, realizada por la alumna **Larisa Alhelí Velasco Bautista**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

CONSEJO PARTICULAR

**CONSEJERO:
(DIRECTOR DE TESIS)**



Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula

ASESOR:



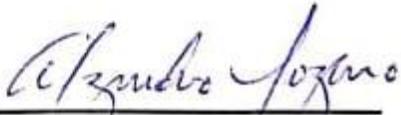
Dr. Genaro Olmos Oropeza

ASESOR:



Dr. Juan Felipe Martínez Montoya

ASESOR:



Dr. Eloy Alejandro Lozano Cavazos

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí
Enero, 2020

CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT Y DETERMINACIÓN DE LA DIETA DE LA LECHUZA LLANERA (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO.

**Larisa Alhelí Velasco Bautista, MC
Colegio de Postgraduados, 2020**

RESUMEN

La lechuza llanera (*Athene cunicularia*) es un ave de presa del orden strigiformes, se distribuye desde el sur de Canadá hasta Sudamérica, habita pastizales y matorrales con arbustos de baja altura. La disminución de su hábitat por diversas causas ha afectado sus poblaciones; en México, la subespecie *hypugaea*, forma parte de la NOM-059 en la categoría de protección especial. Por ello, los objetivos de este estudio fueron: caracterizar el hábitat de la lechuza llanera (*Athene cunicularia hypugaea* B) y determinar la composición de su dieta en el centro-norte de México. La búsqueda de lechuzas y la recolecta de egagrópilas se realizó durante mayo a diciembre de 2018. La caracterización de hábitat se realizó de octubre a diciembre del mismo año. En los sitios donde se localizaron ejemplares, se caracterizó el hábitat y se recolectaron egagrópilas, las cuales fueron colocadas en cajas Petri y transportadas al laboratorio del Campus San Luis Potosí del Colegio de Postgraduados. En los estados estudiados se encontraron 10 sitios con presencia de lechuza, se localizaron 32 madrigueras activas: 13 en San Luis Potosí, 3 en Zacatecas, 8 en Durango y 8 en Coahuila. Las variables que explican la presencia de la lechuza fueron: a) origen de la cavidad, b) altura de la entrada de la madriguera, c) diámetro de entrada, d) visibilidad, e) porcentaje de cobertura de rocas y f) porcentaje de cobertura de material leñoso. Las variables que influyeron en la selección de las madrigueras fueron la altura y el ancho de la entrada, la altura del montículo, el porcentaje de cobertura de pastos y del material leñoso. Se recolectaron 79 egagrópilas con un largo, ancho y peso promedio de 26.73 ± 6.8 , 12.82 ± 2.29 mm y 0.95 ± 0.44 g, respectivamente. En éstas se registraron principalmente restos de insectos pertenecientes a los órdenes Coleoptera (75%), Hymenoptera (11%) Orthoptera (5%). La información generada sobre el hábitat y la dieta de la lechuza contribuye al conocimiento de la especie en el sur del desierto Chihuahuense.

Palabras clave: conservación, madrigueras, egagrópilas.

CHARACTERIZATION OF THE HABITAT AND DETERMINATION OF THE DIET OF THE BURROWING OWL (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) IN THE CENTER-NORTH OF MEXICO.

Larisa Alhelí Velasco Bautista, MC

Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

The burrowing owl (*Athene cunicularia*) is a bird of prey of the strigiform order, it is distributed from southern Canada to South America, inhabits grasslands and thickets with low-rise shrubs. The decrease of their habitat due to various causes has affected their populations; In Mexico, the subspecies *hypugaea* is part of NOM-059 in the category of special protection. Therefore, the objectives of this study were: to characterize the habitat of the burrowing owl and determine the composition of its diet in central northern Mexico. The search for owls and the collection of egagrópilas was carried out during May to December 2018. The characterization of the habitat was carried out from October to December of the same year. At the sites where owls were located, the habitat was characterized, egagropylys were collected and placed in Petri dishes and transported to the San Luis Potosí del Colegio Campus laboratory Postgraduate. 10 sites with the presence of an owl were found, 32 active burrows were located; San Luis Potosí (13 burrows), Zacatecas (3 burrows), Durango (8 burrows) and Coahuila (8 burrows). The variables that explain the presence of the owl in the areas studied were: a) origin of the cavity, b) height of the entrance of the burrow, c), the diameter of the entrance, d) visibility, e) rock cover and f) woody material. The variables that influenced the selection of burrows were the height and width of the burrow entrance, the height of the mound, grass cover and woody material. 79 egagropiles were collected with an average length, width and weight of 26.73 ± 6.8 , 12.82 ± 2.29 mm and 0.95 ± 0.44 g, respectively. In these, mainly the remains of people belonging to the orders Coleoptera (75%), Hymenoptera (11%) Orthoptera (5%) were registered. The information generated about the owl's habitat and diet contributes to the knowledge of the species in the southern Chihuahuan Desert.

Keywords: conservation, burrow, pellet

DEDICATORIA

A todas las personas que confiaron en mí

AGRADECIMIENTOS

Al ser supremo, por permitirme cumplir una meta más.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí** por haberme aceptado para realizar mis estudios de maestría.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca otorgada.

Al **Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula**, por haber aceptado fungir como mi consejero, por su confianza y apoyo, por el tiempo dedicado a la realización de este trabajo, por todos los consejos y por su paciencia.

Al **Dr. Genaro Olmos Oropeza**, por sus valiosos comentarios para la mejora constante de la investigación.

Al **Dr. Juan Felipe Martínez Montoya**, por sus comentarios para mejorar el presente trabajo, por animarme a cambiar de tema de investigación.

Al **Dr. Alejandro Lozano Cavazos**, por sus sugerencias y correcciones del presente trabajo.

Al **Dr. Jorge Palacio Núñez**, por aceptar fungir como sinodal y por sus comentarios para mejorar el trabajo.

Al **Dr. Saúl Ugalde Lezama**, por brindarme su apoyo y conocimientos desinteresadamente.

Al **Dr. Jesús Romero Nápoles**, por su valioso apoyo en la identificación de los componentes de la dieta.

Al **Dr. Ricardo Vásquez Aldape** por apoyarme en la identificación de plantas y a iniciar esta aventura.

Al **Dr. José Hugo Martínez Guerrero**, por acompañarnos y mostrarnos sitios potenciales en el estado de Durango, México.

Al **Ing. Isaías Cedillo Martínez**, por su valioso apoyo durante la fase de campo, por hacer amena cada salida con sus ocurrencias.

Al **Dr. Víctor Manuel Ruiz Vera** y al **Lic. Miguel Ángel Espinoza** por las facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto.

Al **M.C. Emanuel Pineda Pérez** por proporcionarme información sobre los sitios de estudio en Coahuila, México

A los **M.C. Juan Carlos Hernández Barbosa**, y **Javier Rafael Valdez**, por apoyarme y ayudarme en algunas salidas a campo.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por permitirme hospedarme en las instalaciones del Rancho Experimental "Los Ángeles".

A **Diana Italiby Hernández Bustos** por todo el apoyo recibido durante mi estancia en Salinas.

A la **Dirección General de Vida Silvestre** (SEMARNAT) por emitir el permiso de colecta científica para la realización de esta investigación

Al personal de la subdirección de Educación del Campus San Luis Potosí, **Dra. Brenda I. Trejo Téllez, Norma Angélica Morales Palacios y Lic. Alejandra Garza Vázquez.**

A **Leticia Morales Palacios** y a **Clara Tovar** por su gran apoyo.

A **todos los ejidatarios** que proporcionaron información sobre avistamientos de la lechuga llanera, especialmente al **Sr. Juan Bautista y familia** de Yoliatl y **Ruperto Morales y familia** del ejido El Gallo, por su hospitalidad y confianza.

A mi querido amigo **Carlos Courtade Pedrero**, por todo su apoyo desde el inicio de este proyecto, por brindarme su confianza y cariño, por preocuparse por mí y abrirme las puertas de su casa D.E.P.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	ix
LITERATURA CITADA	3
CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT DE LA LECHUZA LLANERA (<i>Athene cunicularia hypugaea</i> Bonaparte, 1825) EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO.	5
1.1 RESUMEN	5
1.2 ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3 INTRODUCCIÓN.....	7
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
1.4.1. Área de estudio.....	10
1.4.2. Localización de madrigueras.....	122
1.4.3. Caracterización del hábitat.....	133
1.4.4. Análisis estadísticos.....	144
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	166
1.6. CONCLUSIONES.....	299
1.7. LITERATURA CITADA.....	30
CAPÍTULO 2. DIETA DE LA LECHUZA LLANERA (<i>Athene cunicularia hypugaea</i> Bonaparte, 1825) EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO.	39
2.1. RESUMEN.....	39
2.2. ABSTRACT.....	40
2.3. INTRODUCCIÓN.....	41
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
2.4.1. Área de estudio.....	42
2.4.2. Recolecta de egagrópilas.....	43
2.4.3. Análisis de datos.....	44
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
2.6. CONCLUSIONES.....	55
2.7. LITERATURA CITADA.....	56
2.8. CONCLUSIONES GENERALES	62
2.9. ANEXOS	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1	Características de las áreas de estudio en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.	10
Cuadro 1.2	Variables y método de evaluación utilizados para la caracterización del hábitat.	13
Cuadro 1.3	Claves y rangos de las variables utilizadas en el Análisis de Correspondencias Simples (ACS).	15
Cuadro 1.4	Localización de madrigueras de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> en el centro-norte de México.	17
Cuadro 1.5	Medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas en el hábitat de la lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>).	18
Cuadro 1.6	Resultado del ACP de las variables evaluadas en el hábitat de la lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.	19
Cuadro 1.7	Resultado del Análisis de Regresión Poisson utilizado para identificar la asociación entre variables del hábitat y la presencia de <i>A. c. hypugaea</i> B. en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas México.	20
Cuadro 1.8	Medias y desviaciones estándar de la cobertura del suelo y densidad de plantas (individuos ha ⁻¹) en sitios con madrigueras y aleatorios en el hábitat de la lechuza llanera en el centro-norte de México.	22
Cuadro 1.9	Resultados del análisis de Kruskal-Wallis de los sitios con madrigueras y aleatorios en el hábitat de la lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México	25
Cuadro 1.10	Especies de plantas registradas en el hábitat de la lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.	26
Cuadro 2.1	Clasificación de las medidas (largo y ancho) y peso de las egagrópilas de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México	45

Cuadro 2.2	Número de egagrópilas de <i>A. c. hypugaea</i> recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México, de junio a diciembre de 2018.	47
Cuadro 2.3	Media y desviaciones estándar de las dimensiones y peso de las egagrópilas de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.	48
Cuadro 2.4	Frecuencia absoluta y frecuencia relativa de observación de las presas presentes en las egagrópilas de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México recolectadas de junio-diciembre de 2018.	49
Cuadro 2.5	Resultados del análisis de Kruskal-Wallis del largo, ancho y peso de las egagrópilas de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Distribución de la lechuza llanera (<i>Athene cunicularia</i>) en Norteamérica (Valdéz, 2014).	7
Figura 1.2	Ubicación de los sitios de muestreo en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.	11
Figura 1.3	Hábitat de la lechuza llanera (<i>A. c. hypugaea</i>) en el municipio de Vanegas, San Luis Potosí, México	12
Figura 1.4	Medición de altura, ancho de la entrada y altura del montículo de una madriguera de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> .	14
Figura 1.5	Representación gráfica del Análisis de Correspondencias Simples de las variables que resultaron significativas en el Análisis de Regresión Poisson.	23
Figura 1.6	Frecuencia de las familias de plantas registradas en los sitios con presencia de lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México	25
Figura 1.7	Frecuencia de las familias de plantas registradas en los sitios con presencia de lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.	26
Figura 2.1	Sitios de recolecta de egagrópilas de lechuza llanera (<i>Athene cunicularia hypugaea</i>).	43
Figura 2.2	Recolección (A y B) y medición de egagrópila de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> .	44
Figura 2.3	Representación del Análisis de Correspondencias Canónicas para el largo, ancho y peso de las egagrópilas de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> y el contenido de presas presentes en ellas.	52
Figura 2.4	Curvas de rarefacción para la riqueza de especies de presas encontradas en las egagrópilas de <i>Athene cunicularia hypugaea</i> recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México, durante el verano y otoño 2018.	53

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las aves rapaces o de presa desempeñan un papel ecológico importante en los ecosistemas, debido a que ocupan el último nivel de la cadena trófica (Márquez *et al.*, 2005) regulan las poblaciones de roedores, lagomorfos e insectos, entre otros (Brown y Amadon, 1968; Sergio *et al.*, 2008). Asimismo, a nivel mundial, las aves de presa se consideran como especies "sombrija" en las estrategias de conservación (Simberloff, 1987).

Por otra parte, las aves de pastizal, especies que se han adaptado y dependen de pastizales durante una parte o todo su ciclo de vida (Vickery *et al.*, 1999), han sufrido una drástica disminución de sus poblaciones durante los últimos 100 años (Peterjohn y Sauer, 1999) debido principalmente a que los pastizales son los ecosistemas más afectados por actividades antrópicas.

Existen dos grupos de aves de pastizal: las obligadas y las facultativas. Las obligadas dependen completamente de los pastizales, mientras que las facultativas utilizan una gama más amplia de hábitats (Vickery *et al.*, 1999). La lechuza llanera (*Athene cunicularia*) es una de las 59 especies identificadas como obligadas de pastizal y se distribuye desde el sur de Canadá hasta Sudamérica (Coloumbe, 1971), habita áreas abiertas con arbustos de poco crecimiento que le proveen visibilidad para detectar a depredadores y presas (Buchanan, 1997).

En México, se han realizado estudios que describen el hábitat de la lechuza llanera; por ejemplo, Rodríguez-Estrella y Ortega-Rubio (1993) reportaron que las madrigueras de la lechuza se asociaron a vegetación compuesta por gobernadora (*Larrea* spp.), ocotillo (*Fouquieria* spp) y maguey (*Agave* spp). Por otro lado, Cruz-Nieto (2006) reportó, en el Llano La Soledad Nuevo León, que 80% del suelo descrito para una colonia estuvo desprovisto de cobertura y la diversidad vegetal consistió de 33 especies; 6 de ellas gramíneas y las otras hierbas y arbustos.

En cuanto a los hábitos dietarios Rodríguez-Estrella (1997) reportó que, en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, 85.5 % fueron invertebrados. Cruz-Nieto (2006) encontró que la dieta invernal consistió de 85.3% de insectos, principalmente especies pertenecientes a las familias Carabidae, Acrididae, Scarabidae, Curculionidae, Cerambycidae y Tenebrionidae.

La lechuza llanera prefiere hábitats aledaños a las áreas agrícolas, por lo que, el control de plagas de los cultivos por medios químicos la afecta en la disponibilidad baja de presas (Klute *et al.*, 2003) y por consumir presas contaminadas (Sheffield, 1997).

Esta especie se ha incluido en alguna categoría de riesgo: en Canadá, desde 2006 el Committee on the Status of Endangered Wildlife la clasificó en peligro (Cosewic, 2006); algunos estados de Estados Unidos la catalogan como especie en peligro (Klute *et al.*, 2003), mientras que en México la NOM-059-semarnat-2010 la ubica como una especie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2010).

Conocer los requerimientos de hábitat y dietarios de las especies enlistadas bajo alguna categoría de riesgo es importante para implementar estrategias de conservación efectivas. Por ello, los objetivos de este estudio fueron: 1) Caracterizar el hábitat de la lechuza llanera en el centro-norte de México y 2) Determinar la composición de su dieta en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México. La información generada será de utilidad para establecer estrategias de manejo y conservación de la especie en los pastizales mexicanos.

LITERATURA CITADA

- Brown, L. y Amadon D. (1968). *Eagles, hawks, and falcons of the world*. New Jersey, USA Wellfleet Press. Seraucus.
- Buchanan, J. T. (1997). *A spatial analysis of the burrowing owl (*Speotyto cunicularia*) population in Santa Clara County, California, using a geographic information system*. Reporte Técnico General. US Forest Service. Recuperado de <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/15433>
- Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC). (2006). Assessment and update status report on Burrowing owl *Athene cunicularia* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa.
- Coulombe, H. N. (1971). Behavior and population ecology of the burrowing owl, *Speotyto cunicularia*, in the Imperial Valley of California. *The Condor*, 73(2), 162-176.
- Cruz-Nieto, M. A. (2006). *Ecología invernal de la lechuza llanera (*Athene cunicularia*), en los pastizales ocupados por el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), Galeana, Nuevo León, México*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Klute, D. S., Ayers, L.W., Green, M. T., Howe, W.H., Jones, S.I., (2003). *Status Assessment and Conservation Plan for the Western burrowing Owl in the United States*. U.S. Department of Interior, Fish & Wildlife Service, Biological Technical Publication FWS/BTP-R6001-2003, Washington, D.C.
- Márquez, C., Bechard, M., Gast, F., y Vanegas, V. H. (2005). *Aves rapaces diurnas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá DC, Colombia.
- Peterjohn, B. G., y Sauer, J. R. (1999). Population status of North American grassland birds from the North American breeding bird survey. *Studies in Avian Biology*, 19, 27-44.
- Rodríguez-Estrella R. (1997). Nesting sites and feeding habits of the Burrowing owl in the Biosphere Reserve of Mapimi, Mexico *Journal of Raptor Research*. 9, 99-106.
- Rodríguez-Estrella, R., y Ortega-Rubio, A. (1993). Nest site characteristics and reproductive success of burrowing owls (Strigiformes: Strigidae) in Durango, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 41(1), 143-148.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Norma Oficial Mexicana-059). (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. Poder ejecutivo Federal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 30 diciembre de 2010.

- Sergio, F., Caro, T., Brown, D., Clucas, B., Hunter, J., Ketchum, J., McHughy, K., Hiraldo, F. (2008). Top predators as conservation tools: ecological rationale, assumptions and efficacy. *Annual Review of ecology, Evolution and systematics*. 39:1–19.
- Sheffield, S. R. (1997). *Owls as biomonitors of environmental contamination*. General. Technical. Report. NC-190. St. Paul, MN: US Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. (190), 383–398.
- Simberloff, D. (1987). The Spotted Owl fracas: mixing academic, applied, and political ecology. *Ecology* 68, 66–772.
- Vickery, P. D., Tubaro, P. L., Cardoso da Silva, J. M., Peterjohn, B. G., Herkert, J. R., y Cavalcanti, R. B. (1999). Conservation of grassland birds in the western hemisphere. *Studies in Avian Biology*, 19, 2–26.

CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT DE LA LECHUZA LLANERA (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO.

1.1 RESUMEN

La lechuza llanera (*Athene cunicularia*) es una de las tres subespecies de lechuza que se distribuye en Norteamérica. En México, esta subespecie, por la pérdida y fragmentación de su hábitat de acuerdo a la NOM-059, se encuentra sujeta a protección especial. Los objetivos de esta investigación fueron: a) Caracterizar el hábitat de la lechuza llanera (*Athene cunicularia hypugaea*) en el centro-norte de México y, b) determinar las variables que influyen en la selección de madrigueras en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México. La búsqueda de la lechuza se realizó de mayo a octubre de 2018. A las madrigueras donde se localizaron se le registraron las coordenadas y se midieron. Los sitios con madrigueras se caracterizaron en parcelas de 20 x 20 m de septiembre a diciembre del mismo año, tomando como centro las madrigueras. Las variables evaluadas fueron pendiente, orientación, cobertura del suelo, densidad de plantas, entre otras. Para identificar alguna posible selección de hábitat por esta especie, por cada madriguera activa, se evaluaron dos parcelas establecidas al azar considerando distancias de 50, 100 o 200 m, a partir de la madriguera, éstas se seleccionaron con dirección norte, sur, este, oeste, noreste, noroeste, sureste y suroeste. Se encontraron 10 sitios con presencia; 3 en Coahuila, 1 en Durango, 4 en San Luis Potosí y 2 en Zacatecas, México. Las variables que más explican la presencia en el hábitat fueron: a) origen de la cavidad, b) altura de la entrada de la madriguera, c) visibilidad, d) porcentaje de cobertura de rocas y material leñoso. Con el Análisis de Regresión Poisson se identificó que las variables que más se asociaron con la selección de las madrigueras fueron: a) altura de la entrada de la madriguera, b) altura del montículo de la madriguera, c) ancho de la entrada, d) cobertura de pastos y e) material leñoso. La información generada en este estudio puede ser utilizada para complementar la elaboración de un plan de manejo para la conservación de la especie en el centro-norte de México.

Palabras clave: Conservación, Pastizales, Madriguera.

CHAPTER 1. CHARACTERIZATION OF THE HABITAT OF BURROWING OWL (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) IN THE CENTER-NORTH OF MEXICO.

1.1 ABSTRACT

The burrowing owl (*Athene cunicularia hypugaea*) is one of three owl subspecies that are distributed in North America. In Mexico, this subspecies, due to the loss and fragmentation of its habitat according to NOM-059, is subject to special protection. The objectives of this research were: a) To characterize the habitat of the burrowing owl in northern central Mexico and b) determine the variables that influence the selection of burrows in Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas, Mexico. The search for the burrowing owl was done during the months of May to October 2018. The burrows where the owls were located were recorded and coordinated measured. The sites with burrowing owls will be characterized in plots of 20 x 20 m during the month of December, taking as center each one of them. The variables evaluated in the plots would be the slope, the orientation, the ground cover, the density of the plants, among others. To identify any possible habitat selection by this species, for each active maiden, the other plots will be evaluated, those established at random considering distances of 50, 100 or 200 m, from the maiden, these are selected with the north direction, east, west, northwest, southwest and west. We found 10 places with presence of barn owl; 3 in Coahuila, 1 in Durango, 4 in San Luis Potosí and 2 in Zacatecas, Mexico. The variables that most explain the presence of light in the habitat are: a) the origin of the cavity, b) the height of the entrance to the maiden, c) visibility, d) the percent of cover of rocks and ligninous material. In the Poisson regression analysis, I identified that the variables most associated with the selection of burrow by owl were: a) entrance height of burrow, b) height of burrow mound, c) anchovy entrance of burrow, d) cover of grasses and woody material. The information generated in this study can be used for the preparation of a management plan for the conservation of the species in central-northern Mexico

Keywords: Burrow, Conservation, Grasslands.

1.3 INTRODUCCIÓN

La lechuza o tecolote llanero (*Athene cunicularia*) es una especie del orden Strigiforme; en Norteamérica existen tres subespecies; *A. cunicularia floridana* que se distribuye en la costa este de los Estados Unidos de América, *A. cunicularia rostrata*, endémica del archipiélago de Revillagigedo, Colima, México y *A. cunicularia hypugaea*, cuya distribución abarca desde el sur de Canadá hasta el oeste de Panamá (Clark, 1997) (Figura 1.1). En México, *A. c. hypugaea*, de acuerdo con registros de museos, existió en 27 estados (Enríquez-Rocha *et al.*, 1993).

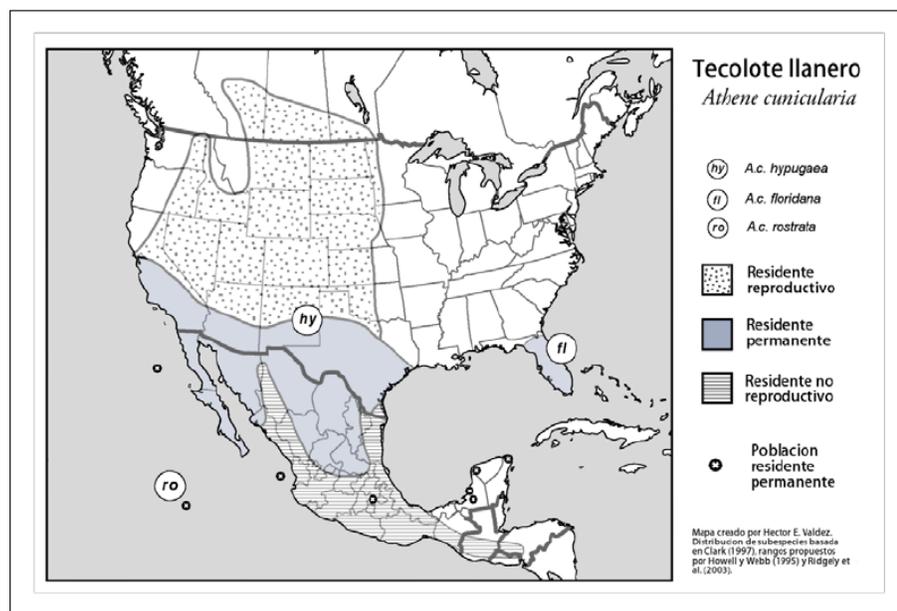


Figura 1.1. Distribución del tecolote llanero (*Athene cunicularia*) en Norteamérica (Valdéz- Gómez 2014).

El tecolote llanero, de aquí en adelante denominada lechuza llanera, tiene hábitos diurnos y fosoriales; para protegerse, utiliza madrigueras abandonadas por otras especies como tejón (*Taxidea taxus*, Schreber, 1778), tortuga del desierto (*Goopherus agassizii*, Cooper, 1861), y de diversas especies de ardillas de tierra: *Citellus tereticaudus* (Elliot, 1904), *Spermophilus beecheyi* (Richardson, 1829), *Spermophilus townsendii*

(Bachman, 1839) (Coulombe, 1971; Konrad y Gilmer, 1984; Gleason y Johnson, 1985; Rich, 1986).

Un animal selecciona aquel sitio que le permite su supervivencia, en donde generalmente la disponibilidad de recursos alimenticios es adecuada, la posibilidad de encontrar una pareja es alta y el riesgo de depredación es bajo (Block y Brennan 1993; Mayor *et al.*, 2009). Al respecto, la lechuza llanera selecciona áreas abiertas que le proporcionan la visibilidad suficiente para detectar a depredadores y presas, estas áreas se caracterizan por contener arbustos aislados y de bajo porte (Coulombe, 1971, Howell y Webb, 1995).

La lechuza llanera tolera cierto nivel de perturbación humana, ubicando sus madrigueras en áreas agrícolas de las cuales obtiene alimento, principalmente insectos (Stuber *et al.*, 2018); sin embargo, este beneficio se contrarresta por su exposición a agroquímicos, los cuales afectan su fertilidad, con puesta de huevos más baja (Stromborg, 1986; Bennett *et al.* 1991) y disminución en el grosor de la cáscara de éstos (Gervais, 2000). Asimismo, sus nidos se destruyen durante la cosecha.

La lechuza llanera es una de las 59 especies de aves de Norteamérica y el Caribe que dependen estrictamente del ecosistema de pastizal, del grupo de aves de Norteamérica, este grupo es el que presenta una drástica disminución de sus poblaciones (Vickery *et al.* 1999; Stanton *et al.*, 2018), debido principalmente a la pérdida de hábitat. Samson *et al.* (2004) reportaron que los pastizales de las Grandes Planicies de Norteamérica abarcaban de forma continua desde Canadá hasta el Noreste de México; sin embargo, se estima que, de éstas, solo queda el 30% de su superficie (Samson *et al.*, 2004). En el noreste de México, en los últimos 30 años, más del 74% de pastizal mediano abierto ha sido transformado (Scott *et al.*, 2004), esta alteración se debe en parte a la expansión de áreas agrícolas, desertificación, introducción de especies exóticas y el crecimiento de la mancha urbana (Panjabi *et al.*, 2010).

La conservación de especies que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo como *A. cunicularia hypugaea*, la cual, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059, es una

subespecie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2010), requieren de conocimientos suficientes sobre sus necesidades esenciales para mantener su supervivencia. En Estados Unidos de América y Canadá se han realizado varios estudios sobre la distribución de *Athene cunicularia* (Coulombe, 1971; Haug *et al.*, 1993; Holroyd, *et al.*, 2001; Leupin y Low, 2001; Berardelli *et al.*, 2010; Wilkerson y Siegel, 2011; Macías-Duarte y Conway, 2015), densidad poblacional (Clayton y Schmutz, 1999; Klute *et al.*, 2003) hábitos alimenticios (Morgan *et al.*, 1993; York *et al.*, 2002; Littles *et al.*, 2007; Hall *et al.*, 2009; Mrykalo, 2009; Williford *et al.*, 2009; Trulio y Higgins, 2012; Herse, 2017), genética (Korfanta *et al.*, 2002; Korfanta *et al.*, 2005; Faircloth *et al.*, 2010), parasitismo, enfermedades, y mortalidad (Skoruppa *et al.*, 2006; Franson, 2017; Justice-Allen y Loyd, 2017) y características del hábitat (Rich, 1986; Plumton y Scott, 1993; Belthoff y King, 2002; Poulín *et al.*, 2005; Thiele *et al.*, 2013; Plumton y Lutz, 1993; Crowe y Longshore, 2013).

En contraste, en México, la información generada sobre la lechuza llanera no es tan extensa, algunos estudios han analizado la densidad poblacional en Baja California Norte (Itubarría-Rojas, 2002), Sonora, Sinaloa (Macías-Duarte, 2011), Nuevo León (Cruz-Nieto, 2006), Estado de México (Labrada, 2017), sobre su dieta (Rodríguez-Estrella, 1997; Valdez-Gómez, 2003; Ángeles-Mercado, 2005; Cruz-Nieto, 2006; Valdéz, 2014; Ruiz-Aymá *et al.*, 2019) y otros sobre características del hábitat (Rodríguez-Estrella y Ortega-Rubio, 1993; Ruiz-Aymá, 2014; Valdéz, 2014; Labrada, 2017).

Por ello, los objetivos de la presente investigación fueron: a) Caracterizar el hábitat de la lechuza llanera en el centro-norte de México y b) Identificar las variables que mejor explican la presencia de la especie en los municipios de Saltillo, Coahuila; Santiago Papasquiaro, Durango; Salinas, Villa de Ramos, Vanegas, San Luis Potosí y San Agustín y Pinos Zacatecas, México.

Los resultados de esta investigación contribuyen al conocimiento de la ecología de la lechuza llanera en el centro-norte de México y pueden ser útiles para manejar el hábitat de esta especie de una manera más adecuada.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el centro-norte de México, e incluyó los municipios de Salinas (23° 11' y 22° 2' N y 101° 22' y 101° 57' O) (INEGI, 2009a), Villa de Ramos (23° 10" N y 22° 39' y 101° 26' y 102° 15' O) (INEGI, 2009b) y Vanegas (24° 30' N y 23°46' y 100° 35' y 101° 13' O) (INEGI, 2009c) de San Luis Potosí; Santiago Papasquiario, Durango, (24° 36' y 25° 25' N) (INEGI, s.f.a.), Saltillo, Coahuila (24° 33' y 25° 32' N y 101° 38' y 100° 44' O) (INEGI, 2009d), Villa Hidalgo (22° 17' y 22° 32' N y 101° 35' y 101°, 51' O) (INEGI, s.f.b.) y Pinos (21° 47' y 22° 45' N y 101° 17' y 101° 50' O) (INEGI s.f.c.), Zacatecas (Cuadro 1.1; Figura 1.2).

Cuadro1.1. Características de las áreas de estudio en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México

Municipio y estado	Clima	Edafología	Precipitación (mm)	Uso de la tierra y tipo de vegetación	Altitud intervalo (m)
Saltillo, Coahuila	Semiseco templado,	Calcisol	200-700	Agricultura	400
	Templado subhúmedo, Seco templado	Leptosol Kastañozem Phaeozem		Matorral Bosque Pastizal	- 2000
Santiago Papasquiario Durango.	Semiseco templado,	Leptosol	300-1300	Agricultura	300
	Semifrío, Templado subhúmedo	Regosol Phaeozem Luvisol Cambisol		Bosque Pastizal Matorral	- 3200
Salinas, San Luis Potosí	Seco templado,	Phaeozem	300-500	Agricultura	1900
	Semiseco templado	Calcisol Luvisol Kastañozem		Matorral Pastizal Bosque	- 2800
Villa de Ramos, San Luis Potosí	Seco templado,	Phaeozem	300-500	Agricultura	1900
	Semiseco templado	Calcisol Leptosol Kastañozem		Matorral Pastizal Mezquital	- 2500

Vanegas, San Luis Potosí	Seco	Calcisol	200-600	Agricultura	1600
	semicálido,	Solonchak		Matorral	-
	Seco templado, Semicálido	Leptosol Phaeozem		Pastizal Bosque	2600
Villa Hidalgo, Zacatecas	Semiseco	Durisol	300-500	Agricultura	2000
	templado y	Phaeozem		Matorral	-
	Seco templado	Leptosol Regosol		Bosque	2800
Pinos, Zacatecas	Semiseco	Durisol	400-600	Agricultura	1900
	templado	Leptosol		Matorral	-
	con lluvias en verano	Phaeozem Regosol		Pastizal Bosque	3000

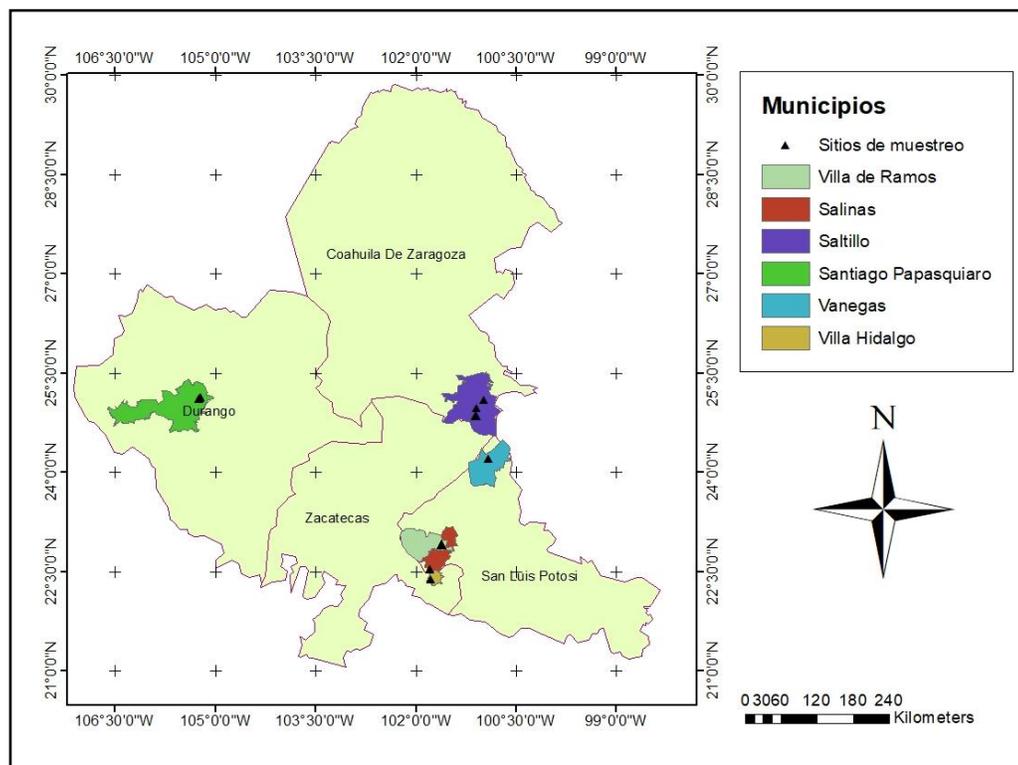


Figura 1.2. Ubicación de los sitios de muestreo en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

1.4.2. Localización de madrigueras

Las madrigueras se localizaron de mayo a octubre de 2018, realizando recorridos en áreas que cumplieran con las características descritas en la literatura como hábitat potencial para la lechuza llanera (áreas abiertas con vegetación de bajo porte y madrigueras abandonadas) (Figura 1.3). También se consultó a los pobladores sobre avistamientos, mostrándoles fotografías de la especie. La observación e identificación se realizó con la ayuda de binoculares SWIFT®, las madrigueras fueron reconocidas por la presencia de egagrópilas, remanentes de presas, excremento de ganado, o pasto en sus inmediaciones (Haug *et al.*, 1993). Las madrigueras fueron georreferenciadas con un Sistema de Posición Global (GPS Garmin Etrex 10®).



Figura 1.3. Hábitat de la lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en el municipio de Vanegas, San Luis Potosí, México.

1.4.3. Caracterización del hábitat

En el hábitat de la lechuza llanera las variables evaluadas fueron 10 (Cuadro 1.2, Figura 1.4).

Cuadro 1.2. Variables y métodos de evaluación utilizados para la caracterización del hábitat de la lechuza llanera.

Variable	Método de evaluación
Altitud (msnm)	GPS Garmin
Pendiente (%)	Clinómetro (Suunto PM-5/360 PC)
Exposición de la pendiente (N, S, E, O, NE, NO, SE, SO)	Brújula Brunton 5007
Origen de la madriguera o cavidad	Observación
Altura del montículo (cm)	Flexómetro y regla de 30 cm
Altura y ancho de la madriguera (cm)	Flexómetro
Diámetro de la entrada (cm)	Promedio de altura y ancho
Temperatura interior y exterior de la madriguera (°C)	Termómetro láser tipo pistola (EXTECH)
Visibilidad a 20 m.	Observación
Cobertura del suelo (pasto, herbáceas, material leñoso, rocas, suelo desnudo).	Línea de Canfield (Canfield, 1941) de 20 m. segmentada cada 50 cm, con dirección norte-sur y este-oeste considerando las madrigueras como sus centros.
Densidad de plantas (número de plantas ha ⁻¹)	Conteo de plantas en parcelas de 20 x 20 m considerando las madrigueras como sus centros.

Por cada madriguera activa se establecieron dos sitios complementarios de evaluación (parcelas cuadradas de 20 x 20 m), los cuales se establecieron al azar considerando distancias de 50, 150 o 200 m en dirección norte, sur, este, oeste, noreste, noroeste,

sureste, suroeste, en ellos, la cobertura del suelo y la densidad de plantas fueron evaluadas.

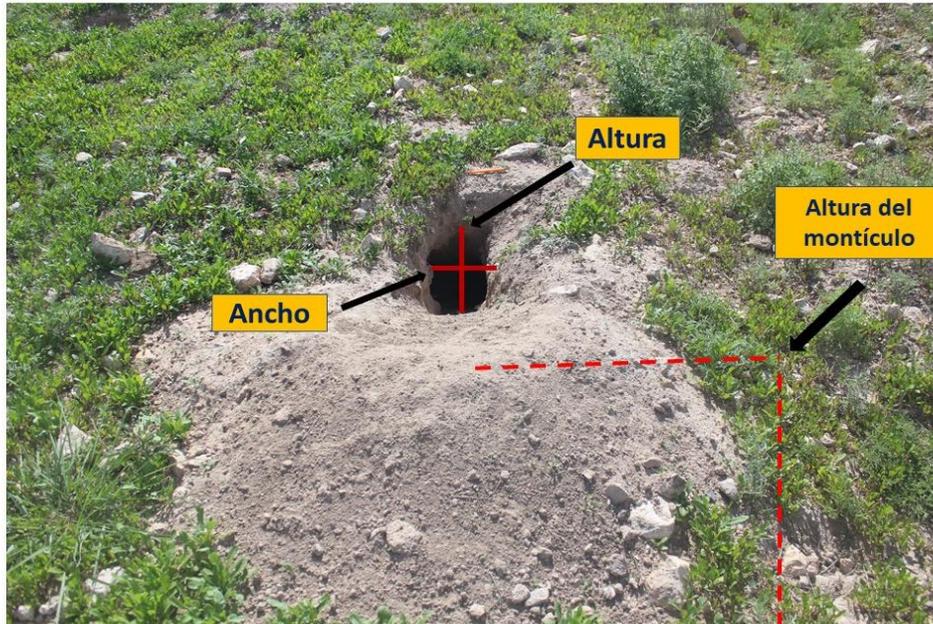


Figura 1.4. Medición de altura, ancho de la entrada y altura del montículo de una madriguera de *Athene cunicularia hypugaea*.

1.4.4. Análisis estadísticos

A las variables evaluadas en los sitios de uso (presencia de madrigueras) y en los sitios aleatorios se les determinó la estadística descriptiva. También para determinar las variables que más explican la presencia de la lechuza llanera en los sitios evaluados se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Asimismo, para determinar que variables del hábitat tuvieron efecto (coeficientes estadísticamente significativos) sobre la selección de madrigueras se realizó un Análisis de Regresión Poisson (ARP), utilizando un Modelo Lineal Generalizado (GLM). En este modelo, las variables se seleccionaron mediante el método de Steepwise, (pasos hacia atrás). Dichos análisis se realizaron en el Software R ver 3.5.2.

Para mostrar gráficamente la asociación entre las madrigueras de *A. c. hypugaea* y las variables que resultaron significativas en el ARP, se realizó un Análisis de Correspondencias Simples (ACS). Para ello, las variables ordinales se convirtieron a

variables nominales y se categorizaron (Cuadro 1.3); el ACS se realizó en el software STATISTICA 10.

Para determinar posibles diferencias entre las variables densidad de especies y cobertura del suelo, entre los sitios con madriguera y sitios aleatorios, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ en el software R studio®.

Cuadro 1.3. Claves y rangos de las variables utilizadas en el Análisis de Correspondencias Simples (ACS).

Variable	Clave	Rango
Altura de la entrada de madriguera (cm)		
Baja	ALTE1	1-15
Media	ALTE2	16-24.4
Alta	ALTE3	≥ 24.25
Ancho de la entrada de madriguera (cm)		
Chico	AN1	1- 14
Medio	AN2	15-22.87
Grande	AN3	≥ 23
Tamaño del montículo (cm)		
Bajo	ALTMB	1- 7.25
Medio	ALTMM	7.26-12.7
Alto	ALTMA	≥ 12.8
Cobertura de pastos (%)		
Baja	CGB	1- 3.75
Media	CGM	3.76-34.7
Alta	CGA	≥ 34.8
Cobertura de material leñoso (%)		
Baja	CMLB	1-1.25
Media	CMLM	1.26-5.26
Alta	CMLA	≥ 5.27

Variables del hábitat: Altura de entrada de la madriguera baja (ALTE1), Altura de entrada de la madriguera media (ALTE2), Altura de entrada de la madriguera alta (ALTE3) Ancho de entrada de la madriguera chico (AN1), Ancho de entrada de madriguera medio (AN2), Ancho de entrada de madriguera grande (AN3), Altura de montículo bajo (ALTMB), Altura de montículo medio (ALTMM), Altura de montículo alto (ALTMA), Cobertura de pastos baja (CGB), Cobertura de pastos media (CGM), Cobertura de pastos alta (CGA),

Cobertura de material leñoso baja (CMLB), Cobertura de material leñoso media (CMLM), Cobertura de material leñoso alta (CMLA).

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las madrigueras (n=32) utilizadas por *A. c. hypugaea* (13 en San Luis Potosí, 8 en Coahuila, 8 en Durango y 3 en Zacatecas (Cuadro 1.4) fueron caracterizadas; en ellas se registró un total de 41 individuos. La mayoría de las madrigueras, se ubicaron en pendientes con exposición sur y sureste (Cuadro 1.5). Esta preferencia quizás esté asociada con la regulación térmica, ya que se ha documentado que cuando la temperatura en la madriguera supera el rango aceptable por las lechuzas, estas se ven obligadas a abandonarla en busca de lugares más frescos o asignan más energía para mantener la homeostasis (Tov y Wright, 1993; Bryan y Bryant, 1999). Por otra parte, se ha registrado que otras especies del mismo orden, como el tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) prefieren descansar en sitios con exposición norte y noreste ya que esta orientación les proporciona ambientes más frescos (Tarango *et al.*, 1997; Silva-Piña *et al.*, 2018).

De las madrigueras registradas en este estudio, 30 de las 32 fueron cavidades construidas y abandonadas por mamíferos silvestres, las otras dos se localizaron en formaciones rocosas (Cuadro 1.5). Algunos autores sugieren que la utilización de formaciones rocosas se debe a la escasez de madrigueras abandonadas (Gleason y Johnson, 1985; Rich 1986). Las madrigueras se ubicaron a una altitud promedio de 1972 m (Cuadro 1.5), valor mayor al reportado por Rodríguez-Estrella y Ortega Rubio (1993) quienes registraron para Durango, México un rango de elevación entre 1000 y 1350 m, mientras que Berlardelli *et al.*, (2010) registró para Nuevo México USA un promedio de 1358 m y para Montana se registró una elevación promedio de 749 m. (Restani *et al.*, 2001).

Cuadro 1.4. Localización de madrigueras de *A. c. hypugaea* en el centro-norte de México.

Estado	Municipio	Localidad	Número de madrigueras	Individuos observados
San Luis Potosí	Salinas	La Paz	1	1
		Conejillo	8	11
	Villa de Ramos	Yoliátl	1	1
	Vanegas	El Gallo	3	3
Coahuila	Saltillo	San Juan del Retiro	6	8
		Guadalupe Victoria	1	1
		Rancho Los Ángeles	1	1
Durango	Santiago Papasquiaro	San Julián	8	12
Zacatecas	Pinos	El Jaibito	1	1
	Villa Hidalgo	San Agustín	2	2

El promedio de la pendiente fue de 1.33 ± 0.4 % (Cuadro 1.5), valor menor al registrado en Montana (2.6 %) (Restani *et al.*, 2001). Estos resultados confirman que la lechuza llanera prefiere áreas planas o ligeramente inclinadas (Dechant *et al.*, 1999). De igual manera, se ha documentado que los perros de la pradera de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) cuyas madrigueras abandonadas suelen ser utilizadas por la lechuza llanera, se establecen en áreas con pendiente menor al 10 %, en donde los procesos de erosión son menores al de las áreas más inclinadas (Roe y Roe, 2003).

Cuadro 1.5. Medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas en las madrigueras de la lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

Variable	Media y SD
Elevación (msnm)	1972 ± 160
Exposición de la pendiente	Sur 25% Sureste 25 %
Pendiente (%)	1.3 ± 0.4
Origen de la madriguera	Origen animal 93.7%
Ancho de la entrada de la madriguera (cm)	24.2 ± 8.1
Altura de la entrada de la madriguera (cm)	24.9 ± 10.4
Diámetro de la entrada de la madriguera (cm)	24.6 ± 7.3
Altura del montículo (cm)	16 ± 7
Temperatura interior (°C)	18.2 ± 3.7
Temperatura exterior (°C)	30.2 ± 8.6
Visibilidad (%)	92.0 ± 17.4

Los resultados del Análisis de Componentes Principales muestran que los tres primeros ejes explican la varianza en 56 %, en donde el origen de la madriguera, la visibilidad, cobertura de rocas, la altura y el diámetro de la entrada de la madriguera, y la cobertura de material leñoso fueron las variables que mejor explicaron la presencia de la lechuza en las áreas de estudio (Cuadro 1.6).

Cuadro 1.6. Resultado del ACP de las variables evaluadas en el hábitat de la lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

Variable	Componente		
	1	2	3
Altura de la entrada de madriguera	0.05451973	0.40155659	0.243436489
Altura del montículo	-0.04531916	-0.23649946	0.410720928
Ancho de la entrada	0.35031128	0.19266514	0.194518753
Cobertura de hierbas	-0.06858360	0.30897163	0.074684731
Cobertura de material leñoso	-0.12040063	-0.21827148	0.436012524
Cobertura de rocas	0.43029209	0.12809235	-0.242449894
Cobertura de suelo desnudo	-0.32748791	-0.20625664	-0.182543933
Densidad de plantas	-0.05544988	0.37462114	-0.005508516
Diámetro de entrada	0.23513311	0.39436588	0.282615222
Elevación	0.07111484	0.03638104	-0.029115846
Orientación de la pendiente	-0.15559363	0.21761782	-0.118182627
Origen de la cavidad	0.42790465	-0.13307772	-0.232200909
Porcentaje de pendiente	0.04901555	0.30730102	-0.061408063
Temperatura exterior	-0.25613155	0.21482580	-0.316933506
Temperatura interior	-0.19099001	0.19391721	-0.380419489
Visibilidad	-0.43062944	0.05657686	0.221020047
Importancia de los componentes			
Desviación estándar	1.9575021	1.8558658	1.3028371
Proporción de la varianza	0.2394884	0.2152649	0.1060865
Proporción acumulada	0.2394884	0.4547533	0.5608398

El mejor modelo de regresión *Poisson* presentó un AIC= 42.05 y los resultados sugieren que cinco de las variables evaluadas (Cuadro 1.7) se asociaron más sobresalientemente con la selección de madrigueras por la lechuza llanera.

Cuadro 1.7. Resultado del Análisis de Regresión Poisson utilizado para identificar la asociación entre variables del hábitat y la presencia de *A.c. hypugaea* en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas México.

Variable	Estimados	Error estándar	Valor de z	Pr(> z)
Intercepto	4.84655	2.46876	1.963	0.04963 *
Altura de la entrada a la madriguera	-0.18494	0.08255	-2.240	0.02506 *
Ancho de la entrada	0.08655	0.03734	2.318	0.02044 *
Altura del montículo	-0.31823	0.12864	-2.474	0.01337 *
Cobertura de pastos	0.05414	0.01798	3.011	0.00260 **
Cobertura de material leñoso	0.12984	0.04003	3.244	0.00118 **

El promedio de altura y ancho de la entrada de las madrigueras fue 24.9 ± 10 cm y 24.2 ± 8 cm, respectivamente, éstos fueron mayores a los reportados en Idaho, EUA (14.8 ± 0.7 y 20.2 ± 0.5) (Belthoff y King, 2002). El diámetro promedio (24.6) fue similar al reportado por Williford *et al.* (2007) para el sur de Texas (22 ± 1.5 cm). Smith y Belthoff, (2001) reportaron que la lechuza llanera prefiere madrigueras con diámetro promedio de 10 cm. La altura de la entrada de la madriguera puede influir en la visibilidad para los depredadores y las presas (Belthoff y King, 2002). Asimismo, una madriguera con entrada de dimensiones mayores puede facilitar el acceso a depredadores como el coyote (*Canis latrans*, Say,1823), zorrilla nortea (*Vulpes velox*, Say,1823) y tlalcoyote (*Taxidea taxus* Schreber,1778).

La altura del montículo también se ha relacionado con la precipitación (Belthoff y King 2002), una altura mayor protege la madriguera de inundaciones. En la presente investigación el promedio de la altura del montículo fue de 13.2 cm, valor mayor al reportado por Belthoff y King. (2002) (8.4 cm), pero menor al descrito por Poulin *et al.*, (2005) (17.3 cm). Crowe y Lonshore (2013), también recalcan la importancia de la altura del montículo para la selección de madrigueras. Asimismo, un montículo grande es

indicador de una madriguera con un túnel más largo, lo que, según Smith y Belthoff (2001), dificulta el acceso a los depredadores y a las lechuzas las protege durante su guardia al obstruir la visibilidad del depredador (Butts y Lewis, 1982). Al respecto, se ha documentado que algunos mamíferos excavadores, como *Cynomys* spp y *Spermophilus lateralis* para reducir el riesgo por depredación, durante la época de crianza, utilizan madrigueras más grandes, dificultando el acceso a los depredadores (Flath y Paulick, 1979; Bihl y Smith, 1998;)

El porcentaje de cobertura de pastos fue de 38.9%, los cuales representaron un refugio contra condiciones adversas del clima, o contra depredadores. Asimismo, son sitios en donde la lechuza llanera encuentra sus presas. La importancia del porcentaje de pastos y hierbas fue señalada por Cruz-Labana *et al.* (2019) quienes mencionan que en ambientes áridos éstos proporcionan a la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) protección termal durante sus actividades de forrajeo; también mencionan que la densidad de nidos es inversamente proporcional al porcentaje de suelo desnudo.

La ganadería y la agricultura han sido las causas de la reducción y degradación del hábitat de la lechuza llanera (Scott *et al.*, 2004; Estrada-Castillón *et al.*, 2010). Asimismo, la eliminación de herbívoros nativos influye en la degradación del suelo y la invasión por especies arbustivas (Murphy, 2003; Samson *et al.*, 2004), afectando la densidad de pastos y herbáceas y la disponibilidad de alimento para el ganado y herbívoros silvestres.

En este estudio, el porcentaje de cobertura de pastos y suelo desnudo fueron similares (38.9% y 36.0%), respectivamente (Cuadro 1.8); sin embargo, la variable suelo desnudo no resultó significativa en el ARP. Cruz-Nieto (2006) reportó para Nuevo León un 80% de suelo desnudo, 3.4% de gramíneas y 16.6 % de hierbas y arbustos. Los valores altos de suelo desnudo pueden ser producto de la degradación causada por el sobrepastoreo, que es una constante en los pastizales del centro-norte del país, en donde frecuentemente se excede la capacidad de carga recomendada. Por ejemplo, la capacidad de carga en Coahuila es 26.0 ha por unidad animal (UA), Durango 15.7 ha, San Luis Potosí 9.8 y Zacatecas 14.5 ha por UA. (COTECOCA, 2014).

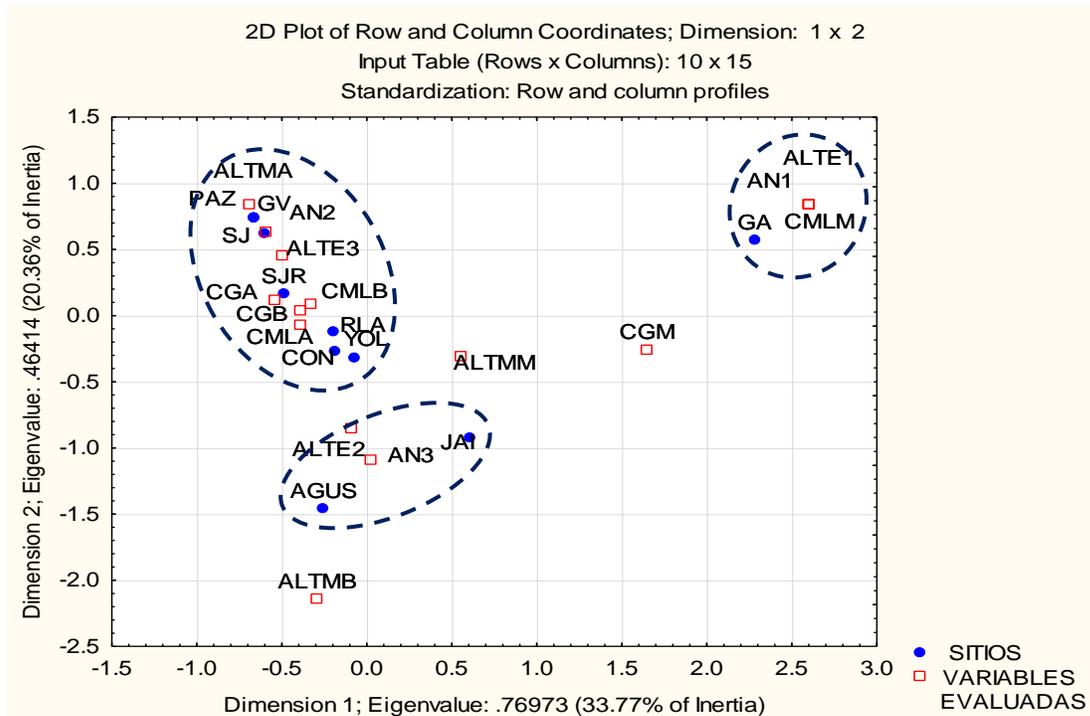
Cuadro 1.8. Medias y desviaciones estándar de la cobertura del suelo y densidad de plantas (individuos ha⁻¹) en sitios con madrigueras y aleatorios en el hábitat de la lechuza llanera en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

Variable	Sitio	
	Madriguera	Aleatorio
Cobertura de:		
Gramíneas (%)	38.9 ± 29	44.9 ± 29
Herbáceas (%)	14.03 ± 16	12.89 ± 14.9
Material leñoso (%)	9.8 ± 16.3	7.44 ± 14.7
Rocas (%)	1.60 ± 5.2	0.21 ± 0.77
Suelo desnudo (%)	36 ± 21	34.5 ± 24
Densidad de plantas ha⁻¹	245 ± 429	453 ± 786

Con el ACP se identificó a la cobertura de rocas como variable asociada con la presencia de las lechuzas, mientras que el con el ARP se identificó a la cobertura de material leñoso como variable asociadas a la selección de madrigueras. En este estudio, a las lechuzas se les observó perchando en rocas y arbustos derribados. En los ecosistemas de pastizal, el material leñoso es fuente de nutrientes (Sánchez *et al.*, 2008) para el suelo y la fauna edáfica (organismos detritívoros), los cuales son consumidos por la lechuza llanera. Las rocas le ofrecen a la lechuza llanera un medio para mimetizarse con su ambiente y así evadir amenazas. Asimismo, las rocas disminuyen la evaporación del agua del suelo y propician la germinación de algunas plantas (Carlucci *et al.*, 2011) que sirven de cobertura termal a la entomofauna (Mackay y Mackay, 2002). Algunos autores coinciden que los componentes de la cobertura del suelo, como los evaluados en este estudio influyen en la disponibilidad de presas para aves rapaces como el tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) (Palma-Cancino *et al.*, 2014; Silva-Piña, *et al.*, 2018)

Con el ACS se encontró asociación entre las variables que resultaron significativas en el ARP y los sitios de evaluación. Las dimensiones explican 54.1% de la inercia total y evidencian la conformación de tres grupos o conjuntos relacionados (Figura 1.5). El primer grupo incluyó a siete sitios y se relacionan con las variables categóricas: a) altura de montículo de la madriguera alto (ALTMA), b) ancho de la entrada de la madriguera

media (AN2), c) altura de la entrada de la madriguera alta (ALTE3), d) porcentaje de gramíneas alto y medio (CGA, CGM), e) cobertura de material leñoso alto y bajo (CMLA, CMLB). El segundo conjunto agrupó dos sitios relacionados con: a) altura media de la entrada de la madriguera (ALTE2) y b) ancho de la entrada de la madriguera grande (AN3). El tercer conjunto incluyó un sitio relacionado con: a) ancho de la entrada de la madriguera medio (AN2) y un porcentaje de cobertura de material leñoso medio (CMLM).



Variables del hábitat: ALTE1= Altura de entrada de la madriguera baja, ALTE2= Altura de entrada de la madriguera media, ALTE3= Altura de entrada de la madriguera alta, AN1= Ancho de entrada de la madriguera estrecha, AN2= Ancho de entrada de madriguera medio, AN3= Ancho de entrada de madriguera grande, ALTMB= Altura de montículo bajo, ALTMM= Altura de montículo medio, ALTMA= Altura de montículo alto, CGB= Cobertura de pastos baja, CGM= Cobertura de pastos media, CGA= Cobertura de pastos alta, CMLB= Cobertura de material leñoso baja, CMLM= Cobertura de material leñoso media, CMLA= Cobertura de material leñoso alta.

Figura 1.5. Representación gráfica del Análisis de Correspondencias Simples de las variables que resultaron significativas en el Análisis de Regresión Poisson.

Con el análisis de Kruskal-Wallis (Cuadro 1.7) se identificaron diferencias significativas en la densidad de plantas ha^{-1} entre sitios con madrigueras y las parcelas aleatorias (245 plantas ha^{-1} y 453 plantas ha^{-1}), lo que coincide con lo reportado por Plumpton y Scott

(1993), quienes mencionan que las lechuzas utilizan áreas con vegetación corta y escasa. Algunos estudios mencionan que las especies arbustivas afectan a las aves de pastizal (Coppedge *et al.*, 2008; Chapman *et al.*, 2004); por ejemplo, *Ammodramus savannarum* y *A. henslowii*, evitan anidar en sitios próximos a parches de vegetación leñosa debido a que en estos sitios el riesgo de depredación es mayor (Delisle y Savidge, 1996; Cully y Michaels, 2000)

Asimismo, Thiele (2013), menciona que las lechuzas, durante la selección de sus madrigueras, evitan áreas con presencia de árboles, debido a que éstos constituyen sitios de percha para las rapaces que las depredan. A diferencia de otras especies del orden Strigiformes, las cuales para cazar dependen mayormente del sentido del oído, la lechuza llanera, por las técnicas de caza que utiliza (correr o volar tras la presa, suspenderse en el aire, observar desde una percha) se le considera una cazadora visual (Johnsgard 2002). En este sentido, su éxito de caza disminuye en sitios con vegetación densa, cerrada y presencia de especies arbustivas altas, por lo que prefiere áreas abiertas para cazar y evadir a sus depredadores (Green y Anthony, 1989). En esta investigación, las madrigueras de la lechuza llanera se ubicaron en sitios con visibilidad promedio de 92.0% y una densidad de especies baja, lo que les permite vigilar su entorno. Por ello, la invasión del hábitat de la lechuza llanera por especies arbustivas se debe evitar y en las zonas donde las arbustivas predominen implementar acciones de manejo y restauración de su hábitat.

Cuadro 1.9. Resultados del análisis Kruskal-Wallis de los sitios con madrigueras y aleatorios en el hábitat de la lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

Variable	Chi-cuadrada	GI	Prob>ChiSq
Cobertura de:			
Herbáceas (%)	0.2818	1	0.5955
Pastos (%)	0.6719	1	0.4124
Suelo desnudo (%)	0.1733	1	0.6771
Rocas (%)	0.0142	1	0.9049
Material leñoso (%)	0.0311	1	0.8599
Densidad de Plantas ha⁻¹	4.2873	1	0.0384*

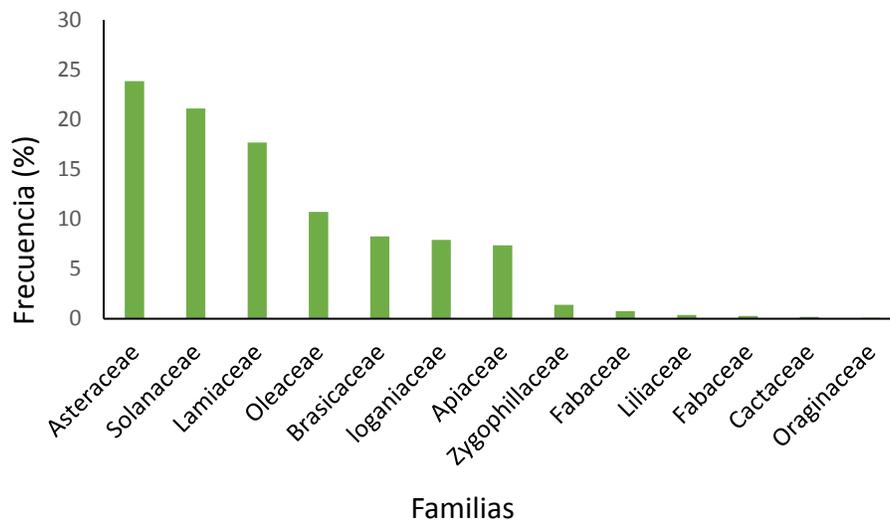


Figura 1.6. Familias de plantas registradas en los sitios con presencia de lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

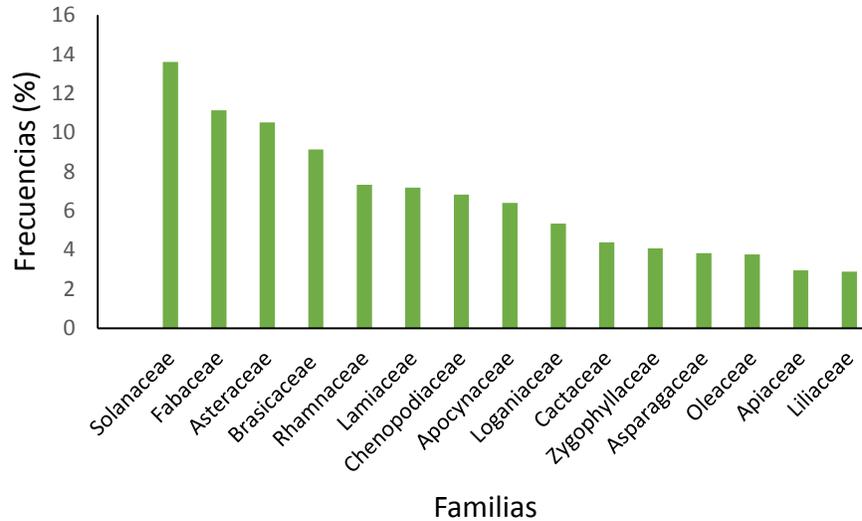


Figura 1.7. Familias de plantas registradas en sitios aleatorios del hábitat de la lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

En el hábitat de la lechuza llanera (sitios con madrigueras y aleatorios) se identificaron 56 especies de plantas pertenecientes a 53 géneros y 12 familias. Al respecto, Cruz-Nieto (2006), reporta para Nuevo León, México una composición botánica de 33 especies en los sitios, principalmente de herbáceas y gramíneas.

Cuadro 1.10. Especies de plantas registradas en el hábitat de la lechuza llanera (*A. c. hypugaea*) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento
Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i>	Hierba del sapo	Herbácea
Apocynaceae	* <i>Asclepias linaria</i>	Hierba lechosa	Herbácea
Asparagaceae	* <i>Yucca carnerosana</i>	Yuca, palma	Arborescente
Asteraceae	<i>Ambrosia confertiflora</i>	Cadillito	Herbácea
	<i>Brickellia conduplicata</i>	Jara	Herbácea
	<i>Coniza canadensis</i>	Hierba del caballo	Herbácea
	<i>Dyssodia pinnata</i>	Hierba de perro	Herbácea
	<i>Gimnosperma glutinosum</i>	Jarilla	Herbácea
	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Aceitilla	Herbácea

	<i>Hymenoxis odorata</i>	Hierba amargosa	Herbácea
	<i>Iva dealbata</i>	hierba lanosa	Herbácea
	* <i>Machaeranthera tanacetifolia</i>	Árnica morada	Herbácea
	<i>Thymophylla acerosa</i>	hierba del perro	Herbácea
	<i>T. setifolia</i>	Parraleña peluda	Herbácea
	* <i>Tithonia tubiformis</i>	Polocote	Herbácea
	* <i>Zinnia acerosa</i>	Hierba del burro	Herbácea
Brassicaceae	<i>Eruca sativa</i>	Nabo silvestre	Herbácea
Cactaceae	<i>Lesquerella fendleri</i>	Huevona	Herbácea
	* <i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche, coyonoxtle	Arbustiva
	<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	Mancacaballo	Acaulescente
	<i>Echinocereus</i> sp.	Biznaga	Acaulescente
	<i>Ferocactus setispinus</i>	Uña de gavián	Acaulescente
	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo	Arbusto
	* <i>O. leptocaulis</i>	Tasajillo	Arbusto
	<i>O. rastrera</i>	Nopal rastrero	Arbusto
	<i>O. streptacanta</i>	Nopal cardón	Arbusto
Chenopodiaceae	* <i>Ceratoides lanata</i>	Cola de borrego	Herbácea
	* <i>Salsola iberica</i>	Maroma	Herbácea
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.	Huizache	Arborescente
	<i>Dalea bicolor</i>	Engordacabras	Herbácea
	<i>Hoffmanseggia glauca</i>	Coquillo	Herbácea
	<i>Mimosa</i> sp.	Gatuño	Arbusto
	<i>Prosopis</i> sp.	Mezquite	Arborescente
Lamiaceae	<i>Salvia reflexa</i>	Chía	Herbácea
Liliaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i>	Cebollin	Herbácea
Loganiaceae	<i>Buddleja scordioides</i>	Suelda	Herbácea
Oleaceae	* <i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	Arbusto
	<i>Menodora longiflora</i>	Menodora	Herbácea
Oraginaceae	<i>Tiquilia canescens</i>	Oreja de ratón	Herbácea
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i>	Zacate tres barbas anual	Gramínea
	<i>A. divaricata</i>	Zacate tres barbas	Gramínea
	<i>A. purpurea</i>	Zacate tres barbas morado	Gramínea
	<i>Bothriocloa laguroides</i>	Zacate popotillo plateado	Gramínea
	<i>Bouteloua karwinski</i>	Zacate San Tiburcio	Gramínea
	<i>B. curtipendula</i>	Zacate banderita	Gramínea
	<i>B. gracilis</i>	Zacate navajita	Gramínea
	* <i>Chloris virgata</i>	Zacate mota	Gramínea
	<i>Distichlis spicata</i>	Zacate salado	Gramínea
	<i>Eragrostis</i> sp.	Zacate	Gramínea

	<i>Hopia obtusa</i>	Zacate mezquite	Gramínea
	<i>Leptochloa dubia</i>	Zacate gigante	Gramínea
	<i>Lycurus phleoides</i>	Zacate lobero	Gramínea
	* <i>Nasella tenuisima</i>	Zacate	Gramínea
	<i>Scleropogon brevifolius</i>	Zacate de burro	Gramínea
	<i>Sporobolus airoides</i>	Zacatón alcalino	Gramínea
Rhamnaceae	* <i>Ceanothus greggii</i>	Ceanoto	Arbustiva
	* <i>Condalia warnockii</i>	Tecomplate	Arbustiva
Solanaceae	* <i>Lycium berlandieri</i>	Cilindrillo	Arbustiva
	* <i>Physalis hereraefolia</i>	Tomatillo	Herbácea
	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Trompillo	Herbácea
	<i>Solanum rostratum</i>	Mala mujer	Herbácea
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora	Arbustiva

* Especies de plantas registradas únicamente en sitios aleatorios.

En los sitios con madrigueras, las familias de plantas con mayor frecuencia fueron Asteraceae, Solanaceae y Lamiaceae, mientras que en los sitios aleatorios lo fueron Solanaceae, Fabaceae y Asteraceae. En ambos sitios las familias Asteraceae y Solanaceae fueron las más abundantes.

Las aves se relacionan en gran medida con la composición y estructura de la vegetación, debido a que ésta le proporciona a la lechuza sitios para alimentarse, anidar y evadir depredadores; asimismo, le ofrece, bajo condiciones extremas, típicas de las zonas áridas, sitios de protección (Cody, 1985; Rotenberry, 1985; Ruiz-Ayma, 2014). Por ejemplo, MacCracken *et al.* (1985) mencionan que la crianza de polluelos coincide con el crecimiento de las herbáceas, las cuales, a los polluelos, les proporcionan protección contra depredadores durante sus primeros intentos de vuelo.

En esta investigación se registraron 41 lechuzas llaneras, se localizaron y caracterizaron 32 madrigueras; sin embargo, es necesario generar más información relacionada con el éxito reproductivo de esta especie, los efectos de la exposición a productos utilizados en la agricultura y monitorear a largo plazo el tamaño de las poblaciones utilizando nuevas tecnologías como los radiotransmisores satelitales. La difusión de la importancia de las aves de pastizal entre los propietarios de los ranchos y la educación ambiental, sin duda beneficiarán a la lechuza llanera. Es importante también implementar un plan de manejo que permita recuperar los pastizales del centro-norte de México, ya que del total de las

aves de pastizal que se reproducen en las Grandes Llanuras del Norte, el 85% invernan en una porción reducida del desierto Chihuahuense (Macías-Duarte *et al.*, 2011), ecoregión crítica para la sobrevivencia de las aves de pastizal de Norteamérica.

1.6. CONCLUSIONES

Las variables del hábitat de la lechuza llanera más importantes en el área estudiada fueron: origen de la cavidad, la visibilidad, las dimensiones de la madriguera (altura y ancho), la cobertura de material leñoso y rocas. Las variables que se asociaron más directamente con la presencia de las lechuzas fueron la altura y ancho de la entrada de las madrigueras, la altura del montículo, la cobertura de pastos y material leñoso. Las dimensiones de las madrigueras y de los montículos, así como los componentes de cobertura del suelo son muy importantes para la sobrevivencia de los individuos.

Para mantener hábitats para la lechuza llanera y para las otras especies de aves de pastizal con las que coexiste, se requiere conservar las especies de pastos nativos y propiciar su regeneración, a través de un manejo apropiado de los agostaderos.

1.7. LITERATURA CITADA

- Ángeles-Mercado, Y. (2005). *Dieta del tecolote llanero (Athene cunicularia hypugaea Bonaparte, 1825) durante el periodo no reproductivo en la zona del Ex-Lago de Texcoco, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. México.
- Belthoff, J. R., y King, R. A. (2002). Nest-site characteristics of burrowing owls (*Athene cunicularia*) in the Snake River Birds of Prey National Conservation Area, Idaho, and application to artificial burrow installation. *Western North American Naturalist*, 62(1), 112–119.
- Bennett, R. S., Williams, B. A., Schmedding, D. W., y Bennett, J. K. (1991). Effects of dietary exposure to methyl parathion on egg laying and incubation in mallards. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 10(4), 501–507.
- Berardelli, D., Desmond, M. J., y Murray, L. (2010). Reproductive success of burrowing owls in urban and grassland habitats in Southern New Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(1), 51–59.
- Bihl, K. J., y Smith, R. J. (1998). Location, structure, and contents of burrows of *Spermophilus lateralis* and *Tamias minimus*, two ground-dwelling sciurids. *The Southwestern Naturalist*, 43(3), 352–362.
- Block, W. M., y Brennan, L. A. (1993). The habitat concept in ornithology: Theory and applications In D.M. Power (Ed), *Current Ornithology. vol.11* (pp. 35–91) New York, USA.
- Bryan, S. M., y Bryant, D. M. (1999). Heating nest-boxes reveals an energetic constraint on incubation behaviour in great tits, *Parus major*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1415), 157–162.
- Butts, K. O., y Lewis, J. C. (1982). The importance of prairie dog towns to burrowing owls in Oklahoma. *Oklahoma Cooperative Wildlife Research Unit*, 62, 46–52.
- Canfield, R. H. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of forestry*, 39(4), 388–394.
- Carlucci, M. B., Duarte, L. D. S., y Pillar, V. D. (2011). Nurse rocks influence forest expansion over native grassland in southern Brazil. *Journal of Vegetation Science*, 22(1), 111-119.

- Chapman, R. N., Engle, D. M., Masters, R. E., y Leslie Jr, D. M. (2004). Tree invasion constrains the influence of herbaceous structure in grassland bird habitats. *Ecoscience*, 11(1),55–63.
- Clark R. J. (1997). A review of taxonomy and distribution of the burrowing owl (*Speotyto cunicularia*). *Journal of Raptor Research*, 9,14–23.
- Clayton, K. M., y Schmutz, J. K. (1999). Is the decline of Burrowing Owls *Speotyto cunicularia* in prairie Canada linked to changes in Great Plains ecosystems?. *Bird Conservation International*, 9(2), 163–185.
- Cody, M. L. (1985). *Habitat selection in birds*. Academic Press, New York, USA.
- Coppedge, B. R., Fuhlendorf, S. D., Harrell, W. C., y Engle, D. M. (2008). Avian community response to vegetation and structural features in grasslands managed with fire and grazing. *Biological Conservation*, 141(5), 1196–1203.
- COTECOCA (Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero). (2014). Coeficientes de agostadero por entidad. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 1 pp.
- Coulombe, H. N. (1971). Behavior and population ecology of the burrowing owl, *Speotyto cunicularia*, in the Imperial Valley of California. *The Condor*, 73(2), 162–176.
- Crowe, D. E., y Longshore, K. M. (2013). Nest site characteristics and nesting success of the Western Burrowing Owl in the eastern Mojave Desert. *Journal of Arid Environments*, 94, 113–120.
- Cruz- Labana, J.D., Tarango-Arámbula, L.A., Alcántara-Carvajal, J.L., Pimentel-López, J., Ugalde-Lezama, S., Ramirez-Valverde, G., Méndez-Gallegos, J. (2019). Habitat use by “escamolera” ant in central Mexico. *Agrociencia*, 48(6) 569–682.
- Cruz-Nieto, M. A. (2006). *Ecología invernal de la lechuza llanera (Athene cunicularia), en los pastizales ocupados por el perrito llanero mexicano (Cynomys mexicanus), Galeana, Nuevo León, México*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Cully, J. F., y Michaels, H. L. (2000). Henslow's Sparrow habitat associations on Kansas tallgrass prairie. *The Wilson Journal of Ornithology*, 112(1), 115–124.
- Dechant, J. A., Sondreal, M. L., Johnson, D. H., Igl, L. D., Goldade, C. M., Rabie, P. A., y Euliss, B. R. (1999). Effects of management practices on grassland birds: Burrowing Owl. *USGS Northern Prairie Wildlife Research Center*, 33 pp.

- Delisle, J. M., y Savidge, J. A. (1996). Reproductive success of grasshopper sparrows in relation to edge. *The Prairie Naturalist*, 28(3), 107–113.
- Enriquez Rocha, P., J. L. Rangel Salazar y W. Holt Denver. (1993). Presence and distribution of Mexican owls: A review. *Journal of Raptor Research*, 27, 154–160.
- Estrada-Castillón E., Scott-Morales L., Villarreal-Quintanilla J. A., Jurado-Ybarra., Cotera- Correa M., Cantú-Ayala C. y García-Pérez J. (2010). Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perritos de la pradera (*Cynomys mexicanus*): diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 401–416.
- Faircloth, B. C., Tan, K., Welty, J., Belthoff, J. R., y Gowaty, P. A. (2010). Eighteen microsatellite loci developed from western burrowing owls (*Athene cunicularia hypugaea*). *Conservation Genetics Resources*, 2(1), 167–171.
- Flath, D. L., y Paulick, R. K. (1979). Mound characteristics of white-tailed prairie dog maternity burrows. *American Midland Naturalist*, 102(2), 395–398.
- Franson, J. C. (2017). Protozoal hepatitis in a western burrowing owl (*Athene cunicularia hypugaea*). *The Southwestern Naturalist*, 62(1), 75–77.
- Gervais, J. A., Rosenberg, D. K., Fry, D. M., Trulio, L., y Sturm, K. K. (2000). Burrowing owls and agricultural pesticides: Evaluation of residues and risks for three populations in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(2), 337–343.
- Gleason, R. S., y Johnson, D. R. (1985). Factors influencing nesting success of Burrowing Owls in southeastern Idaho. *Great Basin Naturalist*, 45(1), 81–84.
- Green, G. A., y Anthony, R. G. (1989). Nesting success and habitat relationships of burrowing owls in the Columbia Basin, Oregon. *The Condor*, 91(2), 347–354
- Hall, D. B., Greger, P. D., y Rosier, J. R. (2009). Regional and seasonal diet of the Western Burrowing Owl in south central Nevada. *Western North American Naturalist*, 69(1), 1–9.
- Haug E. A, Millsap B. A, y Martell M. S. (1993). *Burrowing owl (Speotyto cunicularia)*. In: *The birds of North America No. 61. Poole A and Gill F (eds)*. The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, and The American Ornithologists' Union, Washington DC.

- Herse, M. R. (2017). Diet and behavior of extralimital Western burrowing owls (*Athene cunicularia hypogea*) in tallgrass prairie. *The Southwestern Naturalist*, 61(4), 341–349.
- Holroyd, G. L., Estrella, R. R., y Sheffield, S. R. (2001). Conservation of the burrowing owl in western North America: issues, challenges, and recommendations. *Journal of Raptor Research*, 35(4), 399–407.
- Howell, S. N., y Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press, New York.
- INEGI. (2009a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Salinas, San Luis Potosí. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/24/24025.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. (2009b). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa de Ramos, San Luis Potosí. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/24/24025.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. (2009c). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Vanegas, San Luis Potosí. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/24/24049.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. (2009d). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Saltillo, Coahuila. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/05/05030.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. (s.f.a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santiago Papasquiaro, Durango. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/10/10032.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. (s.f.c.) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Pinos, Zacatecas. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/32/32038.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI.(s.f.b). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa Hidalgo, Zacatecas. (En línea)

http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/32/32054.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).

- Itubarría Rojas, E. (2002). *Estimación de abundancia y afinidad de hábitat del tecolote llanero (Athene cunicularia hypugaea) en el Valle de Mexicali, Baja California y Sonora, México*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Johnsgard, P. A. (2002). North American owls: biology and natural history. Segunda Edición. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Justice-Allen, A., y Loyd, K. A. (2017). Mortality of Western Burrowing Owls (*Athene cunicularia hypugaea*) associated with brodifacoum exposure. *Journal of wildlife diseases*, 53(1), 165–169.
- Klute, D. S., Ayers, L.W., Green, M. T., Howe, W.H., Jones, S.I., (2003). *Status Assessment and Conservation Plan for the Western burrowing Owl in the United States*. U.S. Department of Interior, Fish & Wildlife Service, Biological Technical Publication FWS/BTP-R6001-2003, Washington, D.C.
- Konrad, P. M., y Gilmer, D. S. (1984). Observations on the nesting ecology of Burrowing Owls in central North Dakota. *Prairie Naturalist*, 16(3), 129–130.
- Korfanta, N. M., McDonald, D. B., y Glenn, T. C. (2005). Burrowing Owl (*Athene cunicularia*) population genetics: a comparison of North American forms and migratory habits. *The Auk*, 122(2), 464–478.
- Korfanta, N. M., Schable, N. A., y Glenn, T. C. (2002). Isolation and characterization of microsatellite DNA primers in burrowing owl (*Athene cunicularia*). *Molecular Ecology Notes*, 2(4), 584–585.
- Labrada, J.J. (2017). *Distribución potencial, abundancia y caracterización de la cobertura vegetal de los sitios de anidación del tecolote llanero occidental (Athene cunicularia hypugaea) en el nororiente del Valle de México*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.
- Leupin, E. E., y Low, D. J. (2001). Burrowing Owl reintroduction efforts in the Thompson-Nicola region of British Columbia. *Journal of Raptor Research*, 35(4), 392–398.
- Littles, C. J., Williford, D., Skoruppa, M. K., Woodin, M. C., y Hickman, G. C. (2007). Diet of western Burrowing owls wintering in southern Texas. *Journal of Raptor Research*, 41(4), 307–313.

- MacCracken, J. G., Uresk, D. W., y Hansen, R. M. (1985). Vegetation and soils of burrowing owl nest sites in Conata Basin, South Dakota. *The condor*, (87), 152–154.
- Macías-Duarte, A., y Conway, C. J. (2015). Distributional changes in the western burrowing owl (*Athene cunicularia hypugaea*) in North America from 1967 to 2008. *Journal of Raptor Research*, 49(1), 75–83.
- Macías-Duarte, A., Panjabi, A. O., Pool, D., Youngberg, E., y Levandoski, G. (2011). Wintering grassland bird densities in Chihuahuan Desert grassland priority conservation areas, 2007-2011. Reporte Técnico. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, Colorado, USA.
- Macias-Duarte A. (2011). *Change in Migratory behavior as possible explanation for burrowing owl population declines in northern latitudes*. Tesis Doctoral. Universidad de Arizona. Arizona, USA.
- Mackay, W. P., y Mackay, E. E. (2002). The ants of New Mexico (Hymenóptera: Formicidae). Nueva York. USA. The Edwin Mellen Press.
- Mayor, S. J., Schneider, D. C., Schaefer, J. A., y Mahoney, S. P. (2009). Habitat selection at multiple scales. *Ecoscience*, 16(2), 238–247.
- Morgan, K. H., Cannings, R. J., y Guppy, C. S. (1993). Some foods eaten by a Burrowing Owl overwintering on southern Vancouver Island. *Northwestern Naturalist*, 74(3), 84–87.
- Mrykalo, R. J., Grigione, M. M., y Sarno, R. J. (2009). A comparison of available prey and diet of Florida Burrowing Owls in urban and rural environments: a first study. *The Condor*, 111(3), 556–559.
- Murphy, M. T. (2003). Avian population trends within the evolving agricultural landscape of eastern and central United States. *The Auk*, 120(1), 20–34.
- Palma-Cancino, D. Y., Tarango-Arámbula, L. A., Ugalde-Lezama, S., Alcántara-Carbajal, J. L., Ángeles-Pérez, G., Ramírez-Valverde, G., y Martínez-Montoya, J. L. (2014). Hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, México. *Agroproductividad*, 7(4), 3–9.
- Panjabi, A., Youngberg, E., y Levandoski, G. (2010). Wintering grassland bird density in Chihuahuan desert grassland priority conservation areas, 2007-2010. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO. RMBO Technical Report I-MXPLAT-08-03.

- Plumpton, D. L., y Lutz, R. S. (1993). Influence of vehicular traffic on time budgets of nesting burrowing owls. *The Journal of wildlife management*, 57(3), 612–616.
- Plumpton, D. L., y Scott, L. R. (1993). Prey selection and food habits of Burrowing Owls in Colorado. *The Great Basin Naturalist*, 53(3), 299–304.
- Poulin, R. G., Todd, L. D., Dohms, K. M., Brigham, R. M., y Wellicome, T. I. (2005). Factors associated with nest- and roost-burrow selection by burrowing owls (*Athene cunicularia*) on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Zoology*, 83(10), 1373–1380.
- Restani, M. A. R. C. O., Rau, L. R., y Flath, D. L. (2001). Nesting ecology of Burrowing Owls occupying black-tailed prairie dog towns in southeastern Montana. *Journal of Raptor Research*, 35(4), 296–303.
- Rich, T. (1986). Habitat and nest-site selection by burrowing owls in the Sagebrush Steppe of Idaho. *The Journal of Wildlife Management*, 50(4), 548–555.
- Rodríguez–Estrella R. (1997). Nesting sites and feeding habits of the Burrowing owl in the Biosphere Reserve of Mapimi, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 9, 99–106.
- Rodríguez-Estrella, R., y Ortega-Rubio, A. (1993). Nest site characteristics and reproductive success of burrowing owls (Strigiformes: Strigidae) in Durango, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 41 (1) 143–148.
- Roe, K. A., y Roe, C. M. (2003). Habitat selection guidelines for black-tailed prairie dog relocations. *Wildlife Society Bulletin*, 31(4), 1246–1253.
- Rotenberry, J. T. (1985). The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristic? *Oecologia*, 67, 213–217.
- Ruiz-Aymá, G. (2014). *Dinámica poblacional del tecolote llanero occidental (Athene cunicularia hypugaea) en zonas de pastizal en el Noreste de México*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Ruiz-Aymá, G. R., Kerstupp, A. O., Velasco, A. G., y Rojas, J. I. G. (2019). Diet and prey delivery of burrowing owls (*Athene cunicularia hypugaea*) during the breeding season in the Chihuahuan Desert, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 53(1), 75–83.
- Samson, F. B., F. L. Knopf, y W. R. Ostlie. (2004). Great plains ecosystems: past, present, and future. *Wildlife Society Bulletin*, (32),6–15.

- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M., y García, Y. (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*, 31(2), 1–1.
- Scott-Morales, L., Estrada, E., Chávez-Ramírez, F., y Cotera, M. (2004). Continued decline in geographic distribution of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy*, 85(6), 1095–1101.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Norma Oficial Mexicana-059. (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. Poder ejecutivo Federal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 30 diciembre de 2010.
- Silva-Piña, M. J., Tarango-Arámbula, L. A., Clemente-Sánchez, F., Cortez-Romero, C., Velázquez-Martínez, A., Rafael-Valdez, J., y Ugalde-Lezama, S. (2018). Características del hábitat de sitios de descanso del búho manchado (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México. *Huitzil*, 19(2), 141–156.
- Skoruppa, M. K., Pearce, B., Woodin, M. C., y Hickman, G. C. (2006). Ectoparasites of Burrowing Owls (*Athene cunicularia hypugaea*) wintering in southern Texas. *Texas Journal of Science*, 58(1), 73–78.
- Smith, B. W., y Belthoff, J. R. (2001). Effects of nest dimensions on use of artificial burrow systems by burrowing owls. *The Journal of Wildlife Management*, 65(2), 318–326.
- Stanton, R. L., Morrissey, C. A., y Clark, R. G. (2018). Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 254, 244–254.
- Stromborg, K. L. (1986). Reproduction of bobwhites fed different dietary concentrations of an organophosphate insecticide, methamidophos. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15(2), 143–147.
- Stuber, M. J., Hooper, M. J., y Belthoff, J. R. (2018). Examination of pesticide exposure in burrowing owls nesting in agricultural and nonagricultural areas in the Morley Nelson Snake River Birds of Prey National Conservation Area, Idaho. *Journal of Raptor Research*, 52(2), 191–207.
- Tarango, L. A., Valdez, R., Zwank, P. J. and Cardenas, M. (1997). Mexican Spotted Owl Habitat Characteristics in Southwestern Chihuahua, México. *The Southwestern Naturalist*, 42(2), 132–136.

- Thiele, J. P., Bakker, K. K., y Dieter, C. D. (2013). Multiscale nest site selection by Burrowing Owls in western South Dakota. *The Wilson Journal of Ornithology*, 125(4), 763–774.
- Tov, Y. Y., y Wright, J. (1993). Effect of heating nest boxes on egg laying in the Blue Tit (*Parus caeruleus*). *The Auk*, 110 (1), 95–99.
- Trulio, L. A., y Higgins, P. (2012). The diet of western burrowing owls in an urban landscape. *Western North American Naturalist*, 72(3), 348–357.
- Valdez-Gómez H. E. (2003). *Dieta del Tecolote llanero occidental Athene cunicularia hypugaea (Bonaparte, 1825), durante su estancia invernal en el Bajío Mexicano*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Valdez-Gómez, H. E. (2014). *Dieta invernal de tecolote llanero (Athene cunicularia) y su interacción con dos especies simpátricas: búho cuerno corto (Asio flammeus) y lechuza de campanario (Tyto alba), en el occidente de México*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- Vickery, P. D., Tubaro, P. L., Cardoso da Silva, J. M., Peterjohn, B. G., Herkert, J. R., y Cavalcanti, R. B. (1999). Conservation of grassland birds in the western hemisphere. *Studies in Avian Biology*, 19, 2–26.
- Wilkerson, R. L., y Siegel, R. B. (2011). Distribution and abundance of western burrowing owls (*Athene Cunicularia hypugaea*) in southeastern California. *The Southwestern Naturalist*, 56(3), 378–385.
- Williford, D. L., Woodin, M. C., Skoruppa, M. K., y Hickman, G. C. (2009). Rodents new to the diet of the Western Burrowing Owl (*Athene cunicularia hypugaea*). *The Southwestern Naturalist*, 54(1), 87–91.
- Williford, D. L., Woodin, M. C., Skoruppa, M. K., y Hickman, G. C. 2007. Characteristics of roost sites used by burrowing owls (*Athene cunicularia*) wintering in southern Texas. *The southwestern naturalist*, 52(1), 60–66
- York, M. M., Rosenberg, D. K., y Sturm, K. K. (2002). Diet and food-niche breadth of Burrowing Owls (*Athene cunicularia*) in the Imperial Valley, California. *Western North American Naturalist*, 62(3), 280–287.

CAPÍTULO 2. DIETA DE LA LECHUZA LLANERA (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO.

2.1. RESUMEN

Las aves de presa, como la lechuza llanera (*Athene cunicularia hypugaea*), se encuentran en la cima de la cadena alimenticia, desempeñando una función muy importante en el ecosistema, ya que regulan las poblaciones de sus especies presa. Por ello, los objetivos de la presente investigación fueron: a) Determinar la composición y variación de la dieta de *Athene cunicularia hypugaea* en dos estaciones del año (verano y otoño) en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México, b) Relacionar el tamaño de las egagrópilas con las presas presentes en ellas. En siete sitios se recolectaron 79 egagrópilas (56 en verano y 23 en otoño), se determinó la dominancia de órdenes de presas y la amplitud de nicho trófico. Un análisis de Kruskal-Wallis se realizó para comparar el tamaño y peso de las egagrópilas entre estados de recolecta. También para relacionar las medidas y el peso con los órdenes presentes, un Análisis de Correspondencias Canónicas se realizó. Las egagrópilas tuvieron un largo, ancho y peso promedio de 26.7 ± 6.8 mm, 12.9 ± 1.89 mm, 0.9 ± 0.44 g, respectivamente. Los principales órdenes de presas registradas en la dieta fueron Coleóptera (75.0%), Hymenoptera (11.0%) y Orthoptera (5.0%). La amplitud de nicho trófico fue baja y el análisis de Kruskal-Wallis evidenció diferencias en el ancho de las egagrópilas. Entender la ecología trófica de la lechuza llanera es fundamental, pues ayuda en la toma de decisiones en el manejo y conservación de su hábitat en el centro-norte de México.

Palabras clave: Alimentación, aves, insectos.

CHAPTER 2. DIET OF THE BURROWING OWL (*Athene cunicularia hypugaea* Bonaparte, 1825) IN THE CENTER-NORTH OF MEXICO.

2.1. ABSTRACT

Birds of prey, such as the barn owl (*Athene cunicularia hypugaea*), are found at the top of the food chain, playing a very important role in the ecosystem, since they regulate the populations of their prey species. Therefore, the objective in the present investigation was: a) to determine the composition and variation of the *Athene cunicularia hypugaea* diet in two seasons of the year (summer and autumn) in Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas Mexico, b) To relate the size of the egagrópilas with the prey present in them. Egagropiles were collected at 7 sites, the trophic niche amplitude and the dominance of orders of prey present were determined. A Kruskal-Wallis analysis was performed to compare the size and weight of egagropiles between collection sites. Also to relate the measurements and weight to the orders present, a Canonical Correspondence Analysis was performed. 79 egagropiles were collected, which had an average length, width and weight of 26.73 ± 6.8 mm, 12.94 ± 1.89 mm, 0.96 ± 0.44 g, respectively. The main orders of prey recorded in the diet were Coleoptera (75%), Hymenoptera (11%) and Orthoptera (5%). The trophic niche amplitude was low and the Kruskal-Wallis analysis showed differences in the width of the egagropiles. Understanding the trophic ecology of the barn owl is essential, as it helps in decision-making in the management and conservation of its habitat in central-northern Mexico.

Keywords: Feeding, birds, insects

2.3. INTRODUCCIÓN

Las aves rapaces o de presa desempeñan un papel ecológico importante en los ecosistemas, ocupan el mismo nivel trófico que los grandes depredadores y regulan poblaciones de roedores, lagomorfos, insectos, entre otros (Brown y Amadon, 1968; Sergio *et al.*, 2008).

El análisis de la dieta se basa en separar los componentes presentes en las egagrópilas (Wellicome, 2000). Las egagrópilas son masas compactas que las aves rapaces regurgitan, están conformadas de materiales duros no digeribles como pelos, huesos, escamas, plumas, picos o garras y éstas se expulsan de la cavidad bucal después de haber ingerido el alimento. Las egagrópilas de la lechuza llanera miden de 3-4 cm de largo y 1.5 cm de ancho, su peso seco aproximado es de 1 g y el color depende de las presas consumidas (Thomsen, 1971). Para determinar la composición de la dieta de la lechuza llanera se toma en cuenta además de las egagrópilas, los remanentes de presas como cabezas, mandíbulas, o extremidades abandonadas en las inmediaciones de las madrigueras (Simmons *et al.*, 1991; Marchesi *et al.*, 2002).

La dieta de la lechuza llanera en Texas (n=182 egagrópilas) se compuso básicamente por artrópodos (98.0%), principalmente por grillos (Orthopteros) (50.0%), larvas de lepidópteros (13.0%), escarabajos (Coleopteros) (8.0%), arañas (Arachnida) (7.0%), y tijerillas (Dermaptera) (6.0%). Los pequeños mamíferos y las aves aportaron únicamente el 2% de su dieta (Littles *et al.*, 2007).

En México, Rodríguez- Estrella (1997) reportó que, en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, el 85.5 % de la dieta de la lechuza llanera se compuso por invertebrados y en Galeana, Nuevo León, los invertebrados también fueron componentes importantes de la dieta con un 85.3%, los mamíferos (12.3%), aves (2%) y reptiles (0.4%) (Cruz–Nieto, 2006).

Los estudios de dieta son importantes para manejar y conservar el hábitat requerido por *A. c. hypugaea* (Haug *et al.*, 1993; Sutherland, 2000), pues la selección de un hábitat por una especie depende, entre otros factores, del espacio y alimento disponibles (Schmutz

et al., 1991). Por ello, el éxito o fracaso de una especie en un sitio determinado, dependerá de la flexibilidad de su dieta y de las tácticas empleadas para la obtención del alimento (Tuomainen y Candolin, 2011). Por ello, los objetivos de esta investigación fueron: a) identificar los componentes de la dieta de *A. cunicularia hypugaea* B. en el centro-norte de México y b) relacionar el tamaño de las egagrópilas con las presas presentes en ellas. Este estudio contribuye con información para el diseño de programas de manejo de hábitat que provean los recursos necesarios para la sobrevivencia de las poblaciones de lechuza llanera en el centro-norte de México.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio

La recolecta de egagrópilas se realizó en los municipios de Salinas (23° 11´ y 22° 2´ N y 101° 22´ y 101° 57´ O) (INEGI, 2009a) y Vanegas (24° 30´ N y 23°46´ y 100° 35´y 101° 13´ O) (INEGI, 2009b) de San Luis Potosí; Santiago Papasquiari, Durango, (24° 36´ y 25° 25´ N) (INEGI, s.f.a.), Saltillo, Coahuila (24° 33' y 25° 32´ N y 101° 38' y 100° 44´ O) (INEGI, 2009c), Villa Hidalgo (22° 17´y 22° 32´N y 101° 35´ y 101°, 51´ O) (INEGI, s.f.b.) Zacatecas (Figura 2.1).

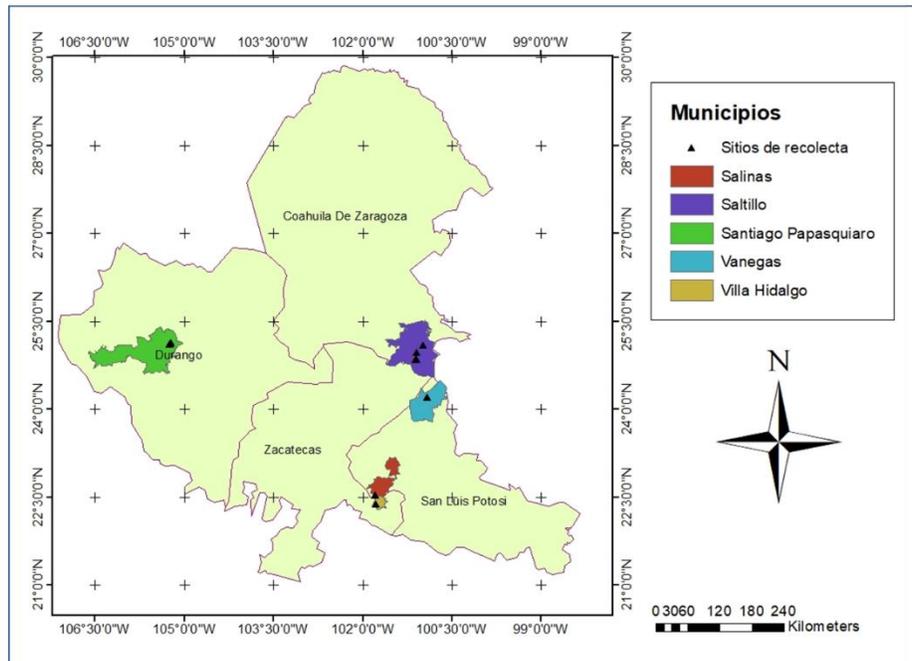


Figura 2.1. Sitios de recolecta de egagrópolis de lechuga llanera (*Athene cunicularia hypugaea*) en el centro-norte de México.

2.4.2. Recolecta de egagrópolis

Las recolectas de egagrópolis y remanentes de presas de la lechuga llanera se realizaron de junio a diciembre de 2018 en las localidades siguientes: San Juan del Retiro, Guadalupe Victoria y Rancho experimental Los Ángeles, del municipio de Saltillo, Coahuila; San Julián, Santiago Papasquiario, Durango; Conejillo municipio de Salinas y, en El Gallo, municipio de Vanegas, San Luis Potosí, y en San Agustín en Villa Hidalgo, Zacatecas, México.

Las muestras de egagrópolis se colocaron en cajas Petri con los datos de identificación (número de madriguera, número de egagrófila, lugar y fecha de recolecta); asimismo, se clasificaron por estación (verano: junio, julio, agosto, septiembre y otoño: septiembre, octubre, noviembre y diciembre) Las muestras se trasladaron al laboratorio de Agua-Suelo-Planta del Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí y se secaron al aire libre. Posteriormente se midieron (largo, ancho (mm)) con un vernier electrónico marca KARLEN® (Figura 2.2) y se pesaron (gr) en una balanza VELAB®. Las egagrópolis se disgregaron manualmente utilizando guantes de látex. Los restos fueron separados con el apoyo de un microscopio estereoscópico LEICA® y posteriormente colocados en bolsas

de celofán con su respectiva identificación. Finalmente, las muestras de egagrópilas fueron enviadas al Dr. Jesús Romero Nápoles, Profesor Investigador Titular del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, para identificar los principales componentes de la dieta de *A. c. hypugaea*.

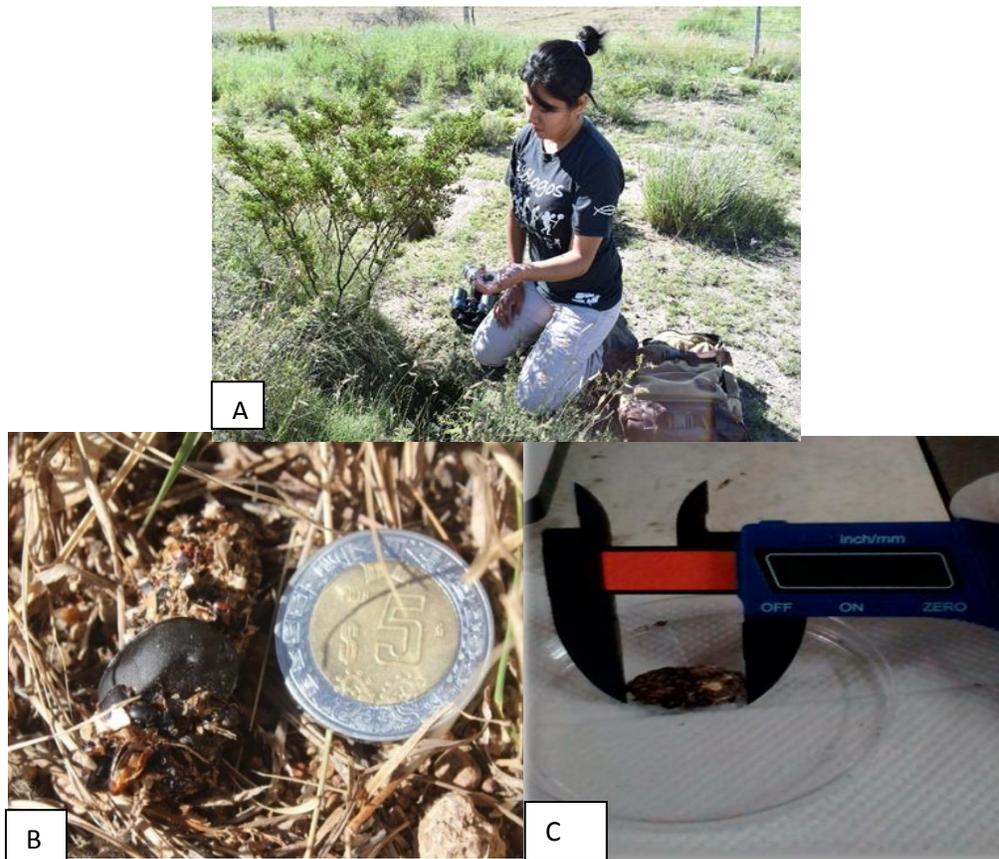


Figura 2.2. Recolección (A y B) y medición (C) de egagrópila de *Athene cunicularia hypugaea* en el centro-norte de México.

2.4.3. Análisis de datos

La frecuencia de las presas presentes en las egagrópilas de *Athene cunicularia hypugaea* se determinó mediante la fórmula de Frecuencia Relativa de Observación en el software Microsoft Excel (2016).

$$FRO = \frac{(\text{Número de individuos de cada orden identificado})}{\text{Número total de presas}} \times 100$$

La composición de la dieta de *A. c. hypugaea*, se analizó con los índices siguientes: a) índice de Simpson (Simpson,1949), para determinar la dominancia de algún orden en la dieta, b) índice de Levins (Krebs,1999) para determinar la amplitud del nicho trófico. Estos se obtuvieron en el software Microsoft Excel 2016®.

La riqueza de especies se analizó mediante el estimador Jackknife1 empleando los datos de presencia-ausencia registradas en cada egagrópila. Este análisis se realizó en el Software EstimateS Ver. 9.1.0.

La relación entre el tamaño (largo, ancho y peso) de las egagrópilas y las presas consumidas, se identificó con un Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC). Para ello, la información de las variables se clasificó en 3 categorías (Cuadro 2.1) dicho análisis se realizó en el software RStudio®.

Cuadro 2.1. Clasificación de las variables largo, ancho y peso de las egagrópilas de *Athene cunicularia hypugaea* recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

Variable	Clave	Rango
Largo (mm)	LA1 (Cortas)	13.0-26.0
	LA2 (Medianas)	26.1-30.5
	LA3 (Largas)	30.6-40.7
Ancho (mm)	AN1 (Delgado)	8.0-12.0
	AN2 (Mediano)	12.1-15.0
	AN3 (Amplio)	15.1-20.9
Peso (g)	P1 (Ligera)	0.30-0-90
	P2 (Mediana)	0.91-1.80
	P3 (Pesada)	1.81-1.89

Finalmente, para determinar posibles diferencias en las medidas y peso de las egagrópilas por sitio de recolecta, se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha= 0.05$), para ello se utilizó el Software R studio®.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De junio a diciembre de 2018 se recolectaron, procesaron y analizaron 79 egagrópilas encontradas en 29 madrigueras de lechuga llanera (Cuadro 2.2). En las egagrópilas se contabilizaron 1,169 presas, promediando 14.6 individuos por egagrópila. El largo, ancho y peso de las egagrópilas fueron de 27.0 ± 7 mm, 13.0 ± 2.2 mm y 0.9 ± 0.4 g, respectivamente (Cuadro 2.3). En el desierto de Atacama, Carevic (2013), reportó que el largo y ancho promedio de 111 egagrópilas fueron de 3.9 ± 1.1 mm y 2.1 ± 0.5 mm, respectivamente; en ellas se encontró un promedio de 4.3 ± 1.4 individuos por egagrópila. En Jalisco, México, Valdéz-Gómez (2003), registró que el peso de egagrópilas osciló entre 0.1 y 3.7 g, mientras que el promedio de presas por muestra fue de 3.4. Por el contrario, en otro estudio sobre composición de dieta el promedio de presas por egagrópila fue de 33 individuos. Se ha reportado que el tamaño y peso de las egagrópilas varían con los tipos de presas que la lechuga llanera consume (Rafael-Valdez, 2018). En otras especies de Strigiformes, como el tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) y el buho cornudo (*Bubo virginianus*) las egagrópilas son de mayor tamaño y peso. Por ejemplo, las del tecolote moteado mexicano (TMM) miden en promedio 4.0 ± 1.1 cm de largo, 2.2 ± 0.5 cm de diámetro y 2.5 ± 1.2 g; las del buho cornudo (BC) tienen un largo promedio de 3.9 ± 1 cm, un ancho de 2.42 ± 0.33 cm y un peso de 3.02 ± 1.44 g. Las diferencias en dimensiones y pesos se deben al tipo de presas que estas especies requieren y consumen, ambas especies consumen principalmente mamíferos. Por ejemplo, el TMM consume pequeños mamíferos (85.2%), insectos (12.8%), y aves (2.0%) y el BC consume mamíferos (86.2%), aves (11.2%), y artrópodos

(2.3%), a diferencia de la lechuza llanera cuya dieta se basa principalmente en artrópodos (Lavado-Solis, 2015; Rafael-Valdez, 2018).

Cuadro 2.2. Número de egagrópilas de *A. c. hypugaea* recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México de junio a diciembre de 2018.

Estado	Municipio	Localidad	Núm/Egagrópilas	
			Verano	Otoño
San Luis Potosí	Salinas	Conejillo	5	11
	Vanegas	El Gallo	3	0
Coahuila		San Juan del Retiro	7	0
	Saltillo	Guadalupe Victoria	6	0
		Rancho Los Ángeles	1	0
Durango	Santiago	San Julián	29	9
	Papasquiario			
Zacatecas	Villa Hidalgo	San Agustín	2	6
TOTAL			53	26

En la presente investigación, se determinó que 98.0% de la dieta de la lechuza llanera durante el verano y otoño fue de invertebrados, en su mayoría de especies de insectos del orden Coleoptera, Hymenoptera y Orthoptera. Los escorpiones e individuos del orden Rodentia se incluyeron durante el verano y otoño, pero en proporciones bajas (Cuadro 2.4). Las familias taxonómicas identificadas fueron Scarabaeidae, Formicidae, Tenebrionidae, Acrididae, Curculionidae, Gryllidae, Chrysomelidae, Elateridae, Reduviidae y Silphidae. Cruz-Nieto, 2006 reportó para Nuevo León, México, que los invertebrados más abundantes en la dieta de la lechuza fueron individuos pertenecientes a las familias Carabidae, Acrididae, Scarabidae, Curculionidae, Cerambycidae y Tenebrionidae. Estas diferencias en la composición de la dieta, puede ser un indicador

de que la lechuza llanera realiza una selección para su dieta tomando en cuenta la disponibilidad de alimento (Torres-Contreras y Silva-Aranguiz 1994; Andrade *et al.*, 2010; Carevic *et al.*, 2013) y consumiendo aquellas especies que le aportan una cantidad mayor de nutrientes.

Los componentes de la dieta, durante el proceso de digestión, se descomponen de manera tal que su identificación a nivel de especie es complicada. En este estudio fue posible identificar algunos componentes únicamente a nivel de género y la minoría hasta especie. Por ejemplo, la lechuza llanera consumió individuos de *Canthon* spp, *Dichotomius* sp, *Temnothorax* spp, *Euphoria basalis*, *Pogonomyrmex barbatus*, *Phanaeus quadridens*, *Polyphylla hammondi*, *Cotinis mutabilis* y *Nicrophorus mexicanus*.

Cuadro 2.3. Medias y desviaciones estándar de las dimensiones y peso de las egagrópilas de *A.c. hypugaea* recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México

Variable	Estados				
	Coahuila	Durango	San Luis Potosí	Zacatecas	Global
Largo (mm)	26 ± 5	27.4 ± 7	27.4 ± 7	22.5 ± 9.3	27 ± 7
Ancho (mm)	14.3 ± 2.4	13 ± 1.3	12.3 ± 1.3	11.3 ± 2.6	13 ± 2.2
Peso (g)	0.9 ± 0.4	0.9 ± 0.3	1.1 ± 0.6	0.7 ± 0.2	0.9 ± 0.4

Cuadro 2.4. Frecuencia absoluta y frecuencia relativa de observación de las presas presentes en las egagrópilas de *A. c. hypugaea* en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México recolectadas de junio-diciembre de 2018.

Orden	Verano		Otoño	
	FA	FRO (%)	FA	FRO (%)
Coleoptera	601	75.5	286	76.7
Hymenoptera	108	13.6	22	5.9
Orthoptera	34	4.2	26	7
Rodentia	26	3.2	3	0.8
Scorpiones	12	1.5	3	0.8
Decapoda	10	1.2	0	0
Hemiptera	1	0.1	1	0.2
Ni	4	0.5	32	8.5

FA: Frecuencia absoluta, FRO: Frecuencia relativa de observación.

El índice de Levins estandarizado, el cuál expresa la amplitud de nicho trófico en una escala de cero (nicho angosto) a uno (nicho amplio), mostró valores bajos y muy similares entre el verano ($B_{EST}= 0.09854$) y otoño ($B_{EST}= 0.09375$), con un índice general $decB_{EST}=0.09857$. Éstos valores de índices bajos coinciden con lo reportado por *Bó et al.* (2007). Al respecto, *Bellocq* (1998), menciona que éstos valores de índices bajos se deben a la dominancia de ciertas especies en la dieta, en este estudio, posiblemente se debió a la frecuencia alta de individuos del orden Coleoptera.

El índice de Simpson fue de $\lambda= 0.59$ durante el verano y de $\lambda= 0.60$ el otoño. Al respecto, *Bellocq*, (1988), define a *A. c. hypugaea* como una especie con dieta generalista y comportamiento de caza oportunista, que consume presas de acuerdo con su abundancia (*Torres-Contreras y Silva-Aranguez*, 1994; *Andrade et al.*, 2010; *Carevic et al.*, 2013).

Algunos estudios reportan que los artrópodos son las presas más frecuentes en la dieta de la lechuza llanera y que el orden Coleoptera, es el más abundante (*Martínez y Júnior*, 2018; *Andrade et al.*, 2004; *Ruiz-Aymá*, 2019). Algunas presas de las familias Scarabaidae, Carabidae y Curculionidae identificadas en las egagrópilas recolectadas

en esta investigación son de hábitos terrícolas y suelen concentrarse en lugares oscuros y húmedos, como las madrigueras utilizadas por *A. cunicularia* (Núñez y Yáñez, 1982, Schlatter *et al.*, 1982).

Asimismo, se ha documentado que una de las formas de cazar de la lechuza llanera es posándose afuera de la madriguera y espera la llegada de sus presas (Haug *et al.*, 1993), escarabajos atraídos por el estiércol, que las lechuzas colocan afuera de sus madrigueras (Levey *et al.*, 2004). Esta estrategia de caza y captura de presas, permite que los adultos se alimenten sin necesidad de desplazarse y su gasto energético en la procuración y obtención del alimento sea más bajo (Cavalli *et al.*, 2014). También, algunos autores reportan que existe una relación positiva entre la abundancia de coleópteros y la presencia de especies de plantas nativas (Jonas *et al.*, 2002; Littles *et al.*, 2007). Al respecto, Chapman (1998) y Schoonhoven *et al.* (2005), mencionan que, los insectos hervívoros adquieren de las plantas los nutrientes que necesitan. Sin embargo, el contenido de estos varía con las condiciones climáticas, estación y con la disponibilidad de flores (Cruz-Labana *et al.*, 2018).

En este estudio, el porcentaje de individuos del orden Rodentia en la dieta de la lechuza llanera (3.26% en verano y 0.8 en otoño) contrasta con lo reportado para California, en donde los roedores representaron 41.0% de su dieta (Thomsen, 1971) y en Colorado, 52.0 % (Plumpton y Scott, 1993). Estas diferencias probablemente se deban a la disponibilidad de roedores baja en las regiones estudiadas, en donde la lechuza compite por estos recursos, con carnívoros de talla mediana como el coyote y la zorra norteña. Los resultados sobre la composición de la dieta son contrastantes, en California y Colorado, los roedores sobresalieron, mientras que, en otro estudio (York *et al.*, 2002) constituyeron únicamente 0.2% de la dieta.

En este sentido, se debe considerar que el peso del depredador tiene una relación directa con el tamaño de sus presas. La lechuza llanera, cuyo peso es de aproximadamente 150 g, no consume presas muy pesadas (Barclay y Brigham 1991, Marti *et al.*, 1993), como lo hacen otras especies de la familia Strigidae; *B. virginianus*, *Assio flammeus*, *Strix*

occidentalis cuya dieta se basa principalmente en mamíferos pequeños (Aragon *et al.*, 2002; Pozo-Zamora *et al.*, 2017, Rafael-Valdez, 2018).

Cuadro 2.5. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis del largo, ancho y peso de las egagrópilas de *A. c. hypugaea* recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

Variable	Chi-cuadrada	GI	Prob P< cuadrada
Largo	2.44	3	0.4855
Ancho	12.92	3	0.0047
Peso	4.002	3	0.2614

Con el análisis de Kruskal-Wallis se identificó diferencias significativas en el ancho de las egagrópilas por estados (Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas) (Cuadro 2.5).

El Análisis de Correspondencias Canónicas mostró una inercia en sus dos ejes del 65.5%; lo cual indica una conformación de grupos linealmente relacionados. Las egagrópilas clasificadas como cortas (L1), se relacionaron con la presencia de individuos del orden Decapoda en la dieta de la lechuza llanera. Las clasificadas como medianas (L2), tienen una relación con insectos del orden Hymenoptera y las egagrópilas largas (L3) con individuos del orden Coleoptera.

Por otro lado, las de ancho delgado (AN1), se relacionaron con el orden Hymenoptera, las de ancho mediano (AN2) con los órdenes Rodentia, Hemiptera, Scorpiones y Decápoda; mientras, que las de peso ligero (P1) se asociaron con la presencia de decápodos y las de peso mediano (P2), se relacionaron con remanentes en la dieta identificados en la categoría de otros (Figura 2.3).

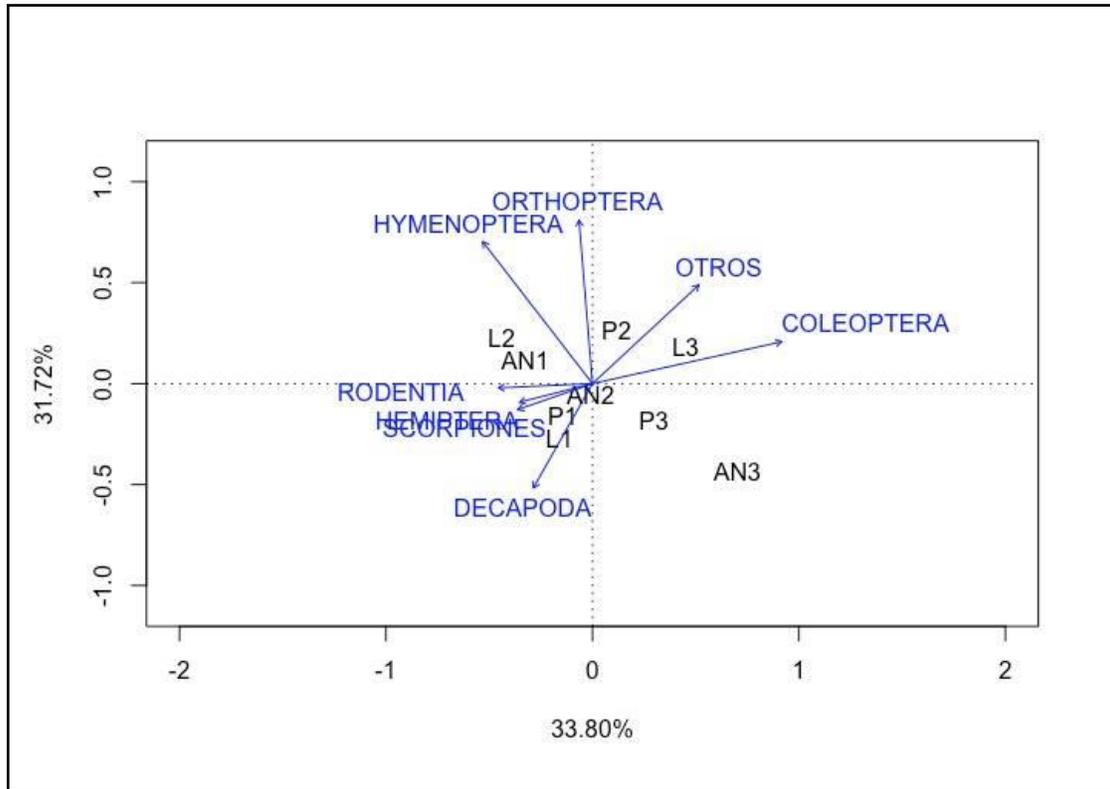


Figura 2.3. Representación del Análisis de Correspondencias Canónicas para el largo, ancho y peso de las egagrópilas de *A. c. hypugaea* y el contenido de presas en ellas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

La riqueza de especies determinada con el estimador Jackknife1; muestran que el número promedio de órdenes de presas encontrado fue bajo, en torno a los esperados por el modelo (Figura 2.4). Este resultado tiene que ver con el proceso digestivo, durante el cual, las presas ingeridas pasan directamente al estómago. El estómago se divide en dos componentes, el glandular (EG) y el muscular (EM). En el primero se realiza la absorción de nutrientes, y en el segundo se procesa el material no digerido, posteriormente este material se compacta y expulsa a través de las contracciones del ventrículo (Antúnez y Flores, 2002). Los componentes principales de la dieta de la lechuza llanera son insectos, los cuales, debido a su fragilidad y fácil digestión hacen difícil su identificación.

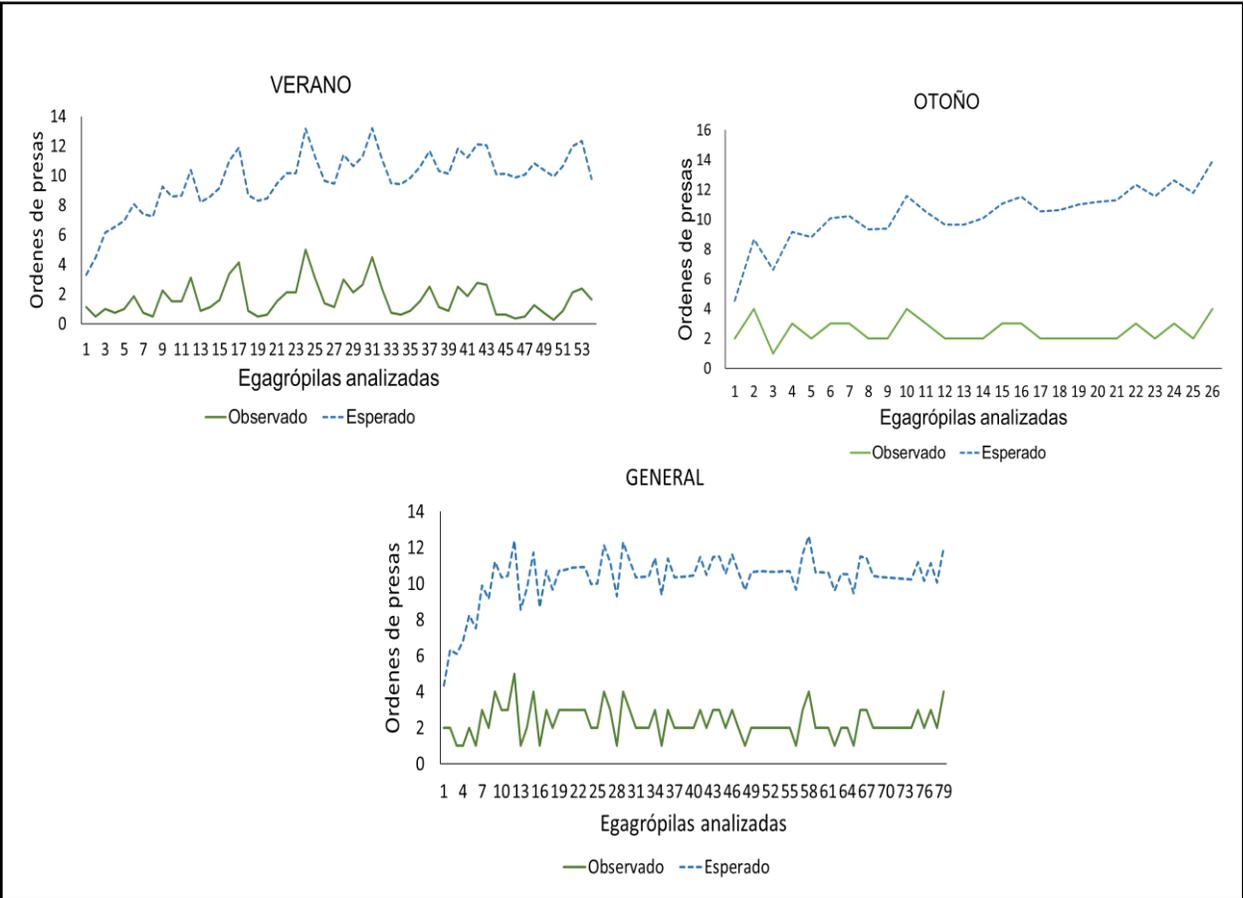


Figura 2.4. Curvas de rarefacción para la riqueza de especies de presas encontradas en las egagróvilas de *A. c. hypugaea* recolectadas en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, México, durante el verano y otoño 2018.

En este estudio, la lechuza llanera basó su dieta mayormente en insectos. Estos son muy susceptibles a los efectos de la fragmentación del hábitat (Didham *et al.*, 1996); por ello, se requiere que los pastizales sean manejados adecuadamente, por ejemplo, respetando la capacidad de carga para mantener un ecosistema sano y que no afecte a las especies que son alimento de la lechuza o demás fauna silvestre. Los insectos además de ser alimento para la lechuza llanera y otras aves insectívoras, contribuyen a mantener y enriquecer las propiedades físicas y químicas del suelo (Beare, 1997) y en general a mantener condiciones favorables en los ecosistemas. Por ejemplo, los escarabajos coprófagos, facilitan la incorporación de nutrientes al suelo, incrementando su aireación y capacidad de retención de agua (Lavelle, 1997). Asimismo, las hormigas cosechadoras (*Pogonomyrmex* spp.), al igual que aves y roedores consumen y dispersan semillas en los desiertos de Norteamérica (Brown *et al.*, 1979; MacMahon *et al.*, 2000), Sin embargo,

la incorporación de sustancias químicas en el ambiente, mediante el uso de agroquímicos (plaguicidas, vermicidas, herbicidas) afectan a las poblaciones de fauna silvestre (Martínez *et al.*, 2000). Al respecto, se ha documentado que el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) (herbicida) es tóxico en roedores en etapas pre y postnatal (Chernoff *et al.*, 1990) y en invertebrados afecta la fertilidad (Martínez *et al.*, 2000), provocando una disminución de sus poblaciones y causando un desequilibrio en el ecosistema pastizal.

Para incrementar las poblaciones de *A. c. hypugaea* y de otras especies de aves de pastizal, es necesario conservar los mamíferos excavadores, los cuales, además de proveer madrigueras para la lechuza llanera, mantienen la vegetación corta y eliminan algunos arbustos de los pastizales. Asimismo, es importante conservar los pastizales nativos y la ejecución de buenas prácticas ganaderas que respeten los coeficientes de agostadero recomendados por COTECOCA (COTECOCA, 2014), o de preferencia que se actualice regularmente la información sobre producción de biomasa y carga animal ya que el manejo inadecuado de los agostaderos trae consigo consecuencias ecológicas y económicas negativas (Holecheck, 1989)

Para mantener viables las poblaciones de insectos presa de *A. c. hypugaea* es fundamental implementar prácticas agrícolas que las beneficien, como la disminución del uso de agroquímicos, o la sustitución de éstos por métodos alternos amigables con el ambiente. Asimismo, se requiere de prácticas de conservación de suelos para recuperar el pastizal y beneficiar a las aves asociadas a este ecosistema

En este estudio se identificaron y caracterizaron sitios con presencia de lechuza llanera que no habían sido registradas anteriormente; en el centro-norte de México se recolectaron y describieron 79 egagrópilas. Los resultados de esta investigación aportan información que puede ser considerada para planes de manejo futuros. Sin embargo, es necesario redoblar esfuerzos y monitorear a largo plazo las poblaciones de lechuza llanera para identificar sus necesidades a través del año, así como determinar la presencia de posibles contaminantes en las eegagrópilas.

2.6. CONCLUSIONES

En siete sitios ubicados en Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, se recolectaron 79 egagrópilas de *A. c. hypugaea*. En estos sitios predominaron los pastizales con arbustos dispersos. La dieta de la lechuza llanera, durante el verano se constituyó de insectos de los órdenes Coleoptera (75.50%), Hymenoptera (13.56%) y Orthoptera (4.27%) y en el otoño, lo fueron Coleoptera (76.67%), Orthoptera (6.97%) e Hymenoptera (5.89%). La amplitud de nicho trófico fue muy similar en ambas estaciones, muy probablemente porque la disponibilidad de presas fue muy similar.

Es necesario complementar el estudio de la dieta con investigación sobre la disponibilidad de presas potenciales de la lechuza llanera, ya que a diferencia de otros estudios en donde los mamíferos pequeños representaron parte importante de la dieta, en esta investigación no fue así, lo cual probablemente se debe a la abundancia baja de éstos en las áreas estudiadas, o por la presencia de competidores como otras rapaces o mamíferos.

Los resultados presentados contribuyen al conocimiento de los requerimientos alimenticios de *A.c. hypugaea* en el sur del desierto Chihuahuense

2.7. LITERATURA CITADA

- Andrade, A., Teta, P., y Contreras, J. R. (2004). Dieta de la lechucita vizcachera (*Speotyto cunicularia*) en el parque nacional Médanos del Chaco (Paraguay). *Ornitología Neotropical*, 15, 87–92.
- Andrade, A., Nabte, M. J., y Kun, M. E. (2010). Diet of the Burrowing Owl (*Athene cunicularia*) and its seasonal variation in Patagonian steppes: Implications for biodiversity assessments in the Somuncurá Plateau Protected Area, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 45(2), 101–110.
- Antúnez, C. A., y Flores, V. C. (2002). Consideraciones sobre la alimentación de *Tyto alba furcata* (Aves: Strigiformes) con implicaciones ecológicas en Cuba. *Pitirre*, 15, 16–24.
- Aragón, E. E., Castillo, B., y Garza, A. (2002). Roedores en la dieta de dos aves rapaces nocturnas (*Bubo virginianus* y *Tyto alba*) en el noreste de Durango, México. *Acta Zoológica Mexicana*, (n.s.), 86, 29–50.
- Barclay, R. M., y Brigham, R. M. (1991). Prey detection, dietary niche breadth, and body size in bats: why are aerial insectivorous bats so small?. *The American Naturalist*, 137(5), 693–703.
- Beare, M. H. (1997). Fungal and bacterial pathways of organic matter decomposition and nitrogen mineralization in arable soils. In Brussaard, L., y Ferrera-Cerrato, R. (ed) *Soil Ecology in Sustainable Agricultural System* (pp 41-74) New York. CRC Press LLC
- Bellocq, M. I. (1988). Dieta de *Athene cunicularia* (Aves, Strigidae) y sus variaciones estacionales en ecosistemas agrarios de La Pampa, Argentina. *Physis*, 46, 17–22.
- Bellocq, M. I. (1998). Prey selection by breeding and nonbreeding Barn Owls in Argentina. *The Auk*, 115(1), 224–229.
- Bó, M. S., Baladrón, A. V., y Biondi, L. M. (2007). Ecología trófica de Falconiformes y Strigiformes: tiempo de síntesis. *El Hornero*, 22(2), 97–115.
- Brown, J. H., Reichman, O. J., y Davidson, D. W. (1979). Granivory in desert ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10(1), 201–227.

- Brown, L. y D. Amadon. (1968). *Eagles, Hawks, and Falcons of the world*. Wellfleet Press. Seraucus, New Jersey.
- Carevic, F. S., Carmona, E. R., y Muñoz-Pedrerros, A. (2013). Seasonal diet of the burrowing owl *Athene cunicularia* Molina, 1782 (Strigidae) in a hyperarid ecosystem of the Atacama desert in northern Chile. *Journal of Arid Environments*, 97, 237–241.
- Cavalli, M., Baladrón, A. V., Isacch, J. P., Martínez, G., y Bó, M. S. (2014). Prey selection and food habits of breeding Burrowing Owls (*Athene cunicularia*) in natural and modified habitats of Argentine pampas. *Emu-Austral Ornithology*, 114(2), 184–188.
- Chapman, R. F. (1998). *The Insects: Structure and Function*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chernoff N., R.W. Setzer, D.B. Miller, M.B. Rosen y J.M. Rogers. (1990). Effects of chemically induced maternal toxicity on prenatal development in the rat. *Teratology*, 42(6): 651-658.
- COTECOCA (Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero). (2014). Coeficientes de agostadero por entidad, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 1 pp.
- Cruz-Labana, J. D., Crosby-Galván, M. M., Delgado-Alvarado, A., Alcántara-Carbajal, J. L., Cuca-García, J. M., y Tarango-Arámbula, L. A. (2018). Nutritional content of *Liometopum apiculatum* Mayr larvae (“escamoles”) by vegetation type in north-central Mexico. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(4), 1239–1245.
- Cruz–Nieto M. A. (2006). *Ecología invernal de la lechuza llanera (Athene cunicularia), en pastizales ocupados por perrito llanero mexicano (Cynomys mexicanus)*, Galeana, Nuevo León, México. Tesis: Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, 119 pp.
- Didham, R. K., Ghazoul, J., Stork, N. E., y Davis, A. J. (1996). Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(6), 255–260.
- Haug, E. A., Millsap B. A., y Martell, M. S. (1993). Burrowing owl (*Speotyto cunicularia*). In Poole A and Gill F (eds) *The birds of North America*. (pp. 1–20) Washington DC: The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, and The American Ornithologists' Union.
- Holechek, J. L., Pieper R. D. y Herbel, C. H., (1989). *Range management principles and practices*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

- INEGI. 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Salinas, San Luis Potosí. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/24/24025.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Vanegas, San Luis Potosí. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/24/24044.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. 2009c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Saltillo, Coahuila. (En línea). http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/05/05030.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI. (s.f.a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santiago Papasquiaro, Durango. (En línea) http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/10/10032.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- INEGI (s.f.b) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa Hidalgo, Zacatecas. (En línea) http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/32/32054.pdf (Consultado el 7 de diciembre 2018).
- Jonas, J. L., Whiles, M. R., y Charlton, R. E. (2002). Aboveground invertebrate responses to land management differences in a central Kansas Grassland. *Environmental Entomology*, 31(6), 1142–1152.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology*. (Segunda edición). New York: Addison-Wesley.
- Lavado-Solis, K. N. (2015). *Ecología alimentaria del buho americano Bubo virginianus (STRIGIFORMES: STRIGIDAE) en la zona de amortiguamiento de la reserva nacional de Junín, Perú*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Marcos. Lima, Perú.
- Lavelle, P. (1997). Faunal Activities and Soil Processes: Adaptive Strategies That Determine Ecosystem Function. En *Advances in Ecological Research*. Academic Press, 27,93–132.

- Levey, D. J., Duncan, R. S., y Levins, C. F. (2004). Use of dung as a tool by burrowing owls. *Nature*, 431(7004), 39–39.
- Littles, C. J., Williford, D., Skoruppa, M. K., Woodin, M. C., y Hickman, G. C. (2007). Diet of western Burrowing owls wintering in southern Texas. *Journal of Raptor Research* 41(4): 307–313.
- MacMahon, J. A., Mull, J. F., y Crist, T. O. (2000). Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1), 265–291.
- Martinez, A. C. de S. T. S., y Freire Júnior, G. de B. (2018). Análise temporal da dieta de *Athene cunicularia* em Brasília-DF. *Pubvet*, 12(8), 1–3.
- Martínez, M., Cruz, R., y Lumaret, J. P. (2000). Efecto del diferente manejo de los pastizales y del ganado sobre los escarabajos coprófagos *Ataenius apicalis* Hinton y *Ataenius sculptor* Harold (Scarabaeidae: Aphodiinae: Eupariini). *Acta Zoológica Mexicana*, (80), 185–196.
- Marchesi, L. Pedrini, P. and F. Sergio. (2002). Biases associated with diet study methods in the eurasian eagle owl. *Journal of Raptor Research* 36 (1):11–16.
- Marti, C. D., Steenhof, K., Kochert, M. N., y Marks, J. S. (1993). Community trophic structure: the roles of diet, body size, and activity time in vertebrate predators. *Oikos*, 67(1), 6–18.
- Núñez, H. y Yañez, J. (1982) Dieta de *Athene cunicularia* (Molina, 1782) en la V Región (Aves: Strigiformes). *Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*, 26, 6–7.
- Plumpton, D. L., y Scott, L. R. (1993). Prey selection and food habits of Burrowing Owls in Colorado. *The Great Basin Naturalist*, 53 (3), 299–304.
- Pozo-Zamora, G. M., Brito, J., García, R., Alarcón, I., y Cadena-Ortiz, H. F. (2017). Primeras observaciones de la dieta del Búho Orejicorto *Asio flammeus bogotensis* (Strigiformes: Strigidae) en Pichincha, Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ornitología*, 1, 1–7
- Rafael-Valdez, J. (2018). *Ecología del tecolote moteado mexicano (Strix occidentalis lucida) en el centro-norte de la sierra madre occidental, México*. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados. San Luis Potosí, México.

- Ruiz-Aymá, G. R., Kerstupp, A. O., Velasco, A. G., y Rojas, J. I. G. (2019). Diet and prey delivery of burrowing owls (*Athene cunicularia hypugaea*) during the breeding season in the Chihuahuan desert, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 53(1), 75–83.
- Rodríguez–Estrella R. (1997). Nesting sites and feeding habits of the Burrowing owl in the Biosphere Reserve of Mapimi, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 99–106.
- Schlatter, R., Yañez, J., H. Nuñez y F. Jaksic (1982). Estudio estacional de la dieta del pequén, *Athene cunicularia* (Molina) (Aves, Strigidae) en la Precordillera de Santiago. *Medio Ambiente (Chile)*, 6, 9–18.
- Schmutz, J. K., G. Wood y D. Wood. (1991). Spring and summer prey of burrowing owls in Alberta. *Blue Jay* 49(2): 93–97
- Schoonhoven, L. M., J. J. A. v. Loon, y M. Dicke. (2005). *Insect–Plant Biology*. New York, USA: Oxford University Press.
- Sergio, F., Caro, T., Brown, D., Clucas, B., Hunter, J., Ketchum, J., y Hiraldo, F. (2008). Top predators as conservation tools: ecological rationale, assumptions, and efficacy. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39(1), 1–19.
- Simmons, R. E., Avery, D. M., y Avery, G. (1991). Biases in diets determined from pellets and remains: correction factors for a mammal and bird-eating raptor. *Journal of Raptor Research*, 25(3), 63–67.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688-688.
- Sutherland, W. J. (2000). *The conservation Handbook: Research, Management and Policy*. Blackwell Science. London. 278 pp.
- Thomsen, L. (1971). Behavior and ecology of burrowing owls on the oakland municipal airport. *The Condor*, 73(2), 177–192.
- Torres-Contreras, H., y Silva-Aranguiz, E. (1994). Dieta y selectividad de presas de *Speotyto cunicularia* en una localidad semi-árida del norte de Chile a lo largo de siete años *Revista Chilena de Historia Natural*. 67, 329–340.
- Tuomainen, U., y Candolin, U. (2011). Behavioural responses to human-induced environmental change. *Biological Reviews*, 86(3), 640–657.

Valdez-Gómez H. E. (2003). *Dieta del Tecolote llanero occidental Athene cunicularia hypugaea (Bonaparte, 1825), durante su estancia invernal en el Bajío Mexicano*. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Wellicome T.I. (2000). *Effects of food on reproduction in Burrowing owl (Athene cunicularia) during three stages of the breeding season*. Tesis doctoral. Universidad de Alberta. Alberta, Canadá.

York, M. M., Rosenberg, D. K., y Sturm, K. K. (2002). Diet and food-niche breadth of Burrowing Owls (*Athene cunicularia*) in the Imperial Valley, California. *Western North American Naturalist*, 62(3), 280–287.

2.8. CONCLUSIONES GENERALES

Se caracterizó el hábitat de la lechuza llanera en áreas de los estados de Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, en donde se registró que esta especie utiliza principalmente, madrigueras abandonadas por mamíferos excavadores, las cuales se ubican en terrenos con poca pendiente, vegetación abierta y corta. Las dimensiones de las entradas de las madrigueras, altura del montículo y la cobertura de gramíneas y material leñoso fueron las variables que más se asociaron con la selección de madrigueras.

En este estudio se recolectaron y analizaron 79 egagrópilas de *A. c. hypugaea* el largo promedio de éstas fue de 27 ± 6.8 mm, el ancho de 13 ± 2.2 y su peso promedio de 0.95 ± 0.4 g. se identificaron 1169 presas, la mayoría pertenecientes a la clase insecta, específicamente al orden Coleoptera.

La frecuencia de mamíferos en la dieta de la lechuza llanera fue baja a diferencia de otros estudios, esta frecuencia baja quizás se deba a su baja disponibilidad durante el periodo de estudio o que la lechuza llanera selecciona y consume principalmente insectos.

Los resultados de esta investigación contribuyen al conocimiento de la ecología de la especie en el centro-norte de México, y se deben complementar con estudios enfocados a disponibilidad de presas y a determinar los movimientos estacionales de los individuos mediante el uso de técnicas de telemetría. Asimismo, la implementación de prácticas de manejo tomando en cuenta los resultados de las investigaciones, sin duda beneficiará a las poblaciones de *A. c. hypugaea* en el centro-norte de México.

2.9. Anexos.

Fotografías de ejemplares, egagrópilas y restos de artrópodos encontrados en egagrópilas de *A. c. hypugaea*.



Fotografía1. Individuos de *A. c. hypugaea* en el municipio de Salinas, San Luis Potosí, México.



Fotografía 2. Individuo localizado en Salinas, San Luis Potosí, México



Fotografía 3. Polluelo localizado en Santiago Papasquiari.



Fotografía 4. Madriguera utilizada por la lechuza llanera en Salinas, San Luis Potosí, México.



Fotografía 5. Egagrópila de *A.c.hypugaea* recolectada en el municipios de Saltillo, Coahuila, México.



Fotografía 6. Egagrópila de *Athene cunicularia hypugaea* B. recolectada en Santiago Papasquiario Durango, México.



Fotografías 7. Egagrópolis desintegradas de *A. c. hypugaea* observadas a través de un microscopio estereoscópico.



a



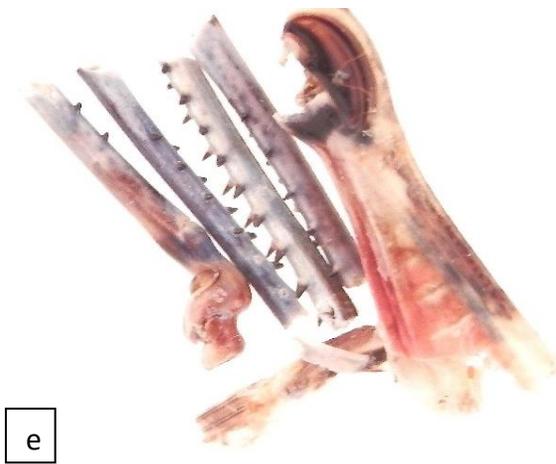
b



c



d



e



f

Restos de artrópodos encontrados en egagrópilas de *Athene cunicularia hypugaea* B. a) curculionidae, b) cabeza de *Phanaeus* spp. c) Cabeza de *Cotinis mutabilis*, d) élitros de *Nicrophorus mexicana*, e) Restos de acrididae, f) estructuras de un escorpión.