



Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Instituto de Ciencias Biomédicas

Departamento de Ciencias Veterinarias

Maestría en Ciencia Animal

“Alimentación y actividad reproductiva de heterómidos en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México”

Tesis para obtener el grado de

Maestro en Ciencia Animal

Cinthia Ibeth Prieto Marta

“Becado (a) por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología”

Bajo la Dirección la

Dra. Cuauhcihuatl Vital García

Y la Codirección del

Dr. Jesús Abraham Fernández Fernández

APROBACIÓN DE LA TESIS

Alimentación y actividad reproductiva de heterómidos en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México, reporte de investigación preparado por Cinthia Ibeth Prieto Marta como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIA ANIMAL

ha sido aprobado y aceptado por:

Dra. Cuauhcihuatl Vital García
DIRECTORA DE TESIS

Dr. Jesús Abraham Fernández Fernández
CODIRECTOR DE TESIS

Dra. Zarahelia Carlo Rojas
ASESOR

Dra. Marta Patricia Olivas Sánchez.
ASESOR

Dr. Andrés Quezada Casasola
ASESOR

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

ALIMENTACIÓN Y ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE HETERÓMIDOS EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA MÉDANOS DE SAMALAYUCA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Se permite el uso académico de información contenida en esta tesis, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor. Para la reproducción parcial o total de este documento con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de las autoridades que avalan esta tesis.

Dr. José María Carrera Chávez
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

Dr. Ramón Rivera Barreno
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS VETERINARIAS

C.D. Salvador Nava Martínez
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

DEDICATORIA

La realización de este trabajo va dedicada a...

Mi esposo Manuel Mena Domínguez.

Mi madre Yolanda Marta Chacón.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora la Dra. Cuauhcihuatl Vital García por aceptarme bajo su tutela.

A mi “Alma Mater” por brindarme los recursos para poder lograr la realización de mis estudios.

A mi comité evaluador, quienes me brindaron asesoría y consejos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo durante estos dos años.

Al Ejido de Ojo de la Punta por permitirnos trabajar en el área y, especialmente, a la Sra. Rocío Martínez, representante del Ejido.

Al Sr. Bruno Chávez, quien cordialmente nos permitió y facilitó el acceso a su propiedad, probablemente sin su ayuda no habría sido posible la realización de este estudio.

Al Sr. Ignacio Hernández, quien amablemente nos ofreció su casa para establecer nuestro campamento de trabajo. Y quien, sin la necesidad u obligación de hacerlo, nos acompañó en cada salida a campo y fue el mejor chef que podríamos haber tenido.

A Carlos Escudero, quien trabajo a mi lado y aguantó el frío, el calor y algunas lluvias en el desierto.

RESUMEN

ALIMENTACIÓN Y ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE HETERÓMIDOS EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FAUNA Y FLORA MÉDANOS DE SAMALAYUCA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Por:

Cinthia Ibeth Prieto Marta.

Los roedores están entre los mamíferos más abundantes en los ecosistemas desérticos. En Norteamérica la familia Heteromidae es una de las principales representantes de este tipo de organismos. Estas ratas y ratones realizan un importante papel como dispersores de semillas, aireadores del terreno y dentro de la cadena trófica. Algunas especies, como *D. merriami* se consideran indicadores de disturbio antropogénico pues son altamente susceptibles a extinción local, debido principalmente a sus hábitos de forrajeo y apareamiento.

Dentro del área del Desierto Chihuahuense se encuentra el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Médanos de Samalayuca, la cual fue decretada en el año 2009. El Programa de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca (2013) reporta la presencia de 8 especies de heterómidos para la zona; *Dipodomys merriami*, *D. ordii*, *D. spectabilis*, *Chaetodipus eremicus*, *C. hispidus*, *C. intermedius*, *Perognathus flavus* y *P. flavescens*

Nuestro objetivo fue analizar la calidad proteica de las semillas silvestres del APFF y correlacionarlo con el inicio de la época reproductiva de los roedores de la familia Heteromidae dentro del área. Para ello se realizó un análisis del contenido proteico estacional de las principales semillas producidas en cuatro localidades de muestreo en la zona noroeste del APFF. Al mismo tiempo, se implementó un sistema de captura y recaptura de roedores mediante trampas Sherman para establecer el inicio y fin de los periodos reproductivos en heterómidos en los cuatro puntos muestreados. Finalmente, para determinar la correlación entre el contenido proteico y la actividad reproductiva aplicamos un análisis de correlación bivariado utilizando el número de hembras reproductivas durante las cuatro estaciones. Se colectó un total de 583 roedores representados en cuatro especies de heterómidos *D. merriami* (n=327), *D. ordii* (n=26), *Chaetodipus eremicus* (n=192) y *C. intermedius* (n=38); y un total de cuatro especies de plantas como las principales productoras de semilla durante las cuatro estaciones del año (*Larrea tridentata*, *Atriplex canescens*, *Prosopis glandulosa* y una herbácea

anual de la familia Asteraceae.). Se analizó la correlación entre la actividad reproductiva y el contenido proteico de las semillas colectadas y se encontró una correlación positiva entre la presencia de la herbácea anual y el inicio de la actividad reproductiva.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ABREVIATURAS	XI
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 ROEDORES DESÉRTICOS	2
2.1.1 ROEDORES HETERÓMIDOS DEL DESIERTO	2
2.1.2 PREFERENCIAS ALIMENTICIAS.....	9
2.1.3 REPRODUCCIÓN EN HETERÓMIDOS.....	10
2.1.3.1 GLÁNDULA DORSAL	12
2.1.3.2 RELACIÓN REPRODUCCIÓN – ALIMENTACIÓN.....	13
2.2 DESIERTO CHIHUAHUENSE	17
2.2.1 <i>ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA MÉDANOS DE SAMALAYUCA</i>	17
2.2.1.1 VEGETACIÓN DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE – APFF MÉDANOS DE SAMALAYUCA.....	18
2.2.1.2 CONTENIDO NUTRICIONAL EN ESPECIES DESÉRTICAS	19
3. HIPÓTESIS.....	21
4. OBJETIVO GENERAL.....	21
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1 DIAGRAMA GENERAL DE INVESTIGACIÓN.....	22
5.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	23
5.3 COLECTAS.....	29
5.3.1 <i>COLECTA DE SEMILLAS</i>	29
5.3.1.1 ANÁLISIS DE CONTENIDO PROTEICO.	30
5.3.2 <i>COLECTA DE ROEDORES</i>	33
5.3.2.1 CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS.	33
5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
6.1 COLECTA DE SEMILLAS.....	35
6.2 CONTENIDO PROTEICO EN SEMILLAS	36
6.3 COLECTA DE ROEDORES Y ACTIVIDAD REPRODUCTIVA.....	38
6.3.1 <i>CHAETODIPUS EREMICUS</i>	40
6.3.2 <i>CHAETODIPUS INTERMEDIUS</i>	42
6.3.3 <i>DIPODOMYS MERRIAMI</i>	44
6.3.4 <i>DIPODOMYS ORDII</i>	46
6.4 CORRELACIÓN ENTRE LA PRESENCIA DE SEMILLAS Y EL INICIO DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA....	48
6.4.1 <i>CHAETODIPUS EREMICUS</i>	48
6.4.2 <i>CHAETODIPUS INTERMEDIUS</i>	50
6.4.3 <i>DIPODOMYS MERRIAMI</i>	51
6.4.4 <i>DIPODOMYS ORDII</i>	52
7. CONCLUSIONES	53
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXO 1	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Preferencias alimenticias de <i>D. merriami</i> , en base al contenido abazónico.	15
Cuadro 2. Fechas de colectas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	29
Cuadro 3. Factor de Corrección de Proteína para diferentes tipos de muestras.	32
Cuadro 4. Principales especies vegetales por localidad en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	35
Cuadro 5. Principales productoras de semillas identificadas durante las colectas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	36
Cuadro 6. Porcentaje de proteína total contenida en las semillas colectadas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	37
Cuadro 7. Número de capturas por localidad en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	38
Cuadro 8. Recolectas de hembras totales y su relación con el total de capturas en el área de colecta del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	39
Cuadro 9. Recolecta total de hembras de <i>C. eremicus</i> en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	41
Cuadro 10. Recolecta total de hembras <i>C. intermedius</i> en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	43
Cuadro 11. Recolecta de hembras para <i>D. merriami</i> en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	45
Cuadro 12. Recolecta de hembras de <i>D. ordii</i> en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	47
Cuadro 13. Semillas, proteína y porcentaje de hembras reproductivas por temporada en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Registros del género <i>Heteromys</i>. (Imagen obtenida de la base de datos Global Biodiversity Information Facility GBIF.org).	3
Figura 2. Distribución de <i>Microdipodops merriami</i>. (Imagen obtenida de GBIF.org).	4
Figura 3. Distribución de <i>Dipodomys ordii</i>. (Imagen obtenida de GBIF.org).	4
Figura 4. Distribución de <i>D. merriami</i>. (Imagen obtenida de GBIF.org).	5
Figura 5. Distribución del género <i>Perognathus</i>. (Imagen obtenida de GBIF.org).	5
Figura 6. Distribución de <i>Chaetodipus hispidus</i>. (Imagen obtenida de GBIF.org).	6
Figura 7. Distribución de <i>Chaetodipus formosus</i>. (Imagen obtenida de GBIF.org).	6
Figura 8. Diagrama general de investigación	22
Figura 9. Mapa de subzonificación del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	23
Figura 10. Distribución de las áreas de colecta en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	24
Figura 11. Primer polígono de muestreo.	25
Figura 12. Segundo polígono de muestreo.	26
Figura 13. Tercer polígono de muestreo.	27
Figura 14. Cuarto polígono de muestreo.	28
Figura 15. Ecuación 5.1 Fórmula utilizada para la determinación de porcentaje de Proteína Total.	31
Figura 16. Porcentaje de proteína en la semilla de cada especie estudiada en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.	37
Figura 17. Representatividad de individuos por localidad en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	39
Figura 18. Recolectas de <i>Chaetodipus eremicus</i> por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	40
Figura 19. Recolectas de <i>Chaetodipus intermedius</i> por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	42

Figura 20. Recolectas de <i>Dipodomys merriami</i> por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.....	44
Figura 21. Recolectas de <i>Dipodomys ordii</i> por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.....	46
Figura 22. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en <i>C. eremicus</i> contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	49
Figura 23. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en <i>C. intermedius</i> contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	50
Figura 24. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en <i>D. merriami</i> contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	51
Figura 25. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en <i>D. ordii</i> contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.	52

ABREVIATURAS

APFF	Área de Protección de Flora y Fauna
FCP	Factor de Corrección de Proteína.
GA	Glándula de Aceite
NOM	Norma Oficial Mexicana
NSS	Norte de la Sierra de Samalayuca
MDR	Matorral Desértico Rosetófilo
MDM	Matorral Desértico Micrófilo
OP	Ojo de la Punta
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SSS	Sur de la Sierra de Samalayuca
Rpm	Revoluciones por minuto
UV	Ultravioleta
6-MBOA	6-Metoxybenzoxazolinona

1. INTRODUCCIÓN

Los roedores están entre los mamíferos más abundantes en los ecosistemas desérticos alrededor del mundo. En los desiertos de América se encuentra presente la familia Heteromidae que incluye ratas y ratones en su mayoría nocturnos (Soholt, 1973; Smigel y Rosenzweig, 1974; Reichman, 1975). Al tratarse de organismos granívoros, influyen en la composición de la comunidad vegetal mediante la dispersión de semillas (Brown, 1973; Brown *et al.*, 1973, Reichman, 1979; Brown *et al.*, 1989; 2002; Clements y Young, 1996; Longland y Bateman, 1998). Además, conforman la base de presas que sostiene una amplia gama de depredadores. Debido a que estos roedores presentan pequeños rangos hogareños, cortos períodos intergeneracionales, y a que las poblaciones responden rápidamente al cambio; son considerados un buen modelo para investigar disturbio ecológico (Environment Canadá, 2012).

El Programa de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca, 2013, reporta un total de ocho especies de heterómidos con una amplia distribución en la zona. Estas no se consideran bajo estatutos de protección a nivel Nacional (NOM-059-SEMARNAT, 2010), y por lo tanto no existen planes de manejo para estas especies. Sin embargo, a nivel de microhábitat se ha observado que la ausencia de algunas de éstas, como las ratas canguro (género *Dipodomys*) son indicadoras de disturbio ecosistémico debido a su sensibilidad ante los cambios en su entorno, al grado de ser susceptibles a extinción local (Bender *et al.*, 2010; Environment Canadá, 2012). De manera que es recomendable realizar estudios de monitoreo de las poblaciones en el APFF Médanos de Samalayuca con la finalidad de establecer el grado de conservación en el que se encuentran y poder detectar cambios.

Diferentes autores reportan que existen diferencias en la estacionalidad de la época reproductiva de estos animales a nivel intra e interespecífico e incluso en los mismos individuos cuando las condiciones ambientales cambian. Existen estudios que indican que tanto la cantidad como la calidad del alimento pueden influenciar el éxito reproductivo de diferentes especies de roedores (Htwe y Singleton, 2014). También se ha observado que el contenido de proteína en el alimento puede afectar de manera positiva el comportamiento reproductivo de los animales (Reynolds, 1958; Reynolds, 1960; Chew y Butterworth, 1964; Negus y Pinter, 1966; Reichmann y Van De Graaff, 1975; Ylönen *et al.* 2003; Oosthuizen y Bennet, 2009).

Actualmente se carece de información acerca de los parámetros proteicos contenidos en las semillas silvestres del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Médanos de Samalayuca, por lo que resulta de gran interés evaluar estos parámetros y el impacto que tiene sobre la actividad reproductiva de las especies de heterómidos en la zona.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Roedores desérticos

Los roedores están entre los mamíferos más abundantes que habitan los desiertos del mundo. Entre los roedores nocturnos desérticos las formas más exitosas son las granívoros y las ratas y ratones fosoriales. Estos muestran una remarcable convergencia conductual y morfológica, que ha favorecido la locomoción bípeda o saltatoria. De tal manera que representantes casi idénticos de diferentes familias se dan en regiones geográficas ampliamente separadas: en los desiertos de Norte América los roedores saltatorios son heterómidos; en los desiertos afro-euroasiáticos son cricétidos y dipódidos; y, en el desierto australiano se trata de múridos. Extensos trabajos de investigación han demostrado que los heterómidos de Norteamérica y los cricétidos y dipódidos del viejo continente son fisiológicamente convergentes. Éstos poseen capacidades extremas para conservar agua que, junto con los atributos morfológicos y de comportamiento, les imparten una virtual independencia del agua exógena (Schmidt-Nielsen, 1964; MacMillen, 1964; MacMillen y Lee, 1967; Frank, 1988).

Brown y Lieberman (1973) fueron los primeros en realizar estudios experimentales a largo plazo sobre las interacciones entre granívoros desérticos y las plantas anuales efímeras que proveen su alimento primario. Hasta ahora estos experimentos han documentado varios efectos de los roedores granívoros y hormigas en la dispersión, abundancia y diversidad de especies de plantas desérticas.

El Plan de Manejo del Área de protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (2013) reporta la presencia de 8 especies de heterómidos para la zona; *Dipodomys merriami*, *D. ordii*, *D. spectabilis*, *Chaetodipus eremicus*, *C. hispidus*, *C. intermedius*, *Perognathus flavus* y *P. flavescens*.

2.1.1 Roedores Heterómidos del Desierto

La familia Heteromyidae se divide en tres subfamilias: Perognathinae, la cual contiene a los géneros *Perognathus* y *Chaetodipus*; Heteromyinae, que engloba especies del género *Heteromys*; y Dipodominae, conformada por *Dipodomys* y *Microdipodops* (Hafner, 1977; Patton, 1993; Wahlert, 1993; Alexander *et al.* 2005; Ramirez-Pulido *et al.* 2014). Se incluyen aproximadamente 57 especies que se distribuyen desde el norte de la Columbia Británica y Saskatchewan, hasta el sur en la costa del Pacífico de Colombia y la costa norte de Ecuador en América del Sur (Patton, 1993; Schmidly *et al.*, 1993; Williams *et al.*, 1993). En general se trata de roedores que están muy bien adaptados a matorrales espinosos, primordialmente caducifolios y áridos.

Parte de las especies del género *Heteromys* habita en ambientes más húmedos que cualquiera de los otros heterómidos, principalmente en selvas bajas y bosques nubosos tropicales del centro y norte de América del Sur (Figura 1). Mientras que otras especies de mismo género (anteriormente clasificadas como especies del género *Liomys*, Figura 2) se confinan principalmente a hábitats semiáridos de matorral espinoso en México y América Central (Schmidly *et al.*, 1993; Anderson, 2001). Se ha sugerido que el reparto de recursos entre las diferentes especies de *Heteromys* ha tenido como resultado que algunos taxones ocupen las regiones más altas y húmedas y otros las regiones más bajas y secas (Genoways, 1973).



Figura 1. Registros del género *Heteromys*. (Imagen obtenida de la base de datos Global Biodiversity Information Facility GBIF.org).

Microdipodops está restringido a las regiones áridas de la Gran Cuenca Central en Estados Unidos de América (Figura 3). Las especies del género *Dipodomys* se encuentran en las regiones áridas o semiáridas del oeste de América del Norte (Figuras 4 y 5), incluidos los desiertos cálidos y fríos, las praderas y el chaparral (Genoways, 1973).



Figura 2. Distribución de *Microdipodops merriami*. (Imagen obtenida de GBIF.org).



Figura 3. Distribución de *Dipodomys ordii*. (Imagen obtenida de GBIF.org).



Figura 4 Distribución de *D. merriami*. (Imagen obtenida de GBIF.org).

El género *Perognathus* habita regiones desérticas y pastizales que se extienden hacia el norte hasta la Columbia Británica y Saskatchewan, al este hasta el río Mississippi, y al sur hacia México (Figura 6). También habita en las regiones de chaparral de California y la Gran Cuenca Central (Genoways, 1973).



Figura 5. Distribución del género *Perognathus*. (Imagen obtenida de GBIF.org).

Con 2 excepciones (Figuras 7 y 8), las especies de *Chaetodipus* se encuentran en áreas cálidas del desierto, chaparral y matorral espinoso subtropical del sur de los Estados Unidos y el Norte de México. *Chaetodipus hispidus* se extiende más al Norte (Dakota del Norte) y al Este (Louisiana) que cualquier otra especie de *Chaetodipus* (Schmidly *et al.*, 1993). *Chaetodipus formosus* habita áreas de artemisa entre montañas más típicas de microhábitats de desiertos fríos y chaparral (Genoways, 1973).

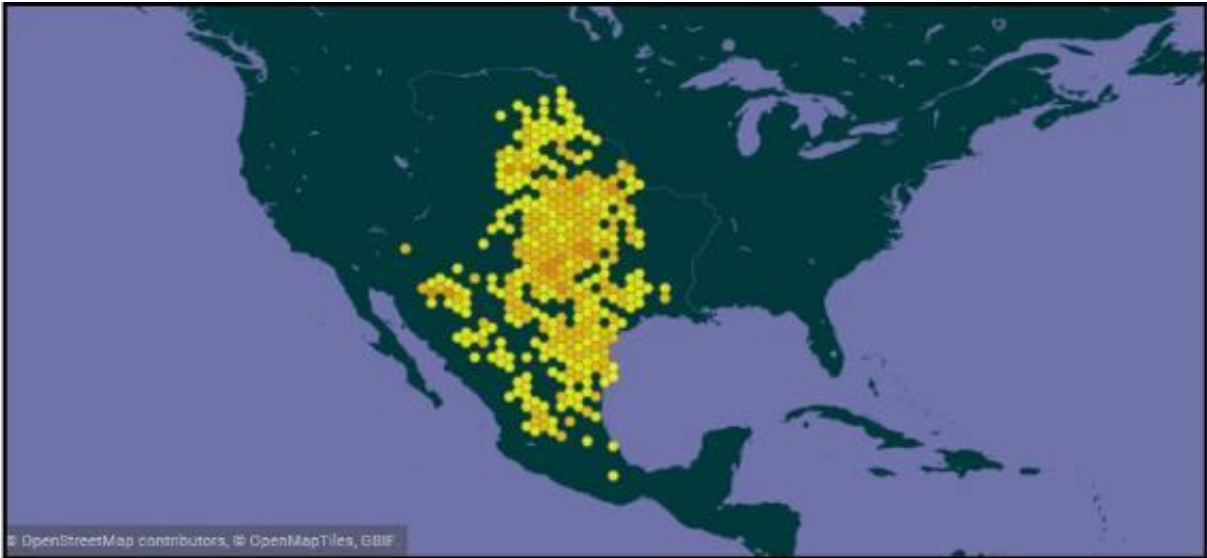


Figura 6. Distribución de *Chaetodipus hispidus*. (Imagen obtenida de GBIF.org).



Figura 7. Distribución de *Chaetodipus formosus*. (Imagen obtenida de GBIF.org).

Lifhtfoot *et al.*, (2012) reportaron la existencia de un total de 14 especies de roedores en el área norte del Desierto Chihuahuense en el Estado de Texas, de las cuales cinco son exclusivamente granívoras y pertenecen a la familia Heteromyidae: *Chaetodipus penicillatus*, *Dipodomys merriami*, *D. ordii*, *D. spectabilis* y *Perognathus flavus*. La distribución de estas especies se extiende hacia el Sur del desierto, abarcando el área del APFF Médanos de Samalayuca (Programa de Manejo del APFF Medanos de Samalayuca, 2013).

Brown y Lieberman (1973) encontraron que las especies saltatorias altamente bípedas (conocidas como “ratas canguro” debido a su tipo de locomoción) de los géneros *Microdipodops* y *Dipodomys* concentran sus actividades de forrajeo en áreas abiertas, lejos de los arbustos. Es aquí donde las especies altamente cuadrúpedas, como las de los géneros *Perognathus* y *Reithrodontomys*, forrajean, ya sea dentro o cerca de la vegetación o con igual intensidad en todas las áreas, tal como lo hacen los representantes del género *Peromyscus*.

Zeng y Brown (1987) reafirmaron lo dicho por Kenagy y Bartholomew (1985): “...Una diferencia importante entre roedores heterómidos desérticos y micrótidos árticos y alpinos, es que los heterómidos se alimentan principalmente de semillas, que persisten en el suelo y pueden ser almacenadas, mientras que los micrótidos se alimentan de vegetación herbácea, la cual está disponible sólo por un periodo limitado de tiempo”. En consecuencia, el éxito de los heterómidos en ambientes desérticos parece depender en gran medida de la habilidad de los individuos adultos para responder, flexible y apropiadamente, a una variación ambiental impredecible.

Al recolectar semillas, los heterómidos las guardan en sus abazones para comerlas más tarde o almacenarlas en la madriguera (Daly *et al.* 1992; White y Geluso, 2012). La selección del tamaño de las semillas está relacionada con el tamaño del cuerpo (Hay y Fuller, 1981; Harris, 1984; Kelrick *et al.*, 1986). Según los patrones observados, es el gasto energético de la colecta y no la limpieza de la semilla, lo que define la selección del tamaño de esta. Cuando el contenido energético y la disponibilidad de las semillas son bajos, los roedores optimizan sus dietas ingiriendo especies de semillas en proporciones relativamente altas. Por ejemplo, *D. merriami* ingiere muchas semillas de *Euphorbia* sp. (más del 9% de su dieta), aun cuando estas semillas proveen ligeramente menos que cuatro Joules por semilla. Parece que algunas de las semillas consumidas proveen ya sea, algún nutriente esencial que supere sus deficiencias energéticas o algún otro valor indeterminado. Los roedores heterómidos pasan solo 1 o 2 horas al día forrajeando sobre la superficie (Tappe, 1941; Kenagy, 1973), principalmente tomando pequeñas incursiones y rápidamente llenando sus abazones. Subsecuentemente, las decisiones de dieta apropiadas son realizadas en su madriguera (Reichman, 1977).

Todas las especies de heterómidos construyen madrigueras. El sistema de túneles es bastante intrincado y consta de varias cámaras para dormir y para almacenar alimentos (White y Geluso, 2012). Pueden variar en tamaño, pero llegan medir hasta 4.5 m de ancho y hasta 60 cm de alto. Las ratas canguro son completamente nocturnas y a menudo tapan las entradas de sus madrigueras con tierra durante el día para mantener una temperatura y humedad relativa constante. Generalmente hay muchas más aberturas de madrigueras que ratas canguro. Sin embargo, cada sistema de madriguera activo contendrá al menos un individuo adulto. Puede haber hasta 14 ratas/Ha en tierras de cultivo. En los pastizales, es más probable que haya de 4 a 5/Ha. Las ratas canguro no tienen grandes rangos hogareños; su radio de actividad es comúnmente de 60 a 90 m, raramente excediendo los 183 m. Se pueden mover casi 1.5 km para establecer un nuevo hogar (Volney, 1994).

Existen trabajos de investigación en roedores desérticos en casi todos los continentes, entre ellos los realizados por MacMillen y Lee (1967) y Dickman *et al.* (2010) en Australia; Mares (1977), Goyal (1988), Liu *et al.* (2009) y Shenbrot *et al.* (2010) en Asia; Cortes *et al.* (2000) y Meserve *et al.* (2011) en Sudamérica; Massawe *et al.* (2011) en África, y los de MacMillen (1964), Luevano *et al.* (2008), Lightfoot *et al.* (2012) y Heisler *et al.* (2014), en Norteamérica. Estas investigaciones abarcan aspectos tanto ecológicos como fisiológicos de las especies, sin embargo, pocas son las que se han realizado en la porción mexicana del Desierto Chihuahuense, como el estudio de Murrieta-Galindo y Cuautle-García (2016).

Las especies de heterómidos realizan un importante papel como dispersores de semillas, aireadores del terreno y ocupan una posición clave dentro de la cadena trófica (Price, 1983; Price y Heinz, 1984; Price y Reichman, 1987; Price y Waser, 1985; Price y Pudolsky, 1989; Fisher, 1998; González-Rojas *et al.*, 2017.). Las especies de mayor talla, como *D. spectabilis*, *D. ordii* y *D. merriami*, presentan actividad a lo largo de todo el año a diferencia de otras que entran en un estado de torpor o de hibernación debido a la escasez de alimento y al descenso de la temperatura, de esta manera representan una importante fuente de alimento durante la época fría (Randall y Bolltas King, 2001). Existen estudios que catalogan a estos roedores como posibles hospederos de parásitos (helminthos y sifonápteros) y enfermedades víricas (hantavirus) que pudiesen afectar a otras especies dentro de su ensamble ecológico, incluidas especies silvestres y domésticas (Barragán, 2002; Falcón-Ordaz *et al.*, 2012).

Algunas de estas especies, cómo *D. merriami* se consideran indicadores de disturbio antropogénico, ya que son altamente susceptibles a extinción local, debido principalmente a sus hábitos de forrajeo y de apareamiento (Reichman y Oberstein, 1977; Lawhon y Hafner, 1981; Bender *et al.*, 2010).

2.1.2 Preferencias alimenticias

Se alimentan principalmente de semillas de gobernadora (*Larrea sp.*), yuca (*Yucca sp.*), zacates (*Bouteloa sp.*, *Oryzopsis sp.*, *Poa sp.*, *Tridens sp.*, *Bromus sp.*) y herbáceas (*Erodium sp.*, *Amaranthus sp.*, *Eriophyllum sp.*, *Pectocarya sp.*, *Plántago sp.*, *Tribulus sp.*) entre otras (Soholt, 1973; Smigel y Rosenzweig, 1974; Reichman, 1975.).

Burt (1934) llevó a cabo un análisis del contenido abazónico de *D. merriami* en el sur de Nevada y reportó la presencia de *Vulpia octoflora*, *Lepidium sp*, *Chenopodium sp*, *Astragalus sp*, *Penstemon sp* y *Prosopis sp* como los principales componentes de la dieta para la especie en el área de recolecta. Para el sur de Arizona, Reynolds (1950), encontró que esta misma especie prefiere ingerir semillas grandes (zacates perennes, mesquite y cactus), sin embargo, cuando estas semillas escasean (especialmente en áreas con ganado) son las semillas de las plantas anuales las sustentan las poblaciones de roedores. En Nuevo México, Dunham (1968) estudió las preferencias de consumo de *D. merriami* durante cuatro años e identificó semillas de 16 plantas: *Agropyron sp*, *Eriogonum sp*, *Atriplex sp*, *Astragalus sp*, *Bouteloa sp*, *Cenchrus sp*, *Chenopodium sp*, *Croton sp*, *Cryptantha sp*, *Descurainia sp*, *Muhlemburgia sp*, *Oenothera sp*, *Opuntia sp*, *Prosopis glandulosa*, *Salsola kali* y *Tribulus terrestris*; reportó que la proporción en que las consumían era diferente a lo largo del año, presentándose una marcada preferencia por *Muhlemburgia sp* y *Salsola kali* durante el invierno, y, por *Prosopis glandulosa*, *Opuntia sp* y *Cryptantha sp* durante el verano. Posteriormente, Gaby (1972), analizando contenido abazónico de ratas canguro (*D. merriami*) en el sur de Nuevo México, encontró que al existir bancos de semillas estables a lo largo del año las preferencias de consumo se mantenían a pesar de la estacionalidad, en su estudio reportó la presencia de *Chenopodium sp* (51.56%), *Larrea tridentata* (31.19%), *Aristida adscencionis* (12.32%), *Dasychloa pulchella* (3.3%), *Bouteloa sp* (0.66%), *Prosopis glandulosa* (0.04%) y *Salsola kali* (0.01%), entre otras con valores menores al 0.01%. Stamp y Ohmart (1978) trabajaron en varias localidades del Desierto de Sonora en Arizona durante un año, observaron una preferencia en *D. merriami* por semillas de zacates y herbáceas. Y que, dependiendo del hábitat y la estacionalidad, se presentaba una dominancia de un tipo de semilla sobre el otro, durante los meses de junio a febrero (cuando la disponibilidad de semillas de zacates anuales disminuía) las ratas consumían principalmente semillas de herbáceas; y contrariamente, en los meses de marzo a mayo preferían las nuevas semillas de los zacates anuales.

O'Connell (1979) realizó una comparación entre el contenido abazónico y estomacal de *D. merriami* y *D. ordii* en el Guadalupe Mountains National Park, Texas. Reportó semillas de 31 especies de plantas. En el caso de *D. merriami* el contenido de semillas durante el otoño representaba un 80% del total de la dieta (que incluía también vegetación verde y artrópodos), para el invierno el consumo

de artrópodos se incrementaba hasta un 30%, y durante la primavera el consumo de materia verde alcanzaba un 18%. Al comparar el contenido de los abazones con el del estómago encontró las mismas especies de semillas, pero en diferente proporción; existía un menor consumo de semillas de *L. tridentata* al esperado según el contenido abazónico; y contrariamente el consumo de *Lepidium sp* era mayor al sugerido según la presencia en abazones. Llegó a la conclusión de que las dietas en diferentes localidades variaban dependiendo de la disponibilidad de semillas. Para *D. ordii* reportó una marcada diferencia entre la dieta en los meses de otoño-invierno y primavera-verano, el consumo de semillas representaba un 90% del consumo total durante otoño-invierno y disminuía durante primavera-verano, cuando la vegetación verde alcanzaba un 15% y aumentaba también el consumo de insectos.

Hope y Parmenter (2007) estudiaron las preferencias alimenticias en roedores de Nuevo México. Recolectaron en un total de seis hábitats diferentes (bosque ripario de álamo, bosque abierto de piñón-enebro, sabana de enebro-roble, sabana de mesquite, estepa baja, matorral desértico chihuahuense) y obtuvieron tres familias (Muridae, Sciuridae y Heteromidae), representadas por un total 15 especies de ratas, ratones y una ardilla. Los heterómidos encontrados correspondían a dos especies de *Perognathus sp* y tres de *Dipodomys sp* (*D. merriami*, *D. ordii* y *D. spectabilis*). *Dipodomys merriami* fue recolectada en los hábitats de sabana de mesquite (donde se reportó como el roedor dominante), matorral desértico chihuahuense y en menor proporción en estepa baja. El consumo de semillas por esta rata representó el 90% del contenido estomacal y el 79% en los abazones. Encontraron 37 especies de semillas, las principales fueron *Aristida sp*, *Dasychloa sp*, *Achnatherum hymenoides* y *P. glandulosa*. Reportaron que el consumo de semilla fluctuó a lo largo del año, representando un 83% en invierno, 65% en primavera y 64% en verano. *Dipodomys ordii* fue recolectada en los mismos hábitats que *D. merriami*, mostrándose como la especie dominante en la estepa baja. Para esta especie observaron una marcada diferencia en la proporción de consumo entre los meses primavera-verano (cuando el consumo de materia verde y artrópodos se eleva) y otoño-invierno (cuando el consumo es de semillas preferencialmente), resultados similares a los encontrados por O'Connell en el 79.

2.1.3 Reproducción en Heterómidos

Las ratas canguro se reproducen de febrero a octubre en los estados desérticos del sur de Estados Unidos y Norte de México, mientras que el período de reproducción es más corto en los estados del norte de Estados Unidos. Tienen un período de gestación de aproximadamente 30 días. Las tasas reproductivas varían según la especie, la disponibilidad de alimento y la densidad de las poblaciones de otras especies de roedores simpátricas. Las hembras tienen de una a tres camadas, con una a seis crías

por año. Los jóvenes nacen sin pelo y ciegos en un nido forrado dentro del sistema de túneles y, por lo general, permanecen dentro este y el túnel durante casi un mes antes de emerger a la superficie (Volney, 1994).

El periodo de estro en las hembras coincide con cambios morfológicos en los genitales: la vulva se torna ligeramente hinchada durante dos a cinco días, y el punto crítico de hinchazón coincide con la apertura vaginal y un comportamiento receptivo a la monta. De dos a tres días posteriores un exudado vaginal de material crujiente y pálido indica el término del estro. Por otro lado, el éxito reproductivo de los machos no está específicamente relacionado con el grado de desarrollo testicular o algún otro parámetro morfométrico (Daly *et al.*, 1984).

En el año de 1984 Daly y colaboradores llevaron a cabo un estudio con la finalidad de reproducir dos especies de heterómidos, *D. merriami* y *D. microps*, en cautividad y comparar la tasa reproductiva en condiciones controladas y en condiciones naturales. Daly y colaboradores llegaron a la conclusión de que en condiciones naturales *D. merriami* es una especie oportunista que se reproduce después de las temporadas de lluvia, ya que aun y cuando se trata de una especie principalmente granívora, durante la etapa de proestro tiende a consumir brotes de vegetación verde; en contraparte *D. microps*, al ser una especie principalmente folívora presenta mayor número de camadas a lo largo del año. De los resultados de tres años de trabajo en laboratorio (mayo de 1978 – mayo 1981) obtuvieron 119 crías de *D. microps* a partir de 43 hembras en 49 partos, para un tamaño medio de camada de 2.4. Once crías se concibieron en libertad y 38 en apareamientos cautivos con 10 machos. Entre abril de 1978 y abril de 1983, 322 cachorros de *D. merriami* nacieron de 51 hembras en 129 partos, con un tamaño medio de camada de 2.5. Las hembras de ambas especies tienen seis tetillas, pero el tamaño de la camada rara vez excedió cuatro. El tamaño de las camadas de *D. merriami* en estado silvestre (tamaño promedio de 3.7) fueron significativamente mayores a las camadas concebidas en laboratorio (tamaño medio de 2.5). La menor productividad de los apareamientos en el laboratorio no fue atribuida a la endogamia: ya que los animales relacionados no se aparearon.

Kenagy y Bartholomew (1985) estudiaron cinco especies coexistentes de roedores desérticos en el valle Owens del Este de California, EUA; y obtuvieron conclusiones similares a las obtenidas por Zeng y Brown (1987): “El patrón temporal de reproducción en *D. merriami* es más prolongado y variable que en cualquier otra especie estudiada, y en cualquier tiempo, dado que la variación en la actividad reproductiva dentro de la población excedió la de cualquiera de las otras especies”.

2.1.3.1 Glándula dorsal

Las ratas canguro (*Dipodomys sp.*) poseen una glándula dorsal sebácea que se encuentra medialmente y justo caudal a la región escapular. Esencialmente carente de pelo, esta estructura tegumentaria elevada es evidente tanto en animales vivos como en las pieles conservadas, aunque la prominencia de la glándula varía de una especie a otra. La glándula consiste en un número variable de unidades secretoras holocrinas individuales que se originan en grupos de glándulas sebáceas originalmente asociadas con folículos pilosos (Quay, 1953; Quay, 1954; Westerhaus, 1983).

El baño de arena es un comportamiento común entre las ratas canguro y probablemente sirve para eliminar los ectoparásitos y para absorber el exceso de secreciones grasas de la piel. Esta actividad también brinda la oportunidad de depositar secreciones de la glándula dorsal de la piel. Las observaciones sugieren que el marcaje de olor ocurre en los sitios donde se dan los baños de arena para facilitar la comunicación entre los sexos, presumiblemente, con las secreciones de esta glándula. Los machos de *D. merriami* son atraídos por sitios previamente utilizados por miembros de ambos sexos, y las hembras a sitios frecuentados por otras hembras (Randall, 1981). En *D. spectabilis*, ambos sexos son atraídos por los sitios utilizados por miembros de ambos sexos, aunque los machos demuestran una preferencia por los sitios utilizados por las hembras. Tal discriminación parece importante para marcar territorios y la receptividad sexual (Laine y Griswold, 1976). En todas las especies, en individuos juveniles o subadultos esta glándula puede ser inexistente o apenas distinguible (Stangl *et al.*, 2006).

En 1953, Quay publicó una evaluación sistemática de la variación estacional y sexual de la glándula dorsal en *Dipodomys sp.*, detallando las correlaciones de tamaño para cinco especies (*D. agilis*, *D. deserti*, *D. merriami*, *D. ordii* y *D. heermanni*). Las glándulas de los machos tendieron a ser más grandes, en promedio, que las de las hembras y exhibieron una mayor variación individual en el tamaño. En la mayoría de las especies ambos sexos exhibieron picos de desarrollo primaveral (abril-mayo) y picos de invierno secundarios menores (noviembre-enero). Un año después, Quay (1954) caracterizó las glándulas dorsales en seis especies: *D. spectabilis*, *D. agilis*, *D. deserti*, *D. merriami*, *D. ordii*, y *D. panamintinus*; detectó dos secreciones diferentes: la primera de un material oleoso y suave secretado por los poros y diseminado por el pelo, encontrada únicamente en *D. spectabilis*; y una segunda secreción dura, encontrada en las cinco especies restantes, la cual se acumula y obstruye los poros de las unidades secretoras. Según la especie los niveles de actividad glandular fueron diferentes. Variando desde actividad solo en machos adultos en algunas especies, actividad casi constante durante todo el año en ambos sexos, en otras, e inclusive hubo fluctuaciones estacionales que pueden o no coincidir con cambios en el tamaño de las glándulas.

Stangl y colaboradores (2006), caracterizaron la glándula dorsal en *D. elator*. Debido a que la glándula puede no estar presente en juveniles, enfocaron su estudio únicamente en pieles de animales adultos de la Collection of Recent Mammals of the Midwest State University (MWSU), y El Museo, Texas Tech University (TTU). Stangl y colaboradores (2006) consideraron la longitud de los testículos (registrada en las etiquetas de piel) como una evaluación de la condición reproductiva en machos. Para las hembras, se notó el estado del útero (por ejemplo, "hinchado" o marcado por cicatrices uterinas) o la longitud de la corona y la grupa de los embriones/fetos en caso de existir. Encontraron que ambos sexos de *D. elator* exhibieron un amplio rango en tamaño y desarrollo de la glándula dorsal. Las medidas del área superficial total de la glándula se traslaparon extensamente entre los sexos. Sin embargo, las glándulas de los machos fueron considerablemente más grandes, en promedio, y más variables en tamaño que las de las hembras (ANOVA: $p < 0.001$). La variación estacional en el tamaño de la glándula fue significativa (ANOVA: $p < 0.001$), con un pico de desarrollo en junio seguido de una fuerte disminución en el tamaño para ambos sexos en julio-octubre. Este efecto estacional fue especialmente pronunciado en los machos. El desarrollo de la glándula en estos se correlacionó significativamente con un aumento en el tamaño de los testículos. Los datos reproductivos para las hembras fueron comparativamente escasos, pero el tamaño promedio de las glándulas en las gestantes fue menor ($x = 17.6 \text{ mm}^2$) que el de aquellas que se encontraban posparto ($x = 35.3 \text{ mm}^2$). En un sentido histológico, la glándula en *D. spectabilis* no mostró diferencias significativas con lo descrito por Quay (1954) para *D. merriami*. Finalmente concluyen que para el caso de *D. elator*, el máximo desarrollo glandular está asociado con etapas específicas en su ciclo reproductivo, sugiriendo de esta manera que las secreciones tienen como finalidad comunicar la receptibilidad reproductiva.

2.1.3.2 Relación reproducción – alimentación

Las poblaciones de fauna silvestre se ven influidas por la distribución de recursos esenciales, tales como el alimento, agua, refugio y el acceso a parejas. Los cambios importantes en la cantidad, calidad y distribución de los recursos alimenticios pueden tener efectos sustanciales en el ecosistema a través de cambios en la abundancia y distribución de las especies silvestres clave. Un alto nivel de nutrición puede dar como resultado una mayor productividad a través de camadas más grandes, mayor frecuencia de estas y mayor supervivencia juvenil, ya que la nutrición es a menudo un factor limitante para el crecimiento de la población (Boutin, 1990; O'Donoghue y Krebs 1992).

Varios estudios sugieren que los factores ambientales, especialmente la lluvia y en consecuencia la subsiguiente producción de vegetación verde, inducen el inicio de la reproducción en los roedores del desierto. Reynolds (1958), Reynolds (1960) y Chew y Butterworth (1964) sugirieron

que existe una correlación entre el inicio de los ciclos reproductivos en *D. merriami* y el crecimiento estacional de la vegetación verde, especialmente de plantas anuales.

Beatley (1969), quien trabajó durante cinco años consecutivos en Jackass Flats, Nevada, determinó que las plantas anuales de invierno juegan un papel importante en la reproducción de *D. merriami*. En los años en que no se presentaron las lluvias de otoño, no germinaron las plantas anuales de invierno y los roedores no se reprodujeron. En años con lluvia otoñal, la vegetación anual de invierno germinó y *D. merriami* se reprodujo. Posteriormente Bradley y Mauer (1971) informaron que la vegetación verde representa aproximadamente el 36% de la dieta durante la temporada reproductiva en poblaciones de *D. merriami* cerca del área de Las Vegas, Nevada, y en los meses no reproductivos tenía una importancia mínima dentro de la dieta.

Bradley y Mauer (1971) analizaron el contenido abazónico de 411 individuos de *D. merriami*. Las semillas fueron, con mucho, el alimento más importante, y se presentaron en aproximadamente el 75% de los abazones que contenían alimentos. Las semillas de *Oryzopsis sp.* e *Hilaria sp.*, ambas abundantes en el área de estudio, se recolectaron con mayor frecuencia que las semillas de otras especies. Las semillas de *Bromus rubens*, también abundante en el sitio, rara vez estaban presentes en los abazones. Las hojas de *Franseria sp.* fueron la principal fuente de aporte vegetal (Bradley y Mauer, 1971). El contenido estomacal de 740 individuos fue analizado, y fueron nuevamente las semillas las principales constituyentes de la dieta (Cuadro 1). Algo de vegetación verde estuvo presente de diciembre a agosto, periodo que coincide con el tiempo de actividad reproductiva de la especie en el sitio. En este estudio los autores concluyeron que la vegetación verde es un importante alimento estacional para *D. merriami* en el sur de Nevada. La baja presencia de vegetación verde en los abazones probablemente resultó debido a que las hojas y tallos verdes se consumen al momento en lugar de ser transportadas (Bradley y Mauer, 1971).

Cuadro 1. Preferencias alimenticias de *D. merriami*, en base al contenido abazónico.

Artículos encontrados en los abazones	Porcentaje de ocurrencia	Número promedio por muestra
Semillas (incluidas partes asociadas)		
Pastos	74.2	14
<i>Oryzopsis Hymenoides</i>	52.5	16
<i>Hilaria rigida</i>	24.8	9
<i>Poa</i> spp.	2.2	23
<i>Tridens pulchellus</i>	2.0	9
<i>Bromus rubens</i>	1.0	3
Hierbas anuales	37.4	9
<i>Eriogonum</i> spp.	30.9	11
<i>Pectocarya</i> spp.	6.3	8
<i>Plantago</i> spp.	1.0	12
<i>Phacelia</i> spp.	0.5	15
<i>Dithyrea</i> spp.	0.3	5
<i>Erodium circuitarium</i>	0.3	4
<i>Tribulus terrestris</i>	0.2	3
Perienales	3.8	4
<i>Larrea divaricata</i>	2.0	6
<i>Yucca schidigera</i>	1.2	2
<i>Machaeranthera tortifolia</i>	0.5	3
<i>Ephedra</i> spp.	0.3	1
Semillas no identificadas	3.0	/
Partes vegetativas de plantas	7.4	5
<i>Franseria dumosa</i>	2.2	3
<i>Phacelia</i> spp.	0.7	15
<i>Atriplex canescens</i>	0.3	25
<i>Lycium</i> spp.	0.3	2
Hojas no identificadas	3.2	7
Tallos, no identificados	1.5	3
Partes de insectos	0.3	7
Debritos (granos de arena, rocas, pelusas)	2.7	7

(Bradley y Mauer, 1971)

Van de Graaff y Balda (1973) realizaron un estudio comparativo de *D. m. merriami* en dos localidades en el Estado de Arizona, EUA (la primer localidad, Silver Bell, en Tucson; la segunda localidad en Phoenix, ambas dentro del Desierto Sonorense), ambos sitios presentaron diferentes índices de precipitación durante la estación otoñal anterior al periodo de trabajo. La vegetación perenne dominante en el sitio de Silver Bell consistía en arbustos de gobernadora (*Larrea tridentata*) y varios cactus. Los arbustos de gobernadora estaban floreciendo, lo cual es indicativo de humedad en el suelo relativamente alta. En febrero, en Silver Bell, plantas de *Plantago sp.*, *Pectacarya sp.*, *Allionia sp.*, *Erodium sp.* y *Tridens sp.* estaban creciendo. Las plantas perennes dominantes en el sitio de Phoenix fueron *Franseria sp.*, *Larrea tridentata* y varios cactus; la mayoría de las hojas de *Franseria sp.* estaban secas y quebradizas, y *Larrea sp.* no presentaba producción de flor. En el sitio de Phoenix no se reportaron especies anuales a excepción de *Tridens sp.* atrofiado. De los animales atrapados en Phoenix solo el 14 % de los machos se consideraron reproductivamente activos. Ninguna hembra fue reproductivamente activa, aunque el 88% de ellas tenían cicatrices placentarias viejas, presumiblemente de camadas nacidas en la primavera u otoño anterior. De los animales atrapados en Silver Bell el 95% de los machos adultos eran reproductivamente activos. De estos, todos tenían testículos escrotados con cantidades moderadas a copiosas de esperma. De la muestra de hembras adultas, el 92% eran reproductivamente activas; diecinueve estaban preñadas o lactando y seis tenían cicatrices placentarias frescas. Por lo tanto, más del 90% de las ratas canguro adultas del área de Silver Bell eran reproductivamente activas, mientras que menos del 7% estaban activas en el sitio de Phoenix, resultando en una diferencia significativa. Ellos atribuyeron esta diferencia a la cantidad de lluvia otoñal y la posterior producción de vegetación verde. El sitio de Silver Bell recibió casi tres veces más lluvia que Phoenix, (83%) en los últimos cinco meses del año anterior. Concluyendo así, que las diferencias temporales drásticas en el inicio de la reproducción de un año a otro ocurren según los patrones de precipitación. Este estudio muestra que las poblaciones cercanas pero que experimentan diferentes patrones de precipitación exhiben diferente intensidad de reproducción dentro de una estación dada.

Moseley y colaboradores (2011), estudiaron los efectos de la suplementación de alimento para venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), mediante la instalación de comederos, sobre las poblaciones de roedores en un sistema semiárido en las llanuras del sur de Texas. Reportando que la implementación de los comederos no tuvo efecto significativo sobre las especies de roedores, a excepción de la rata algodonera (*Sigmodon hispidus*), cuyas poblaciones aumentaron significativamente en las cercanías a los comederos. Por otro lado, al implementar los comederos, la cobertura vegetal de especies silvestres aumento. Este suceso represento variaciones en las densidades de las poblaciones de roedores, al aumentar el éxito reproductivo y la supervivencia de los individuos.

En general, los estudios realizados en los ecosistemas desérticos muestran que las variaciones en la disponibilidad del alimento tienen impacto sobre la actividad reproductiva de las poblaciones de roedores.

2.2 Desierto Chihuahuense

Se define como “desierto” a un área geográfica específica cuya evapotranspiración supera la precipitación pluvial (generalmente 250 mm de lluvia anual como máximo). Los desiertos se caracterizan por una pobre productividad primaria (90g/m^2) en comparación con los $2,200\text{g/m}^2$ que se producen en los bosques tropicales lluviosos (Terborgh, 1992).

El Desierto Chihuahuense, es el más grande en el continente americano. Está flanqueado por montañas que impiden el paso de los vientos húmedos: la Sierra Madre Oriental, la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre Occidental (en México) y las Rocallosas (en Estados Unidos). Abarca una superficie de $507,000\text{ km}^2$ en total, desde Nuevo México y Texas en Estados Unidos, hasta porciones de los Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, alcanzando el norte de Oaxaca y porciones de Puebla, Tlaxcala y Veracruz en México. La Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental se consideran los límites occidental y oriental, respectivamente, pero la delimitación de la frontera sur y la frontera norte aún es debatida (Granados-Sánchez *et al.*, 2011).

Brown (1982) subdividió el Desierto Chihuahuense en tres regiones: la más norteña, Trans-Pecos, cubre aproximadamente 40% de la superficie e incluye todas las secciones de los Estados Unidos; la región media (dominada por piedra caliza y playas) incluye el Bolsón de Mapimí, parte del oriente de Chihuahua, Coahuila y parte de Durango; y la tercer región, la más sureña, es el Saladán, que cubre Zacatecas, San Luis Potosí y porciones de otros estados colindantes.

En México, dentro del territorio del Desierto Chihuahuense, se estableció el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Médanos de Samalayuca con la finalidad de conservar los ecosistemas desérticos.

2.2.1 Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca

Según el Programa de Manejo, el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (2013), representa uno de los ecosistemas más frágiles del Desierto Chihuahuense. Ubicado en una zona cuyas características incluyen temperaturas extremas, una errática y pobre precipitación y un suelo inestable que comprende la zona de dunas con una escasa vegetación nativa. La vegetación en

esta área se ve amenazada además de los factores naturales como el viento, por especies no nativas y actividades productivas desarrolladas en esta región (Programa de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca, 2013).

El día 5 de junio de 2009, se publica en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de APFF, la zona conocida como “Médanos de Samalayuca”. Localizada en los municipios de Juárez y Guadalupe, en el Estado de Chihuahua, con una superficie total de 63,000.035 hectáreas. Conforman una de las representaciones naturales más importantes de nuestro país ya que, se trata de un ecosistema relictual en donde se dan condiciones de aridez tales que permiten la formación de montículos de arena fina, resultado de procesos erosivos milenarios que contienen gran variedad de grupos de plantas halófitas propias de dunas (Programa de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca, 2013). Cabe señalar que, además, en el Área de los Médanos de Samalayuca, correspondiente a la Región Hidrológica número 34 Cuencas Cerradas del Norte, se captan en promedio 160 milímetros de precipitación al año. Es una región desértica donde los flujos superficiales continuos no existen, y por ende el agua que se encuentra en los manantiales Ojo de Samalayuca, Ojo de la Casa, Ojo de Enmedio y Ojo de la Punta, así como el agua subterránea, resulta vital para el desarrollo de actividades antropogénicas e industriales (Programa de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca, 2013).

Se distinguen siete categorías de subzonificación destinadas a la conservación y aprovechamiento dentro del APFF Médanos de Samalayuca: el área de preservación de la Sierra de Samalayuca, el área de preservación de dunas, el área para aprovechamiento sustentable de los ecosistemas “El Vergel”, el área de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas de “Villa Luz – Samalayuca”, el área de aprovechamiento especial “Banco de Material – Termoeléctrica”, el área de aprovechamiento especial “Los Tejos” y el área de uso público turístico “El Presón”. A su vez se presentan diferentes tipos de ecosistemas, según el Programa de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca (2013) se consideran: matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, pastizal inducido, vegetación de desiertos arenosos, vegetación halófila xerófila y agricultura de riego, así como áreas sin vegetación aparente.

2.2.1.1 Vegetación del Desierto Chihuahuense – APFF Médanos de Samalayuca.

Rzedowski (1965) y Rzedowski (1978) reconoce tres tipos básicos de vegetación dentro del Desierto Chihuahuense; el matorral desértico micrófilo (MDM), de suelos de aluvión; el matorral desértico rosetófilo (MDR), en rocas calizas y terrenos de buen drenaje; y el matorral desértico crassicaule (MDC), ligado a rocas y suelos de naturaleza ígnea.

Las formas de vida vegetativas características del Desierto Chihuahuense son las arbustivas y subarbustivas. Las formas arbóreas generalmente son escasas y están confinadas a la cercanía de fuentes de agua o pendientes rocosas; y, las especies de tallos suculentos son abundantes, pero no conspicuas (Granados-Sánchez *et al.*, 2011). Los ecosistemas presentes corresponden a matorrales; MDC y MDR, así como de pastizales, éstos tienen una afinidad bien definida por tipos específicos de suelo; así, en los terrenos salados en las playas de los lagos se presentan comunidades halófitas con pastos como la sabaneta (*Hilaria mutica*, *H. berlandieri*) y arbustos como el chamizo (*Atriplex canescens*). En los lomeríos de rocas sedimentarias se presenta el MDR de lechuguilla (*Agave lechuguilla*), yuca (*Yucca treculeana* o *Y. carnerosana*) y el nopal cegador (*Opuntia microdasys*); sobre los lomeríos de origen ígneo se desarrolla el MDC formado por cardenches (*Cylindropuntia sp.*) y nopales (*Opuntia spp.*), sangregado (*Jatropha dioica*) y gobernadora (*Larrea tridentata*). El MDM está representado por la gobernadora (*L. tridentata*), que suele estar asociada con cactáceas (*Opuntia spp.*) y gramíneas como el zacate de burro (*Scleropogon brevifolius*), zacates navajilla (*Bouteloa spp.*), zacatones (*Sporobolus sp.*), entre otras; la candelilla (*Euphorbia antisyphulitica*), el guayule (*Parthenium argatum*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y la palma ixtlera o palma samandoca (*Yucca carnerosana*) son abundantes (Sosa *et al.*, 2006; Granados-Sánchez *et al.*, 2011).

Según Granados-Sánchez *et al.* (2011) no hay especies herbáceas invernales, ni germinación o floración en el invierno, aunque muchas plantas conservan completa o parcialmente sus hojas durante los meses fríos de invierno.

2.2.1.2 Contenido nutricional en especies desérticas

Prosopis es un género de la familia Fabaceae que se encuentra ampliamente distribuido en América, ha sido utilizada en la alimentación ya que posee frutos de gran valor nutritivo, aunque esta característica no es aprovechada por algunos animales debido a su baja digestibilidad. Las plantas del género *Prosopis* son conocidas por su valor medicinal y esta característica se encuentra asociada a la presencia de flavonoides entre otros metabolitos secundarios. Algunos de ellos, con actividad fitoestrogénica, han sido documentados para *P. alba* y *P. flexuosa* especies simpátricas a *P. torquata*. Carrasco *et al.* (2010), llevaron a cabo un estudio con extracto metanólico de frutos de *P. torquata* en ratas Wistar hembras púberes, y encontraron que la administración del extracto metanólico provocó una modificación en el inicio de la pubertad, evidenciado por la apertura vaginal temprana ($F= 21,4$, $p<0,001$) y aparición de cuerpos lúteos. Con su estudio los autores advierten la necesidad de tener en cuenta los compuestos que integran las dietas tanto de animales en condiciones silvestres, como en

animales de laboratorio, especialmente si serán utilizados en diseños experimentales para estudiar procesos hormonales.

3. HIPÓTESIS

El inicio de la actividad reproductiva en especies de heterómidos en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca presenta una correlación positiva con la ingesta proteica posterior al brote de vegetación durante la época de primavera.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la correlación entre el contenido proteico de semillas colectadas en el APFF Médanos de Samalayuca y la actividad reproductiva de heterómidos.

4.1 Objetivos específicos

a) Determinar el contenido proteico de diferentes semillas disponibles en el APFF Médanos de Samalayuca.

b) Documentar la actividad reproductiva de las especies de heterómidos dentro del APFF Médanos de Samalayuca.

c) Evaluar la correlación entre el contenido proteico de las semillas y la actividad reproductiva de los roedores.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Diagrama general de investigación

El trabajo consto de tres fases: la colecta y análisis bromatológico de las semillas silvestres; la recolecta y documentación de la actividad reproductiva de heterómidos; y, el análisis estadístico y correlación de los resultados (Figura 9).

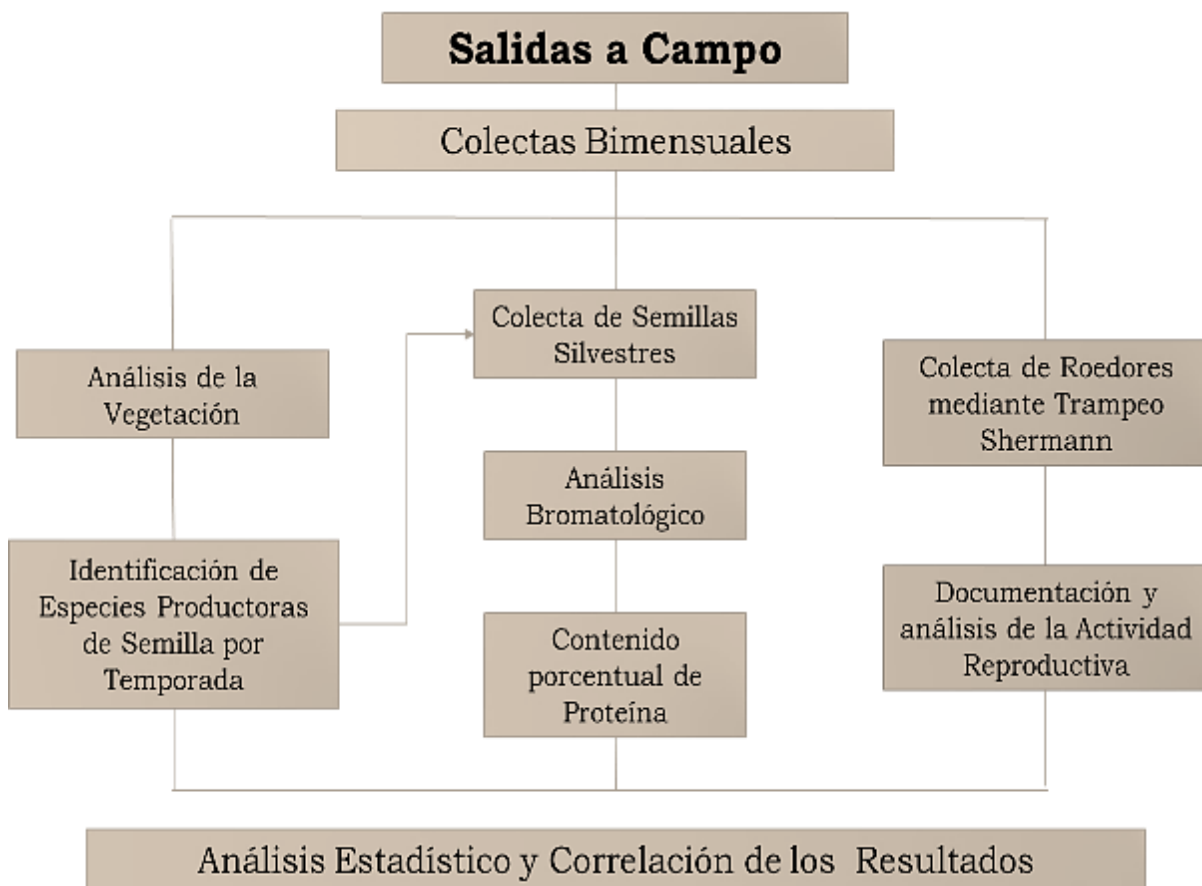


Figura 8. Diagrama general de investigación

5.2 Descripción del área de estudio

Se seleccionaron cuatro puntos dentro del APFF Médanos de Samalayuca (Figura 10) correspondientes a vegetación de desiertos arenosos y matorral desértico Micrófilo (MDM), dos de estos puntos corresponden a áreas conservadas; y, dos puntos a áreas impactadas por actividades de agricultura, ganadería, ecoturísticas y de recreación (Figura 11). Estos puntos se encuentran al noroeste del polígono del APFF Médanos de Samalayuca, en el área del “Ojo de la Punta” y el área de los “Petrograbados de la Sierra de Samalayuca”.

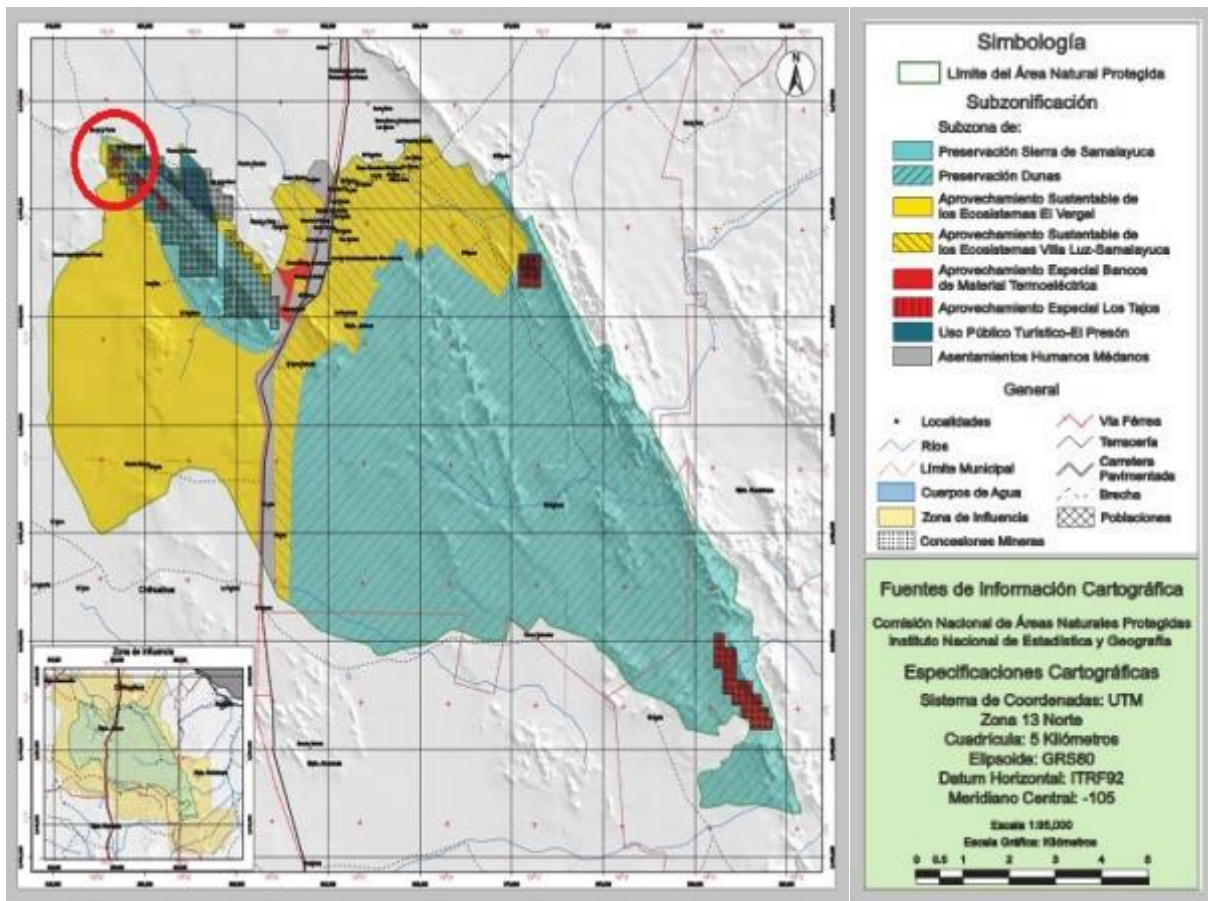


Figura 9. Mapa de subzonificación del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.

El área en rojo engloba la ubicación de las áreas de muestreo. (Imagen modificada del Plan de Manejo del APFF Médanos de Samalayuca, 2013).



Figura 10. Distribución de las áreas de colecta en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.

El primer polígono de muestreo (Figura 12) corresponde a un área impactada por la presencia de actividades recreativas (áreas designadas para acampar) y de producción, instalaciones de invernaderos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) y fresa (*Fragaria sp.*). Las coordenadas del polígono correspondientes son: C1:31°23'14.71" N / 106°36'10.84" O; C2:31°23'14.83" N / 106°36'07.41" O; C3:31°23'16.97" N / 106°36'07.28" O; C4:31°23'17.66" N / 106°36'08.42" O; C5:31°23'17.60" N / 106°36'14.07" O; C6:31°23'15.06" N / 106°36'15.71" O; C7:31°23'13.66" N / 106°36'14.65" O; C8:31°23'12.34" N / 106°36'13.07" O; C9:31°23'11.47" N / 106°36'12.99" O; C10:31°23'10.42" N / 106°36'12.70" O; y, C11:31°23'07.56" N / 106°36'10.80" O. La vegetación predominante está compuesta por un ensamble de *Atriplex canescens* y *Prosopis glandulosa*. El suelo es de tipo arenoso. El área es atravesada en dirección suroeste a noreste por un cauce de arroyo seco, a las orillas de este encontramos ocasionalmente individuos de *Franseria sp* y *Sporobolus sp.*



Figura 11. Primer polígono de muestreo.

El área de colecta se resalta en color verde, el polígono púrpura corresponde a zonas de ranchos privados, el polígono amarillo corresponde a áreas de acampada y el polígono azul representa el área ocupada por invernaderos. (Imagen obtenida y editada mediante el software Google Earth-Pro).

El segundo polígono de muestreo (Figura 13) corresponde a un área conservada, adyacente a la ladera norte de la Sierra de Samalayuca. La vegetación corresponde a MDM con ensamble de *L. tridentata* y *P. glandulosa*. En menor proporción aparecen individuos de *Koeberlinia espinosa* y *Opuntia sp.* El suelo de la porción más próxima a la ladera de la sierra es duro y rocoso (abarcando aproximadamente un 10% del área de colecta), y al avanzar hacia el norte se torna arenoso y suelto. Las coordenadas del polígono son: C1:31°22'53.39" N / 106°35'47.01" O; C2:31°22'59.59" N / 106°35'43.25" O; C3:31°23'2.30" N / 106°35'44.73" O; C4:31°23'3.66" N / 106°35'49.13" O; C5:31°23'00.10" N / 106°35'51.97" O; C6:31°22'56.79" N / 106°35'50.27" O; C7:31°22'54.43" N / 106°35'48.82" O.



Figura 12. Segundo polígono de muestreo.

El área de colecta se resalta en verde, las líneas azules corresponden a los caminos de acceso. (Imagen obtenida y editada mediante el software Google Earth-Pro).

El tercer polígono de colecta (Figura 14) se encuentra al sur de la Sierra de Samalayuca, actualmente es un área conservada. El polígono del área muestreada corresponde a las coordenadas: C1:31°22'35.45" N / 106°35'47.35" O; C2:31°22'35.52" N / 106°35'46.09" O; C3:31°22'33.87" N / 106°35'46.41" O; C4:31°22'32.70" N / 106°35'48.45" O; C5:31°22'31.64" N / 106°35'49.77" O; C6:31°22'28.43" N / 106°35'52.00" O; C7:31°22'28.40" N / 106°35'54.64" O; C8:31°22'30.63" N / 106°35'56.49" O; C9:31°22'32.27" N / 106°35'56.47" O; C10:31°22'35.63" N / 106°35'52.81" O; C11:31°22'36.18" N / 106°35'49.45" O. La porción más próxima a la ladera presenta suelo duro y rocoso, en mayor proporción que la ladera norte, para nuestra área de estudio representa un 40% del total de la extensión del polígono. En esta área las especies vegetativas representativas son gobernadora (*L. tridentata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), mezquite (*P. glandulosa*), algunos nopales (*Opuntia violácea* y *O. arenaria*) y una especie de biznaga (*Echinocactus horizonthalonius.*), en las laderas de los pequeños arroyos que se forman por la pendiente encontramos *Pectocarya sp.* Continuando hacia el sur se presenta una franja de transición, caracterizada por la presencia de *L. tridentata* y *P. glandulosa* (aproximadamente un 15% del área muestreada). Esta franja se ubica entre el área de suelo rocoso y un área de suelo arenoso y suelto (45% de la extensión total del polígono). La porción con suelo arenoso se caracteriza por la dominancia de *L. tridentata*, *P. glandulosa* y ocasionalmente *Agave lechuguilla*.

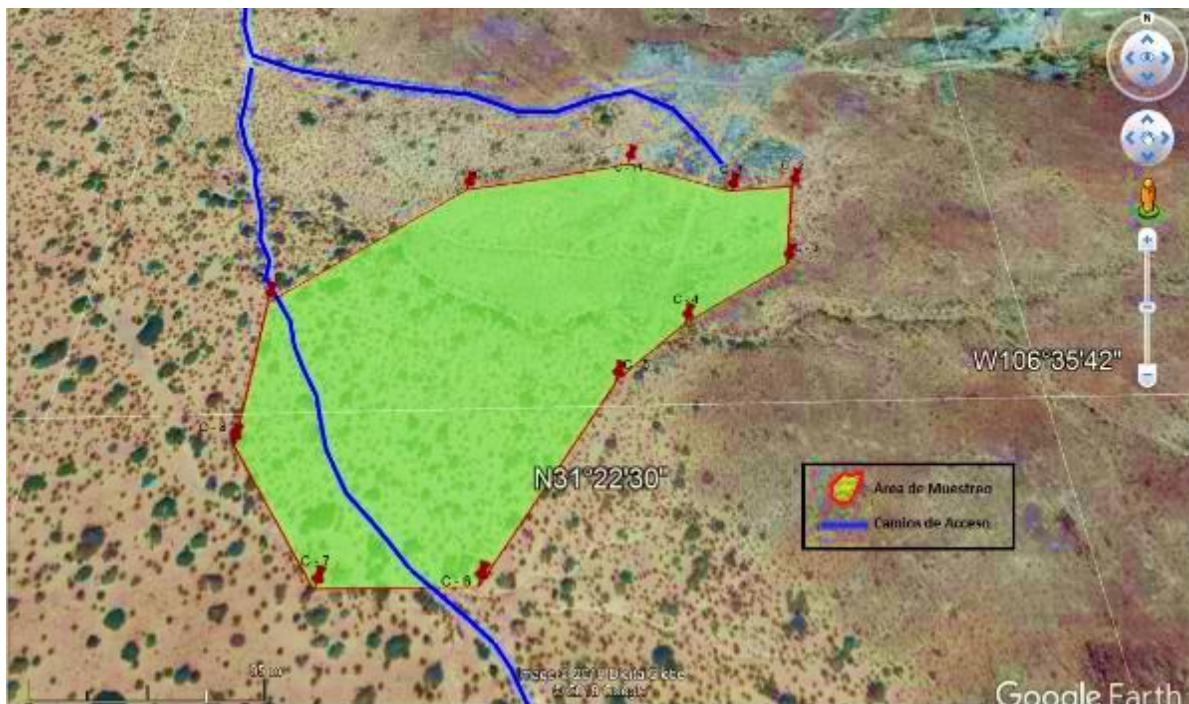


Figura 13. Tercer polígono de muestreo.

El área de colecta esta resaltada en color verde, las líneas azules corresponden a los caminos de acceso. (Imagen obtenida y editada mediante el software Google Earth-Pro).

El cuarto polígono de colecta (Figura 14) se encuentra flanqueando un pequeño rancho privado con terreno desmontado de 7,926 km². Esta área se encuentra al sur de la Sierra de Samalayuca. El ensamble vegetativo corresponde a *L. tridentata* y *P. glandulosa*, el suelo es arenoso y suelto. Presenta mayor área de suelo desnudo.



Figura 14. Cuarto polígono de muestreo.

El polígono verde corresponde al área de colecta, el polígono en color café representa las instalaciones de un rancho privado, la línea azul corresponde al camino de acceso. (Imagen obtenida y editada mediante el software Google Earth-Pro).

5.3 Colectas

Se realizaron un total de cinco salidas por localidad (Cuadro 2) con la finalidad de dar seguimiento al cambio estacional de la vegetación a lo largo del año.

Cuadro 2. Fechas de colectas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México. Periodo 2018-2019.

Localidad	1° Salida	2° Salida	3° Salida	4° Salida	5° Salida
1 - OP	Abril / 2018	Junio / 2018	Sep. / 2018	Dic. / 2018	Mar. / 2019
2 - NSS	Abril / 2018	Junio / 2018	Sep. / 2018	Dic. / 2018	Mar. / 2019
3 - SSS	Mayo / 2018	Junio / 2018	Sep. / 2018	Ene. / 2018	Mar. / 2019
4 - ME	Mayo / 2018	Junio / 2018	Sep. / 2018	Ene. / 2018	Abr. / 2019

5.3.1 Colecta de Semillas

En cada localidad se identificaron las especies vegetales productoras de semilla por temporada. Se seleccionaron para colecta las semillas de las especies vegetales que presentaron mayor abundancia por temporada.

El peso de muestra requerido para la realización de la prueba bromatológica proximal es de un gramo por repetición. Se colectó un mínimo de cinco gramos de semilla por especie, con la finalidad de tener suficiente muestra para realizar las repeticiones necesarias.

Para las especies *Gutierrezia texana* y *Tribulus terrestris*, presentes durante primavera y verano respectivamente, no se logró colectar el peso mínimo requerido, por esta razón no fueron consideradas.

Para el caso de *L. tridentata*, especie que presentó producción de semilla a lo largo de todo el año, la colecta se realizó durante la temporada de invierno, debido a que fue la única especie con producción de semilla durante esta época.

5.3.1.1 Análisis de contenido proteico.

Se realizó un análisis bromatológico proximal del porcentaje de proteína cruda a las semillas colectadas en campo, según los protocolos establecidos por la “Official Methods of Analysis” (AOAC, 2005) y la “Food and Nutrition Paper” (FAO, 1986).

Previo al análisis se llevó a cabo la molienda de las semillas hasta formar una harina homogénea. Se utilizaron morteros de porcelana y vidrio, así como una licuadora de vaso invertido para lograr la completa homogenización de las muestras.

El análisis se efectuó mediante el método de Kjeldahl, el cual evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico (A.O.A.C. 1984).

1.- Se pesaron muestras de 1g por triplicado por cada especie de interés, individualmente se colocaron en tubos Kjeldahl; a los cuales se adicionaron 10ml de ácido sulfúrico concentrado y una pastilla digestora PanReac® ([CuSO₄ + 5H₂O 16.6%] + [Na₂SO₄ 83.4%]). Se colocó un embudo en cada tubo Kjeldahl para evitar la pérdida de ácido por evaporación.

2.- Los tubos se colocaron en un digestor y fueron calentados a ebullición hasta que la solución se tornó clara, la temperatura se mantuvo por media hora más.

3.- Los tubos se dejaron enfriar y se adicionaron 20 ml de agua destilada y desionizada. Posteriormente fueron llevados a un destilador rápido para Kjeldahl.

4.- Se agregó hidróxido de sodio al 40%.

5.- Se colectaron 50 ml del destilado (el cual contiene el amonio) en un matraz Erlen-Meyer, al que previamente se adicionaron 60ml de ácido bórico al 4% y cinco gotas de indicador Shiro-Toshiro (solución 2:1 de rojo de metilo y azul de metileno respectivamente).

6.- El destilado colectado se tituló con una solución estándar de ácido clorhídrico (0.1 N), y se realizaron los cálculos pertinentes (Figura 15).

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \left[\frac{V * N * 0.014}{PM} \right] * \text{F.C.P.} * 100$$

Figura 15. Ecuación 5.1 Fórmula utilizada para la determinación de porcentaje de Proteína Total.

Donde:

V= Volumen de ácido clorhídrico usado en la titulación (ml).

N= Normalidad del ácido estándar.

PM= Peso de la muestra (g).

0.014= Miliequivalente del Nitrógeno.

F.C.P.= Factor de Corrección de contenido Proteico.

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

Repetibilidad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del promedio.

El factor de corrección varía dependiendo del tipo de muestra que se trabaje. Dado que se utilizaron pastillas digestoras PanReac® se consideró un FCP de 5.3, valor sugerido por el laboratorio para semillas con contenido de Nitrógeno total similar al de las semillas analizadas (el Cuadro 3 muestra los diferentes FCP sugeridos por el laboratorio PanReac®).

Cuadro 3. Factor de Corrección de Proteína para diferentes tipos de muestras.

Alimento	% Nitrógeno	FCP	% Proteína
<i>Cereales, pastas</i>			
Arroz integral	1.3	6.25	7.9
Harina de trigo integral	2.4	5.7	13.7
Macarrones, espaguetis	1.9	5.7	11
<i>Legumbres, frutos secos y semillas</i>			
Alubias rojas	3.4	6.25	21.2
Soja y derivados	6.3	5.71	36
Almendras	4.9	5.18	25.3
Cacahuates	4.8	5.46	26
Nueces	2.9	5.3	15.2
Semillas de girasol	3.2	5.3	17.2
<i>Lácteos</i>			
Leche entera	0.5	6.38	3.3
Quesos	3.9	6.38	24.9
Mantequilla	0.3	6.38	2
Yogurth	0.8	6.38	5.3
<i>Carnes, aves y pescados</i>			
Carne de vacuno	3	6.25	18.5
Pechuga de pollo	37	6.25	23.1
Jamón	2.8	6.25	17.6
Huevo entero	2	6.25	12.5
Pescado	2.6	6.25	16

(Panreac® PanReac ApplyChem).

5.3.2 *Colecta de roedores*

Se estableció un perímetro de trampas por punto de muestreo, colocando 80 trampas Sherman (tamaño estándar con orificios de respiración, H. B. Sherman Traps, Inc. Tallahassee, Florida) en el perímetro de las localidades de muestreo, a intervalos de 10 metros entre trampa, se procuró colocarlas a las cercanías de las entradas a madrigueras y en los bancos de semillas, así como en veredas de tráfico. Cada trampa se identificó mediante clave numérica y fue cebada con avena en hojuela precocida. La actividad de trampeo fue nocturna; las trampas se cebaron entre las 17:00 y 19:00 horas y se revisaron a partir de las 6:00 horas de la mañana siguiente. La colecta fue de tipo captura-liberación, con el fin de identificar la actividad de los roedores. Se registró la especie, dimensiones corporales (LT=Largo Total; LC=Largo de la Cola; LO=Largo Oreja; LP=Largo Pata), peso y signos reproductivos de cada ejemplar. Se utilizaron guías de identificación para corroborar la especie (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). Cada individuo fue marcado con tinta permanente y liberado para su recaptura (Hernández *et al.*, 2011; Kaufman y Kaufman, 2015).

Las colectas se realizaron cada dos meses aproximadamente y abarcaron dos noches consecutivas por punto de muestreo. El tiempo global de colecta comprendió un lapso de un año, iniciando en abril/2018 y culminando en abril/2019, abarcando un total de 960 horas/hombre de trabajo.

En el mes de noviembre del año 2017 se inició el trámite para solicitar ante la SEMARNAT el permiso correspondiente para la captura de los ejemplares. El día 09 de marzo del año 2018 fue expedido el permiso con número de oficio **SGPA/DGVS/00216B/1B** (Anexo I). Posteriormente se solicitó un nuevo permiso con la finalidad de abarcar el tiempo total de colectas, número de oficio es **SGPA/DGVS/02403/19**.

5.3.2.1 Características reproductivas.

Se documentaron las características reproductivas de los individuos colectados con el fin de establecer el inicio y fin del periodo reproductivo por especie, así como el número de individuos sexualmente activos durante la temporada. En machos del género *Dipodomys* se documentó la presencia de glándula dorsal hinchada, la cual está relacionada con el marcaje territorial y atracción del sexo opuesto; en hembras se registró la apariencia de la abertura vaginal (cerrada o abierta), presencia de mamas desarrolladas (hembras lactantes) y gestación avanzada (Stangl *et al.*, 2006; Sipari *et al.*, 2014; Kaufman y Kaufman, 2015). La apertura vaginal se consideró como indicativo del inicio del estro, lo que marcaría el inicio de la época reproductiva. Y el estado de preñez y de lactancia como factores representativos del tiempo global de la actividad sexual.

Para el análisis estadístico de actividad reproductiva se ingresó toda hembra que presentara al menos una de las características antes mencionadas, esto con el fin de disminuir el sesgo causado por el espacio de tiempo entre una temporada de colecta y otra.

5.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de los datos reproductivos obtenidos por especie colectada.

Para comparar el contenido proteico (porcentaje) de las semillas analizadas se utilizó una prueba de comparación de medias, se realizaron tres repeticiones para cada una de las cuatro especies.

Con relación a la determinación de la temporada reproductiva, realizamos un análisis de Xi-cuadrada tomando en cuenta la presencia/ausencia de los caracteres reproductivos de las hembras colectadas durante las cuatro estaciones. Se analizó cada una de las cuatro especies por separado.

Finalmente, para determinar la correlación entre el contenido proteico y la actividad reproductiva aplicamos un análisis de correlación bivariado utilizando los datos de las hembras reproductivas durante las cuatro estaciones. Cada semilla fue asignada a una temporada (durante la cual mostro mayor abundancia). Se cotejó el contenido proteico de las semillas (porcentaje) contra la actividad reproductiva en hembras (porcentaje).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Colecta de semillas

Aún y cuando la distancia entre las localidades es poca (1.5 Km en promedio), el ensamble vegetativo en cada una es diferente. Las especies que estuvieron presentes en todas las localidades fueron la gobernadora (*Larrea tridentata*), el mesquite (*Prosopis juliflora* var. *glandulosa*), el cenizo (*Atriplex canescens*), la cola de zorro (*Gutierrezia texana*), el torito (*Tribulus terrestris*), así como una herbácea anual (Asteracea) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Principales especies vegetales por localidad en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.

Vegetación	Presencia			
	OP	NSS	SSS	ME
1 <i>Atriplex canescens</i>	X	X	X	X
2 <i>Prosopis glandulosa</i>	X	X	X	X
3 <i>Gutierrezia sp.</i>	X	X	X	X
4 <i>Asterácea (anual durante primavera)</i>	X	X	X	X
5 <i>Sporobulus sp.</i>	X			
6 <i>Franseria sp.</i>	X			
7 <i>Larrea tridentata</i>	X	X	X	X
8 <i>Opuntia macrocentra</i>			X	X
9 <i>Opuntia polyacantha var. arenaria</i>		X	X	
11 <i>Koeberlinia spinosa</i>		X		
11 <i>Fouquieria splendens</i>			X	
12 <i>Echinocactus horizonthalonius</i>			X	
13 <i>Agave lechuguilla</i>		X	X	X
14 <i>Ephedra sp.</i>		X		X
15 <i>Pectocarya sp. (orillas de arroyos)</i>		X	X	
16 <i>Tribulus terrestris</i>	X	X	X	X
17 <i>Salsola sp</i>	X			

- La X indica la presencia de la especie por localidad.

Las especies que presentaron producción de semilla durante las colectas fueron; el cenizo (*A. canescens*), el mesquite (*P. glandulosa*), la gobernadora (*L. tridentata*), la cola de zorra (*G. texana*) y las herbáceas anuales (*asterácea* y *T. terrestris*). Especies presentes en las cuatro localidades (Cuadro 5).

Cuadro 5. Principales productoras de semillas identificadas durante las colectas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.

	2018				2019
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
<i>Atriplex canescens</i> (Cenizo)	/	/	Semilla	/	/
<i>Prosopis glandulosa</i> (Mesquite)	/	Semilla	/	/	/
<i>Asterácea</i> (No identificada)	Semilla	/	/	/	Semilla
<i>Larrea tridentata</i> (Gobernadora)	Semilla	Semilla	Semilla	Semilla	Semilla
<i>Gutierrezia texana</i> (Cola de zorra)	Semilla	/	/		Semilla
<i>Tribulus terrestris</i> (Torito)	/	Semilla	/	/	/

6.2 Contenido proteico en semillas

Se colectaron semillas de cuatro especies diferentes (*P. glandulosa*, *L. tridentata*, *A. canescens* y la asterácea anual) con base a la disponibilidad durante las épocas de colecta. Se realizó un análisis bromatológico para determinar proteína cruda por triplicado para cada especie y se obtuvieron los contenidos de nitrógeno total en cada tipo de semilla, a partir de estos valores se obtuvo el porcentaje de proteína total aplicando un FCP de 5.3 (Cuadro 6, Figura 16).

Las semillas de *G. texana* y *T. terrestris* no fueron incluidas en el análisis bromatológico debido a que no se logró colectar el peso suficiente para llevarse a cabo.

Cuadro 6. Porcentaje de proteína total contenida en las semillas colectadas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.

Semillas	Media	n	Desviación estándar
<i>A. canescens</i>	15.3060	3	.27340
<i>L. tridentata</i>	20.8733	3	.22368
<i>P. glandulosa</i>	30.6733	3	.99631
<i>Asterácea</i>	17.9133	3	.35726
Media	21.1915	3	6.09520

Las semillas de *A. canescens* mostraron el valor de proteína más bajo con un 15.29% seguidas por la asterácea anual (17.92%) y *L. tridentata* (20.88), la especie que mostró el contenido más alto de proteína fue el de *P. glandulosa*, con un 30.46%. Esta última especie mostró la mayor variación de contenido proteico en las repeticiones (desviación estándar de .99631), se atribuye este resultado a la heterogeneidad de la muestra después de la molienda, ya que la dermis de la semilla no logro una completa homogenización.

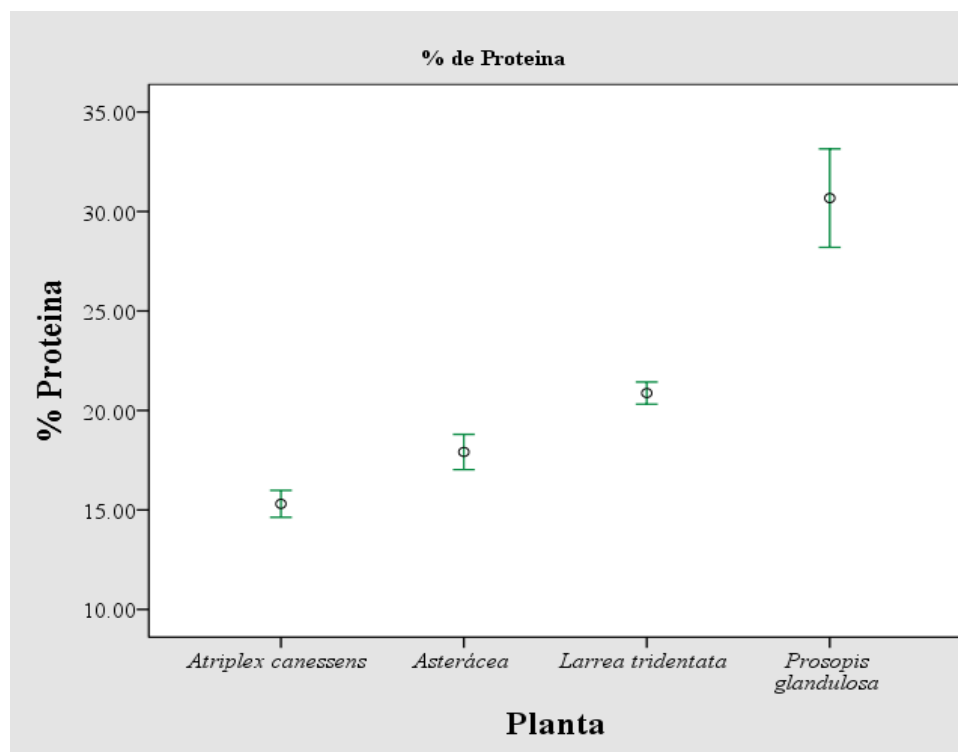


Figura 16. Porcentaje de proteína en la semilla de cada especie estudiada en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México.

El rango corresponde a las repeticiones del análisis.

Prieto (2017) realizó un estudio de proteína total en semillas de especies silvestres en el Ejido de Villa Luz en Samalayuca, Chihuahua. Reporto porcentajes proteicos de 24.02 y 24.42 para *L. tridentata* y la asterácea anual respectivamente, sin embargo, el FCP utilizado en dicho estudio fue de 6.25. Basándonos únicamente en el contenido total de nitrógeno (3.84 para *L. tridentata* y 3.9 para la asterácea), el valor obtenido para *L. tridentata* es similar al obtenido en nuestro análisis (nitrógeno total de 3.94), más no el contenido para la asterácea. Se atribuye esta diferencia a la naturaleza anual de dicha especie, la cual germina y completa su ciclo de vida en un lapso de un mes aproximadamente.

Los resultados al realizar la comparación de medias (ANOVA; $\alpha = 0.05$) mostraron que al menos el contenido proteico de alguna especie de semilla era significativamente diferente a los demás, esto se corroboró con un análisis de Duncan, el que estableció un grupo diferente para cada valor. Este análisis se realizó con la finalidad de establecer si los contenidos de proteína en las semillas disponibles a lo largo del año muestran fluctuaciones que pudiesen ser correlacionadas con la actividad reproductiva de los roedores.

6.3 Colecta de roedores y actividad reproductiva

Las recolectas en campo dieron como resultado la captura e identificación de un total de cuatro de las ocho especies de heterómidos reportados para el área: *Dipodomys ordii*, *D. merriami*, *Chaetodipus intermedius* y *C. eremicus*. El número total de individuos colectados fue variable en las diferentes localidades (cuadro 7).

Cuadro 7. Número de capturas por localidad en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

Especie	Presencia				
	OP	NSS	SSS	ME	Total
<i>C. eremicus</i>	90	47	18	37	192
<i>C. intermedius</i>	0	8	30	0	38
<i>D. merriami</i>	42	127	61	97	327
<i>D. ordii</i>	6	3	0	17	26
	138	185	109	151	583

En la Figura 17 se puede apreciar la representatividad de cada especie en relación con las otras donde, *D. merriami* fue la especie con mayor número de recolectas, solo superada por *C. eremicus* para una de las localidades (OP); *D. ordii* fue la especie con menor número de recolectas durante todo el año.

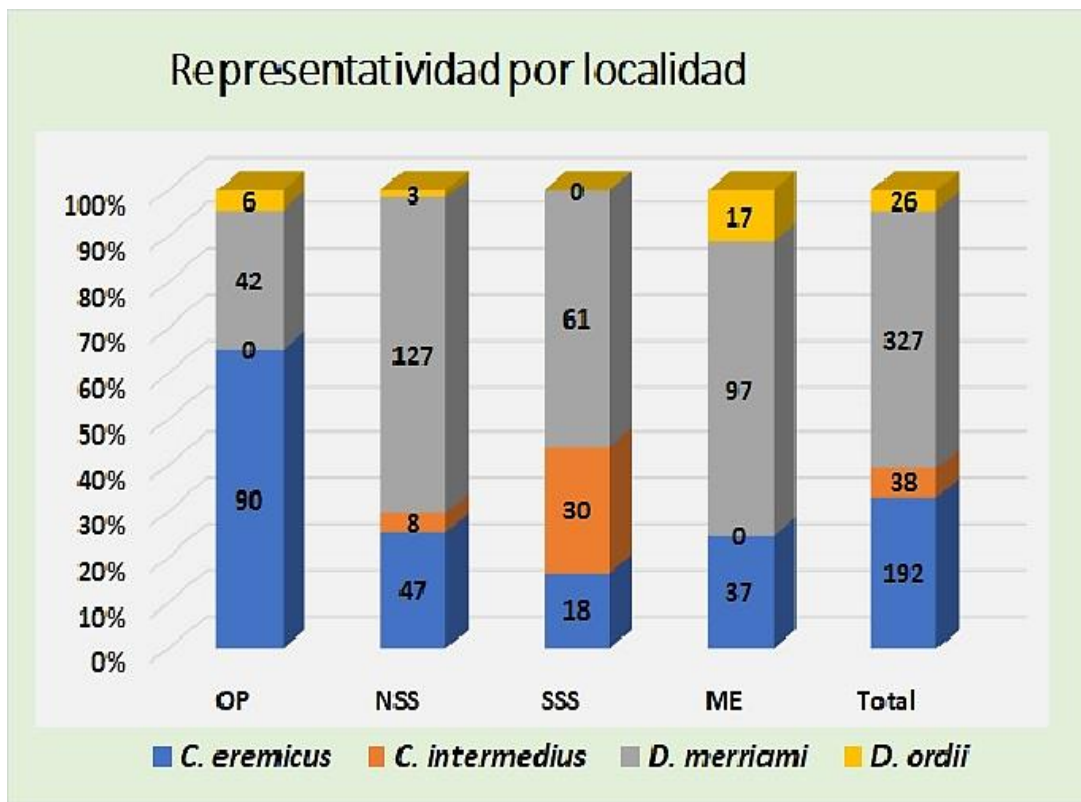


Figura 17. Representatividad de individuos por localidad en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

En el Cuadro 8 se muestra la relación en porcentaje de las capturas de hembras en relación con el total de capturas en cada especie, y la relación en porcentaje de las hembras reproductivamente activas con el número total de hembras capturadas por especie.

Cuadro 8. Recolectas de hembras totales y su relación con el total de capturas en el área de colecta del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

	<i>C. eremicus</i>	<i>C. intermedius</i>	<i>D. merriami</i>	<i>D. ordii</i>	Σ Total
Colecta Total	192	38	327	26	583
Hembras Totales	78 / 40.6%	20 / 52.6%	163 / 49.8%	8 / 30.7%	269 / 46.14%
H. Reproductivas	18 / 23 %	2 / 10%	48 / 29.4%	5 / 62.5%	73 / 27.13%

Se muestran el número de capturas y el porcentaje que este representa con relación al total.

6.3.1 *Chaetodipus eremicus*

Ejemplares de la especie fueron recolectados en las cuatro localidades. Fue la especie dominante en la localidad OP con un total de 90 capturas. Los picos poblacionales se observaron durante la primavera del 2018 en OP y durante el otoño para el resto de las comunidades, disminuyendo en invierno. Este pequeño ratón muestra un comportamiento discreto a la hora de recolectar el alimento, evita las áreas abiertas y se mantiene bajo la protección de los arbustos de follaje más cerrado, alimentándose lenta y continuamente de semillas individuales. Morfológicamente hablando su pequeño tamaño disminuye la demanda energética, esto implica a su vez que durante los meses más fríos se ve obligado a entrar en un estado de torpor (Thompson, 1982), esta característica podría ser la causa de la disminución de recolectas durante la temporada invernal.

Probablemente el comportamiento observado para la localidad OP (Figura 18) pudiera tratarse de un artefacto ocasionado por circunstancias antropogénicas, dado que durante la recolecta correspondiente al otoño hubo actividad intensa en las zonas aledañas al área de colecta.

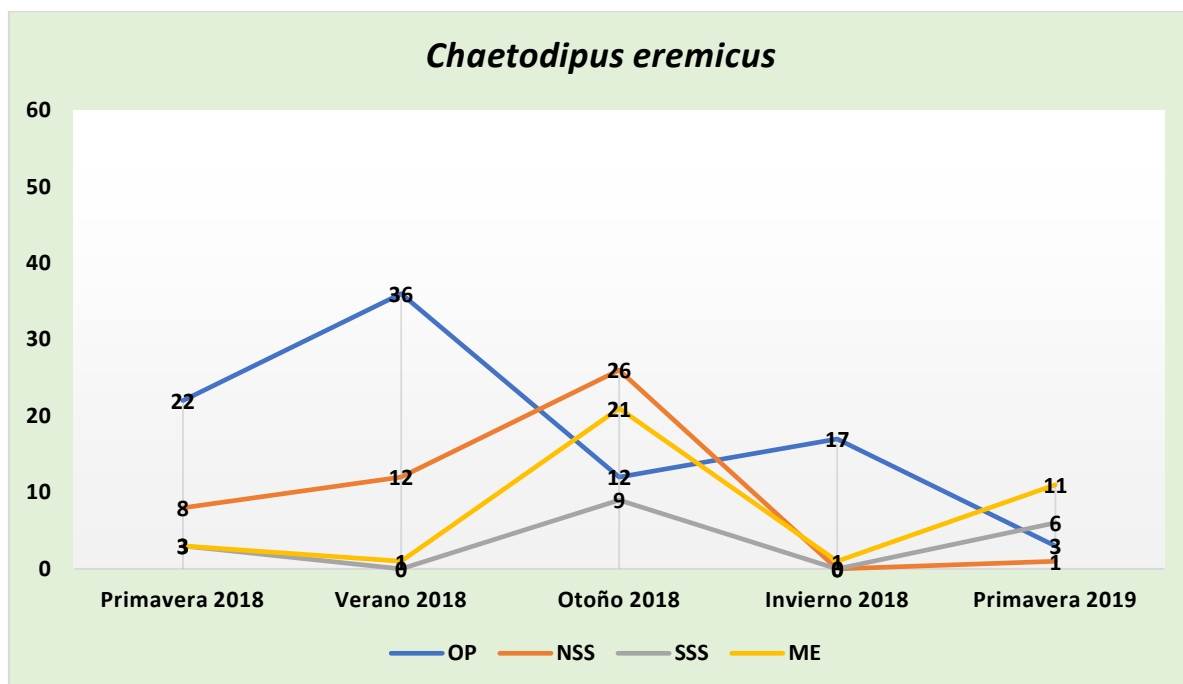


Figura 18. Recolectas de *Chaetodipus eremicus* por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

La recolecta total de hembras para esta especie fue de 78, de las cuales 18 (23.07%) presentaron reproducción activa (Cuadro 9), cinco de las cuales fueron recolectadas en primavera. El pico de recolectas se presentó durante el verano, cuando el 61.11% de las hembras se encontraban en etapa reproductiva, y disminuyó para otoño (3.7 %) e invierno (9.09%). Este comportamiento coincide con lo registrado por Mellink (1995) para otras especies del género (*C. hispidus*, *C. nelsoni* y *C. penicillatus*) en el Altiplano Potosino.

Cuadro 9. Recolecta total de hembras de *C. eremicus* en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

		Temporada*AR <i>C. eremicus</i>		
		AR		Total
		No reproductiva	Reproductiva	
Temporada	Primavera	17	5	22
	Verano	7	11	18
	Otoño	26	1	27
	Invierno	10	1	11
Total		60	18	78

El análisis de χ^2 ($\alpha=0.05$; $gl=3$) corroboró que existe una diferencia significativa entre el número de hembras reproductivamente activas por temporada, en base a este resultado se asume que existe una relación entre la temporada y la actividad reproductiva.

6.3.2 *Chaetodipus intermedius*

Chaetodipus intermedius, comúnmente conocido como ratón de bolsillo rocoso (debido a que habita áreas con sustrato rocoso) o ratón espinoso (en honor a su principal característica distintiva, un grupo de pelos más largos y duros que el resto del pelaje ubicados en las caderas), fue recolectado únicamente a las laderas de la Sierra de Samalayuca, en mayor proporción en la ladera sur, probablemente debido a una mayor extensión de sustrato rocoso. Cabe destacar que, en el área con mayor colecta para este ratón, el norte de SSS, existe la presencia de aves rapaces nocturnas, las cuales representan los principales depredadores para esta especie, pudiera atribuirse las bajas recolectas a la presencia de estos depredadores. A pesar de la baja recolecta (un total de 38 ejemplares: 30 para SSS y 8 en NSS) se logra apreciar el comportamiento típico de estos pequeños ratones (Figura 19), teniendo un pico poblacional durante el verano, disminuyendo su actividad (recolectas) hacia la época fría (Thompson, 1982).

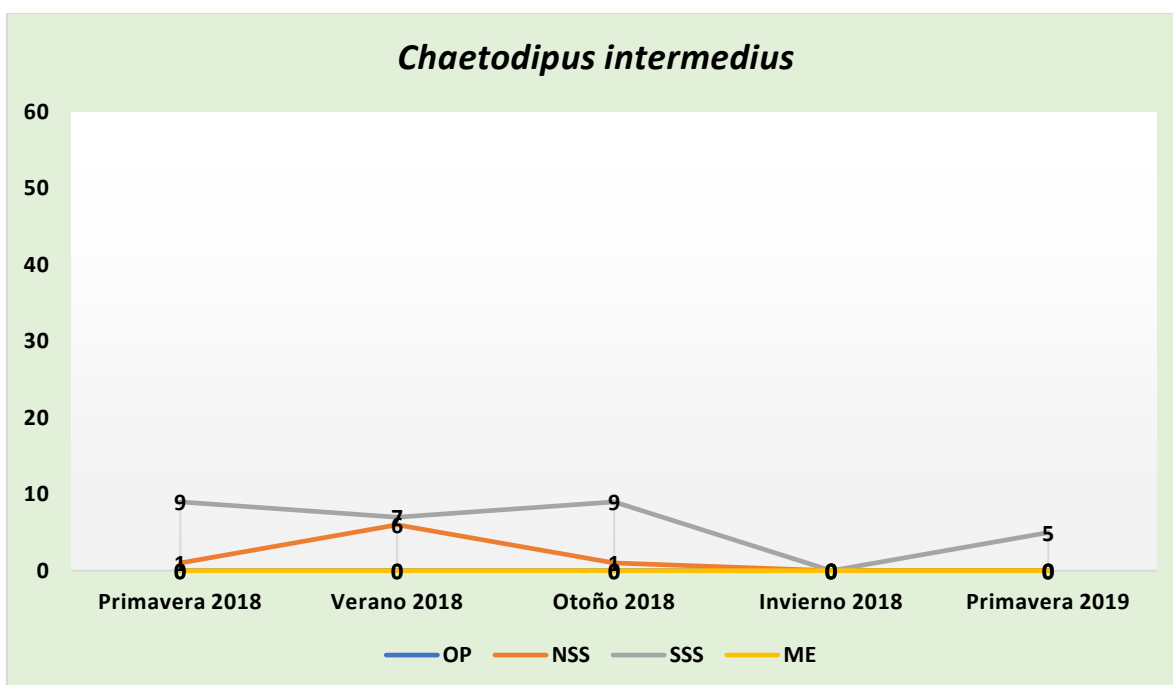


Figura 19. Recolectas de *Chaetodipus intermedius* por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

Las capturas para hembras sumaron un total de 20, de las cuales únicamente dos, en la temporada de verano, presentaron alguna característica reproductiva (Cuadro 10). A pesar de los bajos números podría concluirse que al igual que *C. eremicus* el pico reproductivo se presentó en verano, y el mayor número de individuos se colectó en otoño, después de la época reproductiva.

Cuadro 10. Recolecta total de hembras *C. intermedius* en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

		Temporada*AR <i>C. intermedius</i>		Total
		AR <i>C. intermedius</i>		
		No reproductiva	Reproductiva	
Temporada	Primavera	6	0	6
	Verano	4	2	6
	Otoño	8	0	8
Total		18	2	20

El análisis de χ^2 ($\alpha=0.05$; $gl=2$) para la actividad reproductiva en hembras resulto no significativo, es decir, estadísticamente no se aprecia una diferencia entre el número de hembras reproductivamente activas por temporada. Atribuimos este resultado a la poca cantidad de capturas logradas, la cual puede estar relacionada con la especificidad de uso de hábitat de este roedor (Jones y Longland, 1999; Riojas-López, 2006).

6.3.3 *Dipodomys merriami*

Dipodomys merriami se encontró habitando áreas de sustrato tanto rocoso como arenoso y no parece presentar especificidad hacia algún tipo de vegetación, coincidiendo con lo ya reportado (González-Romero 1995). Esta rata canguro fue la especie dominante en las localidades NSS, SSS y ME. El comportamiento a lo largo del año no se ve reflejado por las recolectas obtenidas (Figura 20). A excepción de NSS en las tres localidades restantes se aprecia un decremento en el número de individuos recolectados durante el verano, sin embargo, esto no coincide con lo observado en campo, dado que el pico poblacional se dio durante dicha temporada. Se atribuyen las bajas recolectas a la abundancia de alimento silvestre (*P. glandulosa*) en este periodo, el contenido abazónico de individuos colectados en esta temporada indicó el consumo de dicha semilla, cabe mencionar que fue la única temporada en la que fue posible apreciar semillas silvestres en los abazones de esta especie. El incremento de recolectas durante el invierno se atribuye a la escases de alimento silvestre en el medio, de esta manera el cebo en las trampas representaría una oportunidad de alimento. Thompson (1982) compara a estas ratas canguro con los pequeños ratones de bolsillo (géneros *Perognathus* y *Chaetodipus*) y la describe como una especie altamente activa; la cual, al ser de mayor tamaño y al poseer una locomoción bípeda-saltatoria, puede moverse rápidamente de un arbusto a otro en áreas abiertas y evitar la depredación, facilitándole la colecta de grandes grupos de semillas, el tamaño también le confiere una mayor tolerancia térmica disminuyendo el letargo durante la época fría.

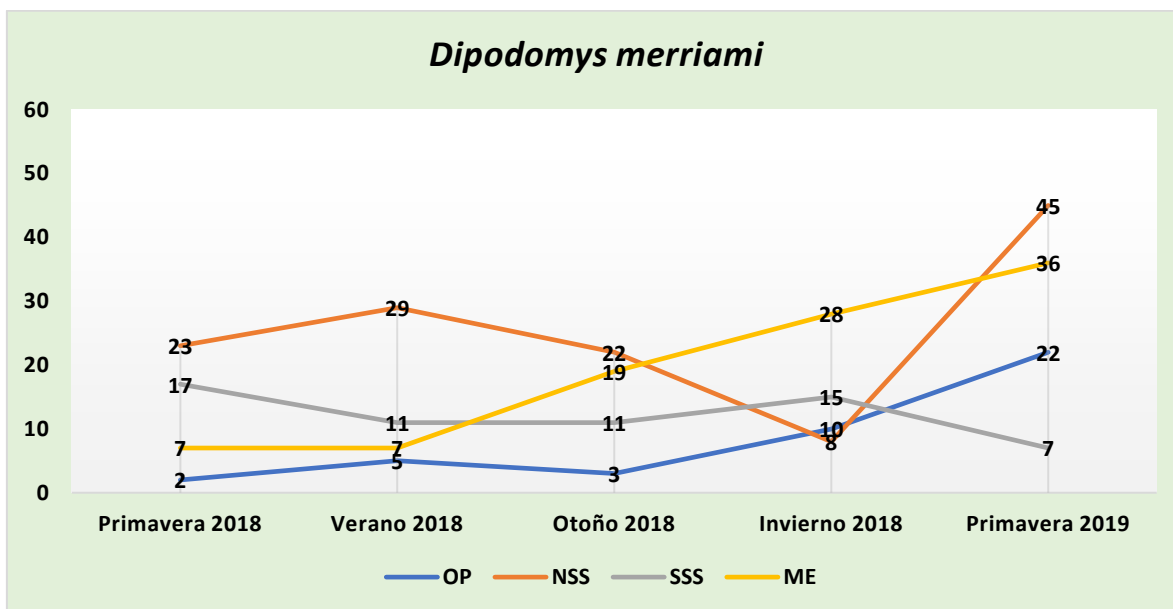


Figura 20. Recolectas de *Dipodomys merriami* por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

Se colectó un total de 163 hembras (Cuadro 11), de las cuales 48 (29.44%) presentaron características reproductivas. Primavera fue la temporada con más capturas de hembras de las cuales el 33.33% presentó actividad reproductiva, se registró el pico de reproducción en verano (54.16%) y decreció hacia el invierno (6.89%). Estos resultados coinciden con los registrados por Zeng y Brown (1987) en Cave Creek Bajada, Arizona, quienes describen a esta especie como una de las más flexibles dentro de la familia de los heterómidos.

Cuadro 11. Recolecta de hembras para *D. merriami* en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

		<i>AR D. merriami</i>		Total
		No reproductiva	Reproductiva	
Temporada	Primavera	54	27	81
	Verano	11	13	24
	Otoño	23	6	29
	Invierno	27	2	29
Total		115	48	163

El análisis de χ^2 ($\alpha=0.05$; $gl= 3$) para determinar diferencias entre la actividad de esta especie por temporada resultó altamente significativo. Este resultado nos indica de igual manera que existe una relación entre la actividad reproductiva y la temporada, es decir que las variables son dependientes entre sí.

6.3.4 *Dipodomys ordii*

La distribución de *D. ordii* al igual que la de *C. intermedius* parece estar relacionada a un tipo de sustrato específico, pero a diferencia de esta especie, *D. ordii* prefiere los suelos de tipo arenoso y suelto, la mayor proporción de individuos fueron colectados en la localidad de ME (Cuadro 7). Esta distribución coincide con lo descrito por Bender y colaboradores (2010), quienes reportan la presencia de estas ratas canguro en espacios abiertos de escasa vegetación y sustrato arenoso (específicamente dunas de arena estabilizadas), atribuyen esta preferencia a su tipo de locomoción y por la facilidad que aporta el terreno para la construcción de las madrigueras. La reproducción de esta especie se reporta de marzo a septiembre (Bender *et al.*, 2010). En base al comportamiento observado durante nuestro estudio (Figura 21) se puede asumir que las poblaciones estables se encuentran en la localidad de ME, pues fue donde se lograron recolectas durante todo el año. A partir del invierno del 2018 se recolectaron ejemplares en localidades donde no se habían registrado en las temporadas anteriores (en pequeñas áreas dentro de las localidades OP y NSS que poseían características acordes a las preferencias de sustrato de la especie), atribuimos este resultado al movimiento de los individuos posterior a los nacimientos que debieron haberse suscitado en los meses de marzo-septiembre.

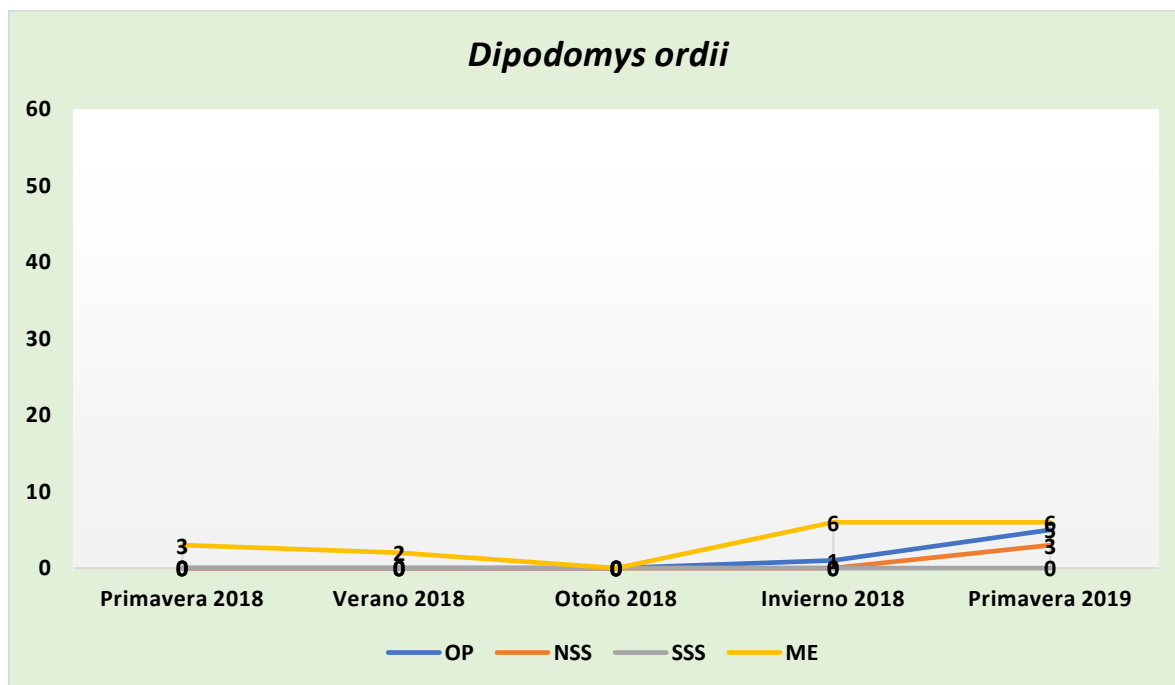


Figura 21. Recolectas de *Dipodomys ordii* por localidad en el área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

Dipodomys ordii fue la especie con menos colectas para hembras, se recolectó un total de ocho hembras durante las temporadas de invierno y primavera (Cuadro 12). De estas ocho capturas, cinco presentaron características reproductivas durante la primavera, representando así el 83.33% para la temporada y el 62.5% del total.

Cuadro 12. Recolecta de hembras de *D. ordii* en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

		AR <i>D. ordii</i>		Total
		No reproductiva	Reproductiva	
Temporada	Primavera	1	5	6
	Invierno	2	0	2
Total		3	5	8

Debido a la baja cantidad de datos se realizó una prueba exacta de Fisher, y el resultado refleja que las variables no se relacionan entre sí, o bien que no existe diferencia entre el número de hembras reproductivas durante las diferentes temporadas. Estos resultados se atribuyen precisamente a las bajas recolectas. Al igual que *C. intermedius*, esta especie presenta especificidad de uso de hábitat, pero a diferencia del ratón, esta rata canguro prefiere suelos arenosos y sueltos, y suele presentar bajas densidades en ecosistemas de matorral (Heske *et al.*, 1994; Luévano *et al.*, 2008) en especial cuando compite con *D. merriami*.

6.4 Correlación entre la presencia de semillas y el inicio de la actividad reproductiva

Se corrió un análisis de correlación entre el contenido proteico de las semillas colectadas y el número de hembras reproductivamente activas de cada especie por temporada (Cuadro 13).

Cuadro 13. Semillas principales por estación, proteína y porcentaje de hembras reproductivas por temporada en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

Temporada	Planta	Proteína	Porcentaje de Hembras reproductivas			
			<i>C. eremicus</i>	<i>C. intermedius</i>	<i>D. merriami</i>	<i>D. ordii</i>
Otoño	<i>A. canescens</i>	15.306	3.703	0	20.68	0
Primavera	<i>Asterácea</i>	17.9133	22.72	0	33.33	83.33
Invierno	<i>L. tridentata</i>	20.8733	9.09	0	6.89	0
Verano	<i>P. glandulosa</i>	30.6733	61.11	33.33	54.16	0

6.4.1 *Chaetodipus eremicus*.

La correlación entre el contenido proteico de las semillas y la actividad reproductiva en las hembras de *C. eremicus* mediante una correlación bivariada de Pearson arrojó un índice de 0.917, lo que indica un alto grado de correlación. Al realizar la gráfica (Figura 22) de correlación el valor de $R^2=0.841$ indica que los puntos de intersección entre las variables se ajustan a la pendiente, nos habla de una relación positiva, es decir conforme aumenta el contenido proteico en las semillas aumenta la actividad reproductiva en la especie.

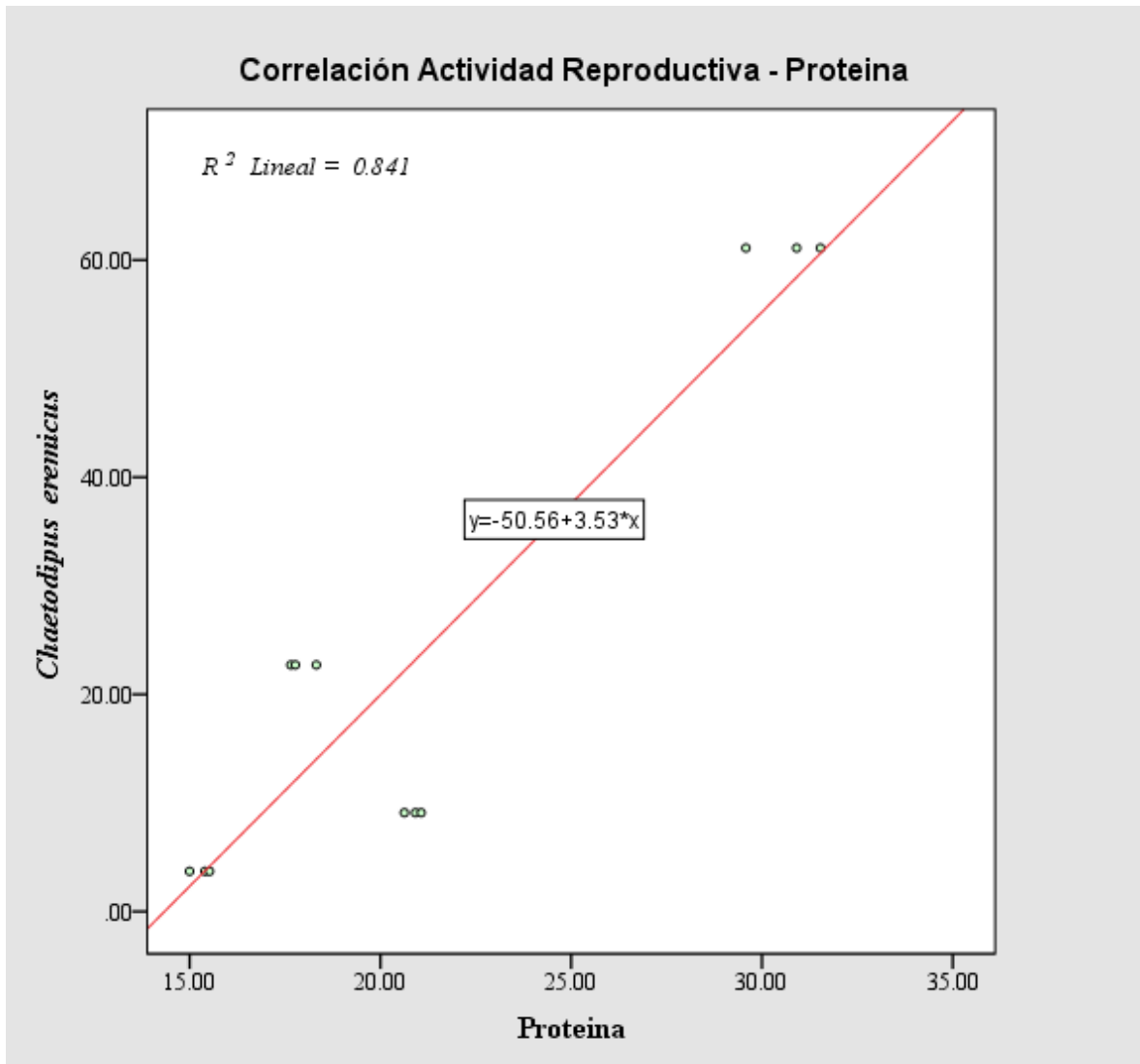


Figura 22. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en *C. eremicus* contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

6.4.2 *Chaetodipus intermedius*

La correlación entre el contenido proteico de las semillas y la actividad reproductiva en las hembras de *C. intermedius* mediante una correlación bivariada de Pearson arrojó un índice de 0.984, lo que indica un alto grado de correlación. Para esta especie la temporada invernal fue descartada del análisis, ya que durante esa época no se registró colectas. Al realizar la gráfica (Figura 23) de correlación el valor de $R^2=0.969$ indica que los puntos de intersección entre las variables se ajustan a la pendiente, nos habla de una relación positiva, es decir conforme aumenta el contenido proteico en las semillas aumenta la actividad reproductiva en la especie.

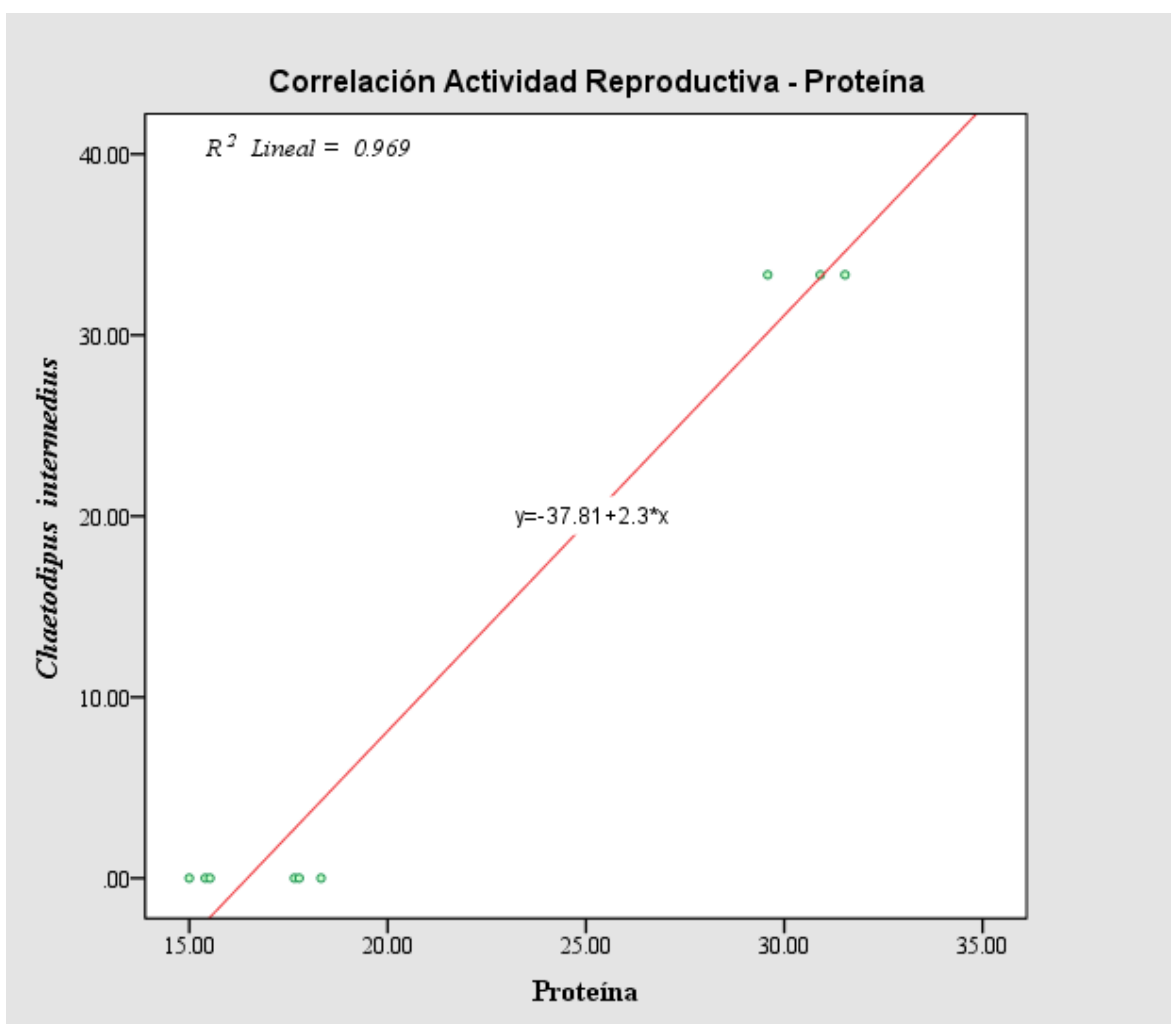


Figura 23. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en *C. intermedius* contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

6.4.3 *Dipodomys merriami*

El índice de correlación entre el contenido proteico de las semillas y la actividad reproductiva en las hembras de *D. merriami* fue de 0.691, lo que indica que existe correlación entre las variables. Al realizar la gráfica (Figura 24) de correlación el valor de $R^2=0.477$ podemos observar una correlación positiva, es decir conforme aumenta el contenido proteico en las semillas aumenta la actividad reproductiva en la especie, sin embargo, no es tan fuerte como en las especies del género *Chaetodipus*, probablemente debido a que *D. merriami* es una especie generalista que aprovecha más recursos, lo que propicia mayor actividad a lo largo del año sin depender de un solo recurso (Heske *et al.*, 1994).

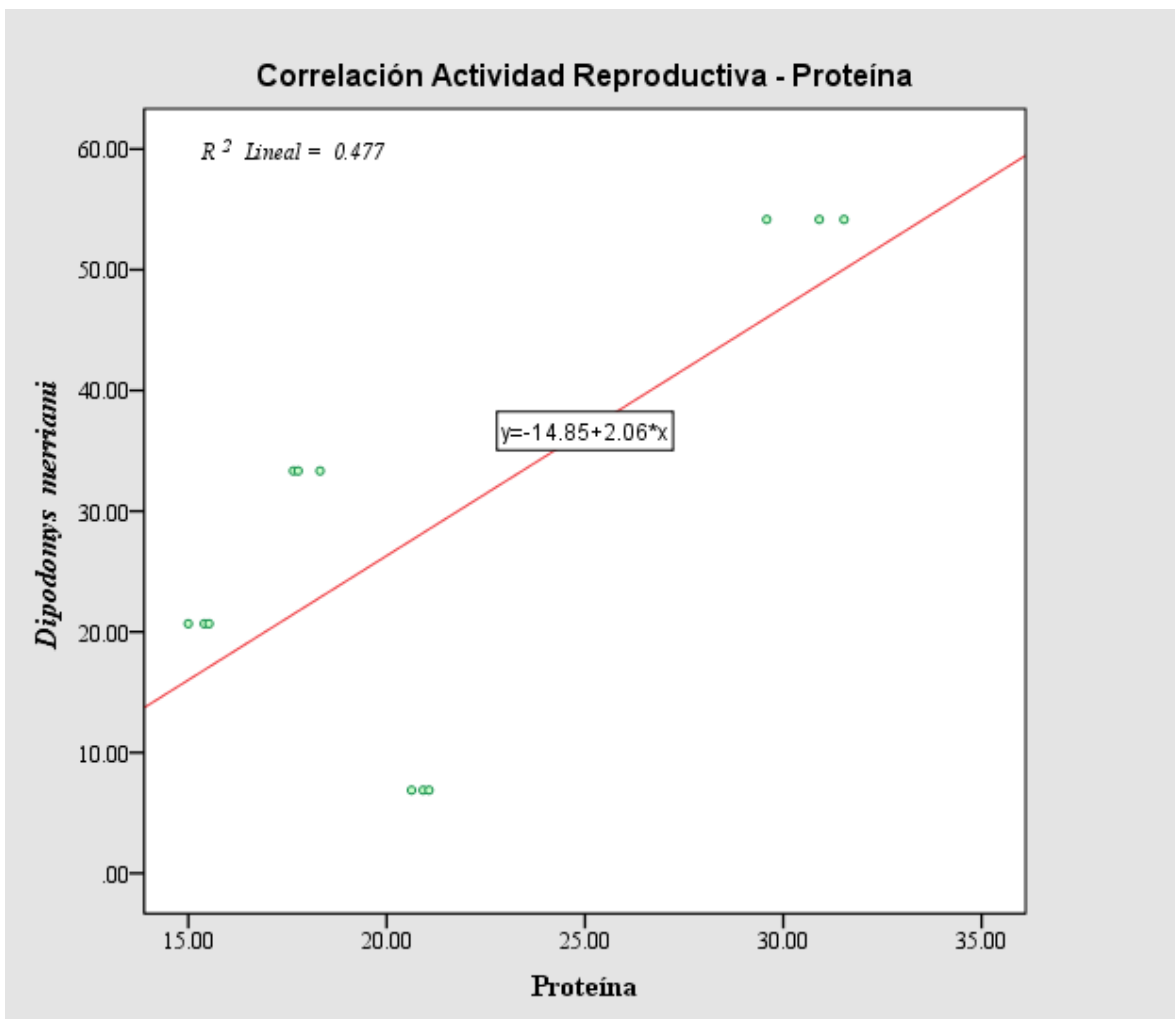


Figura 24. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en *D. merriami* contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

6.4.4 *Dipodomys ordii*.

Para este análisis se descartó la temporada de otoño, ya que no se presentaron recolectas para la especie durante dicha época. El índice obtenido fue un número negativo (-.677), esto nos indica que existe una correlación negativa de media a alta intensidad. Este resultado es atribuible al hecho de que las colectas se encuentran sesgadas a la época de primavera cuando la actividad reproductiva dio inicio. La Figura 25 muestra la representación gráfica de la correlación.

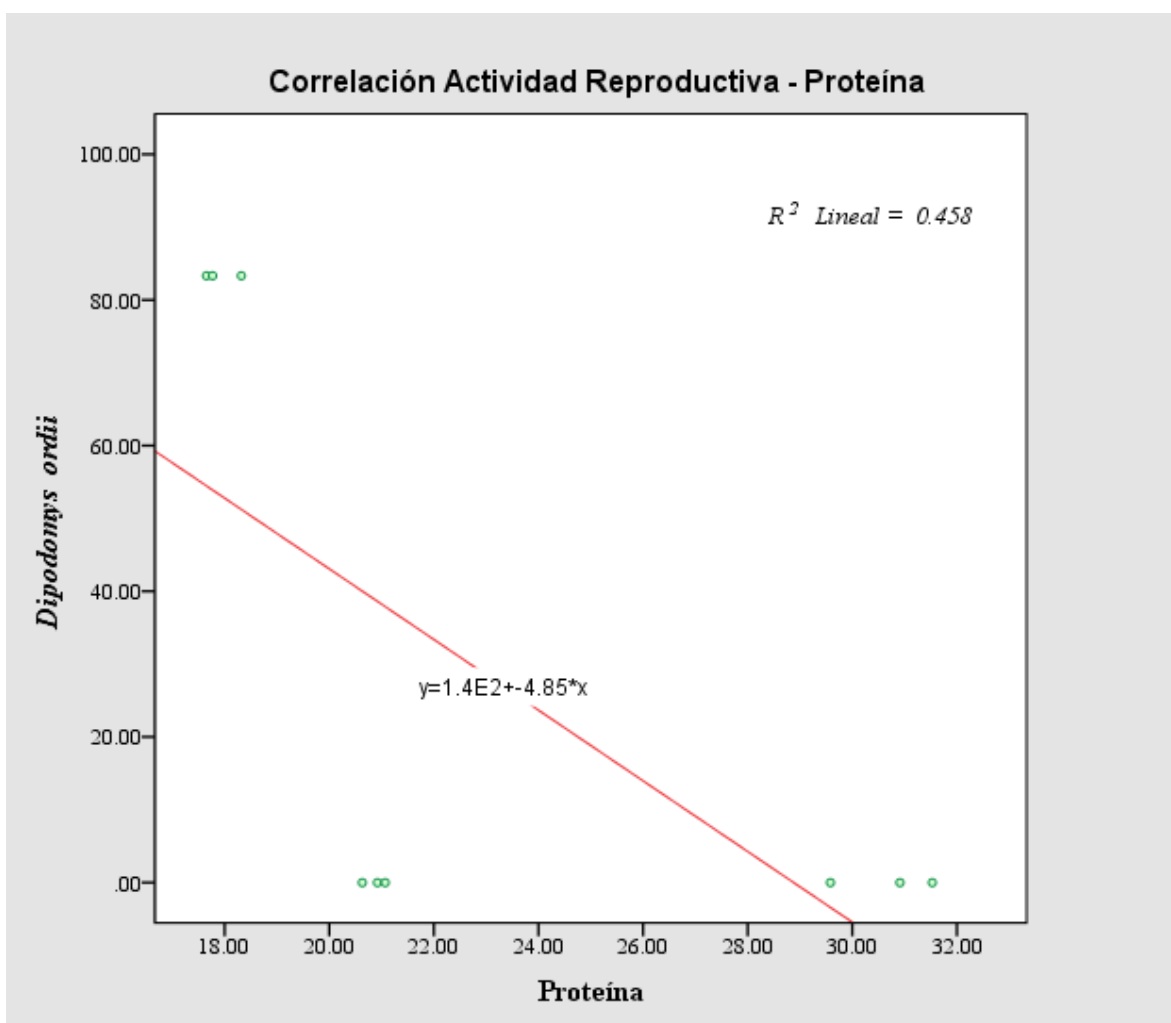


Figura 25. Gráfica de correlación entre la actividad reproductiva en *D. ordii* contra el contenido proteico de las semillas en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México durante las colectas 2018-2019.

7. CONCLUSIONES

Estadísticamente se encontró correlación entre el contenido proteico de las diferentes semillas y la actividad reproductiva de los roedores en el área de Samalayuca, a mayor contenido proteico se observan más hembras reproductivas.

El inicio de la época reproductiva ocurrió en primavera, coincidiendo con la producción de semilla por parte de una asterácea anual, cuyo contenido de proteína no supera el del mesquite, presente en verano, ni el de la gobernadora, presente en invierno. Por lo tanto, se podría atribuir esta relación a otro tipo de molécula contenida en estas plantas. Los trabajos Archer y Tieszen (1983) y Jónsdóttir (1991) fortalecen la idea de que las plantas anuales tienen una fuerte influencia sobre el inicio de la actividad reproductiva, pues afirman que las plantas anuales primaverales (como herbáceas, zacates, juncos y cyperáceas) almacenan una gran cantidad de energía en las semillas para poder asegurar la germinación de las siguientes generaciones. Reichmann y Van De Graaff (1975) atribuyeron este fenómeno a la posible presencia de fitoestrógenos en estas herbáceas de aparición anual. Otros autores han reportado efectos favorables en la actividad reproductiva de conejos y algunos ratones de campo al consumir fitoestrógenos en la dieta (Poole, 1960; Pinter y Negus, 1965). Korn y Taitt (1987) consideran que la molécula 6-metoxibenzoxazolinona (6-MBOA), un metabolito secundario encontrado en los brotes de primavera de ciertas plantas anuales como zacates y herbáceas, podría ser la responsable de gatillar el inicio de la época reproductiva en algunos roedores. Para comprobar esta teoría realizaron un experimento en el cual se adicionó 6-MBOA al alimento de *Microtus townsendii*, un roedor de la familia Cricetidae, y observaron que a comparación del grupo control (al cual no se adicionó dicho compuesto) las hembras que consumieron el 6-MBOA adelantaron su madurez sexual en promedio cuatro semanas, los machos no presentaron diferencias con el grupo control, estos resultados nos hablan de una especificidad del compuesto hacia los receptores de fitoestrógenos presentes en los tejidos de las hembras, pero no en los de los machos.

Esta idea es retomada por Ergon (2017) quien afirma que el inicio de la época reproductiva en pequeños mamíferos está influenciado por la interacción de varios factores, tales como el fotoperiodo, el estado corporal y salud del individuo, los cambios en el nivel de grasa en los tejidos del animal, la calidad del hábitat y los metabolitos secundarios (6-MBOA) contenidos en ciertas plantas. Por tal sería recomendable realizar un estudio de contenido en fitoestrógenos a las herbáceas producidas durante la temporada de primavera.

Otro factor importante relacionado con los booms poblacionales es la disponibilidad de agua (Thibault *et al.*, 2010; Heisler *et al.*, 2014), la cual condiciona la disponibilidad de alimento, y con ello

el comportamiento social intra e inter-específico en los roedores. Dickman y colaboradores en el 2010 observaron una conducta poco usual en poblaciones de micrótidos después de una temporada rica en lluvias, siendo ratones usualmente poco sociables entre si durante las épocas secas, comenzaron a presentar patrones de mayor actividad social cuando el alimento post-lluvia abundaba y volvían a una conducta menos sociables y de mayor dispersión durante las temporadas secas

El pico reproductivo, en tres de las cuatro especies recolectadas en nuestro estudio, se observó durante la época de verano, esto coincide con la producción de la semilla del mesquite (*P. glandulosa*), la cual presenta el contenido proteico más elevado (30.67%). Htwe y Singleton (2014) proponen que, si bien la calidad del alimento impulsa el inicio de la época reproductiva en algunos roedores, es la cantidad en conjunto con la calidad lo que sustenta esta fase de reproducción. Aseveración que coincide con nuestros resultados, ya que, si bien no hubo variedad de especies, fue durante la temporada de verano que se produjo la mayor cantidad de semilla (por el mesquite) y a su vez resultó ser la de mayor calidad proteica.

En conclusión, se observó una correlación entre el inicio de la época reproductiva de heterómidos y la alimentación primaveral en el APFF Médanos de Samalayuca durante el periodo de estudio, sin embargo, no se atribuye al contenido proteico. Se recomienda buscar metabolitos secundarios en las semillas producidas por estacionalidad.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis 13th Edition.
- A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis 18th Edition.
- Alexander, L.F. y B. R. Riddle, 2005. Phylogenetics of the New World Rodent Family Heteromyidae. *Journal of Mammalogy*. 86(2):366–379.
- Álvarez-Castañeda, S. T., T. Álvarez y N. González-Ruiz. 2015. Guía para identificar los mamíferos de México en campo y laboratorio. Catálogo de la Biblioteca del Congreso de EE.UU. Pandora Impresores. Primera Edición. pp 522.
- Anderson, C.J. y J.A. MacMahon. 2001. Granivores, exclosures, and seed banks: harvester ants and rodents in sagebrush-steppe. *Journal of Arid Environments*. 49(2):343-355.
- Archer, S. y L. Tieszen. 1983. Effects of simulated grazing on foliage and root production and biomass allocation in an arctic sedge (*Eriophorum vaginatum*). *Oecologia*. 58:92-102.
- Barragan, A. 2002. Identificación y distribución de roedores silvestres como hospederos potenciales de Hantavirus (*Bunyaviridae: Hantavirus*) del estado de Nuevo Leon. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Beatley, J. C. 1969. Dependence of desert rodents on Winter annuals and precipitation. *Ecology*. 50(4):721-724.
- Bender, D.J., D.L. Gummer, R. Dzenkiw y J.A. Heinrichs. 2010. An occurrence-based hábitat model for the Ord's Kangaroo rat (*Dipodomys ordii*) in Alberta. Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division. Alberta species at risk report No. 136. Edmonton, AB. 17 pp.
- Boutin, S. 1990. Food supplementation experiments with terrestrial vertebrates: Patterns, problems, and the future. *Canadian Journal of Zoology* 68:203–220.
- Bradley y R.A. Mauer. 1971. Reproduction and Food Habits of Merriam's Kangaroo Rat, *Dipodomys merriami*. *Journal of Mammalogy*, Vol. 52, No. 3:497-507.
- Brown, J. H. 1973. Species diversity of seed-eating desert rodents in sand dune hábitats. *Ecology*. 54(4):775-787.
- Brown, J. H. y G. A. Lieberman. 1973. Utilization and coexistence of seed-eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology*, Vol. 54-4:788-797Published.
- Brown, J. H. y Z. Zeng. 1989. Comparative population ecology of eleven species of rodents in the Chihuahuan Desert. *Ecology*. 70 (5):1507-1525.

- Brown, J.H. 1982. Chihuahuan desert scrub. *Desert Plants* 4: 2110.
- Brown, J.H. y S.K. Ernest. 2002. Rain and rodents: Complex dynamics of desert consumers. *BioScience*. 52(11):979-987.
- Burt, W. H. 1934. The mammals of southern Nevada. *Transactions of the San Diego Society of Natural History*. 7:375-427.
- Carrasco, M., A. P. Salinas, A. M. Mangione y E. R. Gil. 2010. Efecto fitoestrogénico del extracto metanólico de frutos de *Prosopis torquata* (Cav. Ex Lag.) en ratas Wistar hembras púberes. *Latin American Journal of Pharmacy*. 29(3): 340-5.
- Chew y Butterworth. 1964. Ecology of Rodents in Indian Cove (Mojave Desert), Joshua Tree National Monument, California *Journal of Mammalogy*, 45:203-225.
- Clements, C.D. y J.A. Young. 1996. Influence of rodent predation on Antelope Bitterbrush seedlings. *Journal of Range Management*. 49(1):31-34.
- Cortés, A., M. Rosenmann y F. Bozinovic. 2000. Water economy in rodents: evaporative water loss and metabolic water production. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73(2):311-321.
- Daly M., L. F. Jacobs, M. I. Wilson y P. R. Behrends. 1992. Scatter hoarding by kangaroo rats (*Dipodomys merriami*) and pilferage from their caches. *Behavioral Ecology*. 3(2):102-111.
- Daly, M., M.I. Wilson y P. R. Behrends. 1984. Breeding of Captive Kangaroo Rats, *Dipodomys merriami* and *D. microps*. *Journal of Mammalogy*. 65(2):338 – 341.
- Dickman, C.R., A.C. Greenville, C-L Beh, B. Tamayo y G.M. Wardle. 2010. Social organization and movements of desert rodents during population “booms” and “busts” in central Australia. *Journal of Mammalogy*. 91(4):798-810.
- Dunham, M. 1968. A comparative food habit study of two species of kangaroo rats - *Dipodomys ordi* and *Dipodomys merriami*. M.S. Tesis, University of New Mexico, Albuquerque, NM. 25 pp.
- Environment Canada. 2012. Recovery Strategy for the Ord's Kangaroo Rat (*Dipodomys ordii*) in Canada. Species at Risk Act Recovery Strategy Series. Environment Canada, Ottawa. 28 pp.
- Falcón-Ordaz, J., R. Acosta, J.A. Fernández y G. Lira-Guerrero. 2012. “Helmintos y sifonápteros parásitos de cinco especies de roedores en localidades de la cuenca oriental, en el centro de México”. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(2): 287-304.
- FAO. 1986. Food and Nutrition Paper 14/7 Roma.
- Fisher.1998. Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. Vol. 1/1, pp. 32–46.
- Frank, C. L. 1988. Diet selection by heteromyd rodent: role of net metabolic water production. *Ecology*. 69(6):1943-1951.

- Gaby, R. S. 1972. Comparative niche utilization by two species of kangaroo rats (Genus *Dipodomys*). PhD. Dissertation, New Mexico State University, Las Cruces, NM. 71 pp.
- Genoways, H.H. 1973. Systematics and evolutionary relationships of Spiny Pocket mice, genus *Liomys*. *Special Publication* no. 5 (December 7, 1973) / Museum, Texas Tech University.
- González-Rojas, J.I., H. Padilla-Rangel, I. Ruvalcaba-Ortega, M.A. Cruz-Nieto, R. Canales del Castillo y A. Guzmán-Velasco. 2017. Winter diet of the long-eared owl *Asio otus* (*Strigiformes: Strigidae*) in the grasslands of Janos, Chihuahua, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural*. 90:1.
- González-Romero, A. 1995. Cambios en la composición de las comunidades de roedores en relación a los tipos de vegetación y geomorfología en el Pinacate, Sonora, México. *Acta Zool mexicana* 64:45-58.
- Goyal, S.P. 1988. Field urine concentration in two Indian desert gerbils. *Journal of Mammalogy*. 69(2):418-421.
- Granados-Sánchez, D., A. Sánchez-González, R. L. Granados-Victorino y A. Borja de la Rosa. 2011. Vegetation ecology of the Chihuahuan Desert. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Volumen XVII, Edición Especial: 111-130.
- Hafner, M.S. 1977. Density and diversity in Mojave Desert rodent and shrub communities. *Journal of Animal Ecology*. 46(3):925-938.
- Harris, J. H. 1984. An experimental analysis of desert rodent foraging ecology. *Ecology*. 65(5):1579-1584.
- Hay, M. E. y P. J. Fuller. 1981. Seed escape from heteromyid rodents: the importance of microhábitat and seed preference. *Ecology*. 62(5):1395-1399.
- Heisler, L.M., C.M. Somers and R.G. Poulin. 2014. Rodent populations on the northern Great Plains respond to weather variation at a landscape scale. *Journal of Mammalogy*. 95(1): 82-90.
- Hernández, L., J.W. Laundré, A. González-Romero, J. López-Portillo y K.M. Grajales. 2011. Tale of two metrics: density and biomass in a desert rodent community. *Journal of Mammalogy*, 92(4):840–851.
- Heske, E. J., J. H. Brown y S. Mistry. 1994. Long-term experimental study of a Chihuahuan Desert rodent community: 13 years of competition. *Ecology* 75(2):438-445.
- Hope, A.G. y R.R. Parmenter. 2007. Food habits of rodents inhabiting arid and semiarid ecosystems of Central New México. *Museum of Southwestern Biology*. No. 9:1-75.
- Htwe, N.M. y G.R. Singleton. 2014. Is quantity or quality of food influencing the reproduction of rice-field rats in the Philippines? *Wildlife Research*, 41(1):56–63.

- Jones, A. L. y W. Longland. 1999. Effects of cattle grazing on salt rodent communities. *American Midland Naturalist* 141:1-11.
- Kaufman, D.W. y G.A. Kaufman. 2015. Ord's kangaroo rats in north-central Kansas: Patterns of body size and reproduction. *Transactions of The Kansas Academy of Science*. 118(3-4): 251-263.
- Kelrick, M. I., J.A. MacMahon, R.R. Parmenter y D.V. Sisson. 1986. Native seed preferences of shrub-steppe rodents, birds and ants: the relationships of seed attributes and seed use. *Oecologia*. 68:327-337.
- Kenagy, G.J. 1973. Daily and seasonal patterns of activity and energetics in a heteromyd rodent community. *Ecology*. 54:1201-1219.
- Kenagy, G.J. y G.A. Bartholomew. 1985. Seasonal reproductive patterns in five coexisting California desert rodent species. *Ecological Monography*. 55:371-397.
- Korn, H. y M.J. Taitt. 1987. Initiation of early breeding in a population of *Microtus townsendii* (Rodentia) with the secondary plan compound 6-MBOA. *Oecología*. 71:593-596.
- Laine, J.A. y J.G. Griswold. 1976. Sandbathing in kangaroo rats (*Dipodomys spectabilis*). *Journal of Mammalogy* 57:408-410.
- Lawhon, D. K. y Hafner M. S. 1981. Tactile discriminatory ability and foraging strategies in Kangaroo rats and Pocket mice (Rodentia:Heteromyidae). *Oecologia*.50:303-309.
- Lightfoot, D.C., A.D. Davidson, D.G. Parker, L. Hernández y J.W. Laundré. 2012. Bottom-up regulation of desert grassland and shrubland rodent communities: implications of species-specific reproductive potentials. *Journal of Mammalogy*, 93(4): 1017-1028.
- Liu, W., G. Wang, Y. Wang, W. Zhong y X. Wan. 2009. Population ecology of wild mongolian gerbils *Meriones unguiculatus*. *Journal of Mammalogy*. 90(4):832-840.
- Longland, W.S. y S.L. Bateman. 1998. Implications of desert seed preferences for range remediation. *Rangeland Ecology & Management*. 51(6):679-684.
- Luévano, J., E. Mellink, M. E. Riojas-López y J. L. Flores-Flores. 2008. Comunidades de roedores nocturnos en un ecotono de matorral Micrófilo y zacatal gipsófilo en San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:197-203.
- Mares, M.A. 1977. Water economy and salt balance in a South American desert rodent, *Eligmodontia typus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 56A:325-332.
- McMillen, R. E. 1964. Population ecology, water relations, and social behavior of a Southern California semidesert rodent fauna. *University of California Publications in Zoology*. 71:1-66.
- MacMillen, R.E. y A.K. Lee. 1967. Australian desert mice: independence of exogenous water. *Science*. 158:383-385.

- Massawe, A.W., L.S. Mulungu, R.H. Makundi, N. Dlamini, S.J. Eiseb, F. Kirsten, T. Mahlaba, P. Melabane, E.V. Maltitz, A. Monadjem, P. Taylor, V. Tutjavi y S.R. Belmain. 2011. Spatial and temporal population dynamics of rodents in three geographically different regions in Africa: Implication for ecologically-based rodent management. *African Zoology*. 46(2):393-405.
- Mellink, E. 1995. Uso del hábitat, dinámica poblacional y estacionalidad reproductiva de roedores en el Altiplano Potosino, México. *Revista mexicana de Mastozoología* 1:1-8.
- Meserve, P.L., D.A. Kelt, M.A. Previtali, W.B. Milstead y J.R. Gutiérrez. 2011. Global climate change and small mammal populations in north-central Chile. *Journal of Mammalogy*. 92(6): 1223-1235.
- Moseley, W.A., S. M. Cooper, D. G. Hewitt, T. E. Fulbright y C. A. Deyoung. 2011. Effects of Supplemental Feeding and Density of White-Tailed Deer on Rodents. *Journal of Wildlife Management*, 75(3):675-681.
- Mostacedo y Fredericksen. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR Santa Cruz, Bolivia.
- Murrieta-Galindo, R. y L. M. Cuautle-García. 2016. Caracterización de madrigueras del género *Dipodomys* en dos comunidades vegetales en la Reserva de la Biosfera Mapimí, Durango, México. *RINDERESU*. 1 (2): 35-47.
- Negus, N.C. y A.J. Pinter. 1966. Reproductive responses of *Microtus montanus* to plants and plant extracts in the diet. *Journal of Mammalogy*. 47(4):596-601.
- O'Connell, M. A. 1979. Coexistence of two species of kangaroo rats (Genus *Dipodomys*) in the Guadalupe Mountains National Park, Texas. Pp 349-371. In Genoways, H. H. and R. J. Baker. *Biological investigations in the Guadalupe Mountains National Park, Texas*. National Park Service, Proceedings and Transactions series. No. 4, Washington, DC.
- O'Donoghue, M., y C. J. Krebs. 1992. Effects of supplemental food on snowshoe hare reproduction and juvenile growth at a cyclic population peak. *Journal of Animal Ecology* 61:631-641.
- Oosthuizen, M.K. y N.C. Bennett. 2009. Seasonal variation in gonadal steroids of males and females in the Cape mole-rat (*Georychus capensis*): the potencial for opportunistic breeding. *African Zoology*. 44(1):117-122.
- PanReac®. Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl. https://www.itwreagents.com/uploads/20180114/A173_EN.pdf

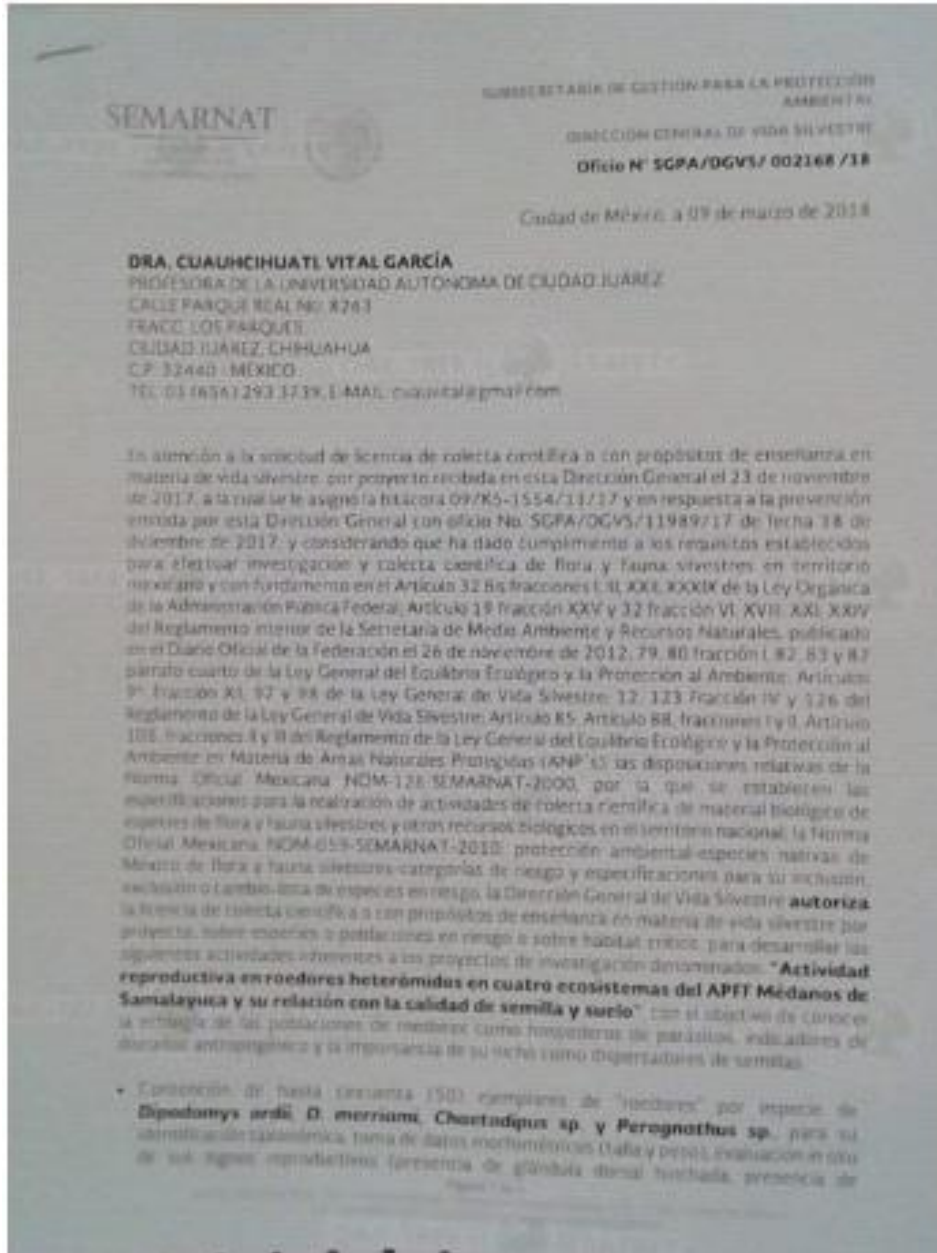
- Patton, J.L. 1993. Family Heteromyidae. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference (ed. by D.E. Wilson & D.M. Reeder), pp. 477– 486. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Poole, W. E. 1960. Breeding of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in the relation to the environment. Wildlife Research. 5(1):21-43.
- Pinter, A. J. y N. C. Negus. 1965. Effects of nutrition and photoperiod on reproductive physiology of *Microtus montanus*. American Journal of Physiology. 208(4):633-638.
- Price, M. V. 1983. Laboratory studies of seed size and seed species selection by heteromyd rodents. Oecologia. 60:259-263.
- Price, M. V. y K. M. Heinz. 1984. Effects of body size, seed density, and soil characteristics on rates of seed harvest by heteromyid rodents. Oecologia. 61:420-425.
- Price, M. V. y N. M. Waser. 1985. Micohabitat use by heteromyid rodents: effects of artificial seed patches. Ecology. 66(1):211-219.
- Price, M. V. y O. J. Reichman. 1987 Distribution of sedes in Sonoran Desert Soils: Implications for heteromyd rodent foraging. Ecology. 68(6):1797-1811.
- Price, M. V. y R. H. Pudolsky. 1989. Mechanisms of seed harvest by heteromyid rodents: soil texture effects on harvest rate and seed size selection. Oecologia. 81:267-273.
- Prieto, M. C. I. 2017. Disponibilidad de nutrientes para roedores granívoros durante la época invernal en Samalayuca, Chihuahua. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Químico-biológicas. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Heroica Ciudad Juárez, Chih. México.
- Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Primera edición diciembre de 2013. Impreso y hecho en México / Printed and bound in Mexico.
- Quay, W.B. 1953. Seasonal and sexual differences in the dorsal skin gland of the kangaroo rat (*Dipodomys*). Journal of Mammalogy 34:1–14.
- Quay, W.B. 1954. The dorsal holocrine skin gland of the kangaroo rat (*Dipodomys*). Anatomical Record 119:161– 174.
- Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner and J. Arroyo-Cabrales. 2014. List of recent land mammals of Mexico. Special Publications Museum of Texas Tech University. No. 63. pp 69.

- Randall, J.A. 1981. Olfactory communication at sandbathing loci by sympatric species of kangaroo rats. *Journal of Mammalogy* 62:12–19.
- Randall, J. A. y K. Bolltas. 2001. Assessment and defence of solitary kangaroo rats under risk of predation by snakes. *Animal Behaviour*. 61, 579–587.
- Reichman, O. J. 1975. Relation of desert rodent diets to available resources. *Journal of Mammalogy*. 56(4):731-751.
- Reichman, O. J. 1977. Optimization of Diets through Food Preferences by Heteromyid Rodents. *Ecology*, 58(2):454-457 Published.
- Reichman, O. J. 1979. Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distributions. *Ecology*. 60(6):1085-1092.
- Reichman, O. J. y D. Oberstein. 1977. Selection of seed distribution types by *Dipodomys merriami* and *Perognathus amplus*. *Ecology*. 58(3):636-643.
- Reichman, O.J. y K.M. Van de Graaff. 1975. Association between ingestión of green vegetation and desert rodent reproduction. *Journal of Mammalogy*. 56(2):503-506.
- Reynolds, H. G. 1950. Relation of Merriam kangaroo rats to range vegetation in southern Arizona. *Ecology*. 31:456-463.
- Reynolds, H. G. 1958. The ecology of the Merriam Kangaroo rat (*Dipodomys merriami Mearns*) on the grazing lands of southern Arizona. *Ecology Monografy*, 28(2):111- 127.
- Reynolds, H.G. 1960. Life history notes on Merriam´s Kangaroo rat in southern Arizona. *Journal of Mammalogy*, 41(1):48-58.
- Riojas – López, M. E. 2006. Rodent communities in two natural and one cultivated “nopaleras” (*opuntia sp*) in northeastern Jalisco, México. *Journal of Arid Environments* 67:428-435.
- Rzedowski. 1965. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina* 1,2: 5-291.
- Rzedowski. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 432 pp.
- Schmidt-Nielsen, K. S. 1964. *Animal physiology*. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall. 118 pp. Edición 2 ed.
- Schmidly, D.J., Wilkins, K.T. & Derr, J.N. 1993. Biogeography. *Biology of the Heteromyidae* (ed. by H.H. Genoways & J.H. Brown), pp. 319– 356. Special Publications, American Society of Mammalogists, **10**.
- Shenbrot, G., B. Krasnov y S. Burdelov. 2010. Long-term study of population dynamics and habitat selection of rodents in the Negev Desert. *Journal of Mammalogy*. 91(4): 776-786.
- Sipari, S., M. Haapakoski, I. Klemme, J. Sundell y H. Ylönen. 2014. Sex- specific variation in the onset of reproduction and reproductive trade-offs in a boreal small mammal. *Ecology*, 95(10):2851-2859 by the Ecological Society of America.

- Smigel, B. W. y M. L. Rosenszweig. 1974. Seed Selection in *Dipodomys merriami* and *Perognathus penicillatus*. *Ecology*, Vol. 55, No. 2, pp. 329-339.
- Soholt, L. F. 1973. Consumption of primary production by a population of Kangaroo rats (*Dipodomys merriami*) in the Mojave Desert. *Ecological Monographs*. 43(3):357-376.
- Sosa, M., J.L. Galarza, T. Lebgue, R. Soto y S. Puga. 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de Chihuahua, México. *Ecología Aplicada*. 5(1-2):53-59.
- Stangl, F.B., J.R. Goetze, M.M. Shipley y D.A. Early. 2006. Characterization of the dorsal skin gland of the Texas kangaroo rat, *Dipodomys elator* (Rodentia: Heteromyidae). *Western North American Naturalist* 66(4), pp. 462–472.
- Stamp, N. E. and R. D. Ohmart. 1978. Resource utilization by desert rodents in the lower Sonoran Desert. *Ecology*. 59:700-707.
- Tappe, D.A. 1941. Natural history of the Tulare kangaroo rat. *Journal of Mammalogy*. 22:117-148.
- Terborgh. 1992. *Diversity and The Tropical Rainforest*. Macmillan Learning, 243 pp.
- Thibault, K.M., S.K.M. Ernest, E.P. White, J.H. Brown y J.R. Goheen. 2010. Long-term insights into the influence of precipitation on community dynamics in desert rodents. *Journal of Mammalogy*. 91(4):787-797.
- Thompson, S. D. 1982. Microhabitat utilization and foraging behavior of bipedal and quadrupedal heteromyid rodents. *Ecology*. 63(5):1303-1312.
- Van de Graaff, K. M. and R.P. Balda. 1973. Importance of Green Vegetation for Reproduction in the Kangaroo Rat, *Dipodomys merriami merriami*. *Journal of Mammalogy*, Vol. 54(2):509-512.
- Volney. 1994. *Kangaroo Rats. Prevention and control of wildlife damage*. New Mexico State University.
- Wahlert, J. H. 1993. The fossil record. *Biology of the Heteromyidae* (Genoways, H.H. and J.H. Brown, eds.). Special Publication, 10, 1-37.
- Westerhaus, M.D. 1983. A histological comparison of the dorsal and generalized holocrine skin glands in the kangaroo rat *Dipodomys ordii*. *Ohio Journal of Science* 83:253–255.
- White, J. A. y K. Geluso. 2012. Seasonal link between food hoarding and burrow use in a nonhibernating rodent. *Journal of Mammalogy*. 93(1):149-160.
- Ylönen, H., J. Jens, J.R. Myfanwy y G.R. Singleton. 2003. Is reproduction of the Australian house mouse (*Mus domesticus*) constrained by food? A large-scale field experiment. *Oecologia*. 135(3):372-377.
- Zeng, Z. y H. Brown. 1987. Population ecology of a desert rodent: *Dipodomys merriami* in the Chihuahuan Desert. *Ecology*. 68:1328-1340.

ANEXO 1

PERMISO DE COLECTA EMITIDO POR LA SEMARNAT.



Permiso de colecta para roedores emitido por la SEMARNAT.

