



Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Instituto de Ciencias Biomédicas

Departamento de Ciencias Veterinarias

Maestría en Ciencia Animal

Ecología alimentaria de tuza arenera (*Geomys arenarius*) en una zona natural y una de cultivo de nogal en Samalayuca, Chihuahua

Tesis para obtener el grado de

Maestro en Ciencia Animal

Juan Rolando Rueda Torres

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

Bajo la Dirección de la

Ph.D. Ana Bertha Gatica Colima

Y la Codirección de la

Ph.D. Cuauhcihuatl Vital García

Ciudad Juárez, Chihuahua, mayo 2021

APROBACIÓN DE LA TESIS

Ecología alimentaria de tuza arenera (*Geomys arenarius*) en una zona natural y una de cultivo de nogal en Samalayuca, Chihuahua, reporte de investigación preparado por Juan Rolando Rueda Torres como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIA ANIMAL

ha sido aprobado y aceptado por:

Ph.D. Ana Bertha Gatica Colima
DIRECTORA DE TESIS

Ph.D. Cuauhcuatl Vital García
CODIRECTORA

Dr. Jesús Manuel Martínez Calderas
ASESOR

Dra. Zarhelia Carlo Rojas
ASESOR

Dra. Martha Patricia Olivas Sánchez
ASESOR

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

ECOLOGÍA ALIMENTARIA DE TUZA ARENERA (*Geomys arenarius*) EN UNA ZONA NATURAL Y UNA DE CULTIVO DE NOGAL EN SAMALAYUCA, CHIHUAHUA

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 David Nava Martínez
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

DEDICATORIA

A las dos personas más importantes de mi vida, mi madre y hermano por ser los que me impulsan a seguir en mis metas y sueños.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial y sincera agradezco a la Ph.D. Ana Gatica Colima, al Dr. Jesús Manuel Martínez Calderas y a la M.C. Laura De León Pesqueira por su constante apoyo, paciencia, orientación y compartir su valioso conocimiento durante la elaboración del proyecto.

A mi codirectora la Ph.D. Cuauhciuatl Vital García y al comité de tesis conformado por Dra. Zarhelia Carlo Roja y la Dra. Martha Patricia Olivas Sánchez por sus valiosas aportaciones.

A la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ-ICB) por ser mi *alma máter*.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme otorgado la beca para llevar a cabo mis estudios durante 2019-2021.

A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por otorgar los permisos correspondientes para llevar a cabo el muestreo y colecta del material necesario para el desarrollo de la tesis y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por permitirnos realizar los estudios dentro del ANP Médanos de Samalayuca.

A la familia Fuentes por permitirnos realizar el trabajo en sus ranchos. A Polo García por ser el vínculo para el acceso a los ranchos. A don Honorio López, Jonathan López y don Salomón López por brindarme su ayuda en la colecta de los ejemplares en el Rancho Arantxa y a don Miguel del Rancho El Lobo por brindarnos un lugar donde acampar y poder llevar a cabo nuestras actividades.

A Álvaro Torres por ayudarme en la preparación de los reactivos y procesamiento de los ejemplares de *Geomys arenarius* y al Dr. Guillermo Bojórquez por facilitarme equipo de laboratorio.

A Eduardo Macias, Sandra Ramos, Natalia Guerra, Elkin Quiroga y Nadia Abarca por ayudarme en las diversas actividades para llevar a cabo los muestreos y por su valiosa compañía en campo.

RESUMEN

ECOLOGÍA ALIMENTARIA DE TUZA ARENERA (*Geomys arenarius*) EN UNA ZONA NATURAL Y UNA DE CULTIVO DE NOGAL EN SAMALAYUCA, CHIHUAHUA

Por:

Juan Rolando Rueda Torres

Las tuzas o taltuzas son roedores fosoriales que se distribuyen desde el centro de Canadá hasta el norte de Colombia. La tuza arenera (*Geomys arenarius*) se distribuye en Nuevo México y Texas en los Estados Unidos y Chihuahua en México. Se adaptan fácilmente a perturbaciones causadas por el establecimiento de campos de cultivo. En el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (APFFMS) se han establecido parcelas de cultivo de nogal por riego, las cuales han sido invadidas por estos roedores. Por lo cual, se evaluó la ecología alimentaria de la tuza arenera en una zona natural y una con cultivo de nogal en la temporada seca, húmeda y posthúmeda 2020. Se establecieron dos zonas de muestreo (Rancho El Lobo y Rancho Arantxa) en donde se realizó un muestreo por cada temporada (seca, húmeda y posthúmeda) para evaluar la ecología vegetal (riqueza, frecuencia, cobertura y densidad), contabilizar los montículos de tuzas y capturar ejemplares de *G. arenarius* para conocer el índice de condición física, dieta, amplitud trófica y preferencia alimentaria. En el Rancho el lobo se registró un total de 16 especies botánicas correspondiente a 16 géneros distribuidos en nueve familias y en el Rancho Arantxa 15 familias, 29 géneros y 32 especies. Se contabilizaron un total de 37 montículos en las tres temporadas en el Rancho El Lobo y 2113 en el Rancho Arantxa existiendo diferencias significativas en la densidad de montículos. El índice de condición física mostró diferencias en las temporadas y se correlacionó significativamente con la cobertura vegetal. La dieta de *Geomys arenarius* estuvo conformada por 15 especies vegetales. La tuza arenera es un roedor especialista y presenta preferencia alimentaria principalmente por herbáceas como *Physalis hederifolia* y *Dimorphocarpa wislizeni*. Las modificaciones causadas por el establecimiento del nogal ha generado que *Geomys arenarius* encuentre las condiciones necesarias para aumentar sus números dentro de las zonas de cultivo.

Palabras clave: dieta; tuza arenera; montículos; preferencia.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ABREVIATURAS	xii
GLOSARIO	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Características de la familia Geomydae.....	2
2.1.1 Taxonomía.....	2
2.1.2 Morfología.....	2
2.1.3 Distribución.....	3
2.1.4 Ecología.....	3
2.2 Género <i>Geomys</i>.....	4
2.2.1 Morfología.....	4
2.2.2 Distribución.....	5
2.2.3 Ecología.....	6
2.3 Tuza arenera (<i>Geomys arenarius</i>).....	7
2.3.1 Morfología.....	7
2.3.2 Distribución.....	8
2.3.3 Ecología.....	8
2.4 Cultivo de nuez en México.....	9
2.4.1 Cultivo de nuez de pecán en el norte de México.....	9
2.5 Conflicto entre los roedores y la agricultura.....	10
2.5.1 Impacto de tuzas o taltuzas (<i>familia Geomyidae</i>) en cultivos.....	11
2.6 Requerimiento de hábitat de las tuzas.....	11
2.6.1 Índice de condición física	12
2.6.2 Hábitos alimenticios de las tuzas.....	13
2.6.2.1 Preferencia alimentaria de las tuzas.....	14
2.7 Índice de amplitud de nicho.....	14
2.7.1 Índice de Levins.....	15
2.8 Índice de preferencia alimentaria	16
2.8.1 índice de selectividad de Ivlev.....	16

2.9 Análisis de dieta con la técnica microhistológica.....	16
3. HIPÓTESIS	18
4. OBJETIVO GENERAL.....	18
4.1 Objetivos específicos.....	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1 Descripción del área de estudio.....	19
5.1.1 Áreas de estudio.....	19
5.1.1.1 Rancho El Lobo (área natural).....	19
5.1.1.2 Rancho Arantxa (cultivo de nogal).....	20
5.2 Trabajo de campo.....	21
5.2.1 Densidad de montículos de <i>Geomys arenarius</i>	21
5.2.2 Cobertura vegetal asociada a montículos de <i>Geomys arenarius</i>	21
5.2.3 Obtención de ejemplares de <i>Geomys arenarius</i>	22
5.2.4 Material botánico de referencia.....	23
5.3 Trabajo de gabinete.....	23
5.3.1 Procesamiento de tractos digestivos de <i>Geomys arenarius</i>	23
5.3.2 Procesamiento de material botánico.....	23
5.3.3 Técnica microhistológica.....	23
5.3.3.1 Elaboración de laminillas del contenido estomacal de <i>Geomys arenarius</i>	23
5.3.3.2 Elaboración de laminilla del material vegetal de referencia.....	24
5.4 Análisis de datos	25
5.4.1 Muestreo vegetal.....	25
5.4.1.1 Densidad.....	25
5.4.1.2 Cobertura.....	25
5.4.1.3 Frecuencia relativa	25
5.4.2 Densidad de montículos de <i>Geomys arenarius</i>	26
5.4.3 Índice de condición física (IK).....	26
5.4.4 Índice de amplitud de nicho Levins.....	26
5.4.4.1 índice de amplitud de nicho de Levins estandarizado.....	26
5.4.5 Índice de selectividad de Ivlev.....	27
5.5 Análisis estadístico.....	27
5.5.1 Comparación de la densidad de montículos de <i>Geomys arenarius</i> con prueba de T.....	27
5.5.2 Correlación de la riqueza vegetal y densidad de montículos en las zonas de muestreo.....	27

5.5.3 Análisis de varianza (ANOVA) entre el índice de condición física (IK) por temporada.....	27
5.5.4 Correlación de la cobertura vegetal y el índice de condición física (IK).....	27
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
6.1 Ecología vegetal asociada a montículos de tuza.....	28
6.1.1 Ecología vegetal del Rancho El Lobo.....	28
6.1.1.1 Riqueza vegetal.....	28
6.1.1.2 Densidad.....	28
6.1.1.3 Cobertura.....	28
6.1.1.4 Frecuencia relativa.....	29
6.1.2 Ecología vegetal asociada del Rancho Arantxa.....	29
6.1.2.1 Riqueza vegetal.....	29
6.1.2.2 Densidad.....	30
6.1.2.3 Cobertura.....	30
6.1.2.4 Frecuencia relativa.....	30
6.2 Número de montículos de <i>Geomys arenarius</i> en las áreas de muestreo	31
6.2.1 Comparación densidad de montículos de <i>Geomys arenarius</i> en las dos zonas	32
6.3 Correlación de la densidad de montículos <i>Geomys arenarius</i> y la riqueza vegetal	33
6.3.1 Correlación de riqueza vegetal y densidad de montículos en el Rancho El Lobo	33
6.3.2 Correlación de la riqueza vegetal y densidad de montículos en el Rancho Arantxa	34
6.4 Medidas morfométricas y peso de ejemplares colectados de <i>Geomys arenarius</i>	35
6.5 Índice de condición física de <i>Geomys arenarius</i>	36
6.6 Ecología alimentaria	38
6.6.1 Dieta de la tuza arenera <i>Geomys arenarius</i>	38
6.6.2 Amplitud de nicho trófico de Levins	40
6.6.3 Preferencia alimentaria (Índice de Ivlev)	41
7. CONCLUSIONES	45
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXO 1 Medio de montaje gelatina-glicerina	60
ANEXO 2 Especies de plantas registradas en el Rancho El Lobo en las tres temporadas.....	61
ANEXO 3 Especies de plantas registradas en el Rancho Arantxa en las tres temporadas	62
ANEXO 4 Especies vegetales que aportan el mayor porcentaje de la dieta de <i>G. arenarius</i>.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Géneros y especies registradas en los siete cuadrantes de 25 m ² en el Rancho El Lobo por temporada: Densidad (D), Cobertura (C) y Frecuencia relativa (Fr).	29
Cuadro 2. Géneros y especies registradas en los siete cuadrantes de 25 m ² en el Rancho Arantxa por temporada: Densidad (D), Cobertura (C) y Frecuencia relativa (Fr).....	31
Cuadro 3. Promedios con desviación estándar de las medidas morfométricas y peso por temporadas y sexo de <i>G. arenarius</i>	36
Cuadro 4. Familias, géneros y especies vegetales en la dieta general y por temporada registrada en <i>Geomys arenarius</i> en el Rancho Arantxa.....	39
Cuadro 5. Valores del índice de Levins para la temporada seca, húmeda y posthúmeda 2020.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la familia Geomyidae (tomado de Fernández <i>et al.</i> , 2014).....	3
Figura 2. Taxidermia de tuza arenera (<i>Geomys arenarius</i>) (foto por Rueda-Torres).....	5
Figura 3. Morfología dental del género <i>Geomys</i> (tomado de Bailey, 1895).....	5
Figura 4. Distribución del género <i>Geomys</i> en Norteamérica (tomado de Sudman <i>et al.</i> , 2006).....	6
Figura 5. Cráneos de ejemplares colectados de <i>Geomys arenarius</i> en el Rancho Arantxa: (a) incisivos, (b) arco cigomático, (c) parietal, (d) molares y (e) basioccipital (fotos por Rueda-Torres).....	7
Figura 6. Distribución de la tuza arenera (<i>Geomys arenarius</i>) (IUCN, 2019).....	8
Figura 7. Mapa del Área Natural Protegida de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (elaborado por Rueda-Torres).....	20
Figura 8. Representación del transecto de muestreo de montículos de tuzas y cuadrantes de cobertura vegetal asociada.....	22
Figura 9. Comparación de la densidad de montículo entre el Rancho El Lobo y el Rancho Arantxa por temporadas.....	32
Figura 10. Correlación de la densidad de montículo y riqueza vegetal el R. El Lobo.....	34
Figura 11. Correlación de la densidad de montículo y riqueza vegetal en el R. Arantxa.....	35
Figura 12. Correlación de la cobertura vegetal y el índice de condición física (IK).....	37
Figura 13. Especies vegetales preferidas y rechazadas por <i>Geomys arenarius</i> en la temporada seca.....	42

Figura 14. Especies vegetales preferidas y rechazadas por <i>Geomys arenarius</i> en la temporada húmeda	42
Figura 15. Especies vegetales preferidas y rechazadas por <i>Geomys arenarius</i> en la temporada posthúmeda.....	43

ABREVIATURAS

ANP	Área Natural Protegida
APFF	Área de Protección de Flora y Fauna
°C	Centígrados
cm	Centímetro
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
DOF	Diario Oficial de la Federación
g	Gramos
ha	Hectárea
km	Kilometro
mm	Milímetro
mL	Mililitro
msmm	Metros sobre el nivel del mar
N	Norte
O	Oeste
pH	Potencial de hidrógeno
PIB	Producto Interno Bruto
SAGARPA	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

GLOSARIO

Biomasa	Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
Densidad	Número de individuos de la misma especie que viven por unidad de superficie.
Especialización	Proceso por el que un individuo se centra en una actividad en vez de abarcar la totalidad de las actividades posibles.
Fosorial	Organismo adaptado a excavar agujeros en la superficie dentro del sustrato.
Generalista	Especie capaz de desarrollarse en una amplia gama de condiciones ambientales y que puede hacer uso de una amplia variedad de recursos.
Montículo	Pequeña elevación del terreno, generalmente aislada, obra de la naturaleza o de la mano del hombre.
Preferencia	Elección de alguien o algo entre varias cosas.
Transecto	Muestreo caracterizado por la toma de datos en determinados recorridos prefijados.

1. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de zonas agrícolas generan modificaciones en la estructura vegetal de las áreas naturales, lo que modifica la ecología alimentaria de las especies silvestres al reducir o aumentar las fuentes de recursos disponibles que pueden explotar.

Algunas especies de fauna silvestre tolerantes a estos cambios y con la capacidad de aprovechar nuevas fuentes de alimento se establecen dentro de las parcelas de cultivo, al encontrar las condiciones idóneas para su desarrollo. Permitiendo que en áreas con impacto antropogénico sus densidades aumenten con respecto a zonas naturales.

En el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (APFFMS), se desarrollan actividades agrícolas de gran importancia económica como es el cultivo por riego de nogal (*Carya illinoensis*). En estas parcelas algunas especies de roedores silvestres han logrado establecerse, como es el caso de la tuza arenera o topo (*Geomys arenarius*), siendo percibida como una plaga.

Se les atribuye daños al sistema de riego y plantaciones debido a que se alimentan del sistema radicular de las plantas afectando así la producción, salud y establecimiento de nuevas zonas de cultivo. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la ecología alimenticia de la tuza arenera en dos zonas de Samalayuca (con y sin cultivo de nogal) para evidenciar los elementos vegetales que las tuzas están aprovechando en su alimentación. La información generada posiblemente facilite el desarrollo de estrategias de manejo de fauna para control y estabilización de la población de tuza arenera en estos sitios al desarrollar estrategias que permitan a los productores controlar las especies vegetales de las cuales se alimentan estos roedores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características de la familia Geomyidae

2.1.1 Taxonomía

La familia Geomyidae cuenta con dos tribus existentes, Thomomyini, que incluye solo el género *Thomomys* y la Geomyini la cual incluye los géneros *Cratogeomys*, *Geomys*, *Orthogeomys*, *Pappogeomys* y *Zygozemys* (Spradling *et al.*, 2004).

La familia se encuentra conformada por 40 especies agrupadas en seis géneros *Cratogeomys* (ocho especies), *Geomys* (nueve), *Orthogeomys* (11), *Pappogeomys* (dos), *Thomomys* (nueve) y *Zygozemys* (uno) de acuerdo con Patton (2005).

Aranda (2012) menciona que en México existen 18 especies de Geomyidae y estas son conocidas como tuzas o taltuzas.

Ceballos y Arroyo-Cabrales (2012) indican que en México hay 20 especies de Geomyidae, distribuidos en los géneros de *Cratogeomys* (siete especies), *Orthogeomys* (cuatro), *Thomomys* (cuatro), *Geomys* (tres), *Pappogeomys* y *Zygozemys* con una especie respectivamente y siendo estos dos últimos géneros endémicos de México.

2.1.2 Morfología

Las tuzas presentan un peso que oscila entre los 70-350 g. Cuentan con garras frontales especializadas para excavar, sacos de piel a cada lado de las mejillas. Son de hábitos solitarios excepto en la época de reproducción (Mielke, 1977).

Trujano-Álvarez y Álvarez-Castañeda (2003) describen a las tuzas como mamíferos pequeños a medianos, con una cabeza grande y ancha, el cuerpo robusto en forma cilíndrica. Presentan abazones externos que les sirven para trasportar su alimento. Su pelaje varía del negro al amarillento o castaño y este se encuentra estrechamente relacionadas con el color de tierra en la que habitan.

La familia Geomyidae está compuesta por roedores que presentan un cuerpo tubular de tamaño pequeño a mediano, orejas cortas, ojos pequeños, cola corta, extremidades delanteras y traseras cortas, con garras bien desarrolladas para cavar, con abazones externos y dos grandes hoyos localizados en el paladar atrás del último molar (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2008).

Monge (2013) indica que los Geomydos tienen un cuerpo cilíndrico, compacto, con un cuello muy corto, patas fuertes, musculatura bien desarrollada, garras grandes en las patas delanteras, con ojos y orejas muy pequeñas y una cola corta sin pelo.

2.1.3 Distribución

Los Geomyidae constituyen una familia de roedores exclusiva del continente americano. Los registros fósiles más antiguos que se han encontrado en el suroeste de Norteamérica proceden de finales del Oligoceno y principios del Mioceno (Lobo y Halffter, 1994)

Estos mamíferos ocupan diferentes hábitats disponibles en zonas de matorral desértico a nivel del mar hasta las comunidades montañosas (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2008).

Monge (2010) comenta que abarcan el centro-sur de Canadá hasta la parte norte de Colombia.

La mayoría de las especies de las tuzas son endémicas del sur de Norteamérica, aunque hay especies que habitan Centroamérica y el norte de Sudamérica (figura 1) de acuerdo con Fernández *et al.* (2014).

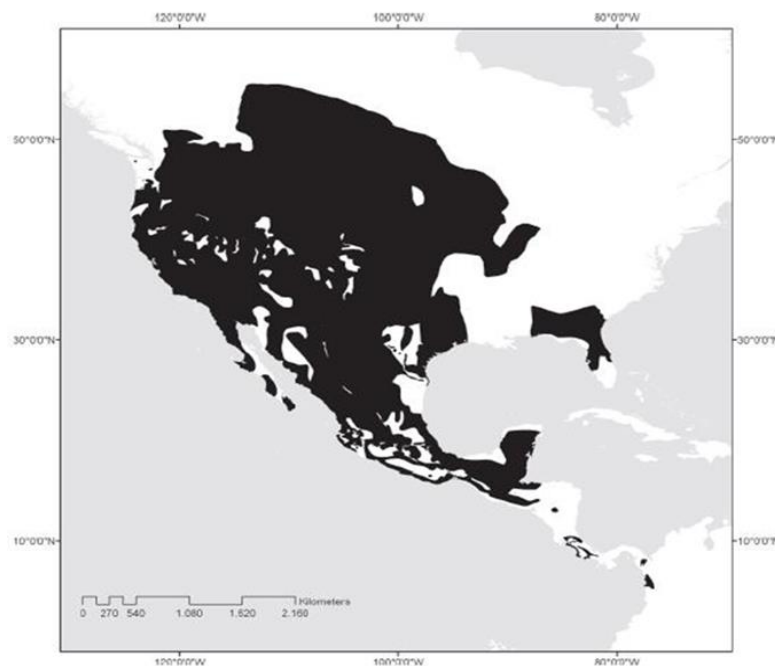


Figura 1. Distribución de la familia Geomyidae (tomado de Fernández *et al.*, 2014).

2.1.4 Ecología

Las poblaciones de Geomyidae son generalmente bajas en condiciones naturales. Sus actividades de excavación mezclan y profundizan el suelo, aumentan la tasa de infiltración y la fertilidad a través de

depósitos de excrementos y la descomposición de alimentos subterráneos (Laycock y Richardson, 1975).

Son activos todo el año y son excavadores activos que suelen depositar el suelo removido en la superficie formando montículos (Huntly y Inouye, 1988). La mayor parte de sus actividades la desarrollan dentro de las madrigueras (Roberts *et al.*, 1997).

Dickman (1999) menciona que estos organismos pueden arrojar más de 15,000 kg de suelo por hectárea al año a la superficie y se han registrado entre 50-100 montículos por hectárea en algunas áreas generalmente en praderas perturbadas y en zonas agrícolas.

La creación de los túneles influye en la estructura y función del ecosistema mediante la mezcla y aireación del suelo, dispersión de semillas y esporas, la alteración de la composición de especies de plantas, permiten la sucesión vegetal. Además, los geómidos son base alimenticia para aves depredadoras y mamíferos (Witmer *et al.*, 1999).

El sistema de madrigueras es evidente por la presencia de montículos de tierra que el animal genera, forman galerías o túneles de distinta extensión que están interconectados, donde el animal puede anidar, descansar o almacenar alimento (Rosas-Espinoza *et al.*, 2014).

Por su parte Yurkewycz *et al.* (2014) sugieren que los Geomyidae actúan como ingenieros. Influyen en el desarrollo del suelo, disponibilidad de nutrientes, microtopografía, demografía de plantas, y composición de la comunidad vegetal al aumentar la materia orgánica del suelo.

Verdejo-Lara (2017) señala que algunas especies de la familia son perjudiciales a causa de sus hábitos alimenticios y cavadores, debido a que se alimentan de partes aéreas y subterráneas de diversas especies vegetales de importancia económica.

2.2 Género *Geomys*

2.2.1 Morfología

El género *Geomys*, de acuerdo con Coues (1875), se distingue por la presencia de un surco profundo en la parte media de los incisivos superiores, orejas reducidas, patas delanteras con garras bien desarrolladas, cola y patas traseras desnudas. En la figura 2 se observa una taxidermia de *Geomys arenarius*.



Figura 2. Taxidermia de tuza arenera (*Geomys arenarius*) (foto por Rueda-Torres).

Los *Geomys* presentan 20 dientes en total, conformados por un incisivo y cuatro dientes de molienda (premolar y molares) a cada lado de la mandíbula (figura 3). Todos los dientes son simples, sin raíz, tubulares prismáticos, cerrados en la parte superior y cerrado en la parte inferior (Bailey, 1895).

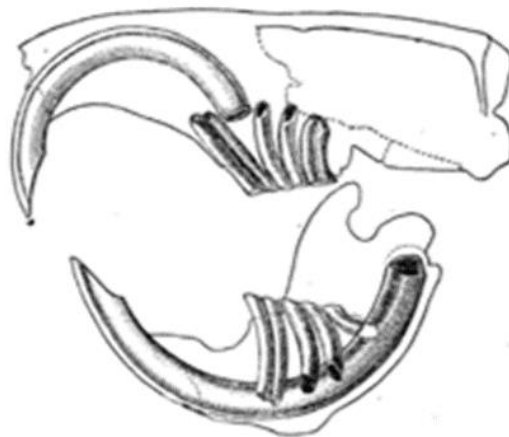


Figura 3. Morfología dental del género *Geomys* (tomado de Bailey, 1895).

Russell (1968) indica que el género *Geomys* presenta extremidades anteriores especializadas para la excavación, las cuales presentan una musculatura bien desarrollada y garras potentes que emplean en la remoción del sustrato.

2.2.2 Distribución

El centro de diversificación del género *Geomys* ocurrió en las grandes planicies norteamericanas durante el Pleistoceno, expandiéndose hasta llegar a las costas del Pacífico durante el periodo Irvingtoniano y a la costa del Atlántico durante el periodo glaciario Ioniano o glaciación de Riss (Russell, 1968).

Las tuzas alcanzan su límite de distribución en el suroeste de Nuevo México, sur de Texas y el norte de Chihuahua, donde ocupan una serie de cuencas arenosas (Hafner y Geluso, 1983).

Smolen y Bickham (1995) señalan que el género *Geomys* es un grupo monofilético que se originó en el Plioceno en América del norte y debido a su modo de vida fosorial y su dependencia al tipo de suelo sus poblaciones presentan un aislamiento microgeográfico.

La distribución se encuentra restringida a Norteamérica y Centroamérica y la diversidad de este género alcanza un máximo en Texas, donde es posible encontrar siete especies de *Geomys* (*arenarius*, *attwateri*, *breviceps*, *bursarius*, *knoxjonesi*, *personatus* y *texensis*) de acuerdo con Mauk *et al.*, (1999).

Las especies del género *Geomys*, de acuerdo con Sudman *et al.* (2006) se localizan principalmente (figura 4) en las planicies centrales de Estados Unidos hasta el norte de México.

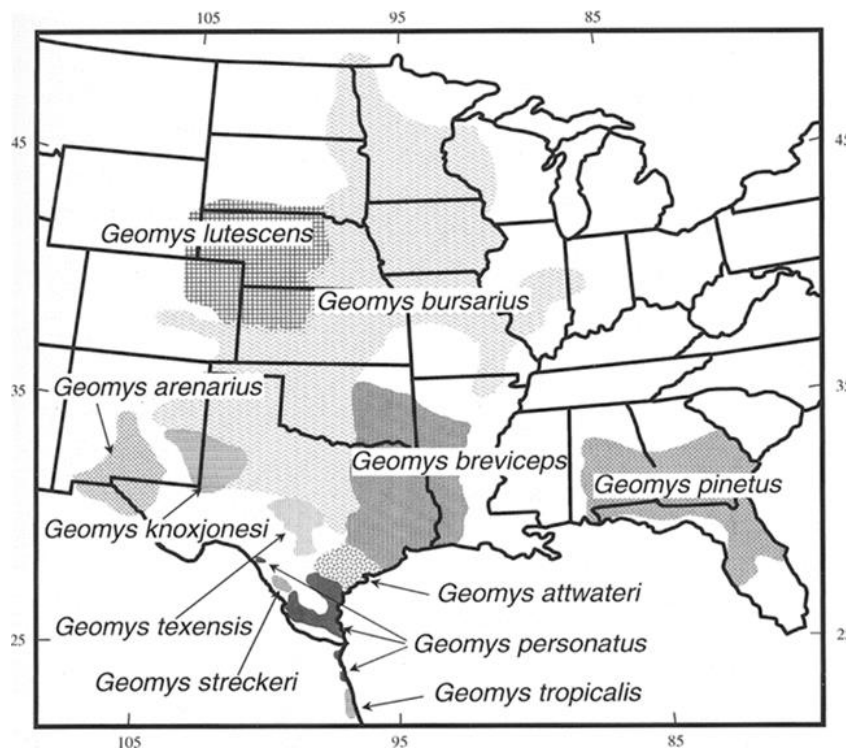


Figura 4. Distribución del género *Geomys* en Norteamérica (tomado de Sudman *et al.*, 2006).

2.2.3 Ecología

Las especies del género *Geomys* se adaptan fácilmente a los cambios provocados por la agricultura, se establecen en estas zonas y proliferan fácilmente; alimentándose principalmente en raíces, tubérculos, bulbos y tallos de plantas e incluso hojas de plantas forrajeras, frutos y granos pequeños (Crouch, 1933).

La perturbación de los suelos causadas por incendios, construcción de carreteras, tala y preparación de tierras agrícolas permite que la densidad de *Geomys* aumente al adaptar sus hábitos alimenticios a la composición y abundancias de las plantas en dichas áreas (Teipner, 1983).

Suelen habitar en suelos arenosos o friables y evitan aquellos suelos negros o arcillosos (Davis, 1940).

Las tuzas son responsables de aumentar la cobertura y producción de herbáceas anuales en zonas con perturbación en comparación de suelos adyacentes no perturbados (Kerley *et al.*, 2004).

Los *Geomys* se alimentan principalmente de tallos, raíces y bulbos de diferentes especies vegetales que encuentran durante sus excavaciones (González-Salazar *et al.*, 2014).

2.3 Tuza arenera (*Geomys arenarius*)

2.3.1 Morfología

La tuza arenera (*Geomys arenarius*) se caracteriza por presentar en su cráneo una cresta interparietal subcuadrangular y sin cresta sagital, occipucio con abultamiento posterior, el yugal más corto que el basioccipital y la aparición de una prominencia en el extremo del brazo escamoso del hueso cigomático (Williams y Baker, 1974). En la figura 5 se observa el cráneo de *G. arenarius*.

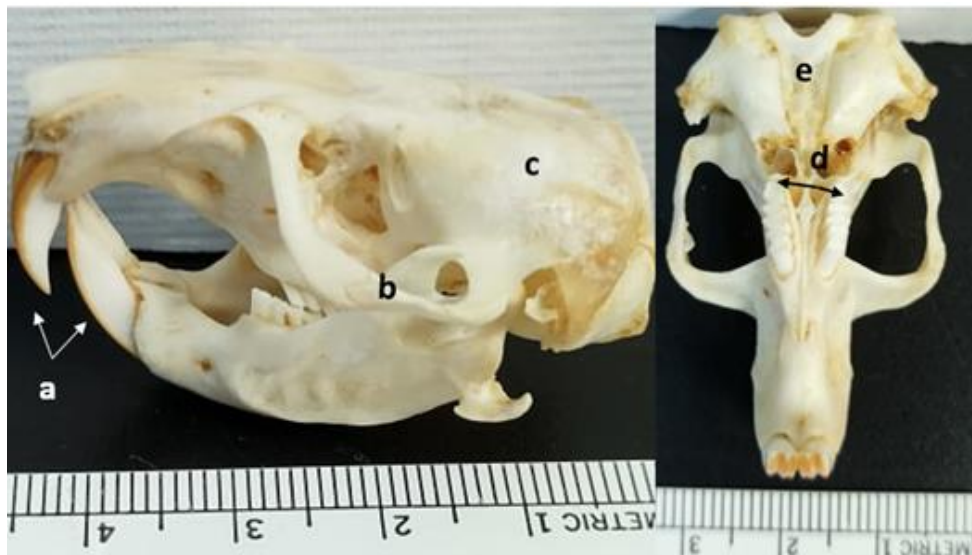


Figura 5. Cráneos de ejemplares colectados de *Geomys arenarius* en el Rancho Arantxa: (a) incisivos, (b) arco cigomático, (c) parietal, (d) molares y (e) basioccipital (fotos por Rueda-Torres).

Los machos pueden presentar las medidas 262-79-33-XX mm y un peso entre 198-254 g, mientras que las hembras presentan medidas de 243-74-32-XX mm y con un peso que oscila entre los 198-254 g, presentan abazones de color marrón pálido y sus incisivos presentan dos surcos longitudinales en la cara externa (Davis y Schmidly, 1994).

2.3.2 Distribución

En los Estados Unidos de América su distribución abarca los condados de Hudspeth y El Paso en Texas y Doña Ana, Las Cruces, Luna, Columbus y Deming en Nuevo México; en México se localiza en Chihuahua al noreste de El Porvenir y Samalayuca (Williams y Genoways, 1978).

La distribución de las tuzas areneras (figura 6) se encuentra restringida al centro-sur de Nuevo México, al noroeste de Trans-Pecos en Texas en los Estados Unidos de América y en México su distribución está limitada al norte del estado de Chihuahua (Chambers *et al.*, 2009).

Fernández *et al.* (2014) señalan que existen poblaciones de *G. arenarius* en las cercanías de Ciudad Juárez y en las dunas de Samalayuca.

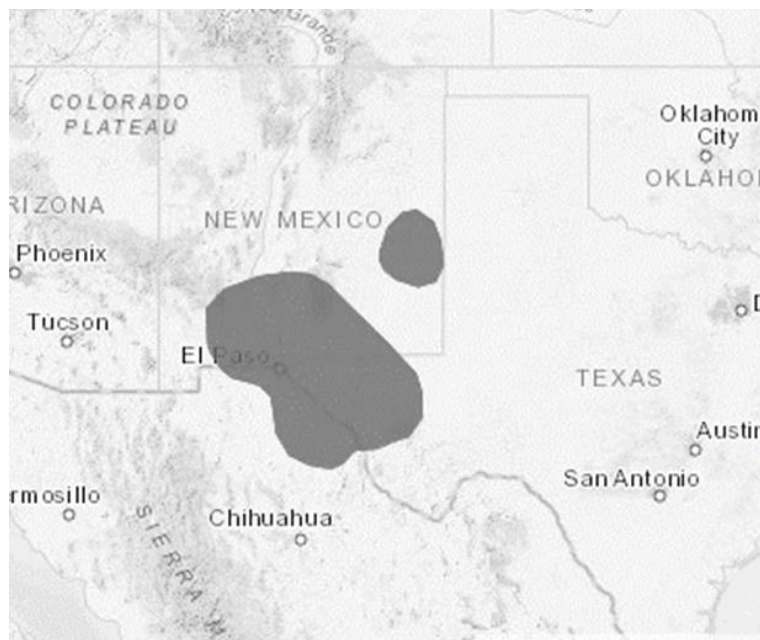


Figura 6. Distribución de la tuza arenera (*Geomys arenarius*) (IUCN, 2019).

2.3.3 Ecología

Tienden a ser animales solitarios y cada uno vive en su propio sistema de madrigueras, excepto en la temporada de reproducción, donde los machos tienden a buscar a las hembras (Walker, 1983).

Las tuzas se establecen en suelos arenosos (>40%) y evitan aquellos que estén conformados por arcilla, grava o piedra (Mauk *et al.*, 1999).

Se reconocen por aumentar la fertilidad del suelo al mezclar la materia orgánica, lo que estimula el crecimiento de la vegetación. Se alimentan de hojas, raíces, tubérculos, madera, corteza, semillas, granos, nueces, frutos y flores de diferentes especies vegetales (Templeton, 2006).

Establecen sus madrigueras cerca de los márgenes de cuerpos de aguas como ríos, estanques, canales de riego y zonas agrícolas donde generan diferentes daños a las plantaciones o sistemas agrícolas (Hafner *et al.*, 2008).

2.4 Cultivo de nuez en México

México cuenta con una de las principales zonas de producción de nuez de pecán (*Carya illinoensis*), ubicándose como el segundo productor a nivel mundial, detrás de los Estados Unidos de América (Gómez y López, 2005).

Para el 2011 el país contaba con 96 mil hectáreas establecidas de nogal. Alrededor de 68 mil se encontraban productivas, con un volumen de producción de 96 toneladas de nuez (Pérez, 2014).

Ávila-Rodríguez (2016) mencionan que en el 2012 la superficie sembrada de nogal en México fue de 98 611.75 ha, de las cuales 69 796.43 ha son cosechadas.

Debido a su alta demanda y rentabilidad la nuez de pecán es uno de los frutales de mayor importancia económica aportando el 1.41% del PIB agrícola nacional (SAGARPA, 2017).

En México la producción ha aumentado en un 80% en los últimos 13 años, alcanzando una superficie sembrada de 104 mil hectáreas con una producción de alrededor de 110 mil toneladas. Esto es debido principalmente a la alta demanda de nuez en los mercados internacionales (Cervantes-Vázquez *et al.*, 2018).

2.4.1 Cultivo de nuez de pecán en el norte de México

En el 2003, el 92.36% de la producción de nuez se concentró en el norte de México, específicamente en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y Sonora (Orona *et al.*, 2006).

La mayor producción de nuez de pecán se ubicó en Chihuahua con un 61.8% de la producción total de acuerdo con Díaz *et al.* (2011).

Espinoza *et al.* (2019) mencionan que en México destacan en producción de nuez los estados de Chihuahua con un 63.14%, Sonora 13.39%, Coahuila 10.83% y Durango 5.74%.

2.5 Conflicto entre los roedores y la agricultura

La vegetación es un elemento básico en las cadenas alimentarias, que puede ser modificada por prácticas agrícolas que aumentan indirectamente la abundancia de ciertas especies de fauna silvestre, que son eventualmente consideradas plagas de importancia económica (Howard, 1953).

Entre las familias de roedores que son consideradas plagas en América Latina y el Caribe se encuentran los Capromyidae, Castoridae, Caviidae, Ctenomyidae, Chinchillidae, Geomyidae, Heteromyidae, Muridae, Octodontidae y Sciuridae. Estas familias cuentan con diversas especies que logran aprovechar los recursos disponibles en las zonas agrícolas con lo cual pueden causar daños a árboles frutales, hortalizas, cereales, tubérculos o granos almacenados, generando importantes pérdidas económicas (Rodríguez, 1993).

Las poblaciones de roedores tienden a aumentar en las áreas de cultivos debido principalmente al desequilibrio ecológico provocado por el hombre. Estas alteraciones a los ecosistemas naturales son causadas por el establecimiento de monocultivos y a la destrucción del hábitat de los depredadores. Genera las condiciones necesarias para que ciertas especies nativas se conviertan en plagas (Collazo y Castro, 1997).

Monge (2007) menciona que cuando se establecen monocultivos agrícolas, forestales, fincas ganaderas, granjas avícolas y estanques de acuicultura, algunas especies nativas de roedores pueden convertirse en plagas al adaptarse a las condiciones del ambiente manejado y aprovechar las nuevas fuentes de alimento de origen exótico.

Debido a su distribución, la gran variedad de especies y la gran adaptabilidad para habitar en ambientes creados por el ser humano, los roedores pueden causar daños en la producción agrícola, pecuaria, silvícola, en la industria, en los sitios de almacenamiento de alimentos, al consumir y contaminar fuentes alimenticias y ocasionar pérdidas por deterioro de infraestructura y equipo (WingChing-Jones *et al.*, 2009)

Por su parte, Cimé-Pool *et al.* (2010) indican que algunas especies de roedores son susceptibles de convertirse en plaga cuando sus hábitats son transformados en enormes extensiones de cultivos y estos se adaptan a las nuevas condiciones del hábitat, lo que les permite proliferar y establecerse exitosamente en estas áreas modificadas.

Galván (2012) refiere que cuando las poblaciones de roedores se establecen en zonas de cultivo tienden a multiplicarse intensamente generando problemas al alimentarse de semillas y pequeños brotes en las

plantaciones, cortando y atrofiando las yemas principales provocando una disminución en el desarrollo de la planta y en muchas ocasiones su muerte.

2.5.1 Impacto de tuzas o taltuzas (familia Geomyidae) en cultivos

El establecimiento de áreas de cultivo en zonas habitadas por tuzas o taltuzas genera conflicto con los seres humanos al ser considerados plagas de importancia agrícola (Delgado, 1990).

Las taltuzas invaden los cultivos a través de los bordes de los campos agrícolas, debido a que estos brindan mayor seguridad y tranquilidad al actuar como corredores en los campos de cultivos, lo que les permite aprovechar los recursos alimenticios disponibles (Bonino, 1995).

Los tipos de daños que ocasionan los Geomyides en la producción agrícola están relacionados con el consumo de raíces, tubérculos, frutos, tallos o la planta completa, así como iniciar importantes procesos de erosión (Monge, 1999).

Debido a sus hábitos alimenticios, la constante excavación y el roer, se les atribuye daños significativos a cultivos agrícolas, zonas de reforestación y cables enterrados (Witmer *et al.*, 1999).

Coto y Rivera (2005) señalan que inicialmente las tuzas o taltuzas causan daño al construir los túneles en la periferia del cultivo y posteriormente se mueven hacia el interior del sembradío, destruyendo toda raíz que se encuentra a su paso.

Otros daños ocasionados por las taltuzas están relacionados con la construcción de su sistema de túneles, los cuales causan pérdida de parte de la producción agrícola, así como la capa fértil del suelo ocasionado por sus constantes excavaciones lo que propicia el proceso de erosión o derrumbes (Monge, 2013).

2.6 Requerimiento de hábitat de las tuzas

El hábitat es el espacio físico donde la fauna silvestre encuentra las condiciones que favorecen su reproducción y supervivencia. La presencia y abundancia de dichas especies está condicionada por la disponibilidad de alimento, cobertura y características físicas del ámbito espacial (Utrera, 2004).

En las tuzas de la especie *Geomys bursarius ozarkensis* optan por establecerse en las praderas con abundante disponibilidad de forraje, prefiriendo aquellos suelos en donde el contenido de arena se alto y el contenido de arcilla y limo bajo (Connior *et al.*, 2010).

En el valle de Sacramento, California, EUA, *Thomomys bottae* se ve influenciada por la composición y estructura de la vegetación, el número de madrigueras se relaciona negativamente con la cobertura de árboles, arbustos y hojarasca (Ordeñana *et al.*, 2012).

En la cuenca de la gran divisoria en Wyoming, EUA, *Thomomys clusius* se encuentra principalmente asociada a *Atriplex gardneri* y a la vegetación halófila presentes en los sustratos salinos de textura fina en áreas relativamente planas (Keinath *et al.*, 2014).

Cortez *et al.* (2015) mencionan que *Geomys personatus maritimus* prefieren praderas con suelos ricos en arena con vegetación conformada principalmente con herbáceas y producen mayor cantidad de montículos en áreas con menor cobertura de basura.

Geomys pinetis generalmente se encuentra más activos en zonas con mayor porcentaje de cobertura de *Aristida stricta* y otros pastos y suele establecerse en suelos franco-arenoso, con un pH promedio en el rango de 5.1 a 5.5 (Warren *et al.*, 2017).

En el sureste de Alabama, EUA, *Geomys pinetis* habita en suelos con un contenido de $\leq 8.05\%$ de arcilla a una profundidad de 0-20 cm y con una mayor cobertura del suelo de gramíneas y arbustos (Bennett *et al.*, 2020).

2.6.1. Índice de condición física

El índice de condición proporciona un método para evaluar las diferencias entre los pesos en función de la raza, el sexo, la edad, condición sexual, estatus social, temporada, clima, enfermedades y comida, reflejando las interacciones genotípicas, fenotípicas y ambientales (Bailey, 1968).

En *Thomomys bottae*, la condición corporal indica el estado nutricional del animal y como varía estacionalmente, una dieta de baja calidad genera que la condición corporal disminuya y los costos de excavación y la productividad del hábitat impactan directamente en el estado físico (Loeb *et al.*, 1991).

Sullivan *et al.* (2001) mencionan que en *Thomomys talpoides* la masa corporal fue significativamente mayor en poblaciones donde la vegetación estaba compuesta por herbáceas y la masa corporal de media fue mayor en los machos.

En las tuzas la masa corporal difiere casi el doble en zonas con abundantes recursos alimenticios con respecto a zonas con escasa vegetación (Romanach, 2007).

Los cambios en la condición corporal se relacionan con la nutrición y las condiciones del hábitat. Los animales que viven en ambientes estacionales sufren cambios en la masa corporal y nos brindará una

estimación del estado físico y nutricional basado en el comportamiento y sexo de los animales (Pérez, 2015).

2.6.2 Hábitos alimenticios de las tuzas

La tuza del norte (*Thomomys talpoides*) es un animal principalmente subterráneo que consumen raíces pivotantes, bulbos y tubérculos que obtienen a partir de sus excavaciones, recolectando la mayor parte del alimento a medida que avanza en la remoción del suelo. La comida que no es consumida donde se encuentra, se guarda en los abazones para ser transportada y almacenada en las madrigueras (Aldous, 1951).

Myers y Vaughan (1964) mencionan que en *Geomys bursarius* los hábitos alimenticios en primavera y verano estaba compuesta principalmente por gramíneas, las cuales constituían en promedio del 58% de la dieta y en otoño e invierno cuando la mayoría de las hierbas están muertas y secas, contribuían con el 74% de la dieta.

Vaughan (1967) menciona que *Thomomys talpoides* se alimenta de suculentas en el invierno, debido a que la mayor parte de la vegetación está inactiva o muerta. En primavera y verano, cuando la vegetación produce nuevos brotes, las tuzas prefieren alimentarse de la vegetación verde y suculenta.

La tuza mazama (*Thomomys mazama*) consume principalmente follaje, tallos y raíces, la dieta anual se encuentra constituida principalmente por pastos con un 32%. El consumo de herbáceas ocurría en la temporada de calor y el consumo de raíces leñosas ocurría en invierno. La utilización de los alimentos se encuentra estrechamente relacionada con la fenología y abundancia de la vegetación (Burton y Black, 1978).

En las tuzas son herbívoros generalistas debido a sus hábitos de excavaciones. Consumen una amplia gama de especies vegetales y presentan preferencia hacia ciertas plantas que aportan mayor cantidad de energía (Williams y Cameron, 1986).

Rezsutek y Cameron (2011) mencionan que en *Geomys attwateri* los machos consumen un 40% de dicotiledóneas (25.1% perennes y 14.9% anuales) y un 60% monocotiledóneas; en las hembras la dieta estuvo conformada por un 37% dicotiledóneas (22.6% perennes y 14.8% anuales) y un 63% monocotiledóneas, siendo las dicotiledóneas anuales consumidas mayormente durante el invierno y decreciendo durante el verano.

La presencia de determinados recursos alimenticios está influenciada por las características propias del hábitat, lo que le permite a la fauna silvestre un óptimo en el forrajeo al lograr aprovechar y explotar los recursos disponibles en su nicho ecológico (Román-Palacios y Román-Valencia, 2015).

2.6.2.1 Preferencia alimentaria de las tuzas

La preferencia alimenticia de los animales se encuentra relacionada con el grado de consumo de una o varias especies (que tienen el mismo grado de disponibilidad en un determinado ambiente), el tiempo de búsqueda, grado de digestibilidad y energía proporcionada (Neira, 1981).

En *Thomomys bottae* la dieta anual estuvo conformada por *Bouteloua gracilis* con el 24.4%. Otras especies como *Hymenoxys richardsonii*, *Gutierrezia sarothrae* y *Cryptantha jamesii* fueron los alimentos de mayor preferencia durante la mayor parte del año. Durante el otoño y principio de invierno *Hymenoxys richardsonii* y *Gutierrezia sarothrae* representaron el 50% de los elementos consumidos, *Psilostrophe sparsiflora* fue un elemento importante en la dieta al final del verano e inicio del otoño, *Lupinus kingii* fue un componente dietético importante durante todo el verano, *Chrysothamnus nauseosus* durante el invierno y principios de la primavera y *Opuntia macrorhiza* y *Opuntia fragilis* fueron los ítems de mayor consumo durante el invierno (Bandoli, 1981).

En *Geomys bursarius* el 64% de dieta anual está conformada por pastos, aunque prefieren alimentarse principalmente de herbáceas como *Opuntia humifusa*, *Astragalus* sp. y *Sphaeralcea coccinea* (Myers y Vaughan, 1965).

En *Thomomys talpoides*, Vaughan (1967) menciona su dieta está conformada por 67% de hierbas, 30% pastos y 3% de arbustos, teniendo preferencia por *Opuntia polyacantha*, *Hesperostipa comata*, *Sphaeralcea coccinea*, *Agropyron smithi*, *Bouteloua gracilis* y *Atriplex canescens*.

En *Thomomys mazama* se ha reportado que prefieren alimentarse principalmente de bulbos, como la cebolla y el ajo silvestres, aunque también suele consumir trébol (*Trifolium* sp.), altramuces (*Lupinus* sp.), falso dientes de león (*Hypochaeris radicata*), helecho (*Pteridium aquilinum*) y pastos (Stinson, 2005).

2.7. Índice de amplitud de nicho

Maciel-Mata *et al.* (2015) definen al nicho ecológico como un hipervolumen multidimensional donde se concentra un conjunto de condiciones bióticas y abióticas en las que una especie es capaz de persistir y mantener un tamaño poblacional estable. Y este se encuentra conformado por el nicho fundamental el cual se refiere a las condiciones abióticas en las cuales una especie puede vivir y el

nicho realizado el cual refiere a las condiciones ambientales existentes en el área más las interacciones biológicas.

Un índice de amplitud de nicho permite inferir qué tan uniformemente están siendo usados los recursos o hábitat por parte de un organismo a lo largo de los diferentes periodos (Montenegro y Acosta, 2008).

La amplitud es la suma total de los recursos utilizados en la dieta de una especie y el grado de interacción entre especies con base en su dieta. El conocimiento del nivel de interacción entre los ítems consumidos y los ofrecidos por el ambiente permite evaluar la estrategia alimentaria, la importancia de la presa y el componente que contribuye de mayor forma a la amplitud del nicho (Guerrero *et al.*, 2002).

Los índices permiten conocer si los organismos presentan una dieta especializada en determinados recursos o por el contrario si se alimentan de una amplia gama con respecto a los recursos que el ambiente ofrece (España y Vidarte, 2012).

Orihuela-Torres *et al.* (2018) mencionan que los índices de amplitud trófica son mayores cuando las frecuencias registradas son las mismas para cada uno de los recursos consumidos y menor cuando el recurso consumido es uno solo lo que puede sugerir si es un organismo generalista (se alimenta de una amplia variedad de especies) o especialista (su alimentación se encuentra limitada a un reducido grupo o fuente de alimento).

2.7.1 Índice de Levins

El índice de Levins mide el uso de los recursos por parte de un organismo y este se expresa en una escala que refiere a una especie especialista o generalista (Pereira *et al.*, 2004).

Alarcón-Nieto y Palacios (2009) menciona que el índice de Levins representa la “amplitud del nicho”, que mide el número de elementos importantes dentro de la dieta de una especie y su valor corregido. Valores entre cero y uno (0-1), puede considerarse como un “índice de especialización”.

Hernández-Muñoz y Mancina (2011) señalan que al estandarizar el índice de Levins indica la especialización en el uso de un tipo de recurso al obtener valores cercanos a 0 y este es independiente del número de recursos disponibles.

El índice de amplitud de nicho de Levins estandarizado permite inferir que tan amplia es la dieta de un organismo, tomando en cuenta la proporción de cada *item* y como se distribuyen para el total de recursos disponibles (Silva *et al.*, 2014).

2.8 Índice de preferencia alimentaria

La preferencia por los recursos está relacionada con la abundancia de este en el ambiente, invirtiendo tiempo en la búsqueda de las especies preferidas de buena calidad nutricional, aunque menos abundantes (Altuna *et al.*, 1999).

Los índices de preferencia alimentaria permiten inferir si una especie está prefiriendo o no un determinado hábitat, recurso o condición (Montenegro y Acosta, 2008).

Fernández-Olalla y San Miguel-Ayanz (2011) apuntan que un índice de selección o preferencia permite conocer los hábitos de alimentación y la preferencia innata por determinadas especies vegetales, partes de plantas o incluso individuos en determinadas fases de desarrollo por parte de una especie animal.

2.8.1 Índice de selectividad de Ivlev

Los valores del índice de Ivlev, van de < 1 (indicando que el recurso es evitado) a > 1 (indicando que el recurso es preferido (Weber *et al.*, 2008)

El índice de selectividad de Ivlev establece si los animales seleccionan los recursos alimenticios que consumen (Vinassa y Núñez, 2016).

Velasco *et al.* (2017) mencionan que el Índice de selectividad se calcula a través de datos de frecuencias de especies por hábitat, teniendo en cuenta la disponibilidad y la proporción de individuos aprovechando el recurso sobre el total. Los valores expresan una selección favorable (1), rechazo (-1) o neutra (0).

En herbívoros, el índice relaciona las proporciones de las especies vegetales usadas y su disponibilidad en el hábitat y las especies seleccionadas son aquellas que presentan valores mayores a 0.35 (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2018).

2.9 Análisis de dieta con la técnica microhistológica

La técnica microhistología o microtécnica se utiliza para el estudio de la dieta de herbívoros silvestres y domésticos mediante la identificación de los tejidos vegetales presentes en las heces, contenidos ruminales, estomacales o fistulares (Peña-Neira, 1980).

Hernández *et al.* (1999) indican que el uso de la técnica microhistológica permite la identificación de fragmentos de materia vegetal contenidos en las heces de los herbívoros, describiendo los patrones alimentarios durante las diferentes temporadas del año.

Cortes *et al.* (2002) sugieren que la técnica se puede emplear en el análisis de materia fecal obtenido del organismo de interés. En este caso, no es necesario manipular al organismo y se pueden analizar un número ilimitado de muestras. Cuando se trabaja con contenidos estomacales, en estos se permite reconocer las estructuras antes del proceso de digestión. Sin embargo, presenta la desventaja que se necesitan el sacrificio de un número importante de animales, siendo poco viable en poblaciones pequeñas o en peligro de extinción.

La técnica microhistológica utiliza como características identificables la presencia, el tamaño y la forma de los tricomas, los estomas, la forma y organización de las propias células epidérmicas, la inclusión de cristales, la aparición y posición de células especializadas, tales como suberosas, silíceas y el par silico-subero y la orientación de las costillas las cuales permiten tener bases taxonómicas confiables para la identificación de especies (Bauer *et al.*, 2005).

De Zamora y Reid (2010) mencionan que la microtécnica se basa en las características taxonómicas de las estructuras como la epidermis o el tejido xilemático de las plantas. Debido a que estas estructuras son residentes al proceso de digestión, permiten la comparación entre el material colectado en campo (material botánico de referencia) y lo obtenido de los organismos.

La técnica microhistológica es un método no invasivo que aprovecha las muestras fecales de los animales. Para la técnica es necesario coleccionar muestras de todas las plantas con potencial forrajero de la zona y a partir de lo obtenido elaborar material botánico de referencia que permita identificar las características celulares y estructuras de cada especie vegetal para la comparación con lo obtenido de las muestras fecales (Gallina-Tessaro, 2011).

Para realizar el análisis de la dieta es necesario el conocimiento previo de las características epidérmicas de los tejidos vegetales al microscopio, tales como células epidérmicas, estomas, pelos, tricomas y glándulas, para su posterior comparación entre las muestras obtenidas de los animales y el tejido vegetal de referencia de las principales especies que se encuentran en el área donde se encuentran los animales (Arellano *et al.*, 2019).

3. HIPÓTESIS

La densidad de montículos de tuza arenera (*Geomys arenarius*) será mayor en la zona de cultivo de nogal con respecto a la zona sin cultivo, debido a la presencia de vegetación asociada que aprovecha en su alimentación.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la ecología alimentaria de la tuza arenera (*Geomys arenarius*) en una zona de cultivo de nogal (Rancho Arantxa) y sin cultivo (Rancho El Lobo) en tres temporadas (seca, húmeda y posthúmeda) de 2020.

4.1 Objetivos específicos

Evaluar la ecología vegetal (riqueza, frecuencia, cobertura y densidad) asociada a los montículos en el R. El Lobo (zona sin cultivo) y R. Arantxa (cultivo de nogal) en tres temporadas de 2020.

Comparar la densidad de montículos de *Geomys arenarius* en el R. El Lobo y R. Arantxa en tres temporadas de 2020.

Determinar asociación entre la vegetación y la densidad de montículos *Geomys arenarius*.

Calcular el índice de condición física de *G. arenarius* por temporadas 2020 en el R. El Lobo y el R. Arantxa.

Determinar la asociación entre la cobertura vegetal y el índice de condición física por temporadas 2020 en el R. El Lobo y R. Arantxa.

Calcular la amplitud trófica y preferencia alimentaria de la tuza arenera en el R. El Lobo y R. Arantxa en las tres temporadas 2020.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

El Área Natural Protegida, clasificada como Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (APFFMS), se ubica a unos 50 km al sur de Ciudad Juárez y cuenta con una superficie aproximada de 631.82 km² (Petters *et al.*, 2019). Se localiza entre los municipios de Juárez, Guadalupe Distrito Bravo y una pequeña franja de Ahumada (Gatica-Colima, 2019).

El APFFMS cuenta con un sistema complejo de dunas de arena de sílice que abarca una extensión de aproximadamente 416 km², siendo así el paisaje más característico del área (CONANP, 2013).

La zona cuenta con dos sistemas de sierras correspondientes a la Sierra de Samalayuca con una elevación de 1740 msnm y una longitud de 13 km y la Sierra de Presidio con elevaciones de 1820 msnm y una longitud de 60 km (CONAGUA, 2015).

El clima de la región es muy seco con veranos cálidos e inviernos fríos con una temperatura media anual de 15 a 25°C y precipitaciones promedio anuales de 212 mm (Enríquez-Anchondo, 2003).

La flora está compuesta por especies vegetales dominantes como *Larrea tridentata* y *Prosopis juliflora* var. *glandulosa* y otras menos abundantes como *Atriplex canescens*, *Yucca elata* y *Fouquieria splendens* (Quiñónez *et al.*, 2018).

Entre la fauna representativa de los médanos de Samalayuca se encuentran tortugas, lagartija, puercoespín, zorra del desierto, tejón, víboras de cascabel, aguililla cola blanca, aguililla de Swainson, aguililla rojinegra y águila real (DOF, 2009).

5.1.1 Áreas de estudio

Las zonas donde se realizaron los trabajos de campo corresponden al Rancho El Lobo y el Rancho Arantxa (figura 7), los cuales se ubican al sur del ANP Médanos de Samalayuca.

5.1.1.1 Rancho El Lobo (zona natural)

El Rancho El Lobo se ubica dentro del APFFMS en el municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua. En la coordenada geográfica de referencia 31°13'51.94"N, -106°30'18.04"O con una elevación media de 1300 msnm. Presenta un tipo de suelo arenoso con vegetación de matorral desértico microfilo conformado por especies como el mezquite (*Prosopis glandulosa*), el estafiate (*Artemisia filifolia*), el cortadillo (*Yucca elata*) y *Psoralea scoparius* (Fabaceae). En dicha zona se practican actividades de ganaderías de pastoreo extensivo.

5.1.1.2 Rancho Arantxa (cultivo de nogal)

El Rancho Arantxa se ubica al sur del APFFMS en el municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua. Una coordenada geográfica de referencia es 31°12'2.13"N, -106°28'11.36"O con una elevación media de 1308 msnm. Presenta un tipo de suelo arenoso con vegetación de matorral desértico microfilo, la cual ha sido desmontado para el establecimiento de cultivos por riego de vid (*Vitis vinifera*), pistache (*Pistacia vera*) y nuez de pecán (*Carya illinoensis*), siendo este último el más importante con aproximadamente 400 hectáreas. Debido al riego constante especies vegetales como la rodadora (*Salsola kali*), onagra pálida (*Oenothera pallida*), zacate abrojo de la costa (*Cenchrus spinifex*) y la cereza de la hiedra (*Physalis hederifolia*) se han asociado a la zona de cultivo.

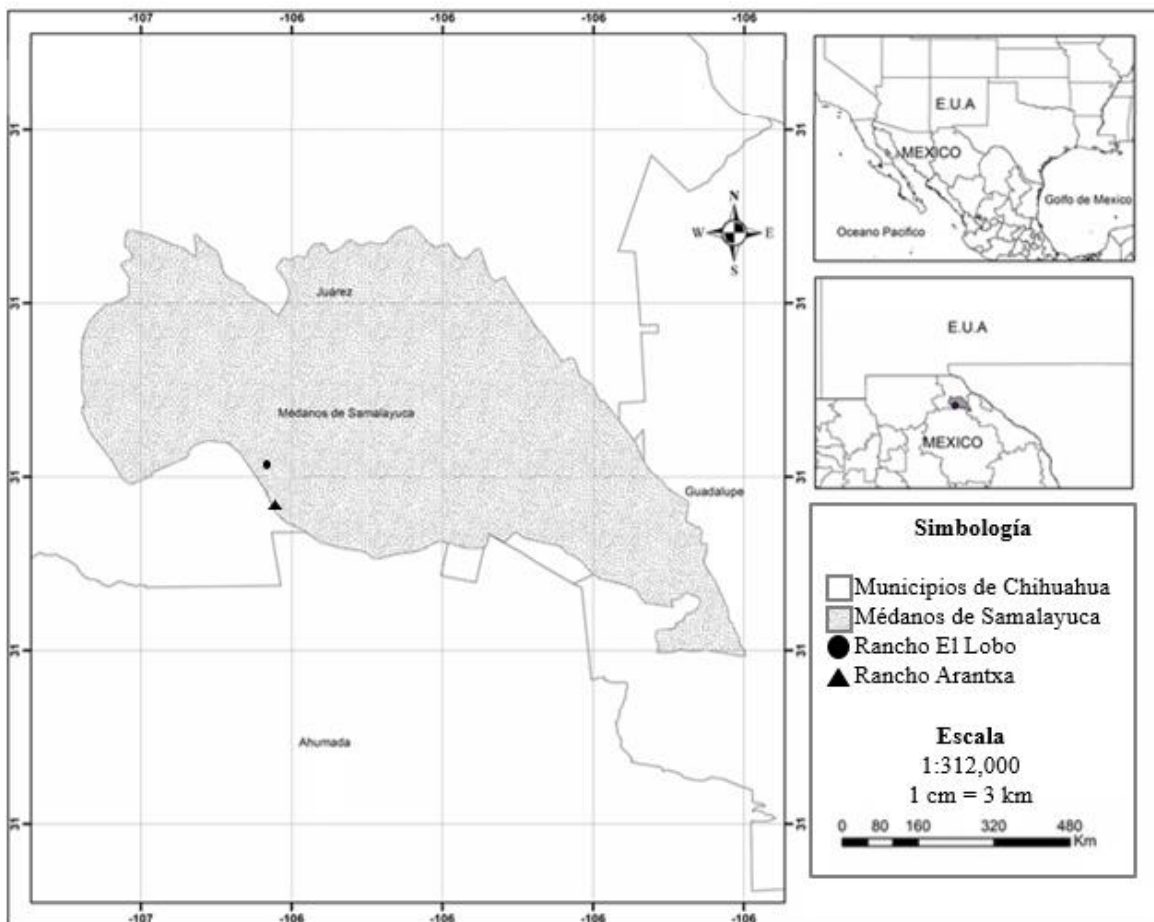


Figura 7. Mapa del Área Natural Protegida de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (elaborado por Rueda-Torres).

5.2 Trabajo de campo

Se establecieron las temporadas con base a Weather Sparky (2019). Siendo la temporada seca (marzo a junio), húmeda (julio a septiembre) y posthúmeda (octubre a febrero). En cada zona (R. El Lobo y R. Arantxa) se realizó un muestreo por temporada.

En el Rancho El Lobo el muestreo en las tres temporadas se realizó a un kilómetro de las zonas de potreros, iniciando en una zona de matorral microfilo de desierto en la coordenada 31°14'18.75''N-106°29'53.22''O y se finalizó en una zona de dunas estabilizadas en la coordenada 31°14'31.67''-106°29'2.08''O.

En el Rancho Arantxa se inició el muestreo en las tres temporadas en la coordenada 31°12'0.66''N, -106°29'59.86''O y se finalizó en la coordenada 31°12'2.29''N, -106°29'6.18''O, estas coordenadas comprenden el área de mayor producción de nuez.

5.2.1 Densidad de montículos de *Geomys arenarius*

En ambos ranchos se registró la presencia de los montículos frescos con una separación de 1.5 m entre si siguiendo la metodología de Chávez-León (2017). El transecto de muestreo de montículos fue de 1400 m de largo y con una distancia perpendicular de 25 m a ambos lados (figura 8), abarcando una superficie de siete hectáreas.

5.2.2 Cobertura vegetal asociada a montículos de *Geomys arenarius*

Se establecieron sobre el transecto de trampeo de tuzas siete cuadrantes de 25 m² cada 200 m, para evaluar la cobertura, la frecuencia y densidad de las especies vegetales (figura 8) utilizando la metodología propuesta por Mostacedo y Fredericksen (2000). Se realizó un muestreo en la temporada seca (21-22 junio, 2020), húmeda (26-27 septiembre, 2020) y posthúmeda (14-15 noviembre, 2020) para cada rancho.

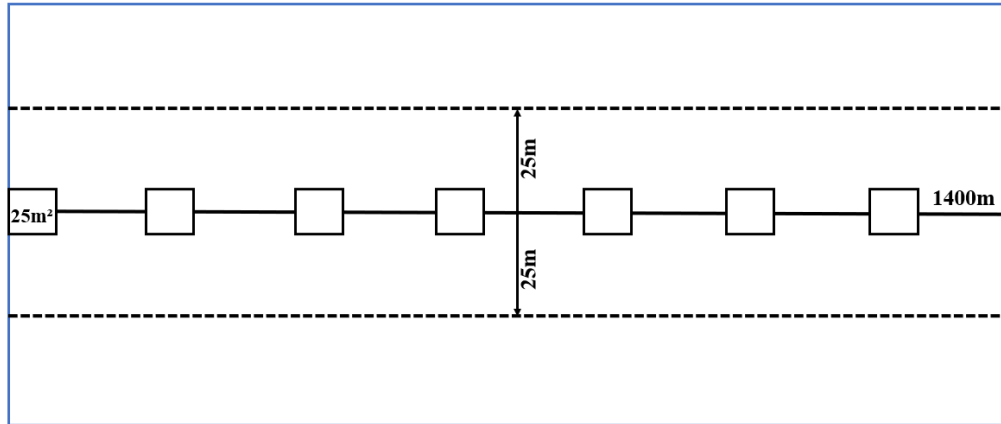


Figura 8. Representación del transecto de muestreo de montículos de tuzas y cuadrantes de cobertura vegetal asociada.

5.2.3 Obtención de ejemplares de *Geomys arenarius*

Con la aprobación del permiso de colecta ante la DGVS SEMARNAT 08/k5-0878/03/20 y del Comité de Ética en la Investigación de la UACJ (CIEB-2019-1-131), se instalaron ocho trampas comerciales para tuza (Sweeney's, since 1892, Senoret Chemical Co., Inc., China) en un transecto de 1400 m dentro de la zona de cultivo en la temporada seca (21-22 junio, 2020), húmeda (26-27 septiembre, 2020) y posthúmeda (14-15 noviembre, 2020) siguiendo la metodología de Chávez-León (2017), la cual consistió en realizar una excavación secundaria en los montículos hasta localizar los túneles de desplazamiento de las tuzas y posteriormente se colocaron un par de trampas sin cebar en cada salida del túnel. Las trampas son ancladas al suelo con ayuda de estacas para evitar que las tuzas las arrastraran al interior de la madriguera. Una vez que las trampas fueron colocadas, estas se revisaron y reubicaron cada 30 minutos hasta completar seis horas y simultáneamente se recuperaron cadáveres de *G. arenarius* generados por el trampeo del departamento de control de plagas del rancho en la zona de cultivo.

Cuando se capturaron ejemplares se les practicó eutanasia a través de la dislocación cervical con base en Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research (Sikes y Gannon, 2011). Para cada individuo se registraron las medidas morfométricas convencionales (longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata derecha, longitud de la oreja) con apoyo de una regla, el peso con una pesola (Ohaus, Modelo 8264-M., Estados Unidos de América) y el sexo se determinó por la presencia del báculo (Lorenzo et al. 2006). Con estos datos se calculó el índice de condición física (IK) de acuerdo con Corriale *et al.* (2013).

Se extrajo el tracto digestivo y se colocó en un frasco con formol al 10% y se trasladaron al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). El cráneo de los ejemplares se depositó en la Colección Científica de Vertebrados de la UACJ (CHI-VER 189-08-06) registrada ante la SEMARNAT.

5.2.4 *Material botánico de referencia*

Para el material botánico de referencia se utilizaron muestras vegetales procedentes del proyecto PJ018 CONABIO depositadas en el Herbario de la UACJ (HERB-UACJ), se complementó con material de referencia disponible en el Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) y se colectaron algunos ejemplares en campo empleando la metodología de Ricker (2019).

5.3 Trabajo de gabinete

Todo el trabajo de gabinete se realizó en el Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA T-215) del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (ICB-UACJ)

5.3.1 *Procesamiento de tractos digestivos de *Geomys arenarius**

El estómago fue separado del tracto digestivo para posteriormente extraer su contenido. El material recuperado del estómago se colocó sobre papel canela en una caja de Petri de vidrio 100x100 mm (Pyrex® Bottom, Pyrex®, Alemania), la cual fue calentada en una estufa (Thermo Scientific, GS Lindberg Blue M, Estados Unidos de América) a 80°C por cuatro horas para deshidratar las muestras.

Cuando las muestras se enfriaron se molieron en un mortero de porcelana con pistilo (Coors Tek, Coors USA 60313, Estados Unidos de América) y se tamizaron (Screen Sieve Set, GEO9310, Estados Unidos de América) con una malla de 1 mm de diámetro y el material procesado se almacenó en frascos con sus debidas etiquetas para posteriormente realizar la técnica microhistológica.

5.3.2 *Procesamiento de material botánico*

Se empleó la base de datos de SEINet Arizona-New México Chapter (2020). Para la determinación de género y especie para posteriormente realizar la microhistología.

5.3.3 *Técnica microhistológica*

5.3.3.1 *Elaboración de laminillas del contenido estomacal de *Geomys arenarius**

Para la elaboración de las laminillas del contenido estomacal de *G. arenarius* se utilizó la metodología de Castellaro *et al.* (2004) modificada para el presente estudio, la cual consistió tomar una muestra del material procesado fue hervido en un vaso de precipitado (250 mL) (No 1000, Pyrex®, Estados Unidos

de América) con 25 mL hidróxido de potasio al 5% durante cinco minutos en un termoagitador (F3-311 120V~, Felisa, México).

Se realizaron dos enjuagues de cinco minutos de agua destilada para después dejar reposar durante 10 minutos con 50 mL de hipoclorito de sodio comercial (Clorox®, The Clorox Company, Estados Unidos de América) para decolorar la muestra. Trascurrido el tiempo se realizaron tres enjuagues de cinco minutos en agua destilada y se agregó 50 mL de alcohol absoluto (Alcohol etílico, AZ®, México) y se dejó reposar durante 10 minutos. Se esparció una pequeña fracción de la muestra sobre un portaobjeto y se montó con gelatina-glicerina colocando un cubreobjeto. Las laminillas se dejaron reposar durante cinco días a temperatura ambiente para que solidificaran y después se observaron y fotografiaron estructuras que permitieron realizar comparación con el material botánico de referencia con los objetivos de 5x, 10x y 40x en un microscopio óptico (Leica Microsystems, Leica DME, Alemania).

5.3.3.2 Elaboración de laminillas del material vegetal de referencia

Para elaborar las laminillas de material botánico de referencia se empleó la metodología propuesta por Gallina-Tessaro (2011) con modificaciones para el estudio. La cual consistió en triturar con la ayuda de un mortero con pistilo (Coors Tek, Coors USA 60313, Estados Unidos de América) diversas partes de las plantas por separado (tallos, hojas, flores y fruto) y una vez trituradas se tamizaron (Screen Sieve Set, GEO9310, Estados Unidos de América) en una malla de 1 mm.

Del material tamizado se tomó una fracción, la cual fue hervida en un vaso de precipitado (100 mL) con 25 mL de Hidróxido de Potasio al 5% durante cinco minutos en una plancha. Se realizaron dos enjuagues de cinco minutos de agua destilada para después dejar reposar durante 10 minutos con 50 mL de Hipoclorito de Sodio comercial (Clorox®, The Clorox Company, Estados Unidos de América) para decolorar la muestra. Trascurrido el tiempo se realizaron tres enjuagues de cinco minutos en agua destilada y se agregó 50 mL de alcohol absoluto (Alcohol etílico, AZ®, México) y se dejó reposar durante 10 minutos. Se esparció una pequeña fracción de la muestra sobre un portaobjeto y se montó con gelatina-glicerina (anexo 1) previamente preparada y se le colocó un cubreobjeto.

Las laminillas se dejaron reposar durante cinco días a temperatura ambiente para que solidificaran y después se observaron con los objetivos de 10x y 40x en un microscopio óptico (Leica Microsystems, Leica DME, Alemania), se fotografiaron estructuras diagnósticas para cada género o especie que permitieron realizar la comparación con las laminillas del contenido estomacal de *G. arenarius*.

5.4 Análisis de datos

5.4.1 Muestreo vegetal

5.4.1.1 Densidad

La densidad (D) es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas en un área determinada (Mostacedo y Fredericksen, 2000). La densidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{N}{A}$$

N= número de individuos

A= área determinada

5.4.1.2 Cobertura

La cobertura (C) vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprende una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales (Geoinstitutos, 2021). La cobertura se calcula de la siguiente manera:

$$C = \frac{a}{s} * 100$$

a= área que ocupa la especie

s= área total del cuadrante

5.4.1.3 Frecuencia relativa

La frecuencia relativa (Fr) se define como la probabilidad de encontrar un atributo en una unidad muestral y se mide en porcentaje. Este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación con la cantidad total de unidades muestrales (Mostacedo y Fredericksen, 2000). La frecuencia relativa se calcula con la siguiente fórmula:

$$Fr = \left(\frac{ai}{A} \right) * 100$$

ai=número de apariciones de una determinada especie

A=número de apariciones de todas las especies

5.4.2 Densidad de montículos de *Geomys arenarius*

La densidad (D) de montículos de tuzas se define como el número de observaciones entre el área total muestreada (Proulx, 1997). La cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{n \text{ montículos}}{A}$$

n= número de montículos frescos observados

A= superficie del área (ha)

5.4.3 Índice de condición física (IK)

El índice de condición física (IK) se basa en la relación del peso y la longitud corporal, Los valores de dicho índice varían entre 1 y 10 (Corriale *et al.*, 2013). El IK se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IK = \left(\frac{W}{LC^3} \right) \times 10^5$$

W= el peso (kg)

LC= largo del cuerpo (cm) hasta la base de la cola

5.4.4 Índice de amplitud de nicho de Levins

El índice de Levins mide la distribución de organismos individuales dentro de un conjunto de estados de recursos (Pereira *et al.*, 2004). El Índice de amplitud de nicho de Levins se calcula con la fórmula:

$$B = \frac{1}{\sum P_j^2}$$

Σ= sumatoria.

P_j= proporción de individuos que utilizan el recurso j.

5.4.4.1 Índice de amplitud de nicho de Levins estandarizado

El índice de amplitud de nicho de Levins estandarizado (**B_a**) permite inferir que tan generalista o especialista es un organismo, los organismos, los valores por debajo de 0.6 indican una dieta especialista y mayores a una generalistas (Krebs 1989).

$$B_a = \frac{B - 1}{n - 1}$$

B= índice de Levins

n=número de recursos utilizados por los organismos

5.4.5 Índice de selectividad de Ivlev

Ivlev comparó la disponibilidad relativa de tipos de alimentos en el medio ambiente y su utilización relativa en la dieta (Ivlev, 1961), calculándose con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{r - p}{r + p}$$

r= la proporción de individuos utilizando en un hábitat sobre el total de individuos detectados

p= la frecuencia del recurso en el hábitat

5.5 Análisis estadístico

Todo el análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS Statistics Base 22.0 y Excel.

5.5.1 Comparación de la densidad de montículos de *Geomys arenarius* con prueba de T

Se realizó la comparación de la densidad de montículos para el del Rancho El Lobo y el Rancho Arantxa con la prueba de T, para determinar si existía diferencia significativa entre las zonas de muestreo.

5.5.2 Correlación de la riqueza vegetal y densidad de montículos en las zonas de muestreo

Para evaluar la relación lineal entre el número de especies vegetales con respecto a la densidad de montículos de tuza en el R. El Lobo y el R. Arantxa, se utilizó la correlación de Pearson.

5.5.3 Análisis del índice de condición física (IK) por temporada

Debido a la *n* de las muestras por cada temporada se empleó estadística no paramétrica para determinar diferencias significativas del IK de los machos por temporada con la prueba Mood. En el caso de las hembras se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y las diferencias significativas se analizaron mediante la prueba de Conover.

5.5.4 Correlación de la cobertura vegetal y el índice de condición física (IK)

Para determinar algún grado de asociación entre cobertura vegetal y el IK, utilizo el coeficiente de correlación de Spearman.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Ecología vegetal asociada a montículos de tuza

6.1.1 Ecología vegetal del Rancho EL Lobo

6.1.1.1 Riqueza vegetal

Se registraron 16 especies botánicas correspondientes a 16 géneros distribuidos en nueve familias en el área de muestreo (siete ha) en las tres temporadas.

En la temporada seca se registraron ocho familias, doce géneros y doce especies, en la temporada húmeda se registraron ocho familias, 14 géneros y 14 especies y en la temporada posthúmeda fueron registradas un total de ocho especies distribuidas en ocho géneros correspondientes a cinco familias.

Las especies coinciden con lo reportado en el programa de manejo del ANP médanos de Samalayuca (CONANP, 2013; Kerley *et al.*, 2004; Quiñónez *et al.*, 2018).

6.1.1.2 Densidad

La densidad vegetal en las tres temporadas estuvo representada principalmente por *Dimorphocarpa wislizeni*, siendo en la temporada seca de 84.57/ha, decreciendo en la temporada húmeda y posthúmeda. Otras especies como *Prosopis glandulosa* presentaron una densidad de 11.42/ha y ésta se mantuvo estable en las tres temporadas. Ríos-Saucedo *et al.* (2012) mencionan que la densidad de *Prosopis* es de 85 arbustos/ha en Aldama, Chihuahua, más que en el presente estudio. La baja densidad con respecto a lo reportado en Aldama se debe la zona donde realizaron el estudio es un área de pastoreo degradado conformada por mezquites y pastos y en nuestro caso los transectos de muestreo quedaron en áreas de dunas, donde la vegetación estaba conformada principalmente por Poaceae y Asteraceae y en Aldama el área de estudio corresponde.

6.1.1.3 Cobertura

A lo largo del estudio se observa como decrece la cobertura siendo en la temporada seca de 35.83%, en la húmeda de 32.70% y en la posthúmeda de 27.42%. La disminución en la cobertura podría deberse a que a partir de la temporada húmeda en la zona se observó actividad ganadera. La baja precipitación pluvial en la zona fue baja, siendo registrado un total de 26 días de lluvia en el 2020 y en años anteriores los días (2019=36: 2018=31: 2017=33) con lluvia fueron mayores (Tutiempo.net, 2021). Por lo tanto, la necesidad de forraje fue suplida con las especies disponibles.

Las especies que presentaron mayor cobertura en las tres temporadas fueron *Prosopis glandulosa*, *Psoralea scoparius* y *Artemisia filifolia*.

6.1.1.4 Frecuencia relativa

La especie *Dimorphocarpa wislizeni* presentó la mayor frecuencia relativa en las tres temporadas con valores superiores al 50%, decreciendo a lo largo de las temporadas. Drewa y Havstad (2001) mencionan que *D. wislizeni* aumenta su frecuencia en las zonas de pastoreo y ésta no se ve afectada por la presencia de otras especies arbustivas como *Prosopis glandulosa*. Esto concuerda con los resultados del presente estudio.

Especies como *Sporobolus airoides* tuvieron una frecuencia de 19.17% en la temporada seca, *Artemisia filifolia* (13.79%) y *Croton texensis* (10.34%) en la húmeda y *Artemisia filifolia* (12.50%), *Prosopis glandulosa* (12.50%) y *Psoralea scoparius* (12.50%) en la posthúmeda.

Los resultados de densidad, cobertura y frecuencia relativa se presentan en el cuadro 1 y la lista de especies registradas por temporada se encuentra en el anexo 2.

Cuadro 1. Géneros y especies registradas en los siete cuadrantes de 25 m² en el Rancho El Lobo por temporada: Densidad (D), Cobertura (C) y Frecuencia relativa (Fr).

Género/especie	Temporada								
	Seca			Húmeda			Posthúmeda		
	D	C	Fr	D	C	Fr	D	C	Fr
<i>Artemisia filifolia</i>	20.57	3.50	12.32	18.28	2.50	13.79	11.42	2.08	12.50
<i>Gutierrezia sarothrae</i>				6.85	0.23	5.17			
<i>Palafoxia sphacelata</i>	2.28	0.002	1.36						
<i>Dimorphocarpa wislizeni</i>	84.57	0.72	50.68	66.28	0.16	50.00	48.00	0.03	52.50
<i>Croton texensis</i>				13.71	0.19	10.34			
<i>Prosopis glandulosa</i>	11.42	29.06	6.84	11.42	27.83	8.62	11.42	23.69	12.50
<i>Psoralea scoparius</i>	16.00	2.57	9.58	11.42	1.75	8.62	11.42	1.58	12.50
<i>Sphaeralcea incana</i>				4.57	0.01	3.44	9.14	0.02	10.00
<i>Sporobolus airoides</i>	32.00	0.002	19.17						

6.1.2 Ecología vegetal del Rancho Arantxa

6.1.2.1 Riqueza vegetal

Se registraron un total de 15 familias, 29 géneros y 32 especies en el área total del transecto de muestreo (siete ha).

En la temporada seca se registraron 15 familias, 21 especies distribuidas en 20 géneros, en la temporada húmeda se registraron 29 especies distribuidas en 29 géneros correspondientes a 14 familias y en la temporada posthúmeda se registraron siete familias, nueve géneros y nueve especies.

Las especies registradas concuerdan con las registradas en el programa de manejo del ANP Médanos de Samalayuca (CONANP, 2013). Aunque especies como *Salsola kali* no son propias de la región y suelen invadir zonas agrícolas como lo menciona Ruiz *et al.* (2013). La cual fue detectada a lo largo del estudio. En los resultados se observó una mayor riqueza vegetal en las temporadas seca y húmeda por la presencia del riego y en la temporada posthúmeda el riego no se llevó a cabo, con lo cual el número de especies vegetales se redujeron, esto concuerda con lo mencionado por Estarrón (2008) que la agricultura genera un efecto en la composición botánica de las zonas al modificar el suelo y al constante riego.

6.1.2.2 Densidad

En la temporada seca *Setaria leucopila* y *Cenchrus spinifex* fueron las especies con mayor densidad, en la temporada húmeda fueron *Cenchrus spinifex* y *Setaria macrostachya* y en la temporada posthúmeda *Oenothera pallida*, *Setaria macrostachya* y *Cenchrus spinifex*. Márquez y González, (2001) mencionan que en zonas del noroeste de Chihuahua donde habita *Cynomys ludovicianus*, la densidad de hierbas es mayor con respecto a zonas sin estos roedores. En los resultados del R. Arantxa la densidad de hierbas fue menor con respecto a los pastos.

6.1.2.3 Cobertura

A lo largo del estudio se observó como decrece la cobertura vegetal asociada al cultivo, siendo en la temporada seca de 72.88%, en la húmeda de 16.12% y en la posthúmeda de 4.14%. La especie que presentó la mayor cobertura en las tres temporadas fue *Salsola kali*.

Vidal *et al.* (2015) mencionan que la cobertura vegetal es mayor en zonas con perturbación, en el Rancho Arantxa el constante riego genera que la vegetación asociada tenga coberturas mayores que en las zonas naturales aledañas, esto concuerda con lo mencionado por Peña *et al.* (2020) donde la pérdida de la cobertura natural y ésta es sustituida por coberturas antropizadas.

6.1.2.4 Frecuencia relativa

Las especies que presentó la mayor frecuencia en la temporada seca fueron *Setaria leucopila* (39.20%) y *Cenchrus spinifex* (26.49%), en la temporada húmeda fue *Cenchrus spinifex* (23.49%) y *Setaria macrostachya* (23.49%) y en la posthúmeda corresponden a *Oenothera pallida* (39.60%) y *Setaria*

macrostachya (27.74%). Ríos y Vargas (2003) mencionan que algunas especies se establecen dentro de áreas agrícolas como vegetación asociada al cultivo volviéndose más frecuentes dentro de estas zonas impactadas.

Los resultados de densidad, cobertura y frecuencia relativa se observan en el cuadro 2 y la lista de especies registradas por temporada se encuentra en el anexo 3.

Cuadro 2. Géneros y especies registradas en los siete cuadrantes de 25 m² en el Rancho Arantxa por temporada: Densidad (D), Cobertura (C) y Frecuencia relativa (Fr).

Género/especie	Temporada								
	Seca			Húmeda			Posthúmeda		
	D	C	Fr	D	C	FR	D	C	FR
<i>Amaranthus hybridus</i>	27.42	0.80	1.03						
<i>Salsola kali</i>	226.28	43.12	8.57	27.42	2.91	3.61	13.71	2.78	5.94
<i>Bahia absinthifolia</i>	6.85	0.51	0.25						
<i>Hymenothrix wislizeni</i>	6.85	0.12	0.25						
<i>Heliotropium curassavicum</i>	54.85	1.12	2.07	96.00	0.83	12.65	20.57	0.05	8.91
<i>Dimorphocarpa wislizeni</i>	27.42	0.28	1.03	4.57	0.006	0.60			
<i>Boerhavia spicata</i>	34.28	2.26	1.29	4.57	0.40	0.60			
<i>Tripterocalyx carnea</i>	34.28	2.23	1.29	50.28	4.55	6.62			
<i>Oenothera pallida</i>	164.57	12.44	6.23	84.57	1.78	11.14	91.42	1.11	39.60
<i>Cenchrus spinifex</i>	699.42	2.752	26.49	178.28	1.41	23.49	45.71	0.12	19.80
<i>Setaria leucopila</i>	1035.42	2.16	39.2	13.71	0.06	1.80			
<i>Sporobolus airoides</i>	130.28	0.50	4.93	9.14	0.15	1.20			
<i>Panicum hallii</i>				20.57	0.20	2.71			
<i>Setaria macrostachya</i>				178.28	0.91	23.49	59.42	0.07	25.74
<i>Physalis hederifolia</i>	171.42	4.30	6.49	86.85	1.22	11.44			
<i>Tribulus terrestris</i>	20.57	0.22	0.77	4.57	1.64	0.60			

6.2 Número de montículos de *Geomys arenarius* en las áreas de muestreo

En el Rancho El Lobo se registraron un total 37 montículos en las tres temporadas (seca, húmeda y posthúmeda 2020) en el área de muestreo (7 ha). En la temporada seca se registraron 18 montículos (48.64%), en la temporada húmeda 14 montículos (37.83%) y en la temporada posthúmeda 5 (13.51%).

En el Rancho Arantxa se registraron un total 2,113 montículos en las tres temporadas (seca, húmeda y posthúmeda 2020) en el área de muestreo (7 ha). En la temporada seca se registró un total de 340 (16.09%) montículos, en la temporada húmeda 599 (28.34%) y en la posthúmeda 1,174 (55.56%).

6.2.1 Comparación densidad de montículos de *Geomys arenarius* en las dos zonas

La densidad de montículos de *G. arenarius* por temporada se ilustra en la figura 9. En el Rancho El Lobo, la mayor densidad se registró en la temporada seca (2.57 montículos/ha) y en el Rancho Arantxa ocurrido en la temporada posthúmeda (167.71 montículos/ha). Se detectó diferencia significativa en la densidad de montículos entre el Rancho El Lobo y Rancho Arantxa ($\alpha=0.05$, $p= 0.048$).

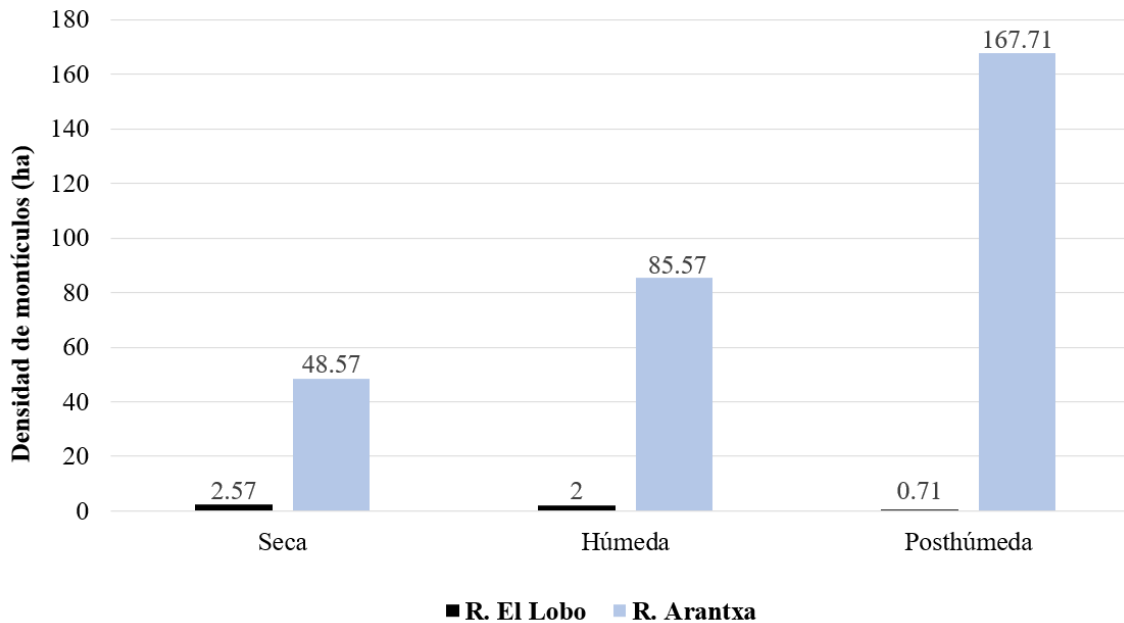


Figura 9. Comparación de la densidad de montículo entre el Rancho El Lobo y el Rancho Arantxa por temporadas.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo mencionado por Smallwood *et al.* (2001) en la tuza norteña (*Thomomys bottae*), la cual tiende a invadir los campos agrícolas aumentando su densidad dentro de las zonas de cultivo. Por otro lado, Romañach *et al.* (2005) mencionan que las tuzas suelen tolerar los impactos existentes en las regiones agrícolas y estas encuentran un hábitat adecuado en dichas zonas, esto lo reafirman Powers *et al.* (2011) para *T. monticola* y *T. bottae* donde mencionan que la densidad de montículos es significativamente más alta en áreas impactadas. En Samalayuca las tuzas han logrado colonizar áreas de cultivo y en estas zonas se encuentran más activas con respecto a zonas sin cultivo, esto se ha reportado en *G. bursarius* (Tilman, 1983), *T. bottae* (Seabloom *et al.*, 2000) y *T. talpoides* (Lynn *et al.*, 2018) donde estas tuzas aumentan sus actividades en parcelas de alta biomasa siendo evidente por la presencia de montículos.

El cambio en las densidades de montículos en ambas zonas se encuentra relacionado con las características del sitio, en el Rancho El Lobo las densidades son bajas debido a la disposición de los recursos alimenticios y como estos van disminuyendo (riqueza, cobertura, densidad y frecuencia relativa) en las temporadas, esto concuerda con Laycock y Richardson (1975) donde mencionan que las tuzas tienen baja densidad en las zonas naturales.

Se ha reportado que la densidad de *G. bursarius* en las zonas naturales es de 7.6 montículos/ha (Horwath y Johnson, 2006) y para *T. talpoides* en zonas de disturbio una densidad de 328 montículos/ha (Yurkewycz *et al.*, 2014), esto es comparable con los resultados de *G. arenarius* en el Rancho Arantxa en donde se registró la mayor densidad al ser un área impactada por el establecimiento de cultivos.

En el caso particular del Rancho Arantxa la mayor densidad de montículos ocurrió en la temporada posthúmeda 2020, esto concuerda con lo reportado para *G. pinetis* en donde la densidad de montículos entre otoño e invierno fue de 241/0.5 ha (Clark *et al.*, 2018), sin embargo, en lo reportado para *T. bottae* la densidad promedio de las tuzas en campos de cultivo de alfalfa disminuyó hasta octubre (Smallwood *et al.*, 2001), en el caso de *G. arenarius* no disminuyó la densidad en la zona de cultivo, pero en la zona natural sí disminuyó, posiblemente la tuza arenera se encuentra influenciada por las características y el manejo que los humanos realizan en las zonas.

6.3 Correlación de la densidad de montículos *Geomys arenarius* y la riqueza vegetal

6.3.1 Correlación de riqueza vegetal y densidad de montículos en el Rancho El Lobo

En el Rancho El Lobo, la correlación de Pearson (figura 10) entre el número de especies vegetales con respecto a la densidad de montículos es positiva ($r=0.80$), con lo que a mayor número de especies vegetales en la zona de muestreo la densidad de montículos tiende a aumentar.

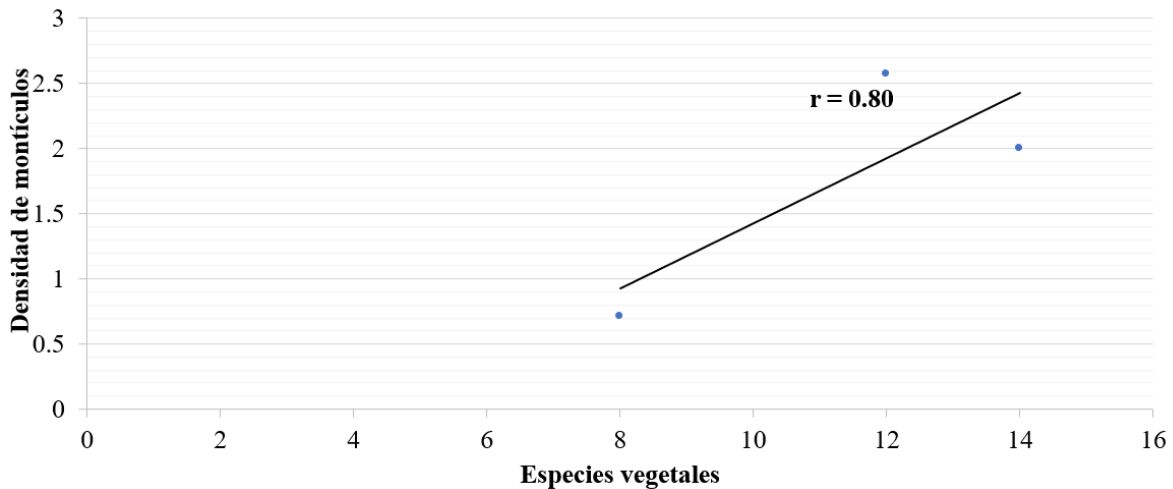


Figura 10. Correlación de la densidad de montículo y riqueza vegetal el R. El Lobo.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo mencionado por Inouye *et al.* (1987) para *G. bursarius* donde existió correlación positiva entre los montículos y la vegetación. Sin embargo, Coggins y Conover (2005) no encontraron correlación entre la diversidad de especies de plantas y el número de montículos de *T. talpoides* en una pradera natural. Posiblemente nuestros resultados mostraron correlación debido a que la zona de estudio corresponde a un área de dunas estabilizadas con poca presencia de especies vegetales. La densidad de montículos de *G. arenarius* coincide con el mayor registro de especies vegetales (12) y la menor densidad coincide con un menor número de especies vegetales (8), por lo cual, posiblemente la actividad de la tuza se encuentra correlacionada con la disposición de la vegetación, como se menciona para *G. bursarius* donde la actividad se encuentra relacionada con la presencia de un promedio de 7.9 especies vegetales y en zona sin actividad tenían significativamente menos especies vegetales (6.4) de acuerdo con Akhter *et al.* (2010).

6.3.2 Correlación de la riqueza vegetal y densidad de montículos en el Rancho Arantxa

En el Rancho Arantxa la correlación de Pearson (figura 11) entre el número de especies vegetales con respecto a la densidad de montículos resulto negativa ($r = -0.77$), con lo que a menor número de especies vegetales en la zona de cultivo la densidad de montículos tiende a aumentar.

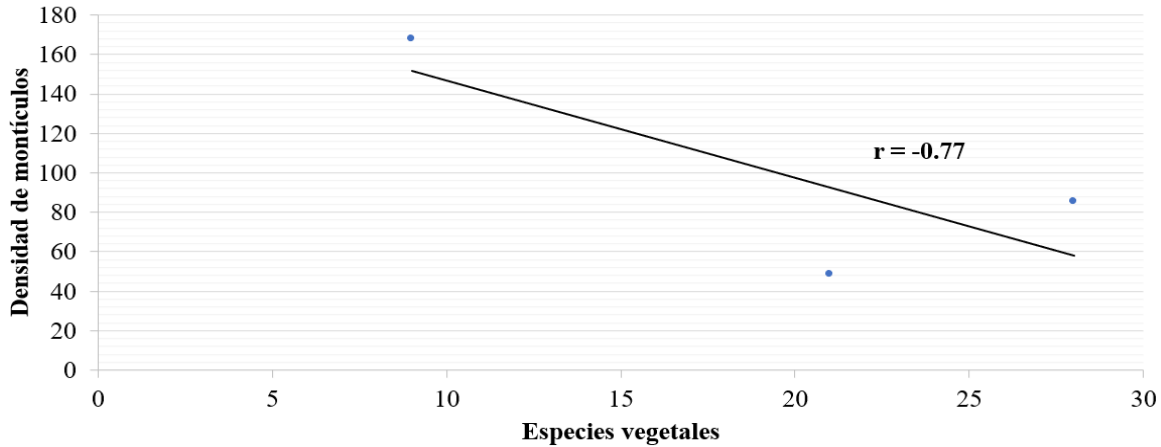


Figura 11. Correlación de la densidad de montículo y riqueza vegetal en el R. Arantxa.

En Rancho Arantxa existe mayor cantidad de especies vegetales, con lo cual las tuzas presentaron mayor actividad, se ha reportado que *T. talpoides* suele ser más abundante en zonas impactadas (Yurkewycz *et al.*, 2014). En *G. bursarius* y *T. talpoides* se ha correlacionado fuertemente la densidad de montículos con los patrones de abundancia de especies vegetales (Foster y Stubbendieck, 1980; Lynn *et al.*, 2018). No obstante, Bartha (2001) menciona que en *G. bursarius* la asociación negativa entre montículos y especies vegetales ocurre cuando la abundancia de hierbas aumenta, Grant *et al.* (1980) mencionan que la densidad de la vegetación sobre el suelo disminuyó significativamente al aumentar los montículos de *T. talpoides*. Esto concuerda con los resultados en el presente estudio para *G. arenarius* en R. Arantxa, donde la correlación entre especies vegetales y montículos resultó negativa.

6.4 Medidas morfométricas y peso de ejemplares colectados de *Geomys arenarius*

Se obtuvieron un total de 40 ejemplares adultos de *Geomys arenarius*. Siendo en la temporada seca un total de 11 hembras y tres machos, en la húmeda 13 hembras y ocho machos y en la posthúmeda cinco hembras.

Los machos ($n=5$) presentaron una Longitud Total (LT) promedio de 267.40 ± 9.60 mm, Longitud Cola (LC) de 77.6 ± 3.78 mm, Longitud Pata (LP) de 33.60 ± 3.71 mm, Longitud Oreja (LO) de 5.0 ± 1.0 mm y un peso (w) de 194.80 ± 43.75 g. Las hembras ($n=18$) presentaron LT promedio de 234.94 ± 19.24 mm, LC de 68.05 ± 11.04 mm, LP de 32.05 ± 3.05 , LO de 4.05 ± 0.87 y un w de 120.83 ± 26.03 g en las tres temporadas. Las medidas de los ejemplares y peso por cada temporada corresponden a 10 (3 machos y 7 hembras) en la temporada seca, ocho (2 machos y 6 hembras) en la húmeda y cinco (hembras) de la posthúmeda (cuadro 3). Los ejemplares excluidos del anterior análisis fueron aquellos

que carecían de cola (11 ejemplares), así como hembras embarazadas o en lactancia (4 en la temporada seca y 2 en la húmeda).

Cuadro 3. Promedios con desviación estándar de las medidas morfométricas y peso por temporadas y sexo de *G. arenarius*.

Temporada	Sexo	LT	LC	LP	LO	W
Seca	♂ n=3	269.66 ± 6.65	76.66 ± 3.05	33.66 ± 5.03	5.66 ± 0.57	223.66 ± 1.52
	♀ n=7	229.85 ± 14.87	70.57 ± 4.46	31.00 ± 1.82	4.71 ± 0.75	134.85 ± 29.70
Húmeda	♂ n=2	264.00 ± 15.55	79.00 ± 5.65	33.50 ± 2.12	4.00 ± 0.0	151.50 ± 37.47
	♀ n=6	244.83 ± 25.39	73.16 ± 8.65	34.50 ± 3.93	4.00 ± 0.63	114.00 ± 25.88
Posthúmeda	♀ n=5	230.20 ± 14.68	58.4 ± 15.09	30.60 ± 1.34	3.2 ± 0.44	109.40 ± 11.90

Anderson (1972) reporta las medidas morfométricas de un ejemplar macho y una hembra colectados en las cercanías de Samalayuca, sin embargo, el no incluye el peso. En nuestro caso se reportan las medidas de una mayor cantidad de ejemplares de *G. arenarius*, siendo los machos los que presentaron mayor talla que las hembras y esto concuerda con lo mencionado por diversos autores (Hendricksen, 1972; Daly y Patton, 1986; Mauk *et al.*, 1999; Connior, 2011; Caledo y Brown, 2021) donde los machos son de mayor tamaño que las hembras.

6.5 Índice de condición física de *Geomys arenarius*

En la zona sin cultivo (Rancho El Lobo) se capturó un ejemplar hembra en la temporada seca 2020, la cual presentó las siguientes medidas 233-66-31-4=154. El índice de condición física de este individuo fue de 3.28, al ser una sola captura se excluyó en el análisis estadístico al igual que ejemplares sin cola, hembras embarazadas o lactancia.

En la zona de cultivo (Rancho Arantxa) el promedio del IK general de los machos fue de 2.82 ± 0.47 , siendo en la temporada seca de 3.12 ± 0.30 y en la húmeda de 2.38 ± 0.22 . En las hembras el IK promedio general fue de 2.64 ± 0.61 , siendo en la temporada seca de 3.28 ± 0.12 , humedad de 2.29 ± 0.54 y posthúmeda de 2.15 ± 0.13 .

Con la prueba de la mediana de Mood no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$; d.f = 1; p = 0.13) entre el índice de condición física (IK) de los machos de la temporada seca con respecto a los machos de la temporada húmeda.

La prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de la temporada sobre el IK de las hembras de *G. arenarius* fue estadísticamente significativa ($\alpha=0.05$, d.f= 2; p= 0.005). Con la Prueba de Conover ($\alpha=0.05$), se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la temporada seca con respecto a la húmeda

($p= 0.012$) y posthúmeda ($p= 0.0005$) y entre la húmeda y posthúmeda ($p= 0.57$) no hubo diferencias significativas en el IK.

El coeficiente de correlación de Spearman para los machos ($R= 0.86$) y hembras ($R= 0.74$) mostro una correlación fuerte entre el índice de condición física (IK) y la cobertura vegetal (figura 12), con lo cual, a mayor cobertura vegetal el IK tiende a aumentar.

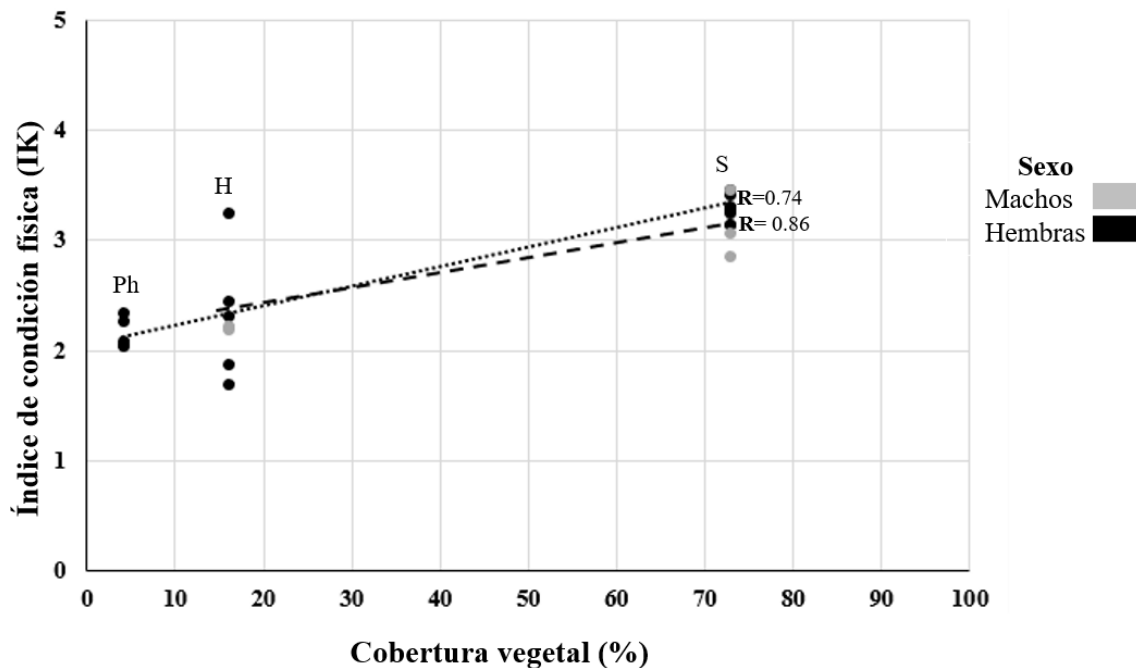


Figura 12. Correlación de la cobertura vegetal y el índice de condición física (IK).

Schulte-Hostedde *et al.* (2008) mencionan que el índice de condición en los pequeños mamíferos está relacionado con la variación en la disposición de los recursos alimenticios. Se ha reportado que en roedores como *G. attwateri* (Rezsutek, 1997) y *Arvicola terrestres* (Nazarova y Evsikov, 2008) la variación en la disponibilidad de recursos alimenticios se encuentra relacionado con cambios en la condición física a nivel de la población. El IK de los machos de *G. arenaius* no presentó diferencias estadísticamente significativas en las dos temporadas (seca y húmeda), posiblemente causado por la baja captura y falta de ejemplares machos colectados en la temporada posthúmeda, sin embargo, en las hembras el índice de condición física fue significativamente mayor en la temporada seca y en esta temporada se detectó la mayor cobertura vegetal con respecto a las otras dos temporadas (húmeda y posthúmeda) y en ambos casos se mostró una fuerte correlación entre el IK y la cobertura vegetal. Esto

concuerta con lo mencionado por Romañach *et al.* (2007) para *G. attwateri*, *G. bursarius* y *Thomomys bottae*, en donde la variación de la masa corporal está relacionada con los cambios en la abundancia de la vegetación en la zona, la ganancia en la talla es más alta en el sitio con mayor biomasa (vegetación) que en sitios con menor biomasa y como Schulte-Hostedde *et al.* (2001) mencionan que la condición física en los pequeños mamíferos está relacionado con la variación en la disposición de los recursos alimenticios. Cabe señalar que el Rancho Arantxa al tener actividades de cultivo, la vegetación se ve influenciada por factores antropogénicos como el deshierbe y riego, lo que conlleva a la disminución o aumento de la cobertura, densidad y riqueza vegetal, estos cambios generan impacto en la nutrición de tuzas, lo cual se ve reflejado en los cambios de los valores del IK en cada temporada.

6.6 Ecología alimentaria

6.6.1 Dieta de la tuza arenera *Geomys arenarius*

El ejemplar capturado en el Rancho El Lobo en la temporada seca 2020, presentó una dieta conformada por la malva de globo *Sphaeralcea incana* (67.24%), la vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* (22.41%) y la hierba de cabra *Croton texensis* (10.34%).

En el Rancho Arantxa el análisis de la dieta se realizó con 40 estómagos de *G. arenarius* de los cuales, el 35% ($n=14$) son de la temporada seca, 52.5% ($n=21$) de la húmeda y 12.5% ($n=5$) de la posthúmeda 2020. La dieta general estuvo conformada por 15 especies de plantas correspondientes a 13 géneros pertenecientes a 10 familias botánicas.

La cereza de la hiedra *Physalis hederifolia* aportó el 29.07% de los *items* consumidos, seguido por vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* con el 16.37% y el zacate abrojo de la costa *Cenchrus spinifex* con el 14.40%.

En la temporada seca (S) la dieta de *G. arenarius* estuvo conformada por 11 especies, 11 géneros y nueve familias. Siendo el 27.97% del zacate abrojo de la costa *Cenchrus spinifex*, el 21.14% de la vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* y el 15.78% de la cereza de la hiedra *Physalis hederifolia*.

En la temporada húmeda (H) se registraron 11 especies, 10 géneros y siete familias en la dieta de la tuza arenera. De las cuales la cereza de la hiedra *Physalis hederifolia* correspondió al 31.24%, la vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* y el ramom del diablo *Tripterocalyx carneus* con el 17.88% respectivamente.

En la temporada posthúmeda (Ph) la dieta de *G. arenarius* se conformó por seis especies vegetales, seis géneros y cinco familias. Siendo la cereza de la hiedra *Physalis hederifolia* el *item* que aportó el 58.20%

en la dieta, seguido del zacate temprano *Setaria macrostachya* con el 25.82% y la hierba de fuego *Heliotropium curassavicum* el 9.42%.

La dieta general y por temporadas de *G. arenarius* se muestra en el cuadro 4 y en anexo 4 se observan las seis especies con mayor porcentaje de consumo.

Cuadro 4. Familias, géneros y especies vegetales en la dieta general y por temporada registrada en *Geomys arenarius* en el Rancho Arantxa.

Familia	Género/especie	General	Temporada		
			S	H	Ph
Solanaceae	<i>Physalis hederifolia</i>	29.26	15.78	31.24	58.20
Brassicaceae	<i>Dimorphocarpa wislizeni</i>	16.29	21.14	17.88	
Poaceae	<i>Cenchrus spinifex</i>	14.40	27.97	5.63	2.46
Nyctaginaceae	<i>Tripterocalyx carneus</i>	10.20	6.51	17.88	
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	9.73	15.44	4.19	9.42
Poaceae	<i>Panicum hallii</i>	6.42		15.3	
Poaceae	<i>Setaria macrostachya</i>	4.94		1.61	25.82
Poaceae	<i>Setaria leucopila</i>	2.90	5.04	1.93	
Asteraceae	<i>Palafoxia sphacelata</i>	1.82	0.49	3.86	
Amaranthaceae	<i>Salsola kali</i>	1.42	3.09		0.82
Poaceae	<i>Sporobolus airoides</i>	1.01	2.43		
Onagraceae	<i>Oenothera pallida</i>	0.40	0.97		
Juglandaceae	<i>Carya illinoensis</i>	0.54			3.28
Malvaceae	<i>Sphaeralcea incana</i>	0.54	1.14	0.16	
Poaceae	<i>Sporobolus contractus</i>	0.13		0.32	

*Todos los valores expresados anteriormente corresponden al porcentaje (%) en la dieta.

La dieta de *G. arenarius* en el Rancho EL Lobo se conformó por especies nativas, las cuales han sido reportadas como flora nativa del desierto Chihuahuense (Hanson, 1921; Johnston, 1958; Vega-Mares *et al.*, 2014).

De las 32 especies vegetales registradas en el Rancho Arantxa, *G. arenarius* se alimentó solo de 15 (46.87%) en las tres temporadas, siendo los principales *items* consumidos las herbáceas, lo cual concuerda con lo reportado en otras especies de tuzas como *Thomomys mazama*, *T. talpoides* y *G. bursarius* (Tietjen *et al.*, 1967; Vaughan, 1967; Burton y Black, 1978; Luce *et al.*, 1980) donde las herbáceas conforman la mayor proporción de la dieta anual. La baja densidad o ausencia de herbáceas se encuentra relacionada con baja presencia de tuzas. Con lo cual, es evidente que la dieta de las tuzas se compone de ciertas especies vegetales que se desarrollan en las zonas que habitan y la disponibilidad de éstas. En otros estudios de dieta en geómidos en zonas agrícolas se ha reportado que el cultivo representa más del 90% del contenido estomacal de las tuzas (Ward, 1960; Luce y Case, 1977;

Chavarría-Chang y Monge, 2020), sin embargo, los resultados muestran que *G. arenarius* no presentó una alimentación activa hacia el cultivo de nogal, el cual aportó menos del 1% de la dieta en las tres temporadas siendo solo consumida en la temporada posthúmeda, evidenciando el consumo de plantas asociadas al cultivo. Aunque no presentó una alimentación dirigida al cultivo, posiblemente el daño sea hacia los sistemas de riego por su constante excavación y roer, con lo cual afectan secundariamente a los cultivos de nogal al reducir el vigor de las plantas y la producción. Se ha mencionado que las tuzas se encuentran relacionadas con daños importantes a los sistemas agrícolas generando pérdidas en la producción (Witmer *et al.*, 1999; Lacher *et al.*, 2019). Posiblemente al establecer las nogaleras generan que estas zonas actúen como un hábitat artificial que las tuzas estén aprovechando para obtener nuevas fuentes de recursos alimenticios. Siendo éste el principal factor de conflicto entre el productor y la tuza en la zona de producción de nuez.

6.6.2 Amplitud de nicho trófico de Levins

Debido a que solo se capturó un individuo del Rancho El Lobo no se calculó la amplitud trófica.

El índice de amplitud trófica de Levins de *G. arenarius* fue de $B= 5.27$ y el valor estandarizado fue de $B_a= 0.37$, con lo cual, la tuza arenera es considerada como un herbívoro especialista. Los valores de Levins por temporada sugieren que la tuza presenta una amplitud trófica reducida

En el cuadro 5 se observan los valores del índice de Levins por temporada.

Cuadro 5. Valores del índice de Levins para la temporada seca, húmeda y posthúmeda 2020.

Familia	Especie	General	Seca	Húmeda	Posthúmeda
Solanaceae	<i>Physalis hederifolia</i>	0.085614	0.024900	0.097593	0.338724
Brassicaceae	<i>Dimorphocarpa wislizeni</i>	0.026536	0.044689	0.031969	
Poaceae	<i>Cenchrus incertus</i>	0.020736	0.078232	0.003169	0.000605
Nyctaginaceae	<i>Tripterocalyx carneus</i>	0.010404	0.004238	0.031969	
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	0.009467	0.023839	0.001755	0.008873
Poaceae	<i>Panicum hallii</i>	0.004121		0.023409	
Poaceae	<i>Setaria macrostachya</i>	0.002440		0.000259	0.066667
Poaceae	<i>Setaria leucopila</i>	0.000841	0.002540	0.000372	
Asteraceae	<i>Palafoxia sphacelata</i>	0.000331	0.000024	0.001489	
Amaranthaceae	<i>Salsola kali</i>	0.000201	0.000954		0.000067
Poaceae	<i>Sporobolus airoides</i>	0.000102	0.000590		
Onagraceae	<i>Oenothera pallida</i>	0.000016	0.000094		
Juglandaceae	<i>Carya illinoensis</i>	0.000029			0.001075
Malvaceae	<i>Sphaeralcea incana</i>	0.000029	0.000129	0.000002	
Poaceae	<i>Sporobolus contractus</i>	0.000001		0.000010	
		B= 5.21	4.54	4.20	1.40
		B_a= 0.37	0.45	0.42	0.28

Las tuzas son consideradas herbívoros generalistas que se alimentan de diferentes partes (hojas, raíces y frutos) de una amplia variedad de especies vegetales (Howard y Childs, 1959; Williams y Cameron, 1986; Hunt, 1992; Cortez *et al.*, 2013), sin embargo, en el presente estudio el resultado del índice de Levins para *G. arenarius* demuestra que es una especie especialista. Sin embargo, Briones-Salas *et al.* (2013) mencionan que clasificar a un organismo como especialista no depende únicamente del valor del índice de Levins, sino un conjunto de condiciones propias de la especie, así como de la zona. En la nogalera el constante cambio en el riego y eliminación de la vegetación asociada al cultivo por parte del personal hace que las tuzas dependan de un número limitado de recursos disponibles o aprovechables en la zona y posiblemente *G. arenarius* esté adoptando una estrategia de forrajeo óptimo que le proporcione el mayor beneficio al menor costo, maximizando la energía obtenida. Como menciona Pyke (1984) que la dependencia de los organismos a un determinado alimento se encuentra relacionada con la abundancia, tiempo de búsqueda y valor energético, lo que conlleva a una selección. Se ha reportado que en las tuzas la búsqueda de alimento presenta una selección relativamente intensa, equilibrando el costo de búsqueda y la energía aportada (Vleck, 1981; Andersen, 1988; Reichman, 1988; Jenkins y Bollinger, 1989). Posiblemente en el caso de *G. arenarius* el reducido nicho alimenticio sea determinado por la disponibilidad y aporte energético de las plantas, así como a los constantes manejos agronómicos (poda, fertilización, riego y deshierbe) que limitan o eliminan fuentes de alimento dentro de la nogalera en las diferentes temporadas

6.6.3 Preferencia alimentaria (Índice de Ivlev)

Debido a que solo se capturó un individuo del Rancho El Lobo no se calculó la preferencia alimentaria. En la zona de cultivo (R. Arantxa) las tuzas areneras tuvieron preferencia alimentaria principalmente por la vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* (0.94), la hierba de fuego *Heliotropium curassavicum* (0.89) y el ramo de diablo *Tripterocalyx carneus* (0.83). Presentaron rechazo por el zacate temprano *Setaria leucopila* (-0.29) y la rodadora *Salsola kali* (-0.09) en la temporada seca, figura 13.

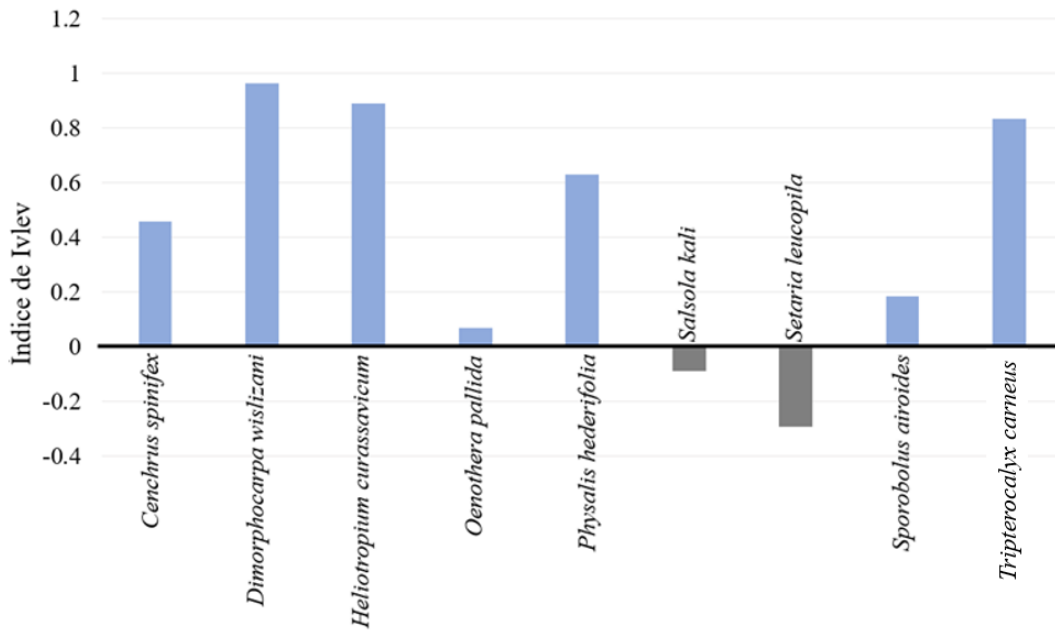


Figura 13. Especies vegetales preferidas y rechazadas por *Geomys arenarius* en la temporada seca.

En la temporada húmeda tuvieron preferencia por la vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* (0.93), el panizo aserrín *Panicum hallii* (0.79) y el zacate temprano *Setaria leucopila* (0.77). Los items que rechazados fueron el zacate abrojo de la costa *Cenchrus spinifex* (-0.42), el zacate temprano *Setaria macrostachya* (-0.42) y la hierba de fuego *Heliotropium curassavicum* (-0.14), figura 14.

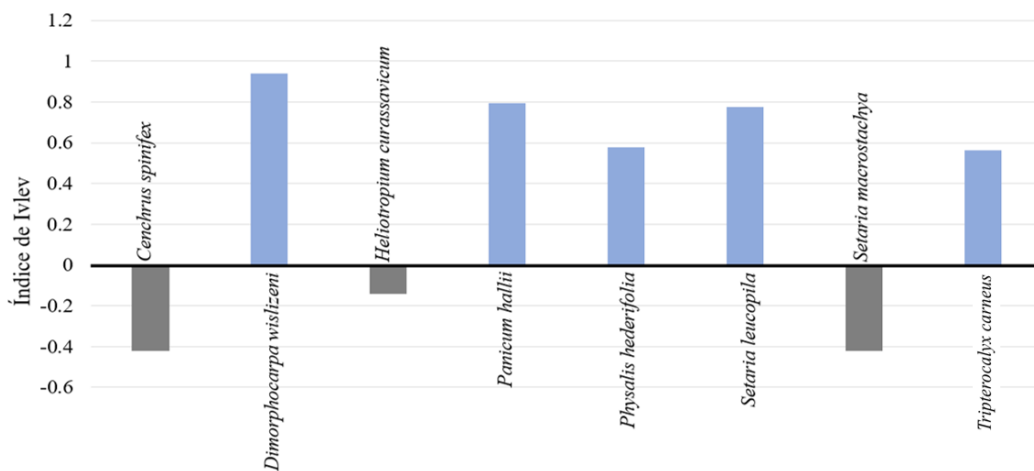


Figura 14. Especies vegetales preferidas y rechazadas por *Geomys arenarius* en la temporada húmeda.

En la temporada posthúmeda las tuzas areneras tuvieron preferencia por la hierba de fuego *Heliotropium curassavicum* (0.74), la rodadora *Salsola kali* (0.54) y el zacate temprano *Setaria macrostachya* (0.51). Presento selección neutra por onagra pálida *Oenothera pallida* (0.005) y el zacate abrojo de la costa *Cenchrus spinifex* (0.005), figura 15.

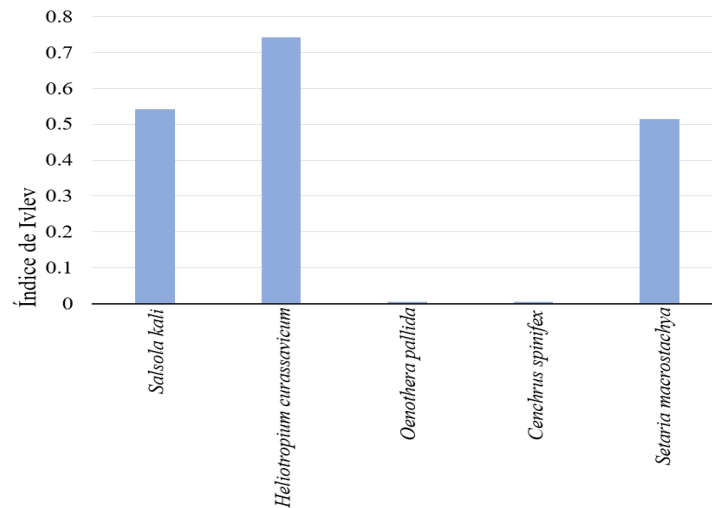


Figura 15. Especies vegetales preferidas y rechazadas por *Geomys arenarius* en la temporada posthúmeda.

En la temporada seca y húmeda *G. arenarius* presentó preferencia alimentaria por *Dimorphocarpa wislizeni*, *Tripterocalyx carnea* y *Physalis hederifolia* y en la posthúmeda por *Heliotropium curassavicum* y *Salsola kali*, las cuales corresponden a herbáceas. Se ha reportado que *G. bursarius* prefiere consumir herbáceas como *Opuntia humifusa* (25.0), *Astragalus* spp., (10.0), *Hesperostipa comata* (5.5) y *Sphaeralcea coccinea* (5.0) de acuerdo con Myers y Vaughan (1964). En los resultados de *G. arenarius* presentó preferencia por especies de la familia Poaceae correspondientes a *Panicum hallii* (0.79) y *Setaria leucopila* (0.77) en la temporada húmeda y en la posthúmeda por *Setaria macrostachya* (0.51). Hunt (1992) menciona que *T. bottae* presentó preferencia por *Bromus* sp., durante el verano; así como lo reportado por Witmer (2016) en *T. talpoides*, el cual prefiere a *Bromus inermis* en el comienzo del verano y esto con cuerda con la preferencia de pastos en la temporada seca y húmeda para *G. arenarius*.

Se ha reportado por Williams y Cameron (1986) que *G. attwateri* rechaza a monocotiledóneas perennes como *Schizachyrium scoparium* (Poaceae), en otros estudios (Williams y Cameron, 1990; Rezsutek y Cameron, 2011) se reporta que *G. bursarius* suele rechazar a las Poaceae (monocotiledóneas perennes)

y prefiere a las herbáceas. Esto concuerda con los resultados de *G. arenarius* donde presentó rechazo en la temporada seca y húmeda principalmente por especies de la familia Poaceae como *Setaria leucopila*, *S. macrostachya* y *Cenchrus spinifex* y en la temporada posthúmeda presentó una selección neutra por *Cenchrus spinifex*, las cuales corresponden a monocotiledóneas perennes. Aunque presentó rechazo por *Salsola kali* en la temporada seca y *Heliotropium curassavicum* en la temporada húmeda, las cuales son dicotiledóneas perennes, se conoce que en el inicio de verano y principios de otoño *T. talpoides* rechaza dicotiledóneas perennes de acuerdo con Witmer (2016). Bandoli (1981) menciona que *T. bottae* no presenta preferencia en consumir *Salsola* sp. y ésta es sólo consumida por una pequeña proporción de la población en áreas impactadas. En los resultados de *G. arenarius* la prefirieron en la temporada posthúmeda, siendo en esta temporada donde la disponibilidad de la vegetación disminuye por efecto del riego y el deshierbe de la nogalera, por lo que posiblemente las tuzas se estén alimentando de los elementos que tienen disponible en esta temporada.

7. CONCLUSIONES

La vegetación asociada a la nogalera provee una fuente de recurso alimenticio que permite el establecimiento de *G. arenarius*.

La densidad de montículos de tuza arenera (*Geomys arenarius*) fue significativamente mayor en la zona de cultivo (Rancho Arantxa) con respecto a la zona natural (Rancho EL Lobo).

El índice de condición física de las tuzas se ve influenciada por la disponibilidad de recursos alimentarios, al aumentar la cobertura vegetal la biomasa aumenta.

La dieta de la tuza arenera (*Geomys arenarius*) estuvo representada principalmente por *Physalis hederifolia* (Solanaceae), *Dimorphocarpa wislizeni* (Brassicaceae) y *Cenchrus spinifex* (Poaceae).

Los datos aportados por el índice Levins evidenciaron que *G. arenarius* es un roedor especialista.

La preferencia alimentaria de *G. arenarius* en la temporada seca estuvo representada por *Dimorphocarpa wislizeni* (0.94), *Heliotropium curassavicum* (0.89) y *Tripterocalyx carneus* (0.83), en la húmeda por *Dimorphocarpa wislizeni* (0.93), *Panicum hallii* (0.79) y *Setaria leucopila* (0.77) y en la temporada posthúmeda por *Heliotropium curassavicum* (0.74) y *Salsola kali* (0.54).

El rechazo de elementos alimenticios en la temporada seca fue hacia *Setaria leucopila* (-0.29) y *Salsola kali* (-0.09) y en la húmeda por *Cenchrus spinifex* (-0.42) y *Setaria macrostachya* (-0.42) y en la temporada presentó selección neutra por *Oenothera pallida* (0.005) y *Cenchrus spinifex* (0.005).

Se acepta la hipótesis para la relación de densidad de montículos y especies vegetales, al evidenciarse que las tuzas se alimentan activamente de la vegetación asociada al cultivo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhter, Z., Gilliksen, L., Swisher, N. y Sosa, T. 2010. Gopher disturbance and plant diversity in prairie communities. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, <https://hdl.handle.net/11299/60319> (Consultado 15 marzo 2020).
- Alarcón-Nieto, G y Palacios E. 2009. Amplitud y traslape de la dieta de los tucanes y barbudos. Estación biológica Mosiro Itajura-Caparú: Biodiversidad en el territorio Yagojé-Apaporis. Bogotá, Colombia: Conservación Internacional Colombia. p. 137-146.
- Aldous, C. M. 1951. The Feeding Habits of Pocket Gophers (*Thomomys talpoides moorei*) in the High Mountain Ranges of Central Utah. *Journal of Mammalogy*. 32: 84-87.
- Altuna, C. A., Francescoli, G., Tassino, B. y Izquierdo, G. 1999. Ecoetología y conservación de mamíferos subterráneos de distribución restringida: el caso de *Ctenomys pearsoni* (Rodentia, Octodontidae) en el Uruguay. *Etología*. 7: 47-54.
- Álvarez-Castañeda, S. T., Ríos, E., Cortés-Calva, P., González-Ruiz, N. y Suárez-Gracida, C. G. 2008. Mamíferos de las reservas de El Valle de los Cirios y El Vizcaino. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS. p. 113.
- Andersen, D. C. 1988. Tunnel-construction methods and foraging path of a fossorial herbivore, *Geomys bursarius*. *Journal of Mammalogy* 69:565-582.
- Anderson, S. 1972. Mammals of Chihuahua: taxonomy and distribution. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 148:149-410.
- Aranda, M. J. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 209pp.
- Arellano, I., Pinto, R., López, A., Guevara, F., Hernández, D. y Ley, A. 2019. Modificación de la técnica microhistológica. *Archivos de Zootecnia*. 68: 164-166.
- Ávila-Rodríguez, V., Vacio-Fraga, C. A., Nava-Camberos, U., Márquez-Hernández, C., García de la Peña, C., Olalde-Portugal, V. y García-Hernández, J. L. 2016. Identificación, fluctuación poblacional y parasitismo de áfidos en nogal en la Comarca Lagunera, México. *Phyton*. 85: 249-255.
- Bailey, R. S. 1968. An index of bird population changes in woodland. *Bird Study*. 15: 171-180.
- Bailey, V. 1895. The pocket gophers of the United States (No. 5). US Department of Agriculture, Division of Ornithology and Mammalogy. Washigton D.C. United States of America. Government printing office. p. 17-18.

- Bandoli, J. H. 1981. Factors influencing seasonal burrowing activity in the pocket gopher, *Thomomys bottae*. *Journal of Mammalogy*. 62: 293-303.
- Bartha, S. 2001. Spatial relationships between plant litter, gopher disturbance and vegetation at different stages of old-field succession. *Applied Vegetation Science*. 4: 53-62.
- Bauer, M. D. O., Gomide, J. A., Silva E. A. M. D., Regazzi, A. J. y Chichorro, J. F. 2005. Análise comparativa de fragmentos identificáveis de forrageiras, pela técnica micro-histológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 1841-1850.
- Bennett, M. E., Gitzen, R. A., Conner, L. M., Smith, M. D., Soehren, E. C. y Castleberry, S. B. 2020. Interactions of Soil and Vegetation Determine Habitat for Southeastern Pocket Gopher (*Geomys pinetis*). *The American Midland Naturalist*. 184: 205-221.
- Bonino, N. 1995. La taltuza en la zona hortícola del norte de Cartago, Costa Rica. *Manejo integral de plagas de Costa Rica*. 37: 57-62.
- Briones-Salas, M., Peralta-Pérez, M. A., y Arellanes, E. 2013. Análisis temporal de los hábitos alimentarios de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) en el río Zimatán en la costa de Oaxaca, México. *Therya* 4: 311-326.
- Burton, D. H. y Black, H. C. 1978. Feeding Habits of Mazama Pocket Gophers in South-Central Oregon. *The Journal of Wildlife Management*. 42: 383-390.
- Calede, J. J., y Brown, A. 2021. Sexual dimorphism in cranial shape and size in geomyoid rodents: multivariate and evolutionary perspectives. *Current Zoology*.
- Castellaro, G. G., Squella N. F., Ullrich R. T., León C. F. y Raggi S. A. 2007. Algunas Técnicas Microhistológicas Utilizadas en la Determinación de la Composición Botánica de Dietas de Herbívoros. *Agricultura Técnica*: 67: 86-93.
- Castellaro, G., Ullrich, R., Wackwitz, B. y Raggi, S. 2004. Composición botánica de la dieta de alpacas (*Lama pacos* L.) y llamas (*Lama glama* L.) en dos estaciones del año, en praderas altiplánicas de un sector de la Provincia de Parinacota, Chile. *Agricultura técnica*. 64: 353-363.
- Ceballos, G y Arroyo-Cabrales, J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*. 2: 27-80.
- Cervantes-Vázquez, M. G., Orona, C. I., Vázquez, V. C., Fortis, H. M. y Espinoza, A. J. J. 2018. Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9: 25-35.

- Chambers, R. R., Sudman, P. D. y Bradley, R. D. 2009. A phylogenetic assessment of pocket gophers (*Geomys*): evidence from nuclear and mitochondrial genes. *Journal of Mammalogy*. 90: 537-547.
- Chavarría-Chang, A. y Monge, J. 2020. Impact of the pocket gopher *Heterogeomys underwoodi* (Rodentia: Geomyidae) in agricultural production in Puriscal, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*. 12: 54-64.
- Chávez-León, G. 2017. Procedimientos de campo para estimar la abundancia, daños e identificar tuzas en plantaciones de hule. Folleto Técnico Núm. 22. Cenic-Comef, INIFAP. Coyoacán, Ciudad. de México. México. p. 8-43.
- Clark, K. L., Branch, L. C. y Farrington, J. 2018. Bioturbation by mammals and fire interact to alter ecosystem-level nutrient dynamics in longleaf pine forests. *PloS one*. 13.
- Coggins, S. T. y Conover, M. R. 2005. Effects of pocket gophers on the herbaceous vegetation growing in aspen meadows. *Wildlife Society Bulletin*. 33: 1210-1215.
- Collazo, R. y Castro, J. 1997. Los roedores dañinos: algunos aspectos del control químico y bacteriológico. *Rev Inv Pec IVITA*. 8: 1-9.
- CONANP. 2013: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tlalpan. México. p. 21-41.
- Connior, M. B. 2011. *Geomys bursarius* (rodentia: Geomyidae). *Mammalian Species*, 43:104-117.
- Connior, M. B., Kershen, A. A., Medlin, R. E., Elrod, D. A., Sasse, D. B. y Risch, T. S. 2010. Distribution and habitat attributes of an endemic subspecies of pocket gopher. *The American Midland Naturalist*. 164: 217-229.
- Corriale, M. J., Orozco, M. M. y Pérez, I. J. 2013. Parámetros poblacionales y estado sanitario de carpinchos (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en lagunas artificiales de los Esteros del Iberá. *Mastozoología Neotropical*. 20: 31-45.
- Cortes, A., Rau, J. R., Miranda, E. y Jiménez, J. E. 2002. Hábitos alimenticios de *Lagidium viscacia* y *Abrocoma cinerea*: roedores sintópicos en ambientes altoandinos del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75: 583-593.
- Cortez, J. D., Henke, S. E. y Riddle, R. 2013. Habitat characteristics that influence Maritime Pocket Gopher densities. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*. 26: 14-24.

- Cortez, J. D., Henke, S. E., Wiemers, D. W., Fulbright, T. E., Wester, D. B., y Riddle, R. 2015. Distribution and habitat selection by the maritime pocket gopher. *Southeastern Naturalist*. 14: 41-56.
- Coto, J. y Rivera, M. 2005. Control de Taltuzas (*Orthogeomys* spp) en cultivos de banano y plátano dentro de plantaciones de café. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Departamento de Protección Vegetal. La lima, Cortes, Honduras. p. 1-3.
- Coues, E. 1875. Synopsis of the Geomyidae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 27: 130-138.
- Crouch, W. E. 1933. Pocket gopher control. US Department of Agriculture. Farmers' Bulletin No. 1709. Washington, D.C. p. 1-10.
- Daly, J. C., y Patton, J. L. 1986. Growth, reproduction, and sexual dimorphism in *Thomomys bottae* pocket gophers. *Journal of Mammalogy* 67:256-265.
- Davis, W. B. y Schmidly, D. J. 1994. The Mammals of Texas. Texas Parks and Wildlife Department. United States of America. University of Texas. Texas, EEUU. p. 535-537.
- Davis, W. B. 1940. Distribution and variation of pocket gophers (genus *Geomys*) in the southwestern United States. Texas FARMER Collection. Bulletin No. 590. p. 21-30.
- De Zamora, P. S. N. y Reid, L. C. 2010. Recuperación e identificación de fragmentos foliares de hiedra (*Hedera helix* L.), una especie tóxica, en heces de cachorro canino. *Revista Ciencias Morfológicas*. 12: 10-19.
- Delgado, M. 1990. Daños causados por las taltuzas (*Orthogeomys cherriei*) en cultivos de la región Atlántica. *Investigación Agrícola*. 4: 1-4.
- Díaz, J. C. L., Vota, A. M. A., González, J. M. S., Valdés, A. A., Hernández, L. R., Pérez, E. V. y Andujo, A. R. 2011. Rentabilidad del nogal pecanero bajo sistemas de producción de mediana tecnología en Delicias, Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 29: 720-732.
- Dickman, C. R. 1999. Rodent-ecosystem relationships: a review. *Ecologically-based management of rodent pests*. ACIAR Monograph. 59: 113-133.
- DOF. 2009: Diario Oficial de la Federación. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la zona conocida como Médanos de Samalayuca, localizada en los municipios de Juárez y Guadalupe, en el estado de Chihuahua".
- Drewa, P. B. y Havstad, K. M. 2001. Effects of fire, grazing, and the presence of shrubs on Chihuahuan desert grasslands. *Journal of Arid Environments*. 48: 429-443.

- Engeman, R. M., y Witmer, G. W. 2000. Integrated management tactics for predicting and alleviating pocket gopher (*Thomomys* spp.) damage to conifer reforestation plantings. *Integrated Pest Management Reviews* 5:41-55.
- Enríquez-Anchondo, I. D. Las cactáceas de Samalayuca. *Ciencia en la frontera*. 2: 55-62.
- España, M. P. y Vidarte, L. M. 2012. Relaciones tróficas en el sistema hídrico de la provincia de los ríos: *Ichthyoelephas humeralis* y *Brycon alburnus*. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*. 1-16.
- Espinoza, A. J. D. J., Cervantes, V. M. G., Orona, C. I., Molina, M. V. M., Guerrero, R. L. A. y Fabela, H. A. M. 2019. Factores socioeconómicos para mejorar la producción y comercialización de la nuez pecanera en la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10: 551-561.
- Estarrón, E. J. (2008). El proceso de Expansión Urbana y su Impacto en el Uso de Suelo y vegetación del Municipio de Juárez, Chihuahua. Tesis Maestría. El Colegio de la Frontera Norte. Cd Juárez, Chih.
- Fernández, J. A., Hafner M. S., Hafner D. J. y Cervantes F. A. 2014. Conservation status of rodents of the families Geomyidae and Heteromyidae of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 576-588.
- Fernández-Olalla, M. y San Miguel-Ayanz, A. 2011. La selección de dieta en los fitófagos: conceptos, métodos e índices. *Pastos*. 37: 5-47.
- Foster, M. A. y Stubbendieck, J. 1980. Effects of the plains pocket gopher (*Geomys bursarius*) on rangeland. *Rangeland Ecology y Management/Journal of Range Management*. 33: 74-78.
- Gallina-Tessaro, S. 2011. Técnicas para conocer la dieta. *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Volúmen I. (S. Gallina & C. López-González, eds.). Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, Querétaro, México. p. 221-234.
- Galván, Y. F. 2012. Afectación por aves y mamíferos en viñedos del Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California. México.
- Gatica-Colima, A. B. 2019. Inventario multitaxonómico del ANP Médanos de Samalayuca (PJ018). Instituto de Ciencias Biomédicas. Chihuahua, México. pp. 34.
- Geoinstitutos, 2021. Plataforma de los Institutos Geográficos Iberoamericanos. <http://www.geoinstitutos.com/> (Consultado 03 noviembre de 2019).
- Gómez, D. M. C. y López, A. I. S. 2005. Comercialización de la nuez pecán en el mercado europeo. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 9: 1-22.

- González-Salazar, C., Martínez-Meyer, E. y López-Santiago, G. 2014. A hierarchical classification of trophic guilds for North American birds and mammals. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 931-941.
- Grant, W. E., French, N. R. y Folse Jr, L. J. 1980. Effects of pocket gopher mounds on plant production in shortgrass prairie ecosystems. *The Southwestern Naturalist*. 25: 215-224.
- Guerrero, S., Badii, M. H., Zalapa, S. S. y Flores, A. E. 2002. Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 86: 19-137.
- Guerrero-Cárdenas, I., Álvarez-Cárdenas, S., Gallina, S., Corcuera, P., Ramírez-Orduña, R. y Tovar-Zamora, I. 2018. Variación estacional del contenido nutricional de la dieta del borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis weemsi*), en Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 34.
- Hafner, D. J. y Geluso, K. N. 1983. Systematic relationships and historical zoogeography of the desert pocket gopher, *Geomys arenarius*. *Journal of Mammalogy*. 64: 405-413.
- Hafner, D. J., Timm, R. y Lacher, T. 2008. *Geomys arenarius*. La Lista Roja de la UICN de especies amenazadas 2008: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T9054A12953924> (Consultado 07 septiembre 2019).
- Hanson, H. C. 1921. Distribution of the malvaceae in southern and western Texas. *American Journal of Botany*. 8: 192-206.
- Hendricksen, R. L. 1972. Variation in the plains pocket gopher (*G. bursarius*) along a transect across Kansas and eastern Colorado. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 75:322-368.
- Hernández, L. B. V., Cameron, G. N. y Legorreta, R. A. M. 1999. Hábitos alimentarios y biología poblacional de dos especies de roedores en el occidente de México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*. 4: 5-21.
- Hernández-Muñoz, A. y Mancina, C. A. 2011. La dieta de la lechuza (*Tyto alba*) (Aves: Strigiformes) en hábitats naturales y antropogénicos de la región central de Cuba. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 217-226.
- Horwath, J. L. y Johnson, D. L. 2006. Mima-type mounds in southwest Missouri: expressions of point-centered and locally thickened biomantles. *Geomorphology*. 77: 308-319.
- Howard, W., y Childs, H. 1959. Ecology of pocket gophers with emphasis on *Thomomys bottae mewa*. *Hilgardia* 29:277-358.

- Howard., W. E. 1953. Rodent Control on California Ranges. Rangeland Ecology y Management. Journal of Range Management Archives. 6: 23-434.
- Hunt, J. 1992. Feeding Ecology of Valley Pocket Gophers (*Thomomys bottae sanctidiegi*) on a California Coastal Grassland. American Midland Naturalist. 127: 41-52.
- Inouye, R. S., Huntly, N. J., Tilman, D. y Tester, J. R. 1987. Pocket gophers (*Geomys bursarius*), vegetation, and soil nitrogen along a successional sere in east central Minnesota. Oecologia. 72: 178-184.
- IUCN. 2019. *Geomys arenarius*. <https://www.iucnredlist.org/species/9054/22218401> (Consultado 07 septiembre 2019).
- Ivlev, V. S. 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA. p. 35-45.
- Jenkins, S. H., y Bollinger, P. W. 1989. An experimental test of diet selection by the pocket gopher *Thomomys monticola*. Journal of Mammalogy 70:406-412.
- Johnston, M. C. 1958. The Texas Species of Croton (Euphorbiaceae). The Southwestern Naturalist. 3: 175-203.
- Keinath, D. A., Griscom, H. R. y Andersen, M. D. 2014. Habitat and distribution of the Wyoming pocket gopher (*Thomomys clusius*). Journal of Mammalogy. 95: 803-813.
- Kerley, G. I., Whitford, W. G. y Kay, F. R. 2004. Effects of pocket gophers on desert soils and vegetation. Journal of Arid Environments. 58: 155-166.
- Krebs, C. J. 1989. Niche measures and Resource Preferences. Pp 455-495 in Ecological methodology. Harper Collins Publishers. New York, EE.UU.
- Lacher, T., Hafner, D., y Timm, R. 2019. *Geomys arenarius*. En: IUCN 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021.1. www.iucnredlist.org. Consultado el 27 de junio 2021.
- Laycock, W. A. y Richardson, B. Z. 1975. Long-term effects of pocket gopher control on vegetation and soils of a subalpine grassland. Rangeland Ecology y Management/Journal of Range Management Archives. 28: 458-462.
- Lobo, J. M. y Halffter, G. 1994. Relaciones entre escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) y nidos de tuza (Rodentia: Geomyidae): Implicaciones biológicas y biogeográficas. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 62: 1-9.
- Loeb, S. C., Schwab, R. G. y Demment, M. W. 1991. Responses of pocket gophers (*Thomomys bottae*) to changes in diet quality. Oecologia. 86: 542-551.

- Lorenzo, C., Espinoza, E. y Briones, M. 2006. Colecciones mastozoológicas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México, D. F. p. 163-174.
- Luce, D. G., y Case, R. M. 1977. Plains pocket gopher food habits in alfalfa fields. *Proceedings of the Nebraska Academy of Sciences* 87:9.
- Luce, D. G., Case, R. M. y Stubbendieck, J. 1980. Food habits of the plains pocket gopher on western Nebraska rangeland. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*. 33: 129-131.
- Lynn, J. S., Canfield, S., Conover, R. R., Keene, J. y Rudgers, J. A. 2018. Pocket gopher (*Thomomys talpoides*) soil disturbance peaks at mid-elevation and is associated with air temperature, forb cover, and plant diversity. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 50: 1.
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P. y Sánchez-Rojas, G. 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*. 25: 03-19.
- Márquez, M. H. R. y González, A. D. B. 2001. Descripción del hábitat de áreas colonizadas y sin colonizar por perrito llanero (*Cynomys ludovicianus*) en el noroeste de Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 39: 89-104.
- Mauk, C. L., Houck, M. A. y Bradley, R. D. 1999. Morphometric analysis of seven species of pocket gophers (*Geomys*). *Journal of Mammalogy*. 80: 499-511.
- Mielke, H. W. 1977. Mound building by pocket gophers (Geomyidae): their impact on soils and vegetation in North. America. *Journal of Biogeography*. 4: 171-180.
- Monge, J. 1999. Impacto potencial de la taltuza (*Orthogeomys* sp.) en el cultivo del pejibaye (*Bactris gasipaes*) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 10: 133-136.
- Monge, J. 2007. ¿Qué son plagas vertebradas? *Agronomía costarricense*. 31: 111-121.
- Monge, J. 2010. Distribución geográfica, características y clave taxonómica de las taltuzas (*Orthogeomys* spp., Rodentia: Geomyidae) en Costa Rica. *UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación UNED*. 2: 23-31.
- Monge, J. 2013. Plagas vertebradas del cultivo de cebolla. Problemas fitosanitarios de la cebolla en Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica. p. 20-26.
- Montenegro, J. y Acosta, A. 2008. Programa innovador para evaluar uso y preferencia de hábitat. *Universitas Scientiarum*. 13: 208-217.

- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Editorial El País, Santa Cruz, Bolivia. p. 28-41.
- Myers, G. T. y Vaughan T. A. 1965. Food habits of the plains pocket gopher in eastern Colorado. *Journal of Mammalogy*. 45: 588-598.
- Myers, G. T. y Vaughan, T. A. 1964. Food Habits of the Plains Pocket Gopher in Eastern Colorado. *Journal of Mammalogy*. 45: 588-598.
- Nazarova, G. G. y Evsikov, V. I. 2008. Effect of mother's physical condition during pregnancy and lactation on postnatal growth and reproductive success of offspring in water vole *Arvicola terrestris*. *Russian Journal of Developmental Biology*. 39: 100-107.
- Neira, J. M. P. 1981. Métodos para determinar la composición botánica de la dieta de ganado doméstico y fauna silvestre. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 40: 52-60.
- Ordeñana, M. A., Van, V. D. H. y Draper, J. P. 2012. Habitat associations of California ground squirrels and Botta's pocket gophers on levees in California. *The Journal of Wildlife Management*. 76: 1712-1717.
- Orihuela-Torres, A., Ordóñez-Delgado, L., Brito, J., López, F., Mazón, M. y Freile, J. F. 2018. Ecología trófica del búho terrestre *Athene cunicularia punensis* (Strigiformes: Strigidae) en el archipiélago de Jambelí, provincia de El Oro, suroeste de Ecuador. *Revista peruana de biología*. 25:123-130.
- Orona, C. I., Espinoza, A. J. J., González, C. G., Murillo, A. B, García, H. J. L. y Santamaría, C. J. 2006. Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (*Carya illinoensis* Koch.) en la Comarca Lagunera, México. *Agricultura técnica en México*. 32: 295-301.
- Patton, J.L. 2005. Family Geomyidae: Mammals species of the world. A Taxonomic and Geographic Reference. (Wilson, D.E. y D.M. Reeder, eds.). Vol. 2. The Johns Hopkins University, EE. UU. p. 859-870.
- Peña, L. C. B., Gómez, V. M. R., Murrieta, R. L. M., Cejudo, L. C. A., Olave, M. E. T., Olivas, A. G., y Hernández, H. A. F. 2020. Cambios del uso del suelo e impactos en la escorrentía potencial de la cuenca Chuviscar-Sacramento (Chihuahua, México). *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. 26: 69-91.
- Peña-Neira, J. M. 1980. Serie técnico-científica. Vol 1. N°6. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. Estado de México. México. p. 82-84.

- Pereira, C. C. G. F., Smith, W. S. y Espíndola, E. L. G. 2004. Hábitos alimenticios de nueve especies de peces del embalse de Três Irmãos, São Paulo, Brasil. *Universidad y Ciencia*. 1: 33-38.
- Pérez, F. J. S. 2015. Evaluación de la condición corporal del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) mediante el uso de cámaras trampa y material fotográfico histórico. Tesis de Maestría. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Campeche, Cam. México.
- Pérez, J. H. A. 2014. Manual para el manejo orgánico del nogal pecanero. Editorial Palibrio. Indiana, Estados Unidos. Sin No. Pp.
- Petters, J., Vital-García, C., Batista, L., Gatica-Colima, A., Martínez-Calderas, J., Hoyos, A. D. y Escárcega-Ávila, A. 2019. Winter prevalence and parasitic load in *Canis latrans* (coyote) feces from the protected natural area Médanos de Samalayuca Mexico. *Compendio de Ciencias Veterinarias*. 9: 11-17.
- Powers, B., Johnson, M. D., LaManna, J. A. y Rich, A. 2011. The influence of cattle grazing on pocket gophers in the central Sierra Nevada Mountains, California: potential implications for great gray owls. *Northwestern Naturalist*. 92: 13-18.
- Proulx, G. 1997. A northern pocket gopher (*Thomomys talpoides*) border control strategy: promising approach. *Crop Protection*. 16: 279-284.
- Pyke, G. H. 1984. Optimal Foraging Theory: A Critical Review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15:523–575.
- Quiñónez, M. M., Enríquez, A. I. D., F. M. J. P., Palacios, R. K. Y., Olivas, S. M. P., Garza, O. F. y Nájera, M. J. A. 2018. Comunidades vegetales en suelo de ecosistema semiárido y su relación con hongos micorrízicos. *Terra Latinoamericana*. 36: 381-391.
- Reichman, O. J. 1988. Comparison of the effects of crowding and pocket gopher disturbance on mortality, growth and seed production of *Berberoa incana*. *American Midland Naturalist* 120:58-69.
- Reichman, O. J. 2007. The Influence of Pocket Gophers on the Biotic and Abiotic Environment. In: Begall S., Burda H., Schleich C.E. (eds) *Subterranean Rodents*. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 271-286.
- Rezsutek, M. J. 1997. The relationship of availability and nutritional quality of dicots on population dynamics in attwater's pocket gopher (*Geomys attwateri*). Tesis Doctoral. The Faculty of the Department of Biology University of Houston, Texas, EUA.
- Rezsutek, M. J. y Cameron G. N. 2011. Diet selection and plant nutritional quality in Attwater's pocket gopher (*Geomys attwateri*). *Mammalian Biology*. 76: 428-435.

- Ricker, M. 2019. Manual para realizar las colectas botánicas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México. Herbario Nacional (MEXU), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. p. 7-43.
- Ríos, H. y Vargas, O. 2003. Ecología de las especies invasoras. Pérez Arbelaezia. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogota, Colombia. p. 119-148.
- Ríos-Saucedo, J. C., Valenzuela-Núñez, L. M., Rivera-González, M. y Trucíos-Caciano, R. 2012. Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua*. 6: 174-180.
- Roberts, H. R., Wilkins, K. T., Flores, J. y Thompson-Gorozpe, A. 1997. Burrowing ecology of pocket gophers (Rodentia: Geomyidae) in Jalisco, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 42: 323-327.
- Rodríguez, J. E. 1993. Roedores plaga: un problema permanente en América Latina y el Caribe. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, Chile. p. 15-21.
- Román-Palacios, C. y Román-Valencia, C. 2015. Hábitos tróficos de dos especies sintópicas de carácidos en una quebrada de alta montaña en los Andes colombianos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86: 782-788.
- Romañach, S. S., Seabloom, E. W. y Reichman, O. J. 2007. Costs and benefits of pocket gopher foraging: Linking behavior and physiology. *Ecology*. 88: 2047-2057.
- Romañach, S. S., Seabloom, E. W., Reichman, O. J., Rogers, W. E. y Cameron, G. N. 2005. Effects of species, sex, age, and habitat on geometry of pocket gopher foraging tunnels. *Journal of Mammalogy*. 86: 750-756.
- Rosas-Espinoza, V. C., García-Mata, E. S., Santiago-Pérez, A. L. y Villarreal-Méndez, J. 2014. Herpetofauna asociada a madrigueras de la tuza *Pappogeomys bulleri* en el bosque templado de sierra de Quila, Jalisco. *Revista mexicana de biodiversidad*. 85: 328-331.
- Ruiz, O. M., Luna, H. R., Bacha, E. F., Pedranzani, H., Gabutti, E.G. 2013. Efecto del desmonte en franjas sobre 4 especies de gramíneas y 2 latifoliadas del Caldenal. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*. 22: 147-156.
- Russell, R. J. 1968. Evolution and classification of the pocket gophers of the subfamily Geomyinae. University of Kansas Publications, Museum of Natural History. 16: 475-579.
- SAGARPA. 2017: Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación agrícola nacional 2017-2030. Nuez pecanera mexicana.
- Schulte-Hostedde, A. I. 2008. Sexual size dimorphism in rodents. In *Rodent Societies*. pp. 115-128. University of Chicago Press.

- Schulte-Hostedde, A. I., Millar, J. S. y Hickling, G. J. 2001. Evaluating body condition in small mammals. *Canadian Journal of Zoology*. 79: 1021-1029.
- Seabloom, E. W., Reichman, O. J. y Gabet, E. J. 2000. The effect of hillslope angle on pocket gopher (*Thomomys bottae*) burrow geometry. *Oecologia*. 125: 26-34.
- SEINet Arizona-New México Chapter 2020. [http //: swbiodiversity.org/index.php](http://swbiodiversity.org/index.php). (Consultado 18 noviembre 2019).
- Sikes, R. S. y Gannon, W. L. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of mammalogy*. 92: 235-253.
- Silva, M., Hernández, M. R. y Medina, N. M. 2014. Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces. *Biológicas*. 16: 13-16.
- Smallwood, K. S., Geng S. y Zhang, M. 2001. Comparing pocket gopher (*Thomomys bottae*) density in alfalfa stands to assess management and conservation goals in northern California. *Agriculture, ecosystems y environment*. 87: 93-109.
- Smolen, M. J. y Bickham, J. W. 1995. Phylogenetic implications of chromosome evolution in *Geomys*. *Journal of Mammalogy*. 76: 50-67.
- Spradling, T. A., Brant, S. V., Hafner, M. S. y Dickerson, C. J. 2004. DNA data support a rapid radiation of pocket gopher genera (Rodentia: Geomyidae). *Journal of Mammalian Evolution*. 11: 105-125.
- Stinson, D. W. 2005. Status Report for the Mazama Pocket Gopher, Streaked Horned Lark, and Taylor's Checkerspot. Washington Department of Fish and Wildlife. Washington, EEUU. p. 18-30.
- Sudman, P. D., Wickliffe, J. K., Horner, P., Smolen, M. J., Bickham, J. W. y Bradley, R. D. 2006. Molecular systematics of pocket gophers of the genus *Geomys*. *Journal of Mammalogy*. 87: 668-676.
- Sullivan, T. P., Sullivan, D. S. y Hogue, E. J. 2001. Reinvasion dynamics of northern pocket gopher (*Thomomys talpoides*) populations in removal areas. *Crop Protection*. 20: 189-198.
- Teipner, C. L. 1983. Pocket gophers in forest ecosystems (Vol. 154). Intermountain Forest and Range Experiment Station, US Department of Agriculture. United States of America. p. 10-11.
- Templeton, J. 2006. "*Geomys arenarius*" (en línea), Animal Diversity Web. en https://animaldiversity.org/accounts/Geomys_arenarius/
- Tietjen, H. P., Halvorson, C. H., Hegdal, P. L., y Johnson, A. M. 1967. 2,4-D Herbicide, Vegetation, and Pocket Gopher Relationships Black Mesa, Colorado. *Ecology* 48:634-643.

- Tilman, D. 1983. Plant succession and gopher disturbance along an experimental gradient. *Oecologia*. 60: 285-292.
- Trujano-Álvarez, A. L. y Álvarez-Castañeda, S. T. 2003. Los roedores de Sinaloa. *Altas de la Biodiversidad de Sinaloa* (JL Cifuentes Lemus y J. Gaxiola López, eds.). Colegio de Sinaloa. Culiacán Sinaloa, México. p. 407-414.
- Tutiempo. net. 2019. El tiempo en Ciudad Juárez. <https://www.tutiempo.net/ciudad-juarez.html>. (14 septiembre 2019).
- Utrera, A. 2004. Metodología para evaluar sensibilidad de hábitat basada en el recurso fauna silvestre. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*. 22: 56-72.
- Vaughan, T. A. 1967. Food Habits of the Northern Pocket Gopher on Shortgrass Prairie. *American Midland Naturalist*. 77: 176-189.
- Vega-Mares, J. H., Estrada-Castillón, A. E., Villarreal-Quintanilla, J. Á. y Martínez, G. Q. 2014. Flora of the halophytic grasslands in the Valle de Janos, Chihuahua, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*. 8: 151-163.
- Velasco, A. C., Talabante, C. y Viejo, J. 2017. Estudio de selección del hábitat de la especie exótica bengalí rojo *Amandava amandava*, Linnaeus, 1758 en Iberia central (Aves: Paseriformes). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biológica*. 3: 85-94.
- Verdejo-Lara, R. A., Vázquez-López, I., Rodríguez-Lagunes, D. A., Enríquez-Ruvalcaba, V., Castillo-Morán, A., Milanés-Ramos, N. y de Cuba Inica. 2017. Implementation of scanning and open-hole techniques for biological evaluation of the effectiveness of an anticoagulant on gophers control in the sugar crop in sugarmill Central Motzorongo, S.A. DE C.V. p. 1-10.
- Vidal, O. J., Aguayo, M., Niculcar, R., Bahamonde, N., Radic, S., San Martín, C., Kusch, A., Latorre, J. y Félez, J. 2015. Plantas invasoras en el Parque Nacional Torres del Paine (Magallanes, Chile): Estado del arte, distribución post-fuego e implicancias en restauración ecológica. *Anales del Instituto de la Patagonia*. 43: 75-96.
- Vinassa, M. L. G. y Nuñez, M. B. 2016. Dieta estacional de guanacos (*Lama guanicoe*) y burros ferales (*Equus asinus*) en un ambiente semiárido de San Luis, Argentina. *Ecología Austral*. 26: 178-188.
- Vleck, D. 1981. Burrow structure and foraging costs in the fossorial rodent, *Thomomys bottae*. *Oecologia*. 49: 391-396.
- Walker, E. P. 1983. *Mammals of the World* (4th edition). The John Hopkins University Press, Baltimore. EUA. pp. 552.

- Ward, A. L. 1960. Mountain Pocket Gopher Food Habits in Colorado. *The Journal of Wildlife Management*. 24: 89-92.
- Warren, A. E., Castleberry, S. B., Markewitz, D. y Conner, L. M. 2017. Understory Vegetation Structure and Soil Characteristics of *Geomys pinetis* (Southeastern Pocket Gopher) Habitat in Southwestern Georgia. *The American Midland Naturalist*. 178: 215–225.
- Weather Sparky. 2019. El clima promedio en Ciudad Juárez México. <https://es.weatherspark.com/y/3281/Clima-promedio-en-Ciudad-Ju%C3%A1rez-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o> (Consultado 02 septiembre 2019).
- Weber, M., Lorenzo, C., Espinoza, E. y Ortega, J. 2008. Un especialista, un generalista y un oportunista: uso de tipos de vegetación por tres especies de venados en Calakmul, Campeche. *Especiales*, Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F. *Avances en el estudio de los mamíferos de México II*. p. 579-592. *Argentina. Multequina*. 14: 47-52.
- Williams, L. R. y Cameron, G. N. 1986. Food habits and dietary preferences of Attwater's pocket gopher, *Geomys attwateri*. *Journal of Mammalogy*. 67: 489-496.
- Williams, L. R. y Cameron, G. N. 1990. Dynamics of burrows of Attwater's pocket gopher (*Geomys attwateri*). *Journal of Mammalogy*. 71: 433-438.
- Williams, S. L. y Baker, R. J. 1974. *Geomys arenarius*. *Mammalian Species*. 36: 1-3.
- Williams, S. L. y Genoways, H. H. 1978. Review of the desert pocket gopher, *Geomys arenarius* (Mammalia: Rodentia). *Mammalogy Papers: University of Nebraska*. 47: 540-570.
- WingChing-Jones, R., Monge-Meza, J. y Salas, R. P. 2009. Roedores pequeños en un sistema de producción de ganado lechero. *Agronomía Mesoamericana*. 20: 127-133.
- Witmer, G. R., Marsh R. y Matschke G. 1999. Trapping considerations for the fossorial pocket gopher. *USDA. National Wildlife Research Center – Staff Publications*. P. 825.
- Witmer, G. W. 2016. Evaluation of Forage Preferences and their Corresponding Nutritional Content for Northern Pocket Gophers (*Thomomys talpoides*). In *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference*. 27: 322-324.
- Yurkewycz, R. P., Bishop, J. G., Crisafulli, C. M., Harrison, J. A. y Gill, R. A. 2014. Gopher mounds decrease nutrient cycling rates and increase adjacent vegetation in volcanic primary succession. *Oecologia*. 176: 1135-1150.

ANEXO 1.

Medio de montaje gelatina-glicerina

Para la preparación del medio de montaje se empleó la metodología de Castellaro *et al.* 2007.

Reactivos para preparar 250 mL.

Gelatina sin sabor 15 gr.

Agua destilada..... 90 mL.

Glicerina..... 105 mL.

Fenol..... 1.5 gr.

Preparación

Se disolvieron los 15gr de gelatina en 90 ml de agua tibia (35°C). Luego se agregaron 105 mL de glicerina y 1.5 g de fenol. Posteriormente, fue guardada en un frasco de cristal.

Para utilizar la gelatina, ésta debió calentada a baño María (35 a 37°C) antes de realizar el montaje.

ANEXO 2

Especies de plantas registradas en el Rancho El Lobo en las tres temporadas

Familia	Género/especie	Temporada		
		S	H	Ph
Asparagaceae	<i>Yucca elata</i>	*	*	*
Asteraceae	<i>Artemisia filifolia</i>	*	*	*
Asteraceae	<i>Gutierrezia sarothrae</i>	*	*	*
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosum</i>		*	*
Asteraceae	<i>Palafoxia sphacelata</i>	*		
Asteraceae	<i>Bahia absinthifolia</i>		*	
Asteraceae	<i>Helianthus petiolaris</i>		*	
Asteraceae	<i>Hymenothrix wislizeni</i>		*	
Brassicaceae	<i>Dimorphocarpa wislizeni</i>	*	*	*
Cleomaceae	<i>Wislizenia refracta</i>		*	
Euphorbiaceae	<i>Croton texensis</i>	*	*	
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i>	*	*	*
Fabaceae	<i>Psoralea scoparius</i>	*	*	*
Malvaceae	<i>Sphaeralcea incana</i>	*	*	*
Plantaginaceae	<i>Maurandya wislizenii</i>	*		
Poaceae	<i>Sporobolus airoides</i>	*	*	

ANEXO 3

Especies de plantas registradas en el Rancho Arantxa en las tres temporadas

Familia	Género/especie	Temporada		
		S	H	Ph
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>		*	
Amaranthaceae	<i>Chenopodium album</i>		*	
Amaranthaceae	<i>Salsola kali</i>	*	*	*
Asparagaceae	<i>Yucca elata</i>	*	*	
Asteraceae	<i>Ambrosia acanthicarpa</i>		*	
Asteraceae	<i>Bahia absinthifolia</i>		*	
Asteraceae	<i>Brickellia coulteri</i>		*	
Asteraceae	<i>Dieteria canescens</i>		*	*
Asteraceae	<i>Lactuca serriola</i>	*	*	*
Asteraceae	<i>Palafoxia sphacelata</i>	*		
Asteraceae	<i>Verbesina encelioides</i>		*	
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	*	*	*
Boraginaceae	<i>Heliotropium convolvulaceum</i>		*	
Brassicaceae	<i>Dimorphocarpa wislizeni</i>	*	*	
Convolvulaceae	<i>Cuscuta umbellata</i>	*	*	
Juglandaceae	<i>Carya illinoensis</i>	*	*	*
Malvaceae	<i>Sphaeralcea incana</i>	*	*	
Martyniaceae	<i>Proboscidea louisianica</i>	*	*	
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia spicata</i>		*	
Nyctaginaceae	<i>Tripterocalyx carnea</i>	*	*	
Onagraceae	<i>Oenothera pallida</i>	*	*	*
Plantaginaceae	<i>Maurandya wislizenii</i>	*		
Poaceae	<i>Cenchrus spinifex</i>	*	*	*
Poaceae	<i>Chloris virgata</i>		*	
Poaceae	<i>Eragrostis cilianensis</i>	*		
Poaceae	<i>Panicum hallii</i>	*	*	
Poaceae	<i>Setaria leucopila</i>	*	*	
Poaceae	<i>Setaria macrostachya</i>	*	*	*
Poaceae	<i>Sporobolus airoides</i>	*	*	
Poaceae	<i>Sporobolus contractus</i>		*	
Solanaceae	<i>Physalis hederifolia</i>	*	*	*
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i>	*	*	

ANEXO 4

Especies vegetales que aportan el mayor porcentaje de la dieta de *G. arenarius*



Cereza de la hiedra *Physalis hederifolia*
(naturalista/7310686)



Vaina de anteojos *Dimorphocarpa wislizeni* (naturalista/20879959)



Zacate abrojo de la costa *Cenchrus spinifex* (naturalista/24074021)



Ramo del diablo *Tripterocalyx carneus* (naturalista/34468814)



Hierba de fuego *Heliotropium curassavicum* (naturalista/72728449)



Zacate temprano *Setaria leucopila*
(naturalista/78021561)