



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**ANÁLISIS POBLACIONAL DE *Reithrodontomys megalotis*
(RODENTIA: CRICETIDAE) EN LA RESERVA “El Peñón”, EN EL
MUNICIPIO DE VALLE DE BRAVO, ESTADO DE MEXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

CESAR CARBAJAL SYLVIA PATRICIA

Director de Tesis

M. en C. Uri Omar García Vázquez



Ciudad de México, abril del 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"La decisión más difícil es la decisión de tomar acción"

Amelia Earhart

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento para el trabajo de campo del presente proyecto fue otorgado por Peñitas de Godínez A.C y la Reserva Ecológica “El Peñón”, así como la Dirección General de apoyo al personal, Universidad Nacional Autónoma de México a Uri Omar García Vázquez (proyecto PAPIIT-IN 221016).

Agradezco a Luis Raí Ruíz Sánchez y Serguei Axel Santamaria Ruíz por las fotografías facilitadas. A Jonathan I. García García por el dibujo científico de portada. A María Fernanda Salgado Valdez y a Uri. O. García Vázquez por su ayuda en la elaboración de los mapas de distribución.

A mi jurado: Dr. Alberto Méndez Méndez, M. en C. Nicté Ramírez Priego, M. en C. Gabriela Selene Ortiz Burgos, Dr. Gabriel Gutiérrez Granados y M. en C. Uri Omar García Vázquez, por la revisión de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Este trabajo está dedicado enteramente a mis padres: Juan Antonio Sergio Cesar Lemus y Silvia Carbajal Sánchez, ya que ellos son el motor de mi vida y sin su amor, apoyo, comprensión, regaños, consejos y bueno literal por estar ahí incondicionalmente, no lo hubiera logrado, por lo que esto es una pequeña muestra de agradecimiento y de decir que ¡si se pudo!

A mis hermanas por el apoyo brindado en pequeños pero increíbles actos.

A mi asesor M. en C. Uri O. García Vázquez por su apoyo, comprensión, enseñanza y regaños que hicieron que este trabajo fuera posible.

Al profesor José Luis Guzmán por su apoyo y ayuda con la revisión y realización del trabajo estadístico.

A mi Chango, no sé ni cómo empezar a darte las gracias por todo, han sido más de cuatro años de apoyo incondicional, de buenos y muy malos proyectos, de las mejores experiencias que nunca me imaginé tener y mucho menos acompañada de un gran ser humano. No puedo imaginar mi vida sin ti y ni siquiera puedo pensar en que hubiera pasado si no me hubieras hablado en el camión ese día, creo que parte de lo que soy mucho es por ti y gracias a ti (tanto lo bueno como lo malo). Eres de las personas más importantes de mi vida y confié ciegamente en que seremos unas ancianas con mil perros con demasiadas historias que contar (nunca mas no quedaremos sin temas de plática).

Chato, nunca me pude deshacer de ti, en 2do semestre te pedimos ayuda y ya, ahí fue el inicio de una muy larga amistad y como poder resumir tantos años de estar juntos, de literal hacer nada porque teníamos tantas horas libres, tantas cosas que nos han pasado malas y buenas, mil veces de pensar que las cosas no iban nada bien que nada de lo que hacíamos estaba bien, pero aprender que al final de alguna manera salían las cosas, de muchas risas, burlas (con cariño), lágrimas, apoyo y enojos pero al final eres uno de mis mejores amigos. Gracias por tanto apoyo que por más malo que se vea el panorama, sé que tu estas ahí y es muy chido (y de los pocos que tengo) y ¡te quiero hartoo chato!

A Fer que sin ti, no estaría aquí, siempre pendiente de mi bienestar físico y mental, de comprarme mi comida especial, de tantas pláticas y risas, que debo aclarar eres una de mis pocas amigas que he podido conservar (desde protozoos) y que quiero mucho.

La Raíz, sin tus aportes musicales mensuales no hubiera sido lo mismo, te agradezco por todo, aquellas pláticas nocturnas, tantas risas y ganas de no trabajar que nos acompañaron cada mes y todas las cosas que aprendimos juntos y realmente disfrute atrapar grillos y no saber qué hacer con ellos. ¡Muchas gracias por todo!

Team Valle, no pude haber pedido mejores compañeros de campo, aprendiendo de todo, siendo todólogos, salvando perritos, disfrutando de la buena música y comida. ¡Cuánto! Los quiero mucho.

A Mariana Landavazo Calvillo y Johan Clémanson por el apoyo en la logística del proyecto.

A la Sra. Bella y al Sr. Leo por procurarnos y cuidarnos como si fuéramos sus hijos, y brindarnos todas las facilidades para regresar cada mes a Valle de Bravo.

A los trabajadores de la Reserva “El Peñón” quienes nos otorgaron todas las facilidades, tanto de trabajo como de preparación de alimentos, por brindarnos un gran conocimiento y salvarnos cuando estábamos perdidos.

Al laboratorio 9 de sistemática de la UMIEZ, (Uriel, Charly, Toño, Romina, Andrés y Gabo) por sus consejos y opiniones.

A Alan y Mabel que se rifaron a tatuar cuando estaba lisiada.

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Antecedentes	9
Descripción de la especie	12
Justificación	15
Hipótesis	15
Objetivos	15
General	15
Particulares	15
Área de estudio	16
Localización	16
Hidrografía	17
Clima	17
Vegetación	17
Trabajo de Campo	18
Trabajo de Laboratorio	19
Resultados	26
Discusión	32
Conclusiones	37
Literatura citada	38
Anexo 1	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Reithrodontomys megalotis</i>	12
Figura 2. Distribución de <i>Reithrodontomys megalotis</i> (Baird, 1858).	13
Figura 3. Predio-Valle de Bravo, dividido de acuerdo a la vegetación	16
Figura 4. Área forestal Reserva “El Peñón”	18
Figura 5. Diagrama de estadios de vida del organismo	25
Figura 6. Capturas y recapturas por mes	27
Figura 7. Proporción de sexos por mes	29
Figura 8. Curva de supervivencia exponencial	30
Figura 9. Tabla de vida de <i>Reithrodontomys megalotis</i>	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz correspondiente al ciclo de vida	25
Cuadro 2. Vector de densidad de número de organismo por cada clase de edad	25
Cuadro 3. Fórmula para obtener la matriz de proyección de la población	25
Cuadro 4. Organismos Capturados y Recapturados	27
Cuadro 5. Frecuencia de organismos de acuerdo a las tallas	28
Cuadro 6.- Tabla de vida	29
Cuadro 7. Matriz de transición anual	31
Cuadro 8. Matriz del vector de densidad	31
Cuadro 9. Matriz de proyección poblacional de <i>Reithrodontomys megalotis</i>	32

RESUMEN

En el presente estudio se realizó un análisis de la dinámica poblacional de la especie *Reithrodontomys megalotis* (Familia: Cricetidae) en la reserva “El Peñón” en Valle de Bravo, Estado de México, durante un periodo de un año, donde se estimó la densidad poblacional con el método de captura-marcaje-recaptura, utilizando como método de marcaje tatuaje subcutáneo. El área efectiva de muestreo fue de 3.54 ha. en un bosque de coníferas, donde se calculó una densidad baja de 29.37 ind/ha, y una sobrevivencia de 53.8% en organismos en estadio no reproductivo y 2.6% en estadio reproductivo, por lo que la población está en decremento, ya que son extremadamente susceptibles a los cambios ambientales. Se realizó una matriz de proyección poblacional donde se obtuvo una tasa finita de 0.33 lo que explica la vida promedio de un adulto en esta población por lo que no genera una perspectiva favorable para la persistencia de la especie en esta zona de estudio. De acuerdo a lo observado en el estudio la disponibilidad de alimento y la cobertura vegetal determina la supervivencia, abundancia y distribución de *Reithrodontomys megalotis* por lo que al ser este el primer estudio de dinámica poblacional en el área de la reserva “El Peñón” es importante considerar el cambio de uso de suelo (deforestación, actividad agrícola y construcción de viviendas) como un factor que determina la presencia o ausencia de las especies.

ABSTRACT

We performed a study about dynamic population in a community of *Reithrodontomys megalotis* (Familia: Cricetidae) in the reserve "El Peñón" in Valle de Bravo, Estado de México during one year, I estimate population density with the method of recapture-mark-capture using the marking method of subcutaneous tattoo. The effective area was 3.52 ha. in a coniferous forest. I calculate a lower density of 29.37 ind/ha and survival of 53.8% in the organism non reproductive and 2.6% of reproductive organism so the population is in decline because they are extremely susceptible to the environmental changes. Also we made a population matrix to obtain the 0.33 of finite rate that is the life average of an adult, so the low value significate that there is no high preservation of the species in the area of study. We concluded that de food availability and plant cover determines the survival, abundance and distribution of *Reithrodontomys megalotis*. This is the first study of dynamic population in the reserve "El Peñón" so is important to consider deforestation, building construction and land for agriculture that determine de presence or absence of the species.

INTRODUCCIÓN

Los estudios demográficos ayudan a realizar descripciones de estructura, proyección a futuro, procesos evolutivos, patrones y problemas de conservación (Santos, 2007). Los patrones de nacimiento y muerte en una población determinan el tamaño de ésta, y esto puede estar asociado con un genotipo en particular que mide el potencial reproductivo. Una vez que la mortalidad y fecundidad son documentadas, se puede predecir el comportamiento de la población con el tiempo (Bierzychudek, 2009). El conocimiento de las propiedades emergentes de las poblaciones es indispensable para la comprensión de fenómenos ecológicos y permite analizar las posibilidades de persistencia o extinción de los linajes a largo plazo, de acuerdo con las amenazas a las que están sujetos (Goodman, 1987).

En particular, la supervivencia de mamíferos pequeños (roedores que no hibernan) que habitan regiones montañosas, templadas y boreales está fuertemente influida por las bajas temperaturas y la variabilidad espacial/temporal de alimento y agua durante el invierno. Estas presiones ambientales actúan como elementos selectivos, afectando a los diferentes componentes del presupuesto energético de los individuos (termorregulación, locomoción, defensa, crecimiento, reproducción) (Bozinovic, 1991). También se ha observado variación geográfica respecto a la duración de la época reproductiva; de igual manera se observa que las poblaciones que se encuentran en ambientes estacionales muestran épocas reproductivas cortas y los que se distribuyen en ambientes poco o no estacionales ya sean templados o tropicales muestran épocas reproductivas largas (Cordero *et al.*, 2014).

En las interacciones tróficas, la comprensión ecológica de las poblaciones de mamíferos es necesaria para determinar patrones y procesos de distribución en ecosistemas naturales. Los patrones y estrategias demográficas son afectados por afinidades filogenéticas de las especies, interacciones interespecíficas y factores ambientales (Vázquez, 2000).

Particularmente en regiones frías, los roedores de la familia Cricetidae construyen elaborados nidos y forman agrupaciones sociales durante el invierno, hecho que

además se refleja en cambios estacionales de los patrones de distribución espacial (Gámez *et al.*, 2012). En los pequeños roedores que tiene un tiempo de generación corto la supervivencia adulta es el parámetro más influyente en la dinámica poblacional, no la escala de tiempo anual, sino una escala de tiempo mensual, adecuado a este tipo de especies que raramente sobreviven más de un año (Crespin *et al.*, 2006).

El agrupamiento social en los pequeños mamíferos es función de al menos tres situaciones: depredación, disponibilidad de alimento y de espacio, esto depende del grado de sociabilidad de las especies o tolerancia y las condiciones físicas/bióticas del ambiente (Bozinovic, 1991). En caso particular las poblaciones de roedores son clave para el ecosistema como indicadores de permanencia de varias especies, tanto vegetales como animales (Montero, 2017). Por lo tanto, los cambios que sufren las comunidades vegetales a través de los proceso de sucesión, así como las consecuencias de la pérdida de hábitat y fragmentación en distintos ambientes en una amplia variedad de taxones, afecta a las comunidades de pequeños mamíferos (Santos, 2007).

Específicamente la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) es una zona rica en especies de mamíferos y con un alto número de endemismos, que además posee representantes de casi todos los géneros exclusivos en México. De las 152 especies de mamíferos que conforman la mastofauna de la FVT, el orden Rodentia posee 67 especies, 34 exclusivas de México, de las cuales 11 son endémicas de la FVT. Dentro del ambiente físico se pueden encontrar varios factores que influyen en la riqueza de especies de un área determinada, entre los que se encuentran la latitud, la altitud, la temperatura, la diversidad de hábitat, entre otros. Dado que las especies presentan una distribución espacial limitada, el número se modifica con cambios en estas variables. La altitud y la vegetación son las variables que explican mejor la distribución de los mamíferos dentro de la FVT (Gámez *et al.*, 2012).

De los mamíferos para el Estado de México, el orden Rodentia es de los mejores representados con cuatro familias, 19 géneros y 38 especies de las cuales 15 son

endémicas del Estado de México (Gámez *et al.*, 2012; Ceballos *et al.*, 2009). El nivel de endemismo en el estado (22%) es más bajo que el endemismo a nivel nacional (Chávez, 1998).

Aunque la región de Valle de Bravo es ampliamente conocida por sus zonas boscosas y alta diversidad florística, además de que la mayor parte del municipio está considerada como Área Natural Protegida de carácter estatal, no se tiene registros actualizados y amplios acerca de la fauna de la zona.

ANTECEDENTES

Sánchez-Palomino (2017) realizó un estudio de la variación demográfica y morfológica de especies de roedores cricetidos en ecosistemas andinos de la cordillera Oriental Colombiana, en este estudio analiza las variaciones inter e intraespecíficas en las características demográficas y de conformación morfológica craneal de dos especies hermanas, los roedores altoandinos *Thomasomys laniger* y *Thomasomys niveipes* (Cricetidae, Sigmodontinae) y propone mecanismos ecológicos como posibles factores que promueven de forma importante la especiación, generando alopatría o simpatría y mediante tales mecanismos las presiones selectivas debidas a factores bióticos o abióticos originarían separación en uno o varios ejes del nicho ecológico entre variedades, razas o morfos las cuales causarían variación morfológica, demográfica, fisiológica o etológico, por lo que se esperaba que existieran diferencias demográficas interespecíficas en poblaciones viviendo en ambientes contrastantes.

En un estudio donde utilizaron el método captura-marcaje-recaptura con modelos de matrices en roedores, Crespin (2006) comprobó la supervivencia adulta y dinámica poblacional del lauchón orejudo *Phyllotis darwini* en Chile central donde el análisis mostró que las probabilidades de supervivencia disminuían con el promedio anual de la cantidad de lluvia y que las probabilidades de maduración disminuyeron con la densidad poblacional, donde se observó que la supervivencia adulta era en efecto el parámetro demográfico con la elasticidad más fuerte.

Si bien se han realizado diversos estudios poblacionales de roedores, pocos trabajos han evaluado el efecto del cambio de uso de suelo en la supervivencia de las poblaciones, entre los que destacan el de Cimé-Pool (2007), quien comparó comunidades de pequeños roedores en dos agroecosistemas del estado de Yucatán. Concluye que al parecer los campos de maíz tienen un papel importante en la dinámica de población y su diversidad en pequeños roedores (*Peromyscus yucatanicus* y *Heteromys gaumeri*) ya que presenta altos valores de captura, densidad, reclutamiento y en procesos reproductivos. Esto puede estar relacionado con una mayor variedad de especies de plantas cultivadas en el agroecosistema.

Específicamente para la zona de estudio no hay estudios demográficos para ningún orden de roedores. Sin embargo, en la FVT, en zonas cercanas se han realizado algunos estudios poblacionales en roedores, entre las que destacan Cruz-Sierra (2009), estudió la densidad poblacional de cuatro especies de roedores de la familia Cricetidae: *Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus maniculatus* y de la familia Muridae: *Microtus mexicanus* y *Neotomodon alstoni*, de la Cuenca Alta del Río Magdalena que pertenece al suelo de Conservación Contrerense en el Distrito Federal. En un periodo de un año estimó la densidad poblacional por el método captura-recaptura en tres hábitats: bosque de *Quercus rugosa*, bosque de *Abies religiosa* y bosque de *Pinus hartwegii*. Observó que la densidad fue mayor en el bosque de *Abies religiosa* de acuerdo a la estacionalidad en verano, ya que en altitudes altas hay densidades mayores.

Sánchez (1991), en un estudio poblacional de roedores en un bosque de pino de la FVT, se evaluó la demografía y reproducción de tres roedores de la familia Cricetidae (*Peromyscus maniculatus* y *Reithrodontomys megalotis*) y de la familia Muridae (*Neotomodon alstoni*) en gradientes altitudinales diferentes comparando con otras poblaciones de diferentes ambientes. Obtuvo como resultado una densidad más alta (9-57 ind/ha) de *N. alstoni*, (1-30 ind/ha) *P. maniculatus* y *R. megalotis* (0-10 ind/ha) en bosque de coníferas, los picos de densidad se observaron a final de la época de secas, decreciendo hasta el final de las lluvias y

mostraron una supervivencia de > 12 meses y la más baja <4 meses. No se encontró diferencias significativas entre hábitats.

Para el municipio de Valle de Bravo y específicamente para la zona de estudio “Reserva El Peñón”, la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) (2014), realizada por la empresa “Estrategias Ecológicas Empresariales, S.C.” reporta 23 especies de mamíferos, que incluye una especie de la familia Muridae (*Microtus mexicanus mexicanus*).

Como parte de este trabajo, en una salida preliminar en el año 2016, se detectaron tres especies adicionales de la familia Cricetidae (*Reithrodontomys megalotis*, y *Peromyscus maniculatus*) y de la familia Muridae (*Neotomodon alstoni*) a las ya reportadas en 2014.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Reithrodontomys megalotis (Baird, 1858) es un ratón pequeño (Fig. 1). Dorsalmente, el pelaje tiende a ser café claro, debido al color de los pelos cobertores, grisáceos en la base y color ante en el extremo, combinados con pelos de guardia relativamente poco denso, de color grisáceo oscuro o negro. La cola es un poco más larga que el cuerpo (Ceballos, 2009).



Figura 1. *Reithrodontomys megalotis* Fotografía por Serguei Axel Santamaria Ruíz

Se encuentra asociados básicamente con bosques abiertos de pino-encino y con pastizales naturales. Aún en los bosques de pino-encino, seleccionan claros cubiertos de gramíneas y otras hierbas y arbustos bajos. Su alimentación es

principalmente granos, aunque pueden consumir también hojas y tallos, así como adicionar algunos invertebrados como polillas, insectos y larvas (Reid, 2006).

Las crías nacen en nidos esféricos, de aproximadamente 12 cm. de diámetro, contruidos de pasto y otras materias vegetales que se encuentran debajo de algunas capas de suelo. Las camadas suelen ser numerosas, pero con un amplio intervalo de variación, de una a nueve crías. El lapso de gestación se extiende por cerca de 25 días, las crías son altricias y, tras cerca de 25 días de lactancia, son destetadas. Es uno de los ratones con una de las distribuciones más amplias en Norteamérica, ya que se encuentra desde el sur de Canadá hasta el centro de México. En México se encuentra ausente en la parte sur de la península de Baja California, las planicies costeras del Pacífico y Golfo, y la Península de Yucatán (Ceballos, 2009) (Fig. 2).



CONABIO

Reithrodontomys megalotis (Ratón). Distribución potencial

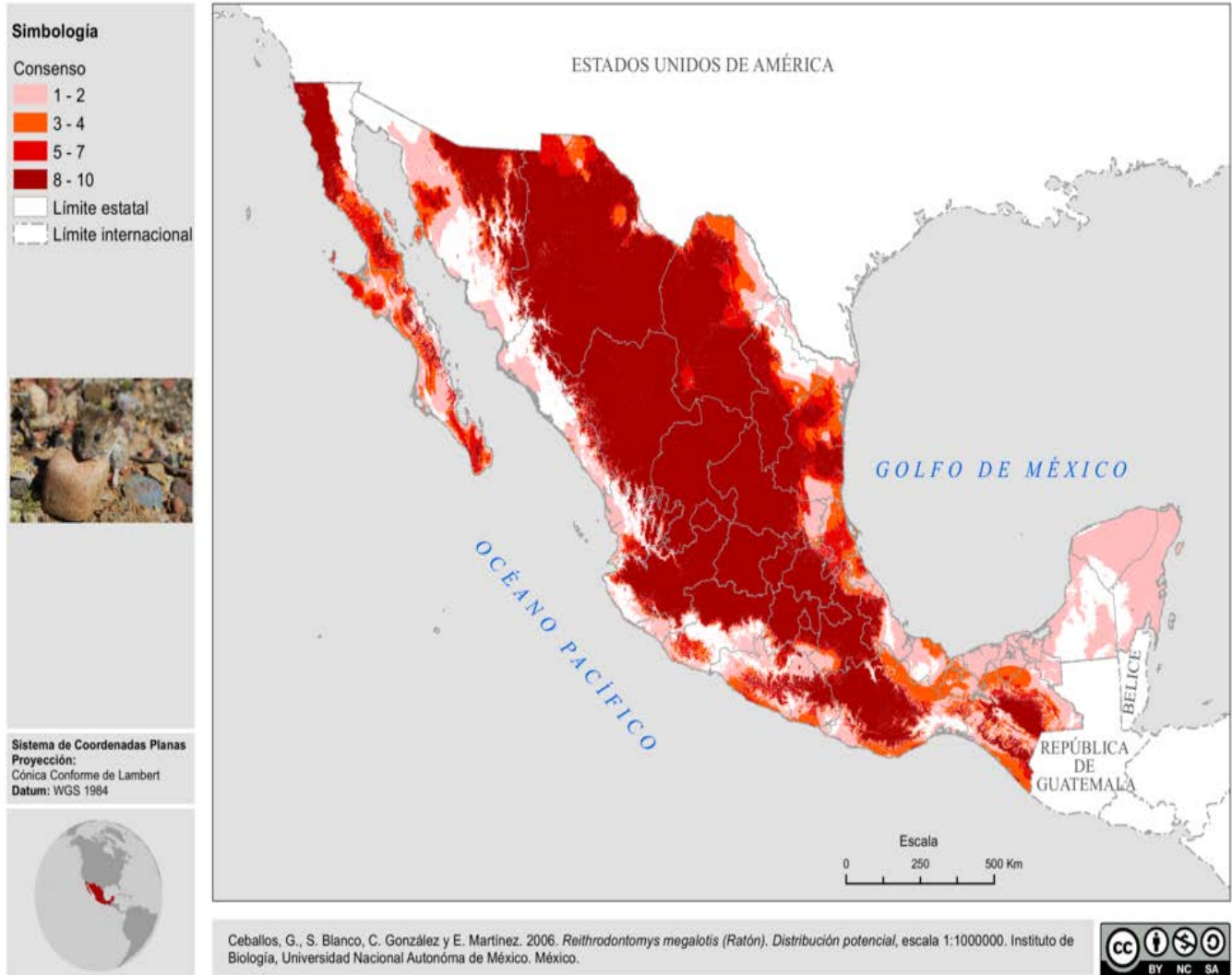


Figura 2. Distribución de *Reithrodontomys megalotis* Tomada de Ceballos (2006).

JUSTIFICACIÓN

En la reserva El Peñón- Valle de Bravo, a pesar de la aplicación de medidas para la conservación existe una actividad antropogénica relacionada con la construcción de viviendas. Este trabajo pretende analizar y conocer las proyecciones a futuro de la población de *Reithrodontomys megalotis*, ante estas actividades de cambio de uso de suelo.

HIPÓTESIS

La dinámica poblacional y la abundancia de *Reithrodontomys megalotis* en la reserva el Peñón se verá afectada de manera negativa por el deterioro causado por la actividad antropogénica en la zona.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Elaborar un análisis poblacional de *Reithrodontomys megalotis* (Baird, 1858) en un bosque templado en el Estado de México.

Objetivos Particulares

- Estimar el tamaño de la población, densidad, frecuencia y proporción de sexos para modelar la dinámica en periodos mayores a un año.
- Elaborar una tabla de vida de la población.
- Determinar tasas de crecimiento y supervivencia de la especie.
- Modelar las matrices de proyección poblacional a partir de las tasas de crecimiento y supervivencia, para observar el comportamiento a futuro.

ÁREA DE ESTUDIO

Localización

El predio El Peñón, se ubica al sur del municipio de Valle de Bravo, en los límites con el municipio de Temascaltepec, y colinda con la reserva natural estatal Santuario del Agua Valle de Bravo. El predio comprende una extensión total que consta de dos grandes áreas: área forestal con 90.09 ha (44.76%) y área agrícola de 111.11 ha (55.24%) (Fig. 3).

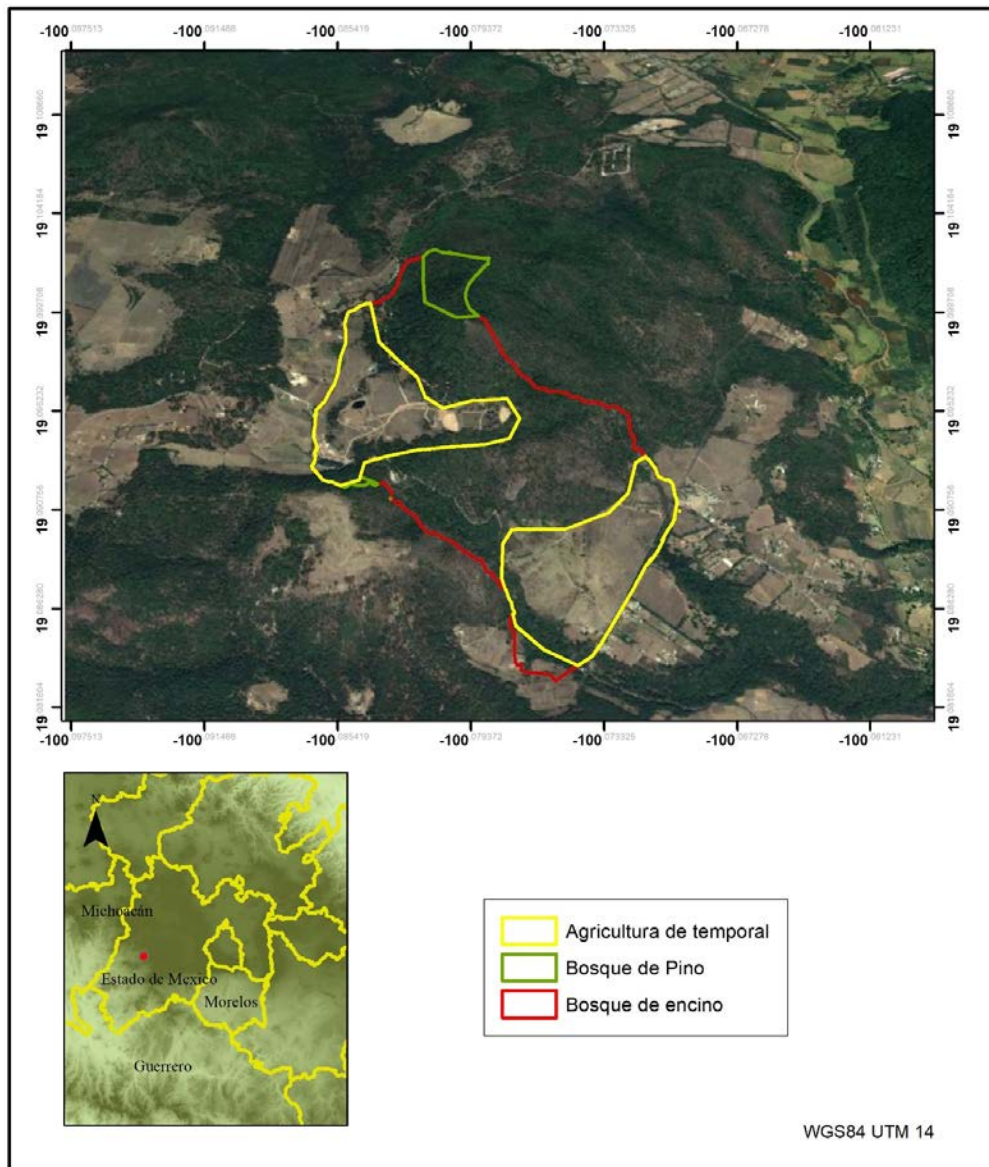


Figura 3. Predio-Valle de Bravo, dividido de acuerdo a la vegetación

Hidrografía

El área donde se ubica el proyecto, se localiza en la Región Hidrológica 18 “Balsas”, que abarca una superficie de 117.305.9 km², en la cuenca 18 B Medio Balsas la cual a su vez tiene una superficie de aportación de 21,268.40 km². Se presentan únicamente corrientes intermitentes que se forman por los escurrimientos que bajan durante la época de lluvias y llegan hasta las barrancas. En la temporada de secas, que abarca de noviembre a mayo, los caudales de los arroyos disminuyen o desaparecen por completo.

En el área de proyecto se localizan siete bordos o jagueyes destinados al almacén de agua para riego de parcelas agrícolas y mitigar los incendios forestales (Estrategias Ecológicas Empresariales, 2014).

Clima

El área de estudio presenta un clima templado subhúmedo (Cw2). La temperatura media anual es de 18.2°C. El mes más caluroso es mayo con 26.2°C y el más frío es enero con 10.4°C. La precipitación promedio anual es de 1,213 mm, siendo agosto el más lluvioso con 243.1 mm y marzo el más seco con 0.3 mm. (Estrategias Ecológicas Empresariales, 2014).

Vegetación

La vegetación dominante es bosque de pino y bosque de pino y encino; el resto está ocupado por zonas de agricultura temporal que recientemente han sido utilizada para un desarrollo habitacional (Estrategias Ecológicas Empresariales, 2014) (Fig. 4).



Figura 4. Área forestal Reserva “El Peñón” Fotografía por Serguei Axel Santamaria Ruíz

TRABAJO DE CAMPO

Para definir el área de estudio, se realizó una salida prospectiva en 2016, donde se colocaron transectos en áreas diferentes y se determinó que la zona de bosque de coníferas hubo mayor número de capturas por lo que se tomó como área efectiva de trampeo.

El muestreo se llevó a cabo durante cuatro noches, una vez al mes por un año y medio (2017-2018). Se utilizaron 40 trampas Sherman plegables de 3 x 3.5 x 9 pulgadas y 40 trampas Sherman de 2 x 2.5 x 6.5 pulgadas, cebadas con una mezcla de avena, vainilla, galletas y crema de cacahuete. Las trampas fueron colocadas en transectos lineales de 10 trampas en una longitud 100 metros de largo y una separación de 300 metros entre cada transecto, en un área de 3.54 ha. En cada transecto se tomaron coordenadas geográficas (modelo Garmin x-Trex) ya que fueron puntos fijos durante todo el estudio.

Por cada ejemplar colectado se registró el número de trampa y su ubicación geográfica; medidas morfométricas (longitud total, de la cola, oreja, pata posterior derecha): sexo, talla, estado reproductivo (macho; si los testículos estuvieron descendidos, hembra; preñadas, periodos de lactancia o pelo en la periferia de los pezones), edad (jóvenes; pelo grueso, corto y oscuro, sin evidencia de actividad reproductiva, adultos; pelo largo o evidencia de actividad reproductiva) (Álvarez-Castañeda, 2017).

Los ejemplares se marcaron por el método de tatuaje subcutáneo siguiendo un código único de identificación por individuo, en machos en la parte externa de la extremidad anterior derecha y en hembras del lado izquierdo (Sikes *et al.*, 2011), posteriormente fueron liberados. Se eligió este tipo de marcaje ya que no afecta la capturabilidad del animal y las marcas no se pierden, al igual que se tiene una buena cicatrización y se ha demostrado que no afecta a la supervivencia del organismo (Abondano, 2009)

Cada mes se colocaron las trampas cebadas en los transectos establecidos durante el primer muestreo y a todos los organismos se les tomaron medidas morfométricas, se registraron aquellos organismos recapturados. La especie se identificó de acuerdo al registro fotográfico de la MIA-2014 (Estrategias Ecológicas Empresariales, 2014).

TRABAJO DE LABORATORIO

Tamaño de la población

El tamaño de la población se utiliza para describir el estado actual de la población y, potencialmente hacer predicciones de como cambiará en un futuro, para ello se utilizó el método de Jackson, se eligió este método ya que estima las capturas-marcaje-recaptura en diferentes periodos de tiempo, en poblaciones menores a 100 individuos, por medio de la captura corregida para la muestra siguiendo el método propuesto por Badii, 2012, cuya fórmula es:

$$Y_x = (P_x) \left(\frac{100}{M} \frac{100}{T_x} \right)$$

Dónde:

Y_x = Captura corregida para la muestra x

P_x = Número de organismos marcados de la recaptura x

T_x = Total de animales (marcados y no marcados) de la muestra x

M = Total de animales iniciales marcados y liberados

Finalmente el tamaño de la población se calculó de la siguiente manera:

$$N = 100 \left(\frac{100}{Y_x} \right)$$

N = Tamaño de la población

Y_x = Captura corregida para la muestra x

Dinámica poblacional

Se estimó mediante el método de Jolly (1965) quien lo describe como, un método estocástico donde definen la estimación del número de animales marcados en la población sin restringir el uso de datos obtenidos para el día i y el día $i+1$, ya que se sabe que en la población existe el conjunto de animales que fueron marcados antes del día $i+1$ que estuvieron presentes el día i , pero que no fueron recapturados el día i . Este conjunto de animales representados por $M_i - m_i$ Algunos de estos animales $M_i - m_i$ serán recapturados en días posteriores al día i . El número total de dichos animales es representado por z_i , que son todos aquellos animales marcados antes del día i que no fueron recapturados el día i , pero fueron recapturados en días posteriores al día i . Al igual que con el subconjunto de r_i . De estos animales algunos serán recapturados en días posteriores y se representan con y_i , y se definen como todos aquellos animales recapturados con marca del día i .

Asumiendo que la probabilidad de recaptura es la misma para ambos conjuntos (capturas y recapturas), se puede esperar que las proporciones $z_i | M_i - m_i$ y $y_i | r_i$ sean aproximadamente iguales (Lemos, 2005).

Por lo que se puede obtener la supervivencia S_i entre el día i y el día $i + 1$:

$$S_i = \frac{M_i(n_i + 1)}{m_i + 1}$$

Donde:

S_i = Supervivencia

M_i y m_i = Conjunto de animales que fueron marcados antes del día i , que estuvieron presentes el día i , pero que no fueron recapturados el día i .

n_i = Número de capturas del día

El número de animales que gana la población (nacimientos e inmigraciones) entre el día i y el día $i + 1$:

$$B_i = N_{i+1} - N_i S_i$$

Donde:

B_i = Inmigraciones

N_i = Tamaño de la población para el día i , a partir de la formula modificada de Petersen.

N_{i+1} = Tamaño de la población para el día $i + 1$

S_i = Proporción de organismos que sobreviven

Densidad Poblacional

La densidad está definida como el número de individuos por unidad de área, por lo que la confiabilidad de las estimaciones dependen de: conocer el tamaño de la población, el área de estudio y se deben tener área representativas por lo que se

genera un muestreo aleatorio (Krebs, 1985), por lo que se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\text{total de individuos}}{\text{área}}$$

D = Densidad poblacional

Abundancia de la población

Para estimar la abundancia de la población se aplicó el método de Peterson-Lincoln (Lincoln, 1930), donde se marcó un grupo de individuos, se liberaron, y se recapturaron después de un corto tiempo. La segunda muestra fue tomada al azar, es decir, que los individuos marcados y no marcados tuvieron la misma probabilidad de captura. De esta manera, la abundancia se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(n - 1)} - 1$$

A = Abundancia de la población

N1 = Individuos capturados en tiempo 1

N2 = Individuos capturados en tiempo 2

Proporción de sexos

La composición de una población se refleja en la proporción de machos y hembras para lograr proyecciones a futuro, por lo que se utilizará el método propuesto por Ávila, (2017) con base en la siguiente fórmula:

$$Ji^2 = \frac{[O - E]^2}{E}$$

Donde:

Ji² = Proporción de sexos

O= Número de organismos (hembras o machos)

E= Promedio del total de organismos

Estructura de edades

Se calculó de acuerdo a las características morfológicas externas (longitud total) y se agruparon en jóvenes y adultos (Valverde, 2005). Las clases de edades fueron definidas por grupos generados en análisis plurimodales, se usaron el total de animales capturados durante todo el estudio.

Se utilizó una amplitud de 8.04 que se obtuvo de acuerdo al número de clases entre el rango de longitud (valor máximo – valor mínimo), para medir los intervalos y se compararon diferentes distribuciones para seleccionar las más repetidas, a partir de las cuales se definió la distribución constante (Castro, 1998).

Tasa de supervivencia

Se basan directamente en la proporción que sobrevive para iniciar la siguiente clase con respecto al número inicial de organismos, para estimarla se utilizó la fórmula propuesta por Valverde, 2005:

$$l_x = \frac{n_x}{n_o}$$

Donde:

L_x = Tasa de supervivencia

n_o = Número de individuos

n_x = Número total de clase

Proporción de organismos que mueren

Es el aumento o disminución del número total de organismos de la población, donde se estima la proporción de organismos que mueren en un intervalo de tiempo con

respecto al número inicial de organismos, se estimara mediante la siguiente fórmula (Valverde, 2005):

$$d_x = l_x - (l_{x+1})$$

Donde:

d_x = Proporción de organismos que mueren

l_x = Supervivencia

l_{x+1} = valor de la clase previa

Tasa de mortalidad

Representa el número de individuos que representa la proporción de organismos que mueren en un intervalo de tiempo (Valverde, 2005):

$$q_x = \frac{d_x}{l_x}$$

Donde:

Q_x = Tasa de mortalidad

d_x = Proporción de organismos que mueren

l_x = Supervivencia

Matriz de ciclo de vida del organismo

Para construir una matriz a partir de un ciclo de vida, será de acuerdo a la dimensión del número de estadios que están representados en el ciclo de vida (Fig. 5), los enlaces en el ciclo de vida serán los datos que completaran la matriz, que se modificaron de acuerdo al tiempo de vida del organismo (a un año) en organismos reproductivos y no reproductivos (Lemos, 2005).

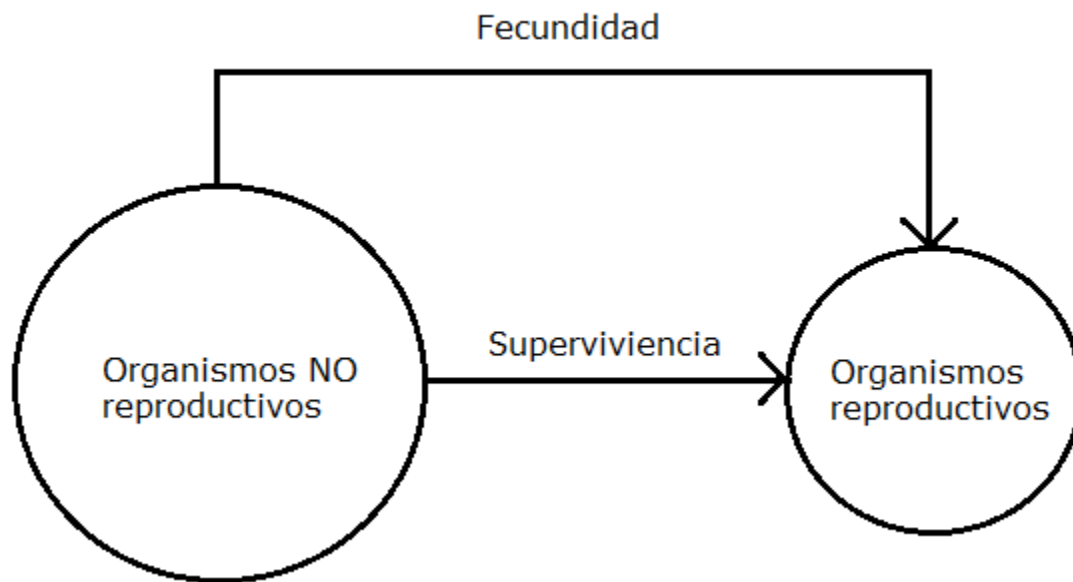


Figura 5. Diagrama de estadios de vida del organismo

Una vez teniendo los estadios del organismo se completó la siguiente tabla que fue la matriz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Matriz correspondiente al ciclo de vida

	Organismo no reproductivos	Organismos reproductivos
Organismo no reproductivos		
Organismos reproductivos		

Matriz de proyección

Se obtuvo multiplicando la matriz del ciclo de vida por el vector de densidad (Cuadro 2) que explica el número de organismos presentes en cada clase de edad en un tiempo inicial (Lemos, 2005).

Cuadro 2. Vector de densidad de número de organismo por cada clase de edad

Clase	n_t
Organismos no reproductivos	
Organismos reproductivos	

Una vez obtenidos los datos del vector se multiplican con los datos obtenidos de la matriz del ciclo de vida de Lemos, 2005 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fórmula para obtener la matriz de proyección de la población

A		x	n_t	$=$	n_{t+1}
a11	a12	n1			$(n1*a11)+(n2*a12)$
a21	a22	n2			$(n1*a21)+(n2*a22)$

Donde:

A = Datos de la matriz del ciclo de vida

N_t = Frecuencia de los organismos de acuerdo a la talla de edad

Con esto último se puede encontrar la tasa finita de crecimiento de población de Lemos, 2005.

$$\Lambda = \frac{N_{1+t}}{N_t}$$

Donde:

Λ = Tasa finita de crecimiento poblacional

N_{1+t} = Datos de la matriz del ciclo de vida multiplicado por el vector de densidad de numero de organismos presentes en cada clase.

N_t = Datos de la matriz del ciclo de vida.

RESULTADOS

Dinámica poblacional

El tamaño estimado de la población fue de 104 (ind) (Cuadro 4). El mayor número de capturas fue en el mes de junio, mientras que el mes con menos capturas es abril (Fig. 6).

Cuadro 4. Organismos Capturados y Recapturados

Capturas	Recapturas
97	39

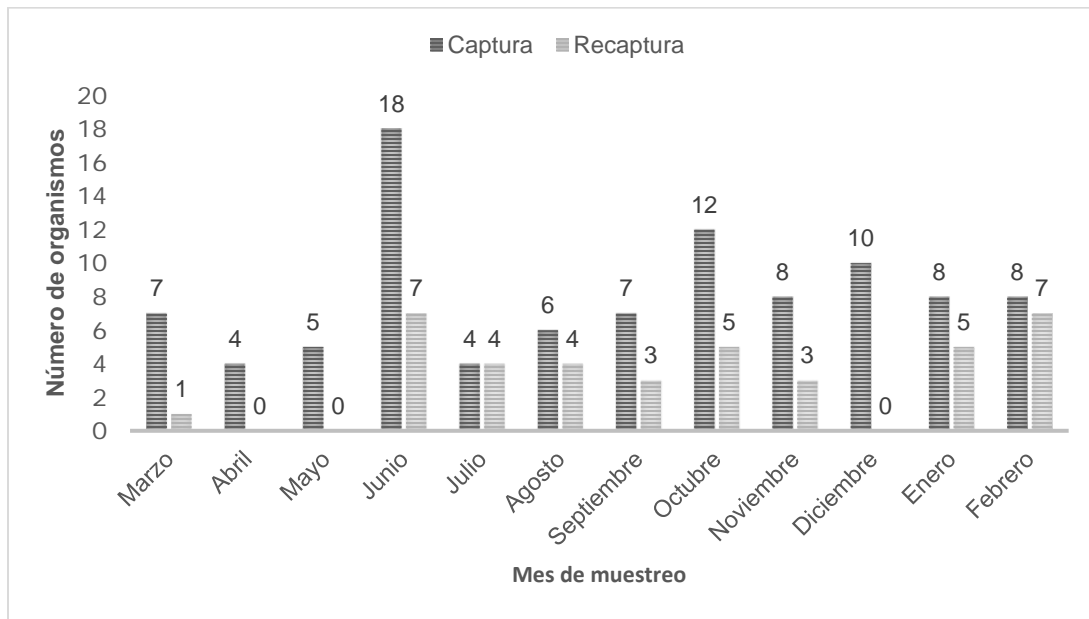


Figura 6. Capturas y recapturas por mes

Densidad Poblacional

De acuerdo al área y número de individuos que se observaron en el muestreo se obtuvo una densidad de 29.37 ind/ha.

Supervivencia

El número de nacimientos e inmigraciones fue de 91.09 individuos de los cuales el 2.01% de esos organismos sobrevive.

Abundancia

La abundancia de organismos fue de 28.69 ind/ha

Frecuencia

Se observaron talla mínima de 102.2 y talla máxima de 233.1 mm, obteniendo la talla con mayor frecuencia con 73 organismos que se encuentran en el intervalo de 154.51 a 180.60 mm, con una amplitud de 26. 18 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Frecuencia de organismos de acuerdo a las tallas

	Datos	Intervalos	Frecuencia
N	132	102.15 - 128.33	4
x min	102.2	128.33 - 154.51	22
x max	233.1	154.51 - 180.69	73
		180.69 - 206.87	31
		206.87 - 259.23	2

Proporción de sexos

Se marcaron 134 organismos. Del total 101 fueron machos y 33 hembras (Fig. 7), la proporción sexual fue de 3.2:1 a favor de los machos ($Ji^2= 33.5$, $p>0.05$).

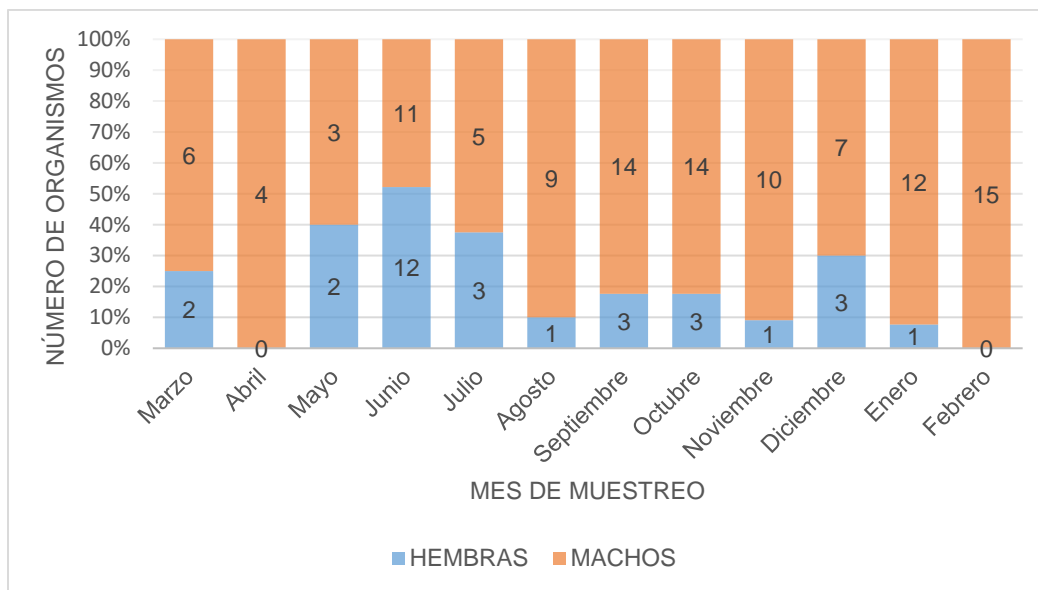


Figura. 7. Proporción de sexos por mes

Tabla de vida

Las clases de edad se estandarizaron en cuatro intervalos: 1 (102.15 - 167.24), 2 (167.24 - 183.51), 3 (183.51 - 199.78) y 4 (199.78 - 248.60) y en función de estas se realizó la tabla de vida (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Tabla de vida de *Reithrodontomys megalotis*

	Intervalo	n_x	l_x	q_x	l_x (ajustada)	dx (ajustada)
1	102.15 - 167.24	78	1	0.462	1.32216	0.941
2	167.244 - 183.51	42	0.538	0.41	0.38147	0.271
3	183.51 - 199.78	10	0.128	0.103	0.11006	0.078
4	199.78 - 248.60	2	0.026	0.026	0.03175	0.032

Se realizó el ajuste de los datos de la tasa de probabilidad de supervivencia dado que la población tuvo un comportamiento irregular discontinuo en cada periodo y el

tamaño de la muestra no fue significativo y el mejor ajuste fue para una curva exponencial (Fig. 8).

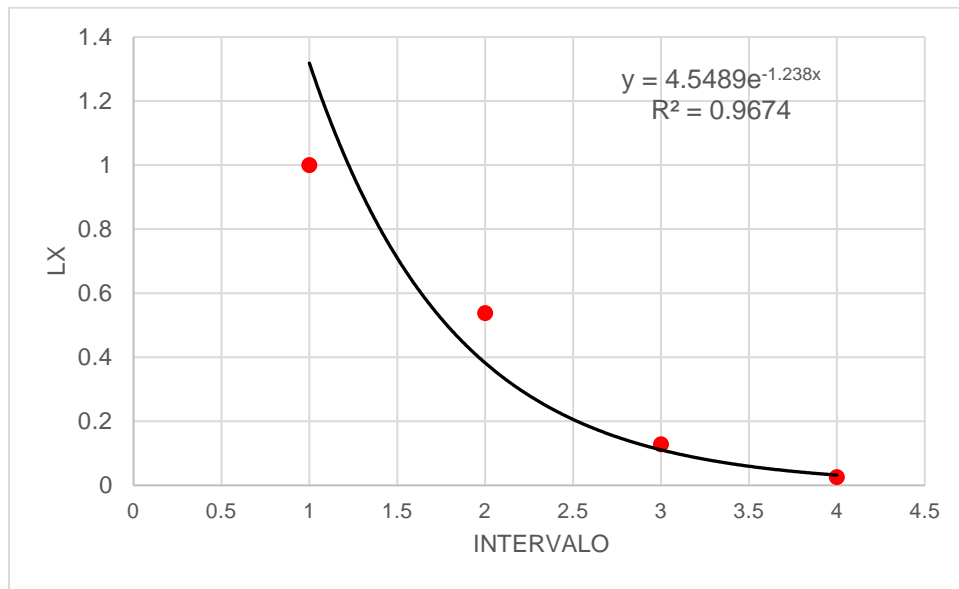


Figura 8. Curva de supervivencia exponencial.

Matriz del ciclo de vida

La matriz del ciclo de vida se obtuvo de acuerdo a los datos tomados de 33 hembras adultas con un estimado de 0.5 de fecundidad (Lemos, 2005), con una supervivencia de 0.20158, debido a que por el ciclo de vida de un año, solo se pueden tomar los datos como los organismos que no son reproductivos a organismos reproductivos (Fig. 9).

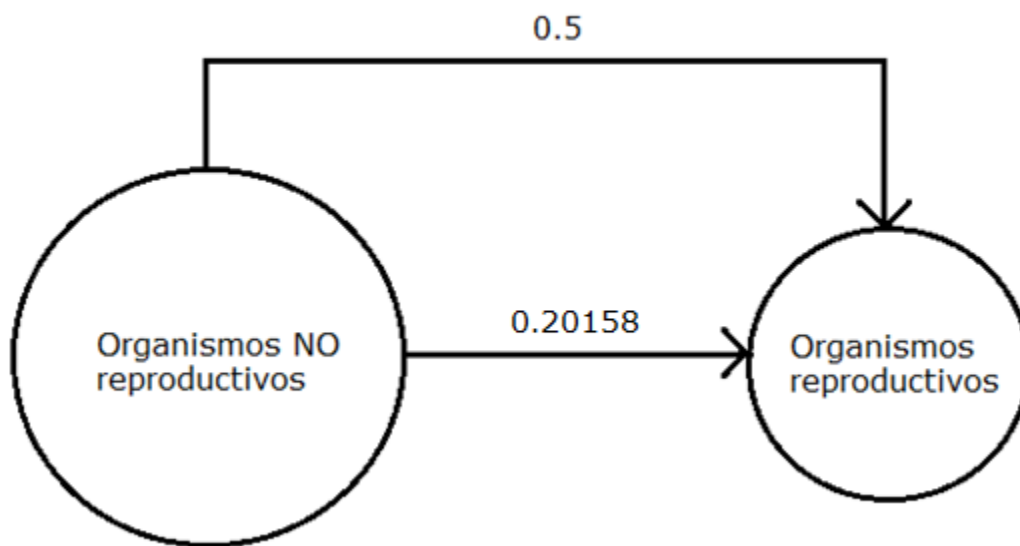


Figura 9. Tabla de vida de *Reithrodontomys megalotis*

Matriz del ciclo de vida de *Reithrodontomys megalotis*

De acuerdo al diagrama del ciclo de vida de *Reithrodontomys megalotis* se incluyen los datos de cada categoría (Cuadro 7).

Cuadro 7. Matriz de transición anual

	Organismo no reproductivos	Organismos reproductivos
Organismo no reproductivos	0	0.5
Organismos reproductivos	0.20158	0

Al sustituir los valores en la tabla del vector de densidad para cada clase de edad los organismos no reproductivos se estimaron en 78 individuos y los reproductivos en 54 individuos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Matriz del vector de densidad

Clase	N_t
Organismos no reproductivos	78
Organismos reproductivos	54

Matriz de proyección poblacional de *Reithrodontomys megalotis*

Una vez obtenido los datos de la matriz del ciclo de vida se obtuvo la tasa finita de la población que fue de 0.3236 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Matriz de proyección poblacional de *Reithrodontomys megalotis*

	A	nt	nt+1
0	0.5	78	$78(0)+54(0.5)$
0.20158	0	54	$78(0.20158)+54(0)$

DISCUSIÓN

Densidad Poblacional

El índice de densidad poblacional obtenido fue diferente a lo mencionado por Ramírez (2010) quien después de lluvias encontró hasta 60 ind/ha. En un promedio mínimo de área de actividad de 0.35 ha. Por lo que encontrar 29.37 ind/ha. en un área de 3.54 ha. no se había reportado en una población en la zona central de México (Ceballos, 1984). Esto puede deberse al cambio de uso de suelo donde se colocaron los transectos, ya que adicional a la construcción de viviendas en áreas cercanas, actualmente se está realizando tala de árboles a manera de control de plaga de muérdago. El muérdago es una de las plantas parasitas más importantes del grupo de las heterófitas ya que arboles infestados provocan que la madera entre en un proceso de putrefacción, enfermedades de la raíz así como el debilitamiento del tronco por lo que los hace susceptibles a que estos se caigan por fuertes vientos y provocar incendios (Ramírez-Dávila, 2009). El predio "El Peñón" es una zona de conservación, por lo que la erradicación de la plaga del muérdago es una medida de prevención de accidentes a futuro.

Se observó que la población alcanza su valor máximo de junio a octubre como consecuencia de la integración de juveniles a la población (Aguilar, 2007) y se mantiene constante en invierno (diciembre a enero) a pesar de las bajas temperaturas son las temporadas de búsqueda de alimento y reproducción

(Ceballos, 1984). Piantanida (1981) comprobó que la reproducción se da en octubre y marzo, por lo que coincide con lo observado en campo, ya que en los meses de marzo a mayo se nota la disminución que de igual manera coincide con la temporada de crianza en madriguera (Ramírez, 2010).

Estas fluctuaciones en la población se observaron en un estudio realizado en la región del Ajusco en la ciudad de México que comparte temperaturas similares al Predio “El Peñón” con patrones predecibles en el aumento de individuos jóvenes en temporadas de lluvias y disminución en temporada de secas (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

El comportamiento poblacional puede estar relacionado con condiciones ambientales y climáticas como la precipitación y la temperatura, en particular, la precipitación puede ser la causa de la disminución de la densidad (Canela, 1981; Sánchez-Cordero, 1980). Sánchez-Cordero (1991) demostró que la baja densidad poblacional en épocas de lluvia se debe a las interacciones interespecificas, que resulten en un decremento en la captura de los individuos, ya sea por emigración, muerte, o ambas.

Adicionalmente Sánchez-Cordero (1991) demostró que *R. megalotis* compite con *Microtus mexicanus* y *N. alstoni*, por el hábitat y esto puede ser un factor para las bajas capturas de la especie, de acuerdo con Chávez (1988) las inmigraciones pueden darse por el cambio de preferencias de microhabitat, esta especie también fue reportada para el predio (Estrategias Ecológicas Empresariales, 2014).

Sánchez-Cordero (1980), en el Ajusco encontró que al realizar un estudio de población, se presentan datos similares a los obtenidos en este estudio, con decrementos en invierno con picos en verano observándose variaciones continuas en la población.

Dinámica Poblacional

Teniendo en cuenta que la población es de 104 ind/ha se obtuvo un 0.2015 de supervivencia, esto quiere decir que solo llegan a sobrevivir de 2 a 3 crías, por lo que se puede observar que la población está en decremento. Sánchez-Cordero (1991) reportó la probabilidad de supervivencia de cuatro poblaciones de roedores en un bosque de pino en el cerro del Ajusco, donde para *N. alstoni*, *M. mexicanus* y *P. maniculatus* se estimó una probabilidad de 0.92 a 0.47 pero no se logró observar para *R. megalotis* por el bajo número de capturas.

La supervivencia de los individuos en estadio no reproductivo es de 53.8% y los que se encuentran en estadio reproductivo es de 2.6%. La baja supervivencia conlleva a un bajo valor reproductivo en adultos que está asociado a un ciclo de vida "rápido", esto quiere decir que tiene altas tasas de mortalidad, alcanzando una madurez a edades muy tempranas, tiempo de gestación cortos y poco longevos (Sánchez, 2017), aspectos congruentes con los bajos valores de supervivencia obtenidos.

Aunque, McGee (1982) reportó que el efecto de supervivencia es atribuible a los cambios ambientales, en las proporciones de alimento que los roedores puedan encontrar. Se ha observado en otros estudios que el crecimiento de los roedores se da a inicios de verano esto por la abundancia de alimento, en ausencia de brotes/pastos/insectos sugieren que la supervivencia y el reclutamiento está en función del contenido calórico del forraje y no de la succulencia, esto reafirma que cuando el hábitat se modifica o no es favorable la población disminuye considerablemente (Serrano, 1987). Además, como ya se ha mencionado, la baja reproducción de *R. megalotis* puede ser por la presencia de otra especie como *M. mexicanus* que compite por el hábitat, ya que destruyen la vegetación que estos usan para construir sus nidos (Blaustein, 1981).

Tabla de vida

Para poder realizar la tabla de vida de *Reithrodontomys megalotis* primero se obtuvieron las frecuencias de tallas por la regla de Sturges donde se estandarizaron

para obtener los intervalos de edad con base a la agrupación de las tallas y se observó que los organismos con mayor presencia van de 154.5 a 180.6 mm, lo anterior de acuerdo a (Ramírez, 2010) se encuentran en etapa reproductiva con 73 organismos que proyectan más de la mitad de la población, y de 102.15 a 154.51 se observaron 26 organismos que se encuentran en estadio no reproductivo.

El valor de mortandad varía de acuerdo al estadio en el que se encuentra el organismo, se observó que los organismos en estadio no reproductivo sobreviven un 46.2% de los individuos y cuando están en estadio reproductivo mueren un 97.4%. La gráfica del crecimiento exponencial de la población (Fig 8.) explica que la población tiene un crecimiento no controlado donde hay más nacimientos que supervivencia por lo que la población llegará a un punto donde no pueda sostenerse de acuerdo al alimento disponible (Piantanida, 1981). Los roedores alcanzan picos muy altos de población (usualmente al límite de la oferta de alimento), y son seguidos de abruptas declinaciones que continúan por generaciones, por lo que la mortandad de organismos en estadio reproductivo puede interpretarse como un mecanismo de supervivencia de la especie (Sánchez, 1998).

Al ser pequeños mamíferos, en general en muchas especies de roedores sus características de vida como el corto tiempo de gestación, reproducción temprana y camadas grandes, les permiten tener una respuesta rápida a la variación ambiental como la disponibilidad y preferencias o selectividad de recursos alimenticios, hábitat y microhábitat específicos (Sánchez, 2017). Existen diversos factores que podrían causar los niveles altos de mortandad entre ellos la depredación y la competencia, al igual que las diferencias en disponibilidad y preferencias tróficas, de hábitat así como disponibilidad y uso de refugios (Sánchez, 2017). De acuerdo con Blaustein (1981) *R. megalotis* no tiene la capacidad de persistir en ambientes donde compiten con otras especies de roedores y son extremadamente susceptibles a los cambios ambientales, por lo que la presencia de *M. mexicanus* que compite por el hábitat y en ocasiones encuentra las madrigueras y se come a las crías, podría estar influyendo en su supervivencia. Andrewartha y Birch (1954) sustenta la teoría de

que es probable que exista migración de la población para obtener los recursos necesarios para poder reproducirse en su hábitat regular.

Proporción sexual

De acuerdo a los organismos capturados, 101 fueron machos y 33 hembras. Se observó un sesgo hacia las hembras, esto se debe a que en machos hay poligamia (Ceballos, 2010) y exista una proporción de 3:1 (tres machos por cada hembra). Canul-Cruz (2012) y Sánchez (2017) reportan que para la familia de los Cricetidos lo común es encontrar mayor proporción de hembras que de machos, tanto en temporada de secas como de lluvias. Cime-Pool (2007) reporta un estudio donde la proporción de machos es mayor que el de las hembras pero el hábitat es un agroecosistema en Yucatán. Aunque este patrón de distribución puede estar poco definido dado por la disponibilidad de alimento en el área de estudio (Blaustein, 1981). A igual que el cambio de uso de suelo puede generar que no puedan acoplarse tan rápido a la variación ambiental y no encuentren las condiciones necesarias para poder reproducirse o encontrar organismos en fase reproductiva (Sánchez, 2017).

Matriz de proyección poblacional

Se obtuvo un valor de tasa finita de 0.33, de acuerdo a Contreras (2002) si el valor es menor a uno con un nivel de confianza al 95%, quiere decir que la población no tiene una expectativa de vida a largo plazo, aunque *R. megalotis* tiene un ciclo de vida de no mayor a un año, se han reportado casos en vida silvestre en Colombia donde llegan a vivir hasta dos años Sánchez (2017). De acuerdo a Macip-Rios (2011) el crecimiento de los individuos de cada clase debería de ser mayor año con año con base en el tamaño de la población, pero teniendo en cuenta que el valor estimado fue muy bajo (menor a 1), se puede observar que la vida promedio de un adulto en esta población no genera una tendencia favorable para la persistencia de la especie en esta zona de estudio. De acuerdo con estudios realizados por Ponce

(2014) no es posible comprender el crecimiento poblacional a largo plazo, en periodos cortos de tiempo (ya que se han realizado estudios con un periodo mínimo de tres años).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que la dinámica poblacional y la abundancia de la población de *R. megalotis* están severamente afectadas, probablemente por el deterioro antropogénico en el predio “El Peñón” en particular por la deforestación y la disminución de cobertura vegetal por el control de plaga de muérdago (Anexo 1).

En la población, la supervivencia fue mayor en organismos no reproductivos, esto se puede deber a factores como la depredación y la competencia, la disponibilidad y preferencias tróficas, elección de hábitat, así como disponibilidad y uso de refugios.

Este trabajo representa el primer estudio de dinámica poblacional para una comunidad de roedores del área de estudio, se recomienda que se realicen estudios posteriores de proyección a futuro de la población, ya que se observó que son indicadores de como el deterioro del ambiente es un factor de cambio a nivel faunístico y resalta la importancia de contar con información a largo plazo para evaluar el efecto que tiene las actividades humanas en las poblaciones de roedores o en general de mamíferos en la reserva “El Peñón” y realizar acciones de conservación; aunque *R. megalotis* no se encuentra en ningún estatus de conservación (a nivel nacional o mundial), es una especie que al ser tan vulnerable a los cambios en su hábitat, puede ser indicadora de perturbación en el área estudiada.

LITERATURA CITADA

Abondano A., D. C. (2009). Comparación de la eficiencia del método de captura-marcaje-recaptura y de registro indirecto del curí silvestre (*Cavia anolaimae*) en la reserva forestal municipal de Cogua. *Cundinamarca*. 66 pp.

Aguilar L., M. (2007). Uso diferencial entre sexos y dinámica poblacional de *Neotomodon alstoni* (Rodentia: Muridae) en el cerro del Ajusco – México. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. 56 pp.

Álvarez-Castañeda, S.T, T., Álvarez y N. González-Ruiz. (2017). Guía para la identificación de mamíferos de México. *Johns Hopkins University Press*. 266-267 pp.

Andrewartha, H.G. y L.C., Birch. (1954). The distribution and abundance of animals. *University of Chicago Press*. Chicago.

Ávila S., P. R., A. C. Martínez, R. O. Ramírez y S. Villicaña. (2017). Técnicas de Captura-Recaptura, *Especialización en Estadística Aplicada IIMAS UNAM*. México. 15 pp.

Badii, M. H., A Guillen, J. Landeros, E. Cerna, Y. Ochoa y J. Valenzuela. (2012). Muestreo por Métodos de Captura-Recaptura. *International Journal of Good Conscience* 7(1). 97-131 pp.

Bárcenas, H. V., y Legorreta, R. A. M. (2007). Registros notables de mamíferos en el sur del Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)* 11(1). 73-79 pp.

Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. (1996). Ecology. Individuals, Populations and Communities. *Blackwell Scientific Publications Oxford*. Reino Unido. 876 pp.

Blaustein, A. R. (1981). Population fluctuations and extinctions of small rodents in Coastal Southern California. *Oecologia (Berl)* 48. 71-78 pp.

Bierzuchudek, P. (1982). The demography of Jack-in-the-Pulpit, a Forest Perennial that Changes Sex. *Ecological Monographs* 52. 335–351 pp.

Bonfil, H. y L. Madrid. (2006). El pago por servicios ambientales en la cuenca de Amanalco-Valle de Bravo. *Gaceta Ecológica* 80. 63-79 pp.

Bozinovic F., y J. F. Merritt. (1991). Conducta, estructura y función de micromamíferos en ambientes estacionales: mecanismos compensatorios. *Revista Chilena de Historia Natural* 64. 19-28 pp.

Ceballos, G. y C. Galindo. (1984). Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. *Instituto de Ecología y Museo de Historia Natural de la Ciudad de México*. 904 pp.

Ceballos, G., S. Blanco, C. González y E. Martínez. (2006). *Reithrodontomys megalotis* (Ratón), Distribución Potencial a escala 1:1000000. *Instituto de Biología*. UNAM. México.

Ceballos, G., R., G. Garduño, R. López-Cano, M. Muñoz Cano, E. Collado y J. E. San Román. (2009). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. *Comisión Nacional para el Estudio y Uso de la Biodiversidad. Gobierno del Estado de México*. México. 527 pp.

Ceballos, G., y J. Arroyo-Cabrales. (2012). Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 2(2). 27-80 pp.

Chávez, C., y G. Ceballos. (1998). Diversidad y Estado de Conservación de los mamíferos del Estado de México. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 3. 113-134 pp.

Cimé-Pool, J. A., S. F. Hernández-Betancourt y Y. J. B. Chablé-Santos, (2007). Comunidad de pequeños roedores en dos agroecosistemas de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 11. 57-68 pp.

Conroy, C. J. y J. A. Cook. (2000). Molecular systematics of a holartic rodent (*Microtus*: Muridae). *Journal of Mammalogy* 81(2). 344-359 pp.

Cordero, V. S., F. Botello, J. F. Martínez, R. A. G. Rodríguez, L. Guevara, G. Granados, y Á. R. Moreno. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85. 27 pp.

Crespin, L., y M. Lima. (2006). Supervivencia adulta y dinámica poblacional del lauchón orejado *Phyllotis darwini* en Chile central. *Revista chilena de historia natural* 79(3). 295-308 pp.

Cruz Sierra, P. V. (2009). Densidad poblacional de roedores cricétidos del suelo de conservación contrerense. *UNAM*. Distrito Federal. 66 pp.

Contreras, C., y T. Valverde. (2002). Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *Journal of Arid Environments* 51. 89-102 pp.

Estrategias Ecológicas Empresariales. (2014). Manejo de Impacto Ambiental para la construcción de una comunidad campestre sustentable denominada Reserva el Peñón. México, 200 pp.

Fienberg, S. E. (1972). The multiple recapture census for closed populations and incomplete 2^k contingency tables. *Biometrika* 59. 591-603 pp.

Gámez, N., T. Escalante, G. Rodríguez, M. Linaje, y J.J. Morrone. (2012). Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna. *Revista mexicana de biodiversidad* 83(1). 258-272 pp.

Krebs, C. J. (1985) Estudio de Distribución y la abundancia. *Editorial Mexicana*. 149 – 151 pp.

Lemos, J. A., R. I. Rojas y J. J. Zúñiga. (2005). Técnicas para el estudio de poblaciones de fauna silvestre. *CONABIO*. 97-127 pp.

Lincoln, F.C. (1930). Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *U.S.D.A. Circ. 118*. 1-4.

McGee J.M. (1982). Small mammal populations in an unburned and early fire successional sagebrush community. *Journal of Range Management* 35(2). 177-180 pp.

Montero B., S.H., González Romero A. (2017). ¿Los roedores aliados o enemigos de los ecosistemas? *Red de Biología y Conservación de Vertebrados*. INECOL.

Piantanida, M., J. (1981). Biología de la reproducción en roedores cricetidos silvestres: Reproducción, desarrollo y factores que afectan el ciclo reproductivo de *Akodon dolores*. *Facultad de ciencias exacta y naturales. Universidad de Buenos Aires*. Buenos Aires. Argentina.

Ponce R., V. E. (2014). Análisis demográfico de una población de *Hyla arenicolor* en Coyotepec, Estado de México. *Universidad Nacional Autónoma de México*.

Ramírez-Dávila, J. F., y E. Porcayo-Camargo. (2009). Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México, utilizando del SADIE. *Madera y Bosques* 15(2). 93-11 pp.

Reid, F. A. (2006). Mammals of North America. *Peterson Field Guides*. Boston. 177-289 pp.

Sánchez C., V. y M. Canela Rojo (1991). Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano. *Anales del Instituto de Biología serie Zoología* 62(002). 319-340 pp.

Sánchez L., M. I. (1998). Factores que limitan la abundancia de los roedores muridos en el Delta de Paraná. *Universidad de Buenos Aires*. Buenos Aires. Argentina.

Sánchez P., P. (2017). Variación demográfica y morfológica de especies de roedores cricétidos en ecosistemas altoandinos de la Cordillera Oriental Colombiana. *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá. Colombia.

Santos M., A., M.A. Briones-Salas, R. Lopez-Wilchis. (2007). Diferencias en algunos parámetros demográficos de *Oryzomys chapmani* (Rodentia:Muridae) Asociados a tres estados sucesionales de bosque mesófilo de montaña en Oaxaca, México. *Acta Zoologica Mexicana (n.s)* 23(1). 123-137 pp.

Serrano, V. (1987). Las comunidades de roedores desertícolas del bolsón de Malpimi, Durango. *Acta Zoologica Mexicana (n.s)* 20. 6-22 pp.

Sikes, R. S., y W. L. Gannon. (2011). Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy* 92(1). 235-253 pp.

Valverde, T., J.A. Meave del Castillo, J. Carabias y Cano-Santana. (2005). Ecología y medio ambiente. Pearson. México.

Vázquez, L. B., R. A. Medellín, y G. N, Cameron. (2000). Population and community ecology of small rodents in montane forest of western Mexico. *Journal of Mammalogy* 81(1). 77-85 pp.

ANEXO 1. Imágenes del área de estudio



Zona de muestreo al inicio del estudio

Fotografía por Luis Raí Ruíz Sánchez



Zona de muestreo después del control de plaga de muérdago Fotografía por Serguei
Axel Santamaria Ruíz