



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo  
Integral Regional, Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento  
de Recursos Naturales

Patrones y procesos de la Biodiversidad del Neotrópico

## COMPOSICIÓN DE PEQUEÑOS ROEDORES EN BOSQUE TEMPLADO Y ÁREAS DE CULTIVO EN SIERRA NORTE, OAXACA.

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

**BIÓL. ROCÍO GARCÍA PAZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. MIGUEL ÁNGEL BRIONES SALAS**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 11:00 horas del día 7 del mes de mayo del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada:  
Composición de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo en Sierra Norte, Oaxaca

Presentada por el alumno:

García  
Apellido paterno  
Nombre(s) Rocío

Paz  
Apellido materno

Con registro: 

B	1	6	0	2	0	8
---	---	---	---	---	---	---

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. Miguel Ángel Briones Salas

M. en C. Graciela Eugenia González Pérez

M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

Dra. Elvira Durán Medina

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE  
PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte  
Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



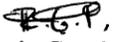
**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca el día 20 del mes de mayo el año 2019, el (la) que suscribe **Rocío García Paz** alumno(a) del Programa de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales con número de registro B160208, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Briones Salas y cede los derechos del trabajo intitulado **Composición de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo en Sierra Norte, Oaxaca**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [hourse\\_star@yahoo.com.mx](mailto:hourse_star@yahoo.com.mx) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



  
Rocío García Paz

CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

Nombre y firma

## DEDICATORIA

A mis padres Esperanza y Genaro

A mi tío-papá Florentino Paz

A mis abuelitas (Esperanza† y Juventina†) y abuelitos (Francisco† y Celerino†)

A mi compañero de vida Oscar R. Cruz Andrés

A mis amigos que son los “hermanos” que la vida me permitió elegir

A toda la comunidad de San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca

Al pequeño e incansable guerrero de arduas batallas...Hermes

Finalmente, a esos pequeños e importantes actores dentro de los ecosistemas...

los pequeños roedores.



## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de estudios (611222) otorgada.

A los miembros del comité tutorial y revisores de tesis: Dr. Miguel Ángel Briones Salas, M. en C. Sonia Trujillo Argueta, M. en C. Graciela E. González Pérez, M. en C. Gladys I. Manzanero Medina, Dra. Elvira Durán Medina y Dr. Rodolfo A. Solano Gómez por sus observaciones y aportaciones para la realización del presente manuscrito.

A las autoridades y habitantes de San Pedro Yólox, quienes nos permitieron trabajar y convivir con ellos haciéndonos sentir parte de su comunidad...por tantos momentos inolvidables; ¡Muchas gracias!

A los señores Anselmo, Francisco y Mariano, habitantes de San Pedro Yólox, que me permitieron trabajar en sus terrenos de cultivo.

Al personal del laboratorio de vertebrados del CIIDIR-Oaxaca por el préstamo de algunos materiales para el trabajo de campo.

Al Herbario del CIIDIR-Unidad Oaxaca y Herbario Nacional de México (MEXU) del Instituto de Biología (UNAM) por la ayuda en la identificación de especies vegetales.

A los Biólogos Dulce V. Santiago Ramírez, Heidy Ortiz López, Karen López Vásquez, Jesús F. Santiago Santos, Ing. Agr. Antonio González Catarino, Ing. Agr. Edgar Santiago Salmoran y mi estimado M.V.Z Héctor Tamayo Martínez. ¡Gracias por su invaluable apoyo en campo y por su amistad!

A la Biól. Mayra de la Paz Cuevas, técnico del laboratorio de Mastozoología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por su colaboración en la identificación de roedores. Y por los años de amistad que hemos compartido a pesar de la distancia.

A Don Marcial, Doña Paula y Biól. Teresa Hernández Velasco por abrirnos las puertas de su casa en San Pedro Yólox, por su hospitalidad, cariño y por hacernos sentir parte de su familia.

En especial a los Biól. Magaly Gómez Contreras y Oscar R. Cruz Andrés por su cariño, paciencia y apoyo incondicional. No solo vivimos momentos inolvidables en campo, sino que compartimos un sinnúmero de alegrías y adversidades durante todo este tiempo, lo cual nos unió aún más.

Definitivamente sin su apoyo la realización y culminación de este trabajo no hubiera sido posible. ¡Muchas gracias...los amo!

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
CAPITULO I	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Comunidades: Concepto y generalidades.....	1
Bosque templado en México.....	2
Agricultura y su impacto sobre la biodiversidad.....	3
Roedores: Generalidades, importancia y diversidad.....	5
<b>ANTECEDENTES</b> .....	6
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	9
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	10
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	10
<b>HIPÓTESIS</b> .....	11
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	12
CAPITULO II	
COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE PEQUEÑOS ROEDORES EN BOSQUE TEMPLADO Y ÁREAS DE CULTIVO EN SIERRA NORTE, OAXACA.....	21
<b>Introducción</b> .....	21
<b>Materiales y Métodos</b> .....	23
Área de estudio.....	23
Captura de pequeños roedores.....	26
Variables ambientales.....	26
Muestreo de vegetación.....	27
Análisis de datos.....	28
<b>Resultados</b> .....	29
<b>Discusión</b> .....	42
<b>Conclusiones</b> .....	45
<b>Literatura citada</b> .....	46

<b>ANEXO 1</b> .....	51
<b>ANEXO 2</b> .....	51
<b>APENDICE 1</b> Diseño de cuadrantes y esquema de medidas convencionales registradas...	55
<b>APENDICE 2.</b> Características de las especies de pequeños roedores encontradas en San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca .....	56

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Coordenadas y altitud de los puntos de muestreo en cada sitio (Bt y Ac), en San Pedro Yólox.....	26
<b>Cuadro 2.</b> Abundancia y riqueza de especies encontradas por sitio (Bt y Ac) y temporada (seca y lluvias).....	31
<b>Cuadro 3.</b> Valores de los índices obtenidos para los sitios de muestreo y temporadas.....	34
<b>Cuadro 4.</b> Valores de similitud entre las comunidades de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox.....	37
<b>Cuadro 5.</b> Valores de similitud entre las comunidades de pequeños roedores entre sitios y temporadas en San Pedro Yólox.....	38

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> a) Ubicación de la comunidad de San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca; b) Puntos de muestreo en bosque templado (B. tem) y áreas de cultivo (Cul) en San Pedro Yólox.....	25
<b>Figura 2.</b> Precipitación por mes reportada en el área de estudio.....	27
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de los estimadores no paramétricos (Chao 1, Chao 2 y Jackknife1 con un intervalo de confianza de 95%) en la curva en acumulación de especies durante los meses de muestreo en bosque templado.....	32
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de los estimadores no paramétricos (Chao 1, Chao 2 y Jackknife1 con un intervalo de confianza de 95%) en la curva en acumulación de especies durante los meses de muestreo en áreas de cultivo.....	32
<b>Figura 5.</b> Representación de las especies más importantes en cada sitio con base en los Números de Hill.....	34
<b>Figura 6.</b> Representación de las especies más importantes en la temporada seca y lluvias en bosque templado con base en los Números de Hill.....	34
<b>Figura 7.</b> Representación de las especies más importantes en la temporada seca y lluvias en áreas de cultivo con base en los Números de Hill.....	35
<b>Figura 8.</b> Curvas rango-abundancia de bosque templado (a) y áreas de cultivo (b) donde se representan la abundancia, riqueza y dominancia anual en cada sitio.....	36
<b>Figura 9.</b> Curvas rango-abundancia correspondiente a la temporada seca (a) y de lluvias (b) en bosque templado.....	36
<b>Figura 10.</b> Curvas rango-abundancia correspondiente a la temporada seca (a) y de lluvias (b) en áreas de cultivo.....	37
<b>Figura 11.</b> Esquema de similitud entre la comunidad de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo.....	38
<b>Figura 12.</b> Esquema de similitud entre la comunidad de pequeños roedores entre sitios y temporadas.....	39
<b>Figura 13.</b> Análisis de correspondencia canónica donde se muestra el agrupamiento de las especies con base en las variables ambientales en cada sitio durante la temporada seca y lluvias en cada sitio. Bt S = Bosque templado temporada seca, Bt Ll = Bosque templado temporada de lluvias, Cul S = Áreas de cultivo temporada seca, Cul Ll = Áreas de cultivo temporada lluvias. <i>L. irro</i> = <i>L. irroratus</i> , <i>O. cha</i> = <i>O. chapmani</i> , <i>O. ful</i> = <i>O. fulvescens</i> , <i>P. azt</i> = <i>P. aztecus</i> , <i>P. bea</i> = <i>P. beatae</i> , <i>R. rat</i> = <i>R. rattus</i> , <i>R. micr</i> = <i>R. microdon</i> . T (°C) Min = Temperatura mínima, T (°C) Max = Temperatura Máxima, HR (%) Min = Humedad relativa mínima, HR (%) Max = Humedad relativa máxima, Precip (mm) = Precipitación.....	40
<b>Figura 14.</b> Relación entre las etapas de la vegetación en bosque templado con la abundancia y riqueza de roedores.....	41
<b>Figura 15.</b> Relación entre las etapas en las áreas de cultivo con la abundancia y riqueza de roedores.....	42

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar la variación en la composición y la estructura de la comunidad de pequeños roedores en bosque templado (Bt) y áreas de cultivo (Ac) se realizaron 12 periodos de muestreo de cuatro días cada uno, durante los meses de Marzo de 2017 a Febrero de 2018. Se utilizó el método de captura-recaptura en tres cuadrantes dentro de cada sitio (Bt y Ac), con 50 trampas tipo Sherman separadas 15 m una de otra. También se tomaron datos ambientales (humedad relativa y temperatura) por medio de dataloguer durante los cuatro días de activación de las trampas y se promedió el máximo y mínimo valor por día y se obtuvieron datos de precipitación mensual. Se registraron datos de vegetación por el método punto centro cuadrado para determinar aquellas especies más representativas en bosque templado; se reportaron datos de fenología y de cambios en los cultivos en las áreas agrícolas. Se emplearon estimadores no paramétricos basados Chao 1, Chao 2 y Jacknife de primer orden, la diversidad de cada sitio se determinó a partir de los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de la riqueza (índice de Margalef), equitatividad (J) y dominancia (Índice de Berger-Parker; las diferencias en la diversidad de especies fueron evaluadas utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener y una prueba de t de Student; con la finalidad de obtener una mejor representación de las especies importantes se utilizaron los Números de diversidad de Hill; Por medio del índice de Jaccard se determinó la similitud entre sitios (Bt y Ac) y entre temporadas (seca y lluvias) en cada sitio; la relación entre las variables ambientales y las especies de roedores se analizó por correspondencia canónica con los datos ambientales obtenidos (temperatura máxima y mínima, humedad relativa máxima y mínima y, precipitación mensual). Se registraron un total de 334 capturas, el esfuerzo de captura fue de 14,400 noches trampa (7,200 noches trampa por sitio). Se enlistaron ocho especies distribuidas en tres familias, Cricetidae, Muridae y Heteromyidae. Se registró un total de ocho especies, cinco en Bt (*Liomys irroratus*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Peromyscus aztecus*, *P. beatae* y *Rattus rattus*) y ocho en Ac (*L. irroratus*, *Mus musculus*, *O. fulvescens*, *Oryzomys chapmani*, *P. aztecus*, *P. beatae*, *R. rattus* y *Reithrodontomys microdon*). En Bt las especies *Peromyscus aztecus* y *P. beatae* fueron las especies más dominantes y en Ac fue la especie *Liomys irroratus*. on base en el esfuerzo de captura realizado y considerando los estimadores utilizados (chao 1, chao2 y jacknife 1) para el bosque templado podría considerarse aumentar el esfuerzo de captura con la finalidad de poder aproximarse a la asíntota y para el área de cultivo se considera que el esfuerzo de captura fue adecuado. Con base en la riqueza y abundancia de pequeños roedores, el sitio con el mayor valor de diversidad fue el bosque templado; en contraste, el menos diverso fueron las áreas de cultivo, con base en la prueba t de Hutchenson no se encontraron diferencias significativas entre sitios. Para los números de Hill, en el caso de bosque templado, N1 y N2 mostraron que las especies *P. aztecus* y *P. beatae* son las que representan mejor a la comunidad de pequeños roedores en ese sitio y que en áreas de cultivo lo son las especies *L. irroratus* y *O. fulvescens*; destacando la especie *L. irroratus* como la especie con mayor representación en este sitio. El índice de Jaccard demostró que ambas comunidades (bosque templado y áreas de cultivo) no son muy similares entre sí pero al realizar el análisis de similitud entre sitios y temporadas, se presentan dos agrupaciones; la primera constituida por la comunidad de pequeños roedores en áreas de cultivo en temporada de lluvias con la comunidad de bosque templado en temporada seca y, la segunda agrupación está representada por la comunidad de roedores de áreas de cultivo en temporada seca con la comunidad de bosque templado en temporada de lluvias. El análisis de correspondencia canónica presenta tres ejes principales donde uno está conformado por las variables ambientales humedad relativa (%) mínima y temperatura (°C) mínima con las especies *P. beatae* y *P. aztecus* en bosque templado en ambas temporadas pues estas especies presentaron mayor cantidad de individuos bajo estas variables; este eje fue el que obtuvo la mayor abundancia. Otro grupo más está conformado por las variables de precipitación (mm) (201.8 mm) y humedad relativa (%) máxima (92%) con las especies *O. chapmani* (2 ind.) y *O. fulvescens* (6 ind.) en temporada de lluvias en áreas de cultivo. Por último, la temperatura (°C) máxima (31°C) se agrupo con las especies *R. microdon* (3 ind.), *L. irroratus* (59 ind.) y *R. rattus* (n=1), las cuales bajo esta variable presentaron el mayor número de individuos en la temporada seca en áreas de cultivo. Si bien las áreas de cultivo presentan gran parte de la riqueza de especies, en bosque templado la abundancia es mayor debido a que el comportamiento en las variables ambientales y la vegetación es menos abrupto permitiendo que los individuos encuentren las condiciones óptimas para su preservación.

## ABSTRACT

In order to determine the variation in the composition and structure of the community of small rodents in temperate forest (Bt) and cultivation areas (Ac), 12 sampling periods of four days each were carried out, during the months of March 2017 to February 2018. The capture-recapture method was used in three quadrants within each site (Bt and Ac), with 50 Sherman-type traps 15 m apart from each other. Environmental data (relative humidity and temperature) were also taken by means of dataloguer during the four days of activation of the traps and the maximum and minimum values per day were averaged and monthly precipitation data were obtained. Vegetation data were recorded using the center-square method to determine the most representative species in temperate forest; phenology data and changes in crops in agricultural areas were reported. Non-parametric estimators based on Chao 1, Chao 2 and Jackknife of first order were used, the diversity of each site was determined from Shannon-Wiener indexes (H'), wealth (Margalef index), equitability (J) and dominance (Berger-Parker Index), the differences in species diversity were evaluated using the Shannon-Wiener diversity index and a Student t test, in order to obtain a better representation of the important species. Hill diversity numbers, the Jaccard index was used to determine the similarity between sites (Bt and Ac) and between seasons (dry and rainy) at each site, the relationship between environmental variables and rodent species was analyzed by canonical correspondence with the obtained environmental data (maximum and minimum temperature, maximum and minimum relative humidity and, monthly precipitation). A total of 334 catches were recorded, the capture effort was 14,400 trap nights (7,200 trap nights per site). Eight species were listed distributed in three families, *Cricetidae*, *Muridae* and *Heteromyidae*. A total of eight species were recorded, five in Bt (*Liomys irroratus*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Peromyscus aztecus*, *P. beatae* and *Rattus rattus*) and eight in Ac (*L. irroratus*, *Mus musculus*, *O. fulvescens*, *Oryzomys chapmani*, *P. aztecus*, *P. beatae*, *R. rattus* and *Reithrodontomys microdon*). In Bt the species *Peromyscus aztecus* and *P. beatae* were the most dominant species and in Ac was the species *Liomys irroratus*. Based on the capture effort made and considering the estimators used (chao 1, chao2 and jackknife 1) for the temperate forest, it could be considered to increase the capture effort in order to be able to approach the asymptote and for the cultivation area it is considered that the capture effort was adequate. Based on the richness and abundance of small rodents, the site with the greatest diversity value was the temperate forest; in contrast, the least diverse were the cultivation areas, based on the Hutchenson t test, no significant differences were found between sites. For the numbers of Hill, in the case of temperate forest, N1 and N2 showed that *P. aztecus* and *P. beatae* species are those that best represent the community of small rodents in that site and that in areas of cultivation are the *L. irroratus* and *O. fulvescens* species; highlighting the species *L. irroratus* as the most represented species in this site. The Jaccard index showed that both communities (temperate forest and cultivation areas) are not very similar to each other but when analyzing the similarity between sites and seasons, two groups are presented; the first one constituted by the community of small rodents in areas of culture in rainy season with the community of temperate forest in dry season and, the second group is represented by the community of rodents of areas of culture in dry season with the community of forest tempered in rainy season. The analysis of canonical correspondence presents three main axes where one is made up of the environmental variables minimum relative humidity (%) and minimum temperature (°C) with the species *P. beatae* and *P. aztecus* in temperate forest in both seasons since these species presented higher number of individuals under these variables; this axis was the one that obtained the greatest abundance. Another group is made up of the variables of precipitation (mm) (201.8 mm) and maximum relative humidity (%) (92%) with the species *O. chapmani* (2 ind.) And *O. fulvescens* (6 ind.) In season of rains in areas of cultivation. Finally, the maximum temperature (°C) (31°C) was grouped with the species *R. microdon* (3 ind.), *L. irroratus* (59 ind.) And *R. rattus* (n = 1), which under this variable presented the largest number of individuals in the dry season in crop areas. Although the cultivation areas present a large part of the richness of species, in temperate forest the abundance is greater because the behavior in the environmental variables and the vegetation is less abrupt allowing the individuals to find the optimal conditions for its preservation.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

El estudio de la ecología de las especies involucra diversos aspectos, entre los que destaca conocer su composición a nivel de comunidad, así como el comportamiento de sus poblaciones que están en constante interacción dentro del ecosistema o hábitat (Begon et al., 1990; Kelt, 1995). Por lo que se deben considerar, aquellos factores que afectan la manera en cómo se distribuyen y permanecen los individuos; que en ocasiones son influenciados por procesos de índole evolutivo, geológico y ambiental (Brown y Munger, 1985; Krebs, 1985).

#### **Comunidades: Concepto y generalidades.**

El concepto de comunidad ha tenido diversas transformaciones, debido a que la investigación científica en este tema ha ido aportando elementos teóricos y prácticos que permiten encaminar de manera más adecuada, la concepción de cada uno de los elementos que conforman esta escala de organización de las especies.

Entre los autores que han realizado una aportación importante para definir a la comunidad se encuentra Gleason (1917, 1926), quien concibe a la comunidad como “un conjunto de especies que actúan de manera independiente a los factores impuestos por el ambiente y donde la coexistencia, es el resultado de la adaptación de todos los miembros de la comunidad, que habitan un mismo lugar cumpliendo sus requerimientos”. Años después Whittaker (1970), describiría a la comunidad como “un sistema viviente característico que cuenta con su propia organización, estructura, función e interacción con el ambiente”. Posteriormente, Southwood (1987) haría su aportación al concepto de comunidad, al mencionar que “además de ser un grupo de organismos de distintas especies que conviven en un lugar; estos interactúan entre sí dentro de relaciones horizontales y verticales”.

A comienzos de este siglo Smith y Smith (2001), señalan que una comunidad puede estar formada por unas pocas especies comunes; o puede poseer una gran variedad de especies,

algunas comunes con alta densidad poblacional, pero la mayoría raras con bajas densidades poblacionales. Con base en todas estas contribuciones al análisis del concepto y los componentes de la comunidad, Keddy y Weiher (2001) conciben a la ecología de comunidades como aquella colección de estudios y métodos que son aplicables a uno o varios organismos, pero a escalas menores a la del paisaje.

La comunidad, ha podido ser definida a diferentes escalas, tipo y tamaño (Begon et al., 1990), debido a los diversos atributos que la establecen; entre los que se encuentran la *composición específica* determinada por la lista de especies taxonómicas, la *riqueza* de especies que enumera a las distintas especies presentes, la *abundancia relativa* que es una representación proporcional de los individuos de una especie con respecto al total de individuos dentro de la comunidad, la *diversidad* que integra a la riqueza y abundancia relativa, la *dominancia* que presenta a las especies que ejercen mayor control sobre la estructura de la comunidad, la *estructura trófica y gremial*. Además de estos atributos, también se dan una serie de interacciones entre especies y dinámicas espacio-temporales (Begon et al., 1990; Rodríguez, 2001). Esta estructura de la comunidad presenta una serie de cambios a través del tiempo como resultado del aumento o disminución del número de individuos de las especies que las componen (Brown y Heske, 1990).

La composición de especies de una comunidad puede presentar alteraciones a nivel espacial y temporal; esto depende de la respuesta de los individuos a cambios bióticos y abióticos del medio, de la interacción y/o competencia con otras especies y si las necesidades de cada especie pueden ser cubiertas por los recursos disponibles (Weins, 1986; Diamond y Case, 1986; Levin, 1992). Por lo tanto, la comunidad es un conjunto de especies, cuya composición refleja la estructura y dinámica poblacional de las especies que la constituyen.

### **Bosque templado en México**

Son bosques caracterizados por comunidades vegetales dominadas por especies de los géneros *Pinus*, *Quercus* o una combinación de ambos. En México, los bosques templados son también conocidos como bosques de pino-encino. Su distribución se da a lo largo de la Sierra Madre Occidental y Oriental, además del sistema Volcánico Transversal. Estos

bosques abarcan el 20% del territorio nacional (Challenger, 2003; Bray et al., 2007; INEGI, 2008).

Estos bosques además de contar con el 50% de especies de pino (entre 50 y 52 especies) y el 33% de especies de encino (entre 138 y 200 especies) del mundo (la mayoría de ellas endémicas); se ha estimado que albergan a más de 7,000 tipos de plantas que en conjunto le confieren al bosque templado mexicano su condición siempre verde. Esta constitución de especies vegetales se da como resultado del material orgánico presente en los suelos de estos bosques. Como consecuencia de su establecimiento en zonas montañosas; su clima es templado, generalmente oscila entre los -3°C y 18 °C, influenciado por la temporada del año (Walter, 1985; Armesto, et al., 1995; Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009; HDZ, 2012; Romero, 2015; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2017).

En México, como en otras partes del mundo donde se distribuye este tipo de ecosistema, los bosques cuentan con diferentes microhábitats, con características ambientales particulares que permiten acceder a una amplia gama de recursos. Ejemplo de ello, son los frutos (carnosos o secos), así como semillas que produce la vegetación y que se convierten en una importante fuente de alimento para algunas especies de vertebrados (aves, pequeños mamíferos, etc.). Por otra parte, proporcionan diferentes servicios ambientales (fertilidad de suelos, captura de carbono, balance hídrico) que permiten la existencia de diversos organismos en estos bosques (Kotler y Brown, 1988; Carey y Johnson, 1995; Carey et al. 1999; Kelt et al., 2004; Luna et al. 2004).

Al representar una importante fuente de recursos, son uno de los ecosistemas más alterados a consecuencia del cambio de uso de suelo, hecho que involucra una serie de acciones como asentamientos humanos, aprovechamiento forestal (principalmente de pinos), actividades agrícolas, etc. (García, 2001; Luna et al; 2004; Masera et al., 1997).

### **Agricultura y su implicación sobre la biodiversidad**

En los bosques, como en los demás ecosistemas; la transformación del hábitat como consecuencia de las actividades realizadas por el hombre, ha representado una amenaza constante para la preservación de diversas especies (Hannah, et al., 1994; Meffe y Carroll,

1997, Sala et al., 2000; Crooks, 2001; Haila, 2002). Velázquez et al. (2000) exponen un estudio realizado durante los últimos años de la década de los 1970 hasta el año 2000, donde se evidencia la transformación de bosques templados y matorrales, en campos de cultivo. El sistema tradicional utilizado para la agricultura (roza-tumba-quema) y el consumo de leña como combustible ha implicado una extensiva deforestación en México (Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009).

Este tema ha sido abarcado desde diversos enfoques. Por una parte, se considera a la agricultura como una actividad antropogénica que ha traído como consecuencia el desplazamiento o desaparición de especies y disminución de la cobertura vegetal nativa. Contrario a lo anterior, existen diversos estudios que demuestran que, lejos de afectar de manera importante a las especies, estas se favorecen en relación con la diversidad, debido a la disminución de aquellas especies dominantes que se da como consecuencia de la heterogeneidad ambiental que a su vez permite el éxito de las demás especies (Hannah, et al., 1994; Dayli, 1997; Benton et al., 2003; Bennett et al., 2006; Ceballos, et al. 2010b; Pereira et al., 2010; Connell, 1980; Yahner, 1991).

Aunque los ecosistemas sufren modificaciones naturales y cambios en la composición de especies (desplazamiento, extinción); los efectos de las actividades humanas como la agricultura han ayudado a acelerar de manera alarmante estos cambios a lo largo de las últimas décadas (Hernández, 1994; May, 1988; Laurance y Yensen, 1991; Sala et al., 2000; Pereira et al. 2010). La biodiversidad, especialmente la fauna, no solo se manifiesta a través de los cambios en la cobertura vegetal, sino también implica cambios en la temperatura del suelo y el aire, cantidad de refugios y reducción del área óptima para las diversas actividades de los individuos (reproducción, caza, competencia, etc.). Esto provoca variaciones considerables en la ecología y biología de la flora y fauna en diferentes niveles de organización (comunidades, poblaciones, gremios, etc.) (Nupp y Swihart, 1998; Lomolino y Perault, 2000; Martínez-Meyer, et al. 2014; Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009).

### **Roedores: Generalidades, importancia y diversidad.**

Los roedores son el grupo de mamíferos más abundante en el planeta, representado por 34 familias y aproximadamente 2337 especies (Ramírez-Pulido, et al., 1996; Wilson y Reeder, 2011; Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012). Tienen una marcada adaptación a diversos hábitats al vivir en prácticamente todos los continentes, excepto en lugares como la Antártida. Esta excepcional manera de adaptarse a los diversos ecosistemas, es resultado de los aspectos propios del grupo como su facilidad para reproducirse; la manera de aprovechar cada uno de los recursos alimenticios y de refugio; su tipo de actividad (diurna, crepuscular, nocturna); tipos de hábitos (terrestre, arborícola, subterráneo, semiacuáticos); si son gregarios o solitarios. Aunque existen notables diferencias entre las especies de roedores, comparten la carencia de caninos y la presencia de incisivos, adaptados a sus requerimientos de caza y protección (Tzab y Macswiney, 2014; Priotto y Steinmann, 2003).

Entre los recursos alimenticios que este grupo utiliza se encuentran diversas estructuras vegetales como son, semillas, frutos, hojas, polen, bulbos, follaje. Su dieta incluye algunas especies de invertebrados, hongos y micorrizas (Demattia et al., 2006; Merritt, 2010). Como consecuencia de este perfil de alimentación, los roedores son considerados componentes clave en los procesos de sucesión y regeneración de la vegetación mediante las actividades de selección, depredación y postdispersión de semillas; también desempeñan funciones como polinizadores y controladores biológicos debido al consumo de invertebrados (Demattia et al., 2004; Hernández-Betancourt et al., 2005; Demattia et al., 2006; Chung y Corlett, 2006; Kleizen et al., 2008; Tzab y Macswiney, 2014; Merritt, 2010). Además, representan una importante fuente de alimento para otras especies (aves, reptiles, mamíferos), incluyendo en ocasiones al hombre (Nupp y Swihart, 1998; Merritt, 2010; Martínez-Vázquez et al., 2010; Tzab y Macswiney, 2014). Lamentablemente, los roedores también pueden desempeñar funciones negativas cuando interactúan con los humanos; pues actúan como vectores de enfermedades como el hantavirus, leptospirosis, dermatofitosis, triquinosis, entre otras (Calderón, 2003; Allan et al., 2003; Sánchez-Cordero et al., 2005); y por último, como especies plaga dentro de áreas establecidas para cultivo o

en hábitat nuevos donde, al poder aumentar su densidad desplazan a otras especies (Cime-Pool., 2010).

En México, las especies de roedores representan el 45.6% del total de mamíferos en el país. Este grupo incluye desde guaqueques, tepezcuintles, puerco espines; hasta tuzas, ardillas, ratas y ratones. Los cuales se enlistan en 8 familias, 50 géneros y de 230 a 245 especies. Destacan 118 especies endémicas y aproximadamente 180 especies de pequeños roedores. Entre los géneros con mayor representación se encuentran *Chaetodipus*, *Neotoma*, *Peromyscus* y *Reithrodontomys*. Dentro de la República Mexicana, el Estado con el mayor número de especies de roedores es Oaxaca (n= 64) (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012; Ramírez-Pulido et al., 2014; Flores y Gerez, 1994; Briones et al., 2015).

## ANTECEDENTES

Entre los estudios realizados con mamíferos a nivel de comunidades y/o poblaciones de especies, destacan los realizados con especies de pequeños mamíferos, como los roedores, porque representan un grupo de fácil manejo y captura; con ciclos de vida cortos, que permiten obtener información detallada sobre la composición de la comunidad y tendencia de sus poblaciones al usar métodos relativamente rápidos, sencillos y económicos (Chávez y Espinosa, 1993; Ferreira y Avenant, 2003; Cime-Pool, et al. 2010). Además, son considerados indicadores ecológicos, debido a que cambios en su diversidad y abundancia reflejan modificaciones en el hábitat donde se encuentran; destacan aquellas especies que pueden ser más susceptibles o tolerantes a los cambios naturales del ambiente o inducidos por actividades antropogénicas. (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993; Pearce y Venier, 2005; Cime-Pool, 2006; Cime-Pool., 2010; Tzab y Macswiney, 2014).

En México, se han realizado diversos estudios sobre comunidades y poblaciones de roedores; tratando de abarcar diversos aspectos que determinan la composición y estructura del conjunto de especies que conforman estos niveles de organización. Entre los tópicos de interés se encuentran, uso de hábitat en diferentes estratos verticales (Castellanos et al., 2007), agrupación de especies (ensambles) (Mendoza-Sáenz y Horváth, 2013; Vázquez et

al., 2000; Zapala et al., 2012), además del efecto de la heterogeneidad del paisaje y ambiental sobre las especies (Tapia-Ramírez et al., 2012).

En particular, el estado de Oaxaca se ha convertido en el escenario ideal para realizar estudios sobre la composición de la comunidad y poblaciones de roedores, ya que es el estado en México que cuenta con la mayor cantidad de especies (Briones-Salas et al., 2015). La mayor parte de los trabajos se han centrado en seis de la ocho regiones del estado, dentro de ecosistemas como el bosque mesófilo de montaña, la selva mediana y agrosistemas cafetaleros en el Papaloapan (Pérez-Lustre et al., 2006); bosque tropical y de pino-encino en la Mixteca (Sánchez-Cordero, 2001); tierras de cultivo y pastizales en el Istmo (Barragán et al., 2010); bosque tropical caducifolio y selva mediana subperennifolia en la Costa (Pérez-Lustre, 2010; Buenrostro-Silva y García-Grajales, 2012); selva mediana subcaducifolia y tierras de cultivo en Sierra Sur (García-Estrada et al., 2015); y finalmente, en bosque mesófilo de montaña y cafetales en la Sierra Norte (Santos-Moreno, 2008; Santos-Moreno et al., 2007; Arellano et al., 2012; Contreras, 2010).

Aunque la información generada sobre este grupo de pequeños mamíferos es extensa; en la actualidad, existen temáticas que deben atenderse con mayor detalle. Este es el caso de la relación entre la composición de especies, en cualquier nivel de organización, con las variables bióticas y físicas del hábitat donde se encuentran, así como la respuesta de dichas especies a los cambios (naturales o por actividades humanas) que ocurren en su hábitat debido a que el ciclo de vida corto de este grupo, los hace más susceptibles a estos cambios; ya sea de manera positiva permitiendo su adaptación o de manera negativa dando como resultado el declive de las poblaciones o extinción de algunas especies. Por esta razón, en las últimas décadas, diversos autores han tratado de conocer analizar y comprender la relación de la comunidad de estos pequeños mamíferos con respecto a la influencia de variables del hábitat como la vegetación y/o la estacionalidad y variables ambientales (Domínguez-Castellanos y Ceballos, 2011; Flores-Peredo y Vázquez-Domínguez, 2016; Poindexter et al., 2012; Mendoza-Sáenz y Horváth, 2013; Flores-Peredo, 2005), así como los efectos de la fragmentación, áreas perturbadas por asentamientos humanos o actividades como extracción de madera, ganadería y agricultura (Luevano et al., 2008; Ruan-Tejeda,

2006; Garcia-Estrada et al., 2002; Trujano-Álvarez et al., 2008) sobre las especies de roedores presentes. En México, la mayoría de estos estudios se han centrado solo en algunos tipos de ecosistema (bosque mesófilo de montaña, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia) o tipo de cultivo (cafetales).

En Oaxaca, la mayoría de las investigaciones realizadas con respecto a estos temas, presentan información sobre la influencia que ejercen la vegetación (Pérez-Lustre et al., 2006; Santos-Moreno, 2008), las actividades humanas (Barragán et al., 2010; García-Estrada et al., 2015; Contreras, 2010; Pérez-Lustre, 2010), y variaciones espacio-temporales (Sánchez-Cordero, 2001; Arrambide, 2007) sobre la comunidad, poblaciones o solo algunas especies de roedores. Destaca la generación de información sobre especies pertenecientes a las familias *Heteromyidae* y *Cricetidae*; donde se menciona la influencia que ejerce el ambiente (Santos-Moreno y Santiago-Marcial, 2012); el establecimiento de áreas de cultivo (Briones-Salas y González, 2016) y regeneración de la vegetación (Santos-Moreno et al., 2007), sobre ellas. Entre los ecosistemas o tipos de vegetación donde se han realizado estos estudios se encuentra el bosque mesófilo de montaña, selva mediana subperennifolia, bosque tropical caducifolio, bosque de encino, selva baja, vegetación riparia; cultivos de maíz y zonas cafetaleras.

## JUSTIFICACIÓN

Desde hace varias décadas, los bosques templados y gran parte de los ecosistemas han sufrido considerables cambios en su cobertura vegetal como resultado de fenómenos naturales y la actividad antropogénica; esta última en algunos casos ha representado una amenaza constante para diversas especies (Sala et al., 2000; Crooks, 2001; Haila, 2002). Pero especialmente la fauna, no solo se manifiesta a través de los cambios en la cobertura vegetal, sino también por cambios en la temperatura del suelo y el aire, cantidad de refugios y reducción del área óptima para las diversas actividades de los individuos (reproducción, caza, competencia, etc.) (Lomolino y Perault, 2000; Martínez-Meyer, et al. 2014; Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009). Entre la fauna silvestre, los pequeños roedores han demostrado ser buenos indicadores del impacto de la perturbación a los ecosistemas por actividades humanas (Barragán et al., 2010) que causan cambios en su diversidad y abundancia, lo cual permite detectar aquellas especies que pueden ser más susceptibles o tolerantes a los cambios naturales del ambiente o inducidos por actividades antropogénicas (Pearce y Venier, 2005; Cimé-Pool, 2006; Cime-Pool., 2010; Tzab y Macswiney, 2014). La información que aportan estos pequeños mamíferos se debe a que son un grupo de fácil manejo y captura; con ciclos de vida cortos, que permiten obtener información detallada sobre la composición de la comunidad y tendencia de sus poblaciones (Ferreira y Avenant, 2003; Cimé-Pool, et al. 2010).

Aunque existen diversos estudios sobre especies de roedores en México, tanto en hábitats conservados como en hábitats modificados y, siendo Oaxaca uno de los estados de la república con la mayor cantidad de especies de roedores, se debe seguir generando información sobre la situación actual que enfrentan estas especies ante los inminentes cambios que sufren los ecosistemas donde se encuentran con la finalidad de identificar aquellas especies que son más susceptibles o que se adaptan a los cambios; y que puede traer como consecuencia el declive de la especie, su extinción o su permanencia considerando que son componentes clave en los procesos de sucesión y regeneración de la vegetación, dentro de los ecosistemas pues consumen y dispersan semillas que favorece el establecimiento de plántulas (Vélez-García y Pérez-Torres, 2010; Demattia, et al. 2006),

también su papel como controladores biológicos al consumir invertebrados y vertebrados pequeños (Chung y Corlett, 2006).

Además, la información generada puede aportar conocimiento sobre la situación actual de especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo y aquellas especies invasoras que representen riesgos sanitarios para las poblaciones humanas.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la variación en la composición y estructura de las comunidades de pequeños roedores presentes en bosque templado (Bt) y áreas de cultivo (Ac) en San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Conocer la composición taxonómica, riqueza, abundancia y dominancia de las especies de pequeños roedores presentes en los sitios establecidos (bosque templado y áreas de cultivo); así como en entre las temporadas seca y lluvias en cada sitio.
- 2) Establecer si existen diferencias en la diversidad de pequeños roedores en ambos tipos de vegetación (Bt y Ac) y entre las temporadas del año (seca y lluvias).
- 3) Analizar la similitud entre las especies presentes en ambos sitios (Bt y Ac) y entre temporadas del año (seca y lluvias).
- 4) Determinar la relación entre el comportamiento en las variables ambientales (temperatura, humedad relativa y precipitación) y los tipos de vegetación, con la presencia y abundancia de especies.

## **HIPOTESIS**

La composición de la comunidad de especies de pequeños roedores presentará diferencias entre el bosque templado y las áreas de cultivo destacando las especies que han podido adaptarse mejor al cambio de uso de suelo generado por las prácticas agrícolas. Por lo que, aquellas especies que presentan menor tolerancia al cambio de uso de suelo tendrán una constante y mayor presencia (abundancia) en hábitats conservados como el bosque templado.

Los cambios en el comportamiento de las variables ambientales y la cobertura vegetal, también influirá sobre la composición y estructura de la comunidad de especies de pequeños roedores presentando diferencias significativas entre la temporada seca y de lluvias en ambos sitios destacando aquellas especies con requerimientos de hábitat específicos para cada temporada en cada sitio.

## LITERATURA CITADA

- Allan, B. F., F. Keesing y R. S. Ostfeld. 2003. Effect of forest fragmentation of Lyme disease risk. *Conservation Biology* 17:267–272.
- Arellano, E., J. A. Guerrero, y D. S. Rogers. 2012. Variación morfométrica y alometría del crecimiento de *Reithrodontomys mexicanus* (Rodentia: Muridae) de Oaxaca, México. *Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 35-45.
- Armesto J. J., C. Villarán y M. K. Arroyo (eds). 1995. *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 477 pp.
- Arrambide-Pérez, N. 2007. Variación espacio-temporal de la diversidad de pequeños mamíferos no voladores de tres localidades de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán-Oaxaca y Puebla. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 54p.
- Barragán, F., C. Lorenzo, A. Morón, M. A. Briones-Salas, y S. López. 2010. Bat and rodent diversity in a fragmented landscape on the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, México. *Tropical Conservation Science* 3(1): 1:16.
- Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 1990. *Ecology: individuals, populations and communities*. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, United Kingdom.
- Bennett, A. F., J. Q. Radford y A. Haslem. 2006. Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments. *Biological Conservation* 133:250-264.
- Benton, T. G., J. A. Vickery y J. D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18:182-188.
- Bray B.D., E. Durán-Medina, L. Merino-Pérez, J. M. Torres-Rojo, y A. Velásquez-Montes. 2007. Nueva evidencia: Los bosques comunitarios de México protegen el ambiente, disminuyen la pobreza y promueven la paz social. Informe de Investigaciones. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigación y Docencia Económica, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Internacional de Florida, Consejo Civil Mexicano para la Agricultura Sostenible y Offset Santiago, México.
- Briones-Salas, M., y G. González. 2016. Ecología poblacional de *Heteromys pictus* (Rodentia: Heteromyidae), en un bosque tropical caducifolio con perturbación humana, en la costa de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1415-1429.
- Briones-Salas, M., Cortés-Marcial, M. y M. C. Lavariega. 2015. Diversidad y distribución de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86: 685-710.
- Brown, H. J. y J. C. Munger. 1985. Experimental manipulation of a desert rodent community: food addition and species and removal. *Ecology*, 66:1545-1563

Brown, J. H., and E. J. Heske. 1990. Temporal changes in a Chihuahuan Desert rodent community. *Oikos* 59:290–302.

Buenrostro-Silva, A. y J. García-Grajales. 2012. Diversidad de pequeños roedores del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 97-104.

Calderón, G. 2003. Modulo VI Zoonosis transmitidas por roedores. En: Polop, J., J. Priotto, A. Steinmann, C. Provensal, E. Castillo, G. Calderón, D. Enría, M. Sabattini y H. Coto. Manual de control de roedores en municipios. In Serie enfermedades transmisibles, publicación monográfica (Vol. 4). Fundación Mundo Sano.

Canul-Cruz, A., J. A. Vargas-Contreras, y G. Escalona-Segura. 2012. Algunos aspectos poblacionales del ratón de abazones *Heteromys gaumeri* de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. Estudios sobre la biología de roedores silvestres de México, 71-84.

Carey, A. B. y M. L. Johnson. 1995. Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forest. *Ecological Applications* 5: 336-352.

Carey, A. B., B. R. Lippke and J. Sessions. 1999. International ecosystem management: Managed and unmanaged forest. *Wildlife Monographs* 142: 1-71.

Castellanos, Y. D., F. P. López, y G. C. González. 2007. Uso de hábitat de los roedores arborícolas en Chamela, Jalisco. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 11(1), 21-33.

Ceballos G, L. Martinez, A. Garcia, E. Espinoza, and J. Bezaury. 2010. Diversity, threats and priority conservation of dry forests of Mexico Pacific areas (edn.). Mexico: Economic-CONABIO, Fonde Culture.

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.

Cervantes, F. A., y C. Ballesteros-Barrera (Eds.). 2012. Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. 286p.

Challenger A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En: Sánchez O., E. Vega, E. Peters, Monroy-Vilchis. Eds. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México, pp.17-42, Instituto Nacional de Ecología. México.

Chávez C. y L. Espinosa. 1993. Ecología de roedores del estado de Hidalgo. Pp. 433-471 en Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México. Villavicencio, M., Y. Marmolejo, y B. Pérez (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México.

- Chávez C., y G. Ceballos. 2009. Implications for the Conservation of the Species Diversity and Population Dynamics of Small Mammals in an Isolated Reserve in Mexico City. *Natural Areas Journal*, 29:27-41.
- Chung, K.P.S. and R. T. Corlett. 2006. Rodent diversity in a highly degraded tropical landscape: Hong Kong, South China. *Biodiversity and Conservation*. 15(14): 4521-4532.
- Cimé-Pool, J.A. 2006. Ecología de comunidades de pequeños roedores en un gradiente de perturbación de selva baja caducifolia espinosa de la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México. Tesis de Maestría. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Cimé-Pool, J. A., S. F. Hernández-Betancourt, R. C. Barrientos, y A. A. Castro-Luna. 2010. Diversidad de pequeños roedores en una selva baja caducifolia espinosa del noreste de Yucatán, México. *Therya*, 1(1), 23-39.
- Connell, J. H. 1980. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos* 35:131-138.
- Contreras-Díaz, R.G. 2010. Diversidad de pequeños mamíferos no voladores en los agrosistemas cafetaleros de sombra en la Chinantla Alta, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca. 70 p.
- Crooks, K. 2001. Relative sensitive of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology* 16(2) 488-502.
- Dayli, C. G. 1997. Country side biogeography and the provision of ecosystem services. *Nature and human society: the quest for a sustainable world*. Raven editor. National Research Council. National academy press, Washington, D.C. Pp. 104-113.
- Demattia, E. A., L. M. Curran, y B. J. Rathcke. 2004. Effects of small rodents and large mammals on neotropical seeds. *Ecology* 85 (8): 2161–2170.
- Demattia, E. A., B. J. Rathcke, L. M. Curran, R. Aguilar, y O. Vargas. 2006. Effects of small rodent and large mammals exclusion on seedling recruitment in Costa Rica. *Biotropica* 38 (2): 196–202.
- Diamond, J. M., and T. J. Case (Eds.). 1986. *Community ecology*. Harper & Row, New York.
- Domínguez-Castellanos, Y., y G. Ceballos. 2011. Variación temporal y espacial en la estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en un bosque tropical seco. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1, 19-38.
- Ferreira, S. M., and N. L. Avenant. 2003. Influences of trap-spacing on descriptors of hypothetical small mammal communities in Free State grasslands. *Navorsinge van die Nasionale Museum Bloemfontein* 19, 21–30.
- Flores, V.O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. 2ª edición. CONABIO-UNAM. México.

Flores-Peredo, R. 2005. Efecto de la vegetación sobre la diversidad y abundancia de depredadores de semillas de *Pinus teocote* Schl. et Cham. en hábitats contrastantes del estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana.

Flores-Peredo, R., y G. Vázquez-Domínguez. 2016. Influence of vegetation type and season on rodent assemblage in a Mexican temperate forest mosaic. *Therya*, 7(3), 357-369.

Fortes-Corona, I. A. 2004. Ecología de los roedores endémicos de la Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.

Fuentes-Montemayor, E., A. D. Cuarón, E. Vázquez-Domínguez, J. Benítez-Malvido, D. Valenzuela-Galván, and E. Andresen. 2009. Living on the edge: roads and edge effects on small mammal populations. *Journal of Animal Ecology*, 78(4), 857-865.

García, E. 2001. Marco institucional, normativo y político para el manejo y comercialización de productos forestales no maderables en México. Proyecto “Comercialización de productos forestales: factores de éxito y fracaso” UNEP-WCMC. México.

García-Estrada, C., Y. A. Peña-Sánchez, y H. Colín-Martínez. 2015. Diversidad de mamíferos pequeños en dos sitios con diferente grado de alteración en la Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(4), 1014-1023.

García-Estrada, C., M. Romero-Almaraz, and C. Sánchez-Hernández. 2002. Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous forest of southern Morelos, Mexico. *Acta zoológica mexicana*, (85), 153-168.

Garrido-Garduño, T., O. Téllez-Valdés, S. Manel, and E. Vázquez-Domínguez. 2016. Role of habitat heterogeneity and landscape connectivity in shaping gene flow and spatial population structure of a dominant rodent species in a tropical dry forest. *Journal of Zoology*, 298(4), 293-302.

Gleason, H. A. 1917. The structure and development of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 44:463–481.

Gleason, H. A. 1926. The individualistic concept of plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53:7–26.

González-Christen, A., N. V. Rodríguez-Santiago, y G. Marín-Gómez. 2012. Composición del ensamble de pequeños mamíferos del borde de un bosque mesófilo de montaña en Veracruz. *Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Gual-Díaz, M., y A. Rendón-Correa. 2017. Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agroproductividad*, 10(1).

- Haila, Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological applications* 12(2) 321-334.
- Hannah, L., D. Lohse, C. Hutchinson, J. L. Carr, and A. Lankerani. 1994. A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. *Ambio* 23, 246-250.
- HDZ, B. (17 de septiembre de 2012). Bosque Templado. Obtenido de bosques templados: [bosquetempladoitst.blogspot.com.br](http://bosquetempladoitst.blogspot.com.br)
- Hernández Betancourt, S. F., R. López-Wilchis, J. A. Cimé Pool, y S. Medina Peralta. 2003. Área de actividad, movimiento y organización social de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman, 1897 (Rodentia: Heteromyidae) en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán, México. *Acta zoológica mexicana*, (90), 77-91.
- Hernández, HA. 1994. Los mamíferos carnívoros de México. *Ciencia y Desarrollo* 19, 114: 54-63.
- Hernández-Betancourt, S. F., J. A. Cimé-Pool, S. Medina-Peralta, y C. M. Duran-Miranda. 2012. Parámetros poblacionales del ratón yucateco *Peromyscus yucatanicus* de una selva baja caducifolia del norte de Yucatán, México. *Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos*, 151-162.
- Hernández-Betancourt, S. F., J. Gómez González, J. A. Cimé Pool, S. Medina Peralta, and E. Canul. 2005. First report of use of land snails for *Heteromys gaumeri* (Rodentia: Heteromyidae) in a subdeciduous forest in Yucatán, México. *Acta zoológica mexicana*, 21(2), 155-156.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2008. Regiones naturales y biogeográficas de México. [http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/manual\\_regnatbiogeog\\_vs\\_enero\\_29\\_2008.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/manual_regnatbiogeog_vs_enero_29_2008.pdf)
- Kelt, D. A. 1995. Ecology of small mammals across a strong environmental gradient in southern South America. *Journal of Mammalogy* 77:205–219.
- Kelt, D., P. Meserve and J. Gutierrez. 2004. Seed removal by small mammals, birds and ants in semi-arid Chile, and comparison with other systems. *Journal of Biogeography*, 31: 931-942.
- Kleizen, C., J. Midgley, and S. D. Johnson. 2008. Pollination systems of Colchicum (Colchicaceae) in Southern Africa: evidence for rodent pollination. *Annals of botany*, 102(5), 747-755.
- Kotler, B. P. y J. S. Brown. 1988. Environmental heterogeneity and the coexistence of desert rodents. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19:281- 307.
- Krebs C.J. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª ed. Editorial Harla S.A. de C.V. México. 753 p.
- Laurance, W. F., and E. Yensen. 1991. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation*. 55:77-92.

- Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73:1943-1967.
- Lomolino, V. M., y R. D. Perault. 2000. Assembly and disassembly of mammal communities in a fragmented temperate rain forest. *Ecology* 18:1517-1532.
- Luévano, J., E. Mellink, M. E. Riojas-López, y J. L. Flores-Flores. 2008. Comunidades de roedores nocturnos en un ecotono de matorrales micrófilos y zacatal gipsófilo en San Luis Potosí, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 79(1), 197-203.
- Luna, I., J. J. Morrone, y D. Espinosa. 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Ed. Las Prensas de Ciencias. México.
- Marines-Macías T. 2014. Ámbito hogareño y selección de hábitat de *Reithrodontomys microndon* (Cricetidae: Neotominae). Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma. México. 46pp.
- Martínez-Meyer, E., J. E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S1-S9.
- Martínez-Vázquez, J.; R. M. González-Monroy y D. Díaz-Díaz. 2010. Hábitos alimentarios del coyote en el parque nacional Pico de Orizaba. *Therya* 1(2), 145-154.
- Masera O., M. J. Ordóñez, y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican Forest: current situation and long term scenarios. *Climate Change*. 35:265-295
- Mata-Zayas, E. E. and F. A. Cervantes. 2012. Genetic differentiation of the Mexican spiny pocket mouse *Liomys irroratus* (Heteromyidae) from México. *Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. 195-210.
- May, R.M. 1988. How many species are there and there on the Earth? *Science* 241: 1441-1449.
- Meffe, G. K. y R. Carroll. 1997. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates Sunderland, Massachusetts.
- Mendoza Sáenz, V. H., y A. Horváth. 2013. Roedores y murciélagos en la zona cafetalera del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Therya*, 4(2), 409-423.
- Merritt, J. 2010. *The biology of small mammals*. Johns Hopkins University, Baltimore.
- Nupp, T. E., and R. K. Swihart. 1998. Effects of forest fragmentation on population attributes of whitefooted mice and eastern chipmunks. *Journal of Mammalogy* 79:1234-1243.
- Panti-May, J. A., S. F. Hernández-Betancourt, H. Ruíz-Piña, and S. Medina-Peralta. 2012. Abundance and population parameters of commensal rodents present in rural households in Yucatan, Mexico. *International Biodeterioration and Biodegradation* 66:77-81.
- Pearce, J., and Venier, L. 2005. Small mammals as bioindicators of sustainable boreal forest management. *Forest ecology and management*, 208(1-3), 153-175.

Pereira, H.M., P. W. Leadley, V. Proenca, R. Alkemade, J. P. W. Scharlemann, J. F. Fernandez- Manjarres, M. B. Araujo, P. Balvanera, R. Biggs, W. W. L. Cheung, L. Chini, H. D. Cooper, E. L. Gilman, S. Guenette, G. C. Hurtt, H. P. Huntington, G. M. Mace, T. Oberdorff, C. Revenga, P. Rodrigues, R. J. Scholes, U. R. Sumaila, and M. Walpole. 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330, 1496-1501.

Pérez-Lustre, M. 2010. Distribución espacial de una comunidad de pequeños mamíferos en un fragmento de selva mediana subperennifolia con diferentes grados de perturbación. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca. 57 p.

Pérez-Lustre, M., R. G. C. Díaz, y A. S. Moreno. 2006. Mamíferos del bosque mesófilo de montaña del municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)*, 10(1), 29-40.

Pérez-Vázquez, A. y C. Landeros-Sánchez. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos* 73: 19-25.

Poindexter, C. J., G. D. Schnell, C. Sánchez-Hernández, M. de Lourdes Romero-Almaraz, M. L. Kennedy, T. L. Best, and R. D. Owen. 2012. Variation in habitat use of coexisting rodent species in a tropical dry deciduous forest. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 77(4), 249-257.

Priotto, J. y A. Steinmann. 2003. Modulo I Biología de los roedores. En: Polop, J., Priotto, J., Steinmann, A., Provencal, C., Castillo, E., Calderón, G., & Sano, F. M. Manual de control de roedores en municipios. In Serie enfermedades transmisibles, publicación monográfica (Vol. 4). Fundación Mundo Sano.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner, y J. Arroyo-Cabrales. 2014. List of recent land mammals of Mexico, 2014.

Rodríguez, J. 2001. *Ecología*. Ediciones Pirámide. Madrid. 411 pp.

Rojas-Martínez, A., M. Aguilar-López, C. Sánchez-Hernández, y O. Noguera-Cobos. 2012. Uso del espacio y dinámica poblacional del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) en el Cerro del Ajusco, Distrito Federal, México. Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. 211-223.

Romero, L. (12 de febrero de 2015). Gaceta Digital UNAM. Obtenido de Bosques Templados, segundo tipo de vegetación importante: [gaceta.unam.mx](http://gaceta.unam.mx).

Ruán Tejeda, I. 2006. Efectos de la fragmentación sobre las comunidades de pequeños mamíferos en remanentes de bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz.

Sala, O.E., F. S. Chapin III, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. LeRoy Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker, and D. H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770-1774.

Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 63-76.

Sánchez-Cordero, V., and T. H. Fleming. 1993. Ecology of tropical heteromyids. *Ecología de los heteromyíidos tropicales*. American Society of Mammalogists. Special Publication., 10, 596-617.

Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson, E. Martínez-Meyer, y R. Flores. 2005. Distribución de roedores reservorios del virus causante del síndrome pulmonar por hantavirus y regiones de posible riesgo. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 21:79–92.

Santos-Moreno, A., M. A. Briones-Salas, y R. López-Wilchis. 2007. Diferencias en algunos parámetros demográficos de *Oryzomys chapmani* (Rodentia: Muridae) asociadas a tres estados sucesionales de bosque mesófilo de montaña en Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, 23(1), 123-137.

Santos-Moreno, J.A. 2008. *Ecología de comunidades y poblaciones de pequeños mamíferos terrestres en tres estados sucesionales de bosque mesófilo de montaña en la Sierra Norte de Oaxaca*. México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. 223 p.

Smith, R. L. y T. M. Smith. 2001. *Ecología*. 4ª. Ed. Editorial Pearson educación, S.A. Madrid. Pp. 664

Southwood, T. R. E. 1987. The concept and nature of the community. *Organization of communities past and present*. J. H. R. Gee and P. S. Giller ed. Blackwell Scientific.: 3-27. Oxford. England.

Tapia-Ramírez, G., C. López-González, A. González-Romero, y S. F. Hernández-Betancourt. 2012. Diversidad de roedores y su relación con la heterogeneidad ambiental en la cuenca del río Nazas, Durango. *Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Trujano-Álvarez, A., H. Santillán-Ortiz, y S. Álvarez-Castañeda. 2008. Efecto del pastoreo en el área de actividad y uso del hábitat de una comunidad de heterómidos en el matorral sarcocaula de Baja California Sur. *Avances en el estudio de los mamíferos de México*, 301-316.

Tzab Hernández, L. A. y M. C. Macswiney González. 2014. Roedores ¿plagas indeseables o animales útiles? *CONABIO. Biodiversitas*, 115:12-16

Vázquez, L. B., G. N. Cameron, y R. A. Medellín. 1999. Hábitos alimentarios y biología poblacional de dos especies de roedores en el Occidente de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 4, 5-21.

Vazquez, L. B., R. A. Medellin, and G. N. Cameron. 2000. Population and community ecology of small rodents in montane forest of western México. *Journal of Mammalogy*, 81(1): 77-85.

- Vázquez-Domínguez, E., G. Ceballos, y D. Pinero. 2002. Exploring the relation between genetic structure and habitat heterogeneity in the rodent *Liomys pictus* from Chamela, Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 86:17-28.
- Walter, H. 1985. *Vegetation of the earth*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 318 pp.
- Whittaker, R. H. 1970. *Communities and ecosystems*. 1st ed. Macmillan, New York.
- Wiens, J. A. 1986. Spatial scale and temporal variation in studies of shrub steppe birds. In *Community ecology*. Diamond, J. and Case, T. J. (eds.). Harper and Row, New York. p. 154-172.
- Wilson, D. E., and Reeder, D. 2011. Class Mammalia Linnaeus, 1758. *Zootaxa*, 56.
- Yahner, R. H. 1991. Dynamics of a small mammal community in a fragmented forest. *American Midland Naturalist* 127:381-391.
- Zalapa, S. S., S. Guerrero, M. H. Badii, y F. A. Cervantes. 2012. Variación espacial del ensamble de pequeños mamíferos de tres áreas de bosque tropical subcaducifolio en la costa norte de Jalisco, México. *Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos*, 117.

## CAPITULO II

### Composición de especies de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo en Sierra Norte, Oaxaca, México.

**Rocío García-Paz y Miguel Ángel Briones-Salas**

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca), Instituto Politécnico Nacional. Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

#### Introducción

Oaxaca es la entidad federativa con mayor diversidad biológica en México, debido a su compleja heterogeneidad ambiental que da como resultado una gran riqueza de ecosistemas en donde viven aproximadamente 12, 974 especies de flora y fauna (Ordoñez y Rodríguez, 2008; SERBO, 2018; García-Mendoza et al., 2004). Esta biodiversidad se encuentra representada a lo largo de ocho regiones que conforman al estado: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Cuenca del Papaloapan, Valles Centrales, Sierra Sur y Sierra Norte.

Entre las ocho regiones del estado de Oaxaca, destaca la Sierra Norte de Oaxaca, al ser considerada como uno de los sitios con mayor diversidad biológica en el mundo (WWF, 2004). Esta se localiza en una zona de transición biogeográfica, que presenta significativas variaciones climáticas, así como diversos gradientes altitudinales. Representa una zona de interés ecológica, económica y social como consecuencia de la gama de ecosistemas forestales de alta biodiversidad donde destacan las selvas altas, bosque mesófilo de montaña y bosques templados (*Pinus-Quercus* y *Quercus-Pinus*) (Arellanes, 1996; Flores y Gerez, 1989; WWF, 2007). Estos ecosistemas resguardan una gran riqueza de flora y fauna, además esta región formar parte de las 200 ecorregiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial (WWF, 2007).

Dentro de las especies de fauna mejor representados en la Sierra Norte de Oaxaca se encuentra el grupo de los mamíferos con 154 especies. El orden Rodentia es un conjunto notable con cerca de 53 especies agrupadas en siete familias y 21 géneros. Gran parte de

estas especies viven en los bosques templados donde se enlistan aproximadamente 44 especies; es decir, más del 60% de las especies reportadas para todo el estado de Oaxaca (Briones-Salas et al., 2015).

Las comunidades de estos pequeños mamíferos; han sido un grupo ideal para la investigación dentro de los bosques, porque en ellos se ha encontrado una alta riqueza de especies y densidad de individuos (Mena, 2004). Una importante función de los individuos de la comunidad de roedores se lleva a cabo dentro de la cadena trófica, al ser presas de diversas especies depredadoras (Fernández et al., 2014) y constituyen un importante eslabón dentro de la transferencia de energía y biomasa. Además, son consumidores de diversas estructuras vegetales, insectos e invertebrados, haciendo uso de una amplia gama de recursos (Vázquez, 1997; Horváth et al., 2001).

Desde hace varias décadas se han realizado investigaciones que intentan especificar los factores que influyen en la composición de la comunidad de estos pequeños mamíferos (Cameron, 1997); en algunas se ha señalado la relación de los roedores con la estructura del hábitat, la cobertura vegetal (Pardini 2004, Pardini et al. 2005), el cambio de uso de suelo por actividades humanas como el aprovechamiento forestal, la ganadería, agricultura (Seamon y Adler 1996; Szpunar et al., 2008; Barragán et al., 2010) y las variables ambientales (Szpunar et al., 2008; Meserve et al. 2003). Al parecer, uno de los factores más importantes en el establecimiento de las especies que conforman la comunidad de roedores en hábitats terrestres, es la composición de la comunidad vegetal que, a su vez, determina la estructura física del ambiente por medio de las interacciones planta-animal (Tews et al., 2004; DeMattia, Curran y Rathke 2004). Con base en lo anterior, estos pequeños mamíferos son considerados indicadores biológicos que revelan los cambios en el hábitat donde se encuentran (Dale y Beyeler 2001). Por lo antes mencionado, resulta de gran relevancia generar mayor información sobre cómo se conforman las comunidades de roedores dentro de ambientes naturales y zonas modificadas por actividades humanas. Por lo que el objetivo del presente estudio fue conocer la composición taxonómica, riqueza, abundancia y dominancia de las especies de pequeños roedores presentes en los sitios establecidos (bosque templado y áreas de cultivo); así como determinar la relación entre el

comportamiento en las variables ambientales (temperatura, humedad relativa y precipitación) y los tipos de vegetación, con la presencia y abundancia de especies.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en la comunidad de San Pedro Yolóx. Situada en la Sierra Norte del Estado de Oaxaca y que pertenece al distrito de Ixtlán. El municipio cuenta con una superficie de 127.58 Km<sup>2</sup> que representan el 0.13% en relación con el Estado, se ubica en las coordenadas geográficas 17°35'15" latitud norte, 96°33'06" longitud oeste y a una altitud de 1900 msnm (Velasco, 2008) (Fig. 1). El área de estudio se encuentra dentro de la Región Terrestre Prioritaria Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe RTP-130 (Arriaga et al., 2000), y se ubica en la Provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y subprovincia Sierras Orientales (INEGI, 2009). El municipio pertenece a la cuenca (RH28) que pertenece al Papaloapan. El clima es templado subhúmedo (Cwb) con temperatura media anual entre 12° C y 18° C. La precipitación anual es de 1274 mm; la precipitación en el mes más seco es de 0 a 40 mm. Se registra que los meses de lluvia abarcan los meses de junio a octubre y los de seca de noviembre a mayo. Los tipos de vegetación existentes son selva alta y mediana perennifolia donde es su mayoría predominan especies de los géneros *Lonchocarpus*, *Laplacaeae*, *Ternstroemia* y diversas *Laureaceae*; bosque mesófilo de montaña donde las especies dominantes en el estrato arbóreo son *Liquidambar styraciflua* que coexisten con especies del género *Pinus* como *P. chiapensis*; bosque templado con asociaciones de especies pertenecientes, en su mayoría, a los géneros *Pinus* y *Quercus* y; áreas de agricultura (de temporal, con cultivo anual, sin erosión) (Velasco, 2008).

### *Sitios de muestreo*

Para el presente estudio, se establecieron dos sitios de muestreo:

*Sitio 1. Bosque templado.* - Se caracteriza por un estrato arbóreo superior que mide entre 15 a 20 m e incluso algunas especies alcanzan los 30 m de altura y el estrato inferior mide entre 7 y 8 m de altura. Las especies predominantes son *Quercus crassifolia*, *Quercus*

*laurina*, *Pinus pseudostrobus*, *Arbutus xalapensis*, *Clethra lanata*, *Alnus acuminata*; aunque también se han registrado especies como *Q. rugosa*, *Q. acatenangensis*, *Pinus patula*, *Styrax glabrescens* y *Prunus serotina* (Velasco, 2008).

*Sitio 2. Áreas de cultivo.* - En las áreas de cultivo se siembran especies como *Zea mays* (maíz), *Saccharum officinarum* (caña), *Pisum sativum* (chícharo), *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Cucurbita argyrosperma* (calabaza) (Velasco, 2008 y obs. pers). Destacan actividades propias de los terrenos agrícolas como el *pastoreo* dentro de los terrenos de cultivo el cual se lleva a cabo durante los meses de enero y febrero; *limpia y preparación de la tierra* (remoción, abono y alineación de surcos) durante el mes de marzo; *siembra* (de semillas de frijol, maíz, chícharo y calabaza) en el mes de abril, *riego* (particularmente en el mes de mayo), *mantenimiento* (eliminación de maleza) y crecimiento de las variedades cultivadas en los meses de mayo, junio y julio (en la tercer semana de este mes comienza la cosecha de chícharo, frijol y calabaza); *termino de cosecha de chícharo, frijol y calabaza* en el mes de agosto; *comienzo de cosecha de maíz* a partir de la cuarta semana del mes de septiembre y termino de la misma en el mes de octubre; por último, *desmonte* (extracción de zacate o cultivo restante y entrada de ganado para pastoreo) en los meses de noviembre y diciembre. En algunos terrenos existe cultivo de caña, el cual permanece ahí durante dos años. Particularmente, el cultivo de maíz se utiliza para autoconsumo y venta fuera de la comunidad de San Pedro Yólox.

En cada sitio se establecieron tres puntos de muestreo (Fig.1; Cuadro 1).

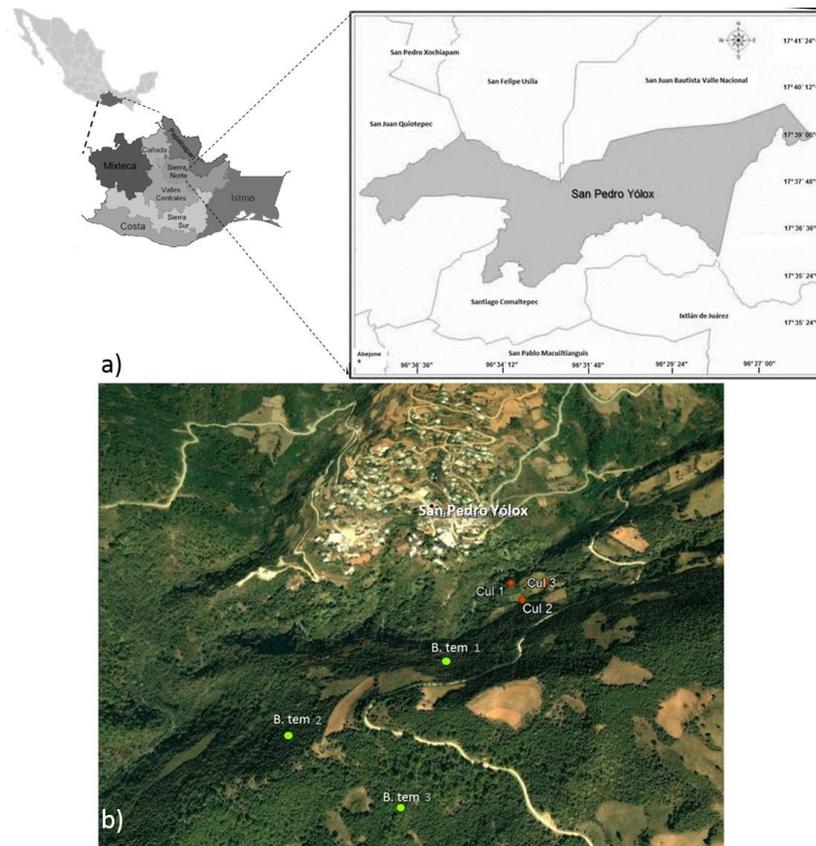


Figura 1. a) Ubicación de la comunidad de San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca; b) Puntos de muestreo en bosque templado (B. tem) y áreas de cultivo (Cul) en San Pedro Yólox.

Punto	Coordenadas	Altura (msnm)
Bt-1	N 17° 35.005' W 96° 33.050'	1836
Bt-2	N 17° 34.866' W 96° 33.200'	1835
Bt-3	N 17° 34.801' W 96° 33.116'	1816
Ac-1	N 17° 35.191' W 96° 32.960'	1797
Ac-2	N 17° 35.142' W 96° 32.942'	1798
Ac-3	N 17° 35.180' W 96° 32.909'	1809

Cuadro 1. Coordenadas y altitud de los puntos de muestreo en cada sitio (Bt y Ac), en San Pedro Yólox.

### **Captura de pequeños roedores**

Se establecieron tres cuadrantes en bosque templado y tres en áreas de cultivo (5 filas y 10 columnas) con 50 trampas tipo Sherman <sup>TM</sup>, con una separación de 15 m entre cada trampa para cubrir un área de 0.81 ha. Se realizaron muestreos mensuales de marzo de 2017 a febrero de 2018, por 4 noches en cada mes. En las trampas se colocó una mezcla de avena con esencia de vainilla como cebo y se activaron de las 16:00 a las 06:00 hrs de la mañana siguiente. Se utilizó el método de captura-recaptura (Krebs, 1998), por lo que a cada individuo capturado le fue colocado en la oreja un arete metálico (National Band and Tag Co., USA) con número consecutivo; en algunos casos fue necesario además del arete, marcar con una pequeña muesca en la oreja (*L. irroratus*) y posteriormente eran liberados. De cada individuo capturado se realizó un registro fotográfico y se tomaron las medidas convencionales (longitud total, longitud de cola vertebral, longitud de oreja y pata trasera), además se determinó el sexo y peso. Previamente se colectaron algunos ejemplares para la correcta identificación de algunas especies y posteriormente fueron depositados en la Colección Mastozoológica del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca perteneciente al Instituto Politécnico Nacional.

### **Variables ambientales**

Se registraron la temperatura y humedad relativa de cada sitio de muestreo durante los 12 meses de trabajo, cada variable ambiental se registró durante los cuatro días en cada mes de muestreo por medio de la colocación de unidades climáticas portátiles (data logger RC-4HC Marca Elitech®); las cuales se programaron en el mismo horario en que las trampas Sherman se mantuvieron activadas (16:00 a las 06:00 hrs) reportando los datos ambientales cada hora para obtener posteriormente el promedio de temperatura y humedad relativa (máxima/ mínima) por día. Por otra parte, se obtuvieron los datos de precipitación mensual con apoyo de la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (Fig. 2).

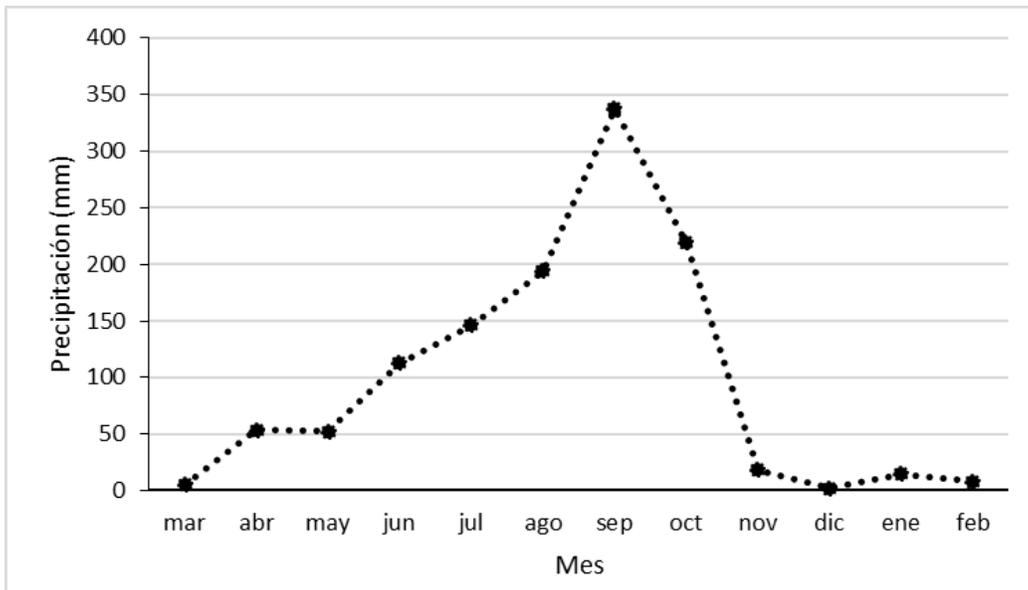


Figura 2. Precipitación por mes reportada en el área de estudio.

### Muestreo de vegetación

Para conocer la composición de la vegetación presente en bosque templado se realizaron colectas de diversas estructuras vegetales (hojas, florescencias, semillas, etc.) en cada temporada del año para una correcta identificación; principalmente de aquellas que se encontraron con mayor representación. Además, se utilizó el muestreo de punto centro cuadrado, principalmente para el muestreo de árboles (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Por último, se registraron datos sobre la fenología o cambios de la vegetación en cada periodo de muestreo.

En las áreas de cultivo se registraron las variedades cultivadas y las características de las diversas actividades dentro de las áreas de cultivo (limpia de terreno; pastoreo; siembra; edad aproximada del cultivo: plántulas, adultos; cosecha) durante todo el año (Cameron, 1997; Tapia-Ramírez, et al. 2012).

## Análisis de datos

Para estimar la riqueza esperada y la efectividad del muestreo en cada uno de los sitios se emplearon los estimadores no paramétricos basados Chao 1, Chao 2 y Jackknife de primer orden utilizando el programa EstimateS v.910® (Colwell, 2006). El objetivo de estos modelos es evaluar su desempeño y determinar cuál se adapta mejor a los datos obtenidos. Para eliminar la influencia del orden en el cual los días de muestreo fueron agregados al total de muestras, se aleatorizó el orden de las muestras 100 veces (Colwell & Coddington 1994).

La diversidad de cada sitio se determinó a partir de los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de la riqueza (índice de Margalef), equitatividad (J) y dominancia (Índice de Berger-Parker basado en la importancia proporcional de las especies más abundantes) (Magurran, 2004; Moreno 2001), los cuales se obtuvieron mediante el uso del software Past®. Las diferencias en la diversidad de especies entre los sitios y las temporadas del año fueron evaluadas utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener y una prueba de t de Student (Magurran 1989, Brower et al. 1998).

Con la finalidad de obtener una mejor representación de las especies importantes en cada hábitat, se utilizaron los Números de diversidad de Hill, donde  $N_0$  es la riqueza observada,  $N_1$  es el índice de diversidad de Shannon-Wiener y  $N_2$  es el índice de diversidad de Simpson (Hill, 1973; Ludwig & Reynolds 1988). En conjunto, estos números permiten ponderar cada especie por su proporción y al incrementarse ésta se les da menos peso a las especies raras.

Para determinar la estructura de las comunidades de ambos sitios y de las temporadas (seca y lluvias) en cada sitio, se construyeron curvas de rango abundancia que permiten visualizar a las especies más abundantes y las especies raras de cada sitio o temporada. Además, es posible observar si existen especies dominantes o se distribuyen de forma equitativa dentro de la comunidad. Estas curvas se elaboran bajo logaritmo base 10 de la abundancia de cada especie. El resultado es una curva que ordena de la especie más abundante a la de menor abundancia. Si la comunidad es altamente equitativa, la curva será horizontal, en caso

contrario, se presenta una curva vertical (Krebs, 1986, Feinsinger, 2001). Las curvas de rango-abundancia se obtuvieron mediante el software GraphPad Prism 7®.

Por medio del índice de Jaccard se determinó la similitud entre sitios (Bt y Ac) y entre temporadas (seca y lluvias) en cada sitio considerando la composición de especies de pequeños roedores. Este índice permite la agrupación basándose en la presencia/ausencia de las especies (Moreno, 2001; Magurran, 2004)

Con la finalidad de conocer la relación entre las variables ambientales y las especies de roedores, se realizó un análisis de correspondencia canónica con los datos ambientales obtenidos (temperatura máxima y mínima, humedad relativa máxima y mínima y, precipitación mensual) y las abundancias de cada una de las especies por sitio en ambas temporadas del año; para ello se utilizó el software Past. Finalmente, para mostrar la relación entre la vegetación y las fases de cultivo; se utilizaron los datos obtenidos durante los muestreos y se graficaron con las abundancias de las especies de pequeños roedores presentes en cada sitio.

## Resultados

### *Composición taxonómica, riqueza y abundancia por sitios y temporadas.*

Se registraron un total de 334 capturas, el esfuerzo de captura fue de 14,400 noches trampa (7,200 noches trampa por sitio). Se enlistaron ocho especies distribuidas en tres familias, Cricetidae, Muridae y Heteromyidae. En bosque templado solo se encontraron cinco especies, las cuales son *Liomys irroratus*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Peromyscus aztecus*, *P. beatae* y *Rattus rattus*. En áreas de cultivo se encontraron ocho especies, las cuales son *L. irroratus*, *Mus musculus*, *O. fulvescens*, *Oryzomys chapmani*, *P. aztecus*, *P. beatae*, *R. rattus* y *Reithrodontomys microdon*. El sitio donde se capturo la mayor cantidad de individuos fue en bosque templado con 214 individuos y en segundo lugar se encontraron las áreas de cultivo con 120 individuos (Cuadro 2). En bosque templado, *P. beatae* representó el 49.5% de las capturas, seguido de *P. aztecus* con el 48.1% y *L. irroratus* con el 1.4%; tanto la especie *R. rattus* y *O. fulvescens* solo obtuvieron el 0.5%. En áreas de

cultivo, *L. irroratus* representó el 81.7% de las capturas en este sitio, seguido de las especies *O. fulvescens* (5%), *P. aztecus* y *R. microdon* (4.2%); por su parte *O. chapmani* (1.7%), *P. beatae* (1.7%), *M. musculus* (0.8%) y *R. rattus* (0.8%) tuvieron una menor presencia. De las especies capturadas, *O. chapmani* presenta una distribución endémica para México y se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de sujeta a protección especial y *R. microdon*, aunque no presenta una distribución endémica, sí se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de especie amenazada (SEMARNAT, 2010).

Cuadro 2. Abundancia y riqueza de especies encontradas por sitio (Bt y Ac) y temporada (seca y lluvias).

	Bosque templado			Cultivo		
	T. seca	T. lluvias	Anual	T. seca	T. lluvias	Anual
<b>Familia Cricetidae</b>						
<i>Oligoryzomys fulvescens</i> (De Saussure, 1860)	1	0	1	0	6	6
<i>Oryzomys chapmani</i> (Thomas, 1898)	0	0	0	0	2	2
<i>Peromyscus aztecus</i> (De Saussure, 1860)	63	40	103	4	1	5
<i>Peromyscus beatae</i> (Thomas, 1903)	81	25	106	1	1	2
<i>Reithrodontomys microdon</i> (Merriam, 1901)	0	0	0	3	2	5
<b>Familia Muridae</b>						
<i>Mus musculus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	1	1
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	1	0	1
<b>Familia Heteromyidae</b>						
<i>Liomys irroratus</i> (Gray, 1868)	2	1	3	59	39	98
Total de Individuos (N)	147	67	214	68	52	120
Riqueza de especies	4	4	5	5	7	8

*Curva de acumulación de especies por sitios.*

Con base en el esfuerzo de captura realizado y considerando el estimador Chao 1, se capturo el 83.3% de las especies esperadas para bosque templado (n= 6) y el 89% para las áreas de cultivo (n= 8.99); por otra parte, con el estimador Chao 2 se capturo el 84.5% para bosque templado (n= 5.92) y el 89.7% de las especies en áreas de cultivo (n= 8.92) y, por último, con el estimador Jacknife 1 se obtuvo el 73.2% para bosque templado (n= 6.83) y el 81.4% de las especies para las áreas de cultivo (n= 9.83). Para el bosque templado podría considerarse aumentar el esfuerzo de captura con la finalidad de poder aproximarse a la asíntota, particularmente considerando el resultado obtenido por el estimador Jacknife 1 (Fig. 3) En términos generales, para el área de cultivo se considera que el esfuerzo de captura fue adecuado (Fig. 4).

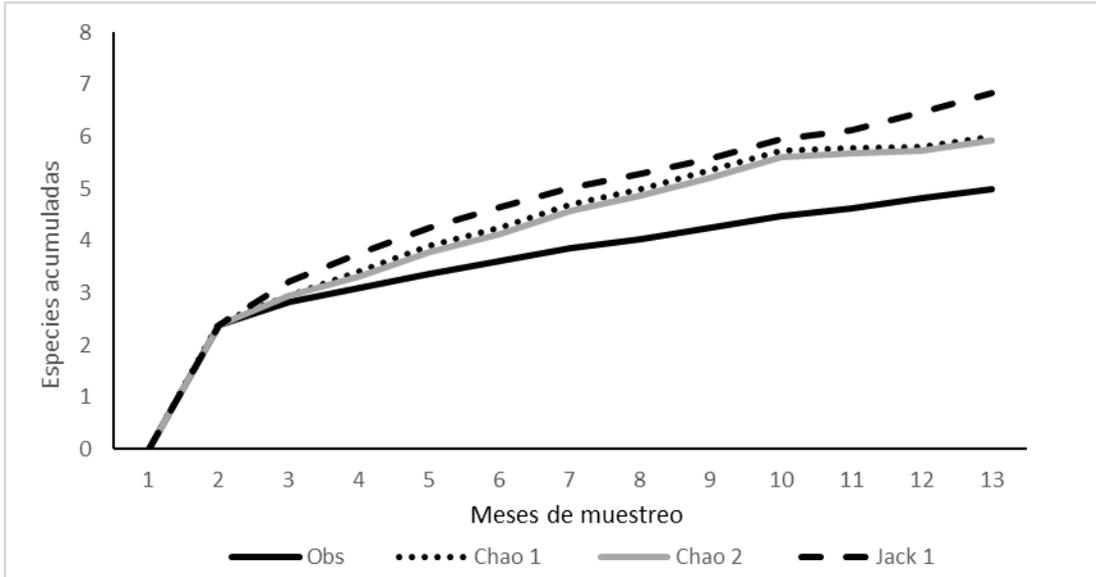


Figura 3. Comportamiento de los estimadores no paramétricos (Chao 1, Chao 2 y Jackknife1 con un intervalo de confianza de 95%) en la curva en acumulación de especies durante los meses de muestreo en bosque templado.

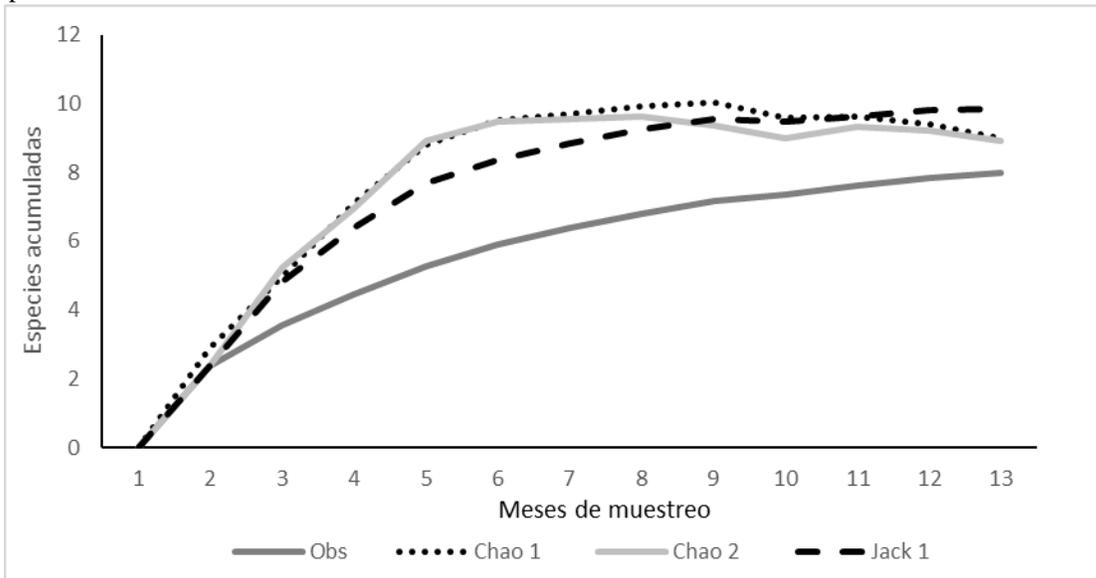


Figura 4. Comportamiento de los estimadores no paramétricos (Chao 1, Chao 2 y Jackknife1 con un intervalo de confianza de 95%) en la curva en acumulación de especies durante los meses de muestreo en áreas de cultivo.

### *Índices de diversidad, riqueza, equitatividad y dominancia entre sitios*

Con base en la riqueza y abundancia de pequeños roedores, el sitio con el mayor valor de diversidad fue el bosque templado con un valor de  $H' = 0.8013$ ; en contraste, el menos diverso fueron las áreas de cultivo con un valor de  $H' = 0.7963$ , con base en la prueba t de Hutchenson no se encontraron diferencias significativas entre sitios ( $t = 0.11$ , g.l. = 151,  $p > 0.05$ ). Al realizar un análisis de la diversidad entre las temporadas en cada sitio se encontró que, en bosque templado la diversidad es mayor en la temporada de lluvias ( $H' = 0.8013$ ) en comparación con la temporada seca ( $H' = 0.7839$ ) pero no se encontraron diferencias significativas ( $t = 0.19$ , g.l. = 115,  $P > 0.05$ ). Por último, para las áreas de cultivo se presenta una mayor diversidad en temporada de lluvias ( $H' = 0.9435$ ) con relación a la temporada seca ( $H' = 0.5516$ ) pero no se encontraron diferencias significativas ( $t = 1.86$ , g.l. = 105,  $P > 0.05$ ). En el cuadro 3, se presentan los valores obtenidos para cada sitio con respecto a los índices de diversidad. En el caso de bosque templado, N1 y N2 mostraron 2.25 y 2.10 especies abundantes o muy abundantes respectivamente y que contribuyen de manera efectiva a la diversidad de especies en este sitio, estas especies son *P. aztecus* y *P. beatae* con abundancias de 103 y 106 individuos respectivamente. Para las áreas de cultivo, N1 y N2 mostraron 2.22 y 1.48 especies abundantes o muy abundantes respectivamente y que contribuyen la diversidad de especies en este sitio, estas especies son *L. irroratus* y *O. fulvescens*; destacando la especie *L. irroratus* como la especie con mayor representación en este sitio (Figura 5).

Para la temporadas seca en bosque templado, N1 y N2 mostraron 2.19 y 2.05 especies abundantes o muy abundantes respectivamente y que contribuyen de manera efectiva a la diversidad de especies en este sitio, estas especies son *P. aztecus* y *P. beatae* con abundancias de 63 y 81 individuos respectivamente. Para la temporada de lluvias, N1 y N2 mostraron 2.23 y 2.02 especies abundantes o muy abundantes respectivamente y que contribuyen la diversidad de especies en este sitio, estas especies son nuevamente *P. aztecus* y *P. beatae* con abundancias de 40 y 25 individuos respectivamente (Figura 6).

Para la temporadas seca en áreas de cultivo, N1 y N2 mostraron 1.74 y 1.32 especies abundantes o muy abundantes respectivamente y que contribuyen de manera efectiva a la diversidad de especies en este sitio, estas especies son *L. irroratus* y *P. aztecus* con abundancias de 59 y 4 individuos respectivamente. Para la temporada de lluvias, N1 y N2 mostraron 2.57 y 1.72 especies abundantes o muy abundantes respectivamente y que contribuyen la diversidad de especies en este sitio, estas especies son *L. irroratus* y *O. fulvescens* con abundancias de 39 y 6 individuos respectivamente (Figura 7)

Cuadro 3. Valores de los índices obtenidos para los sitios de muestreo y temporadas.

	Bosque templado			Áreas de cultivo		
	T. seca	T. lluvias	Anual	T. seca	T. lluvias	Anual
<b>Margalef</b>	0.6012	0.7135	0.7454	0.948	1.519	1.462
<b>Equitability_J</b>	0.5655	0.578	0.5032	0.3427	0.4849	0.3829
<b>Berger-Parker</b>	0.551	0.597	0.4953	0.8676	0.75	0.8167

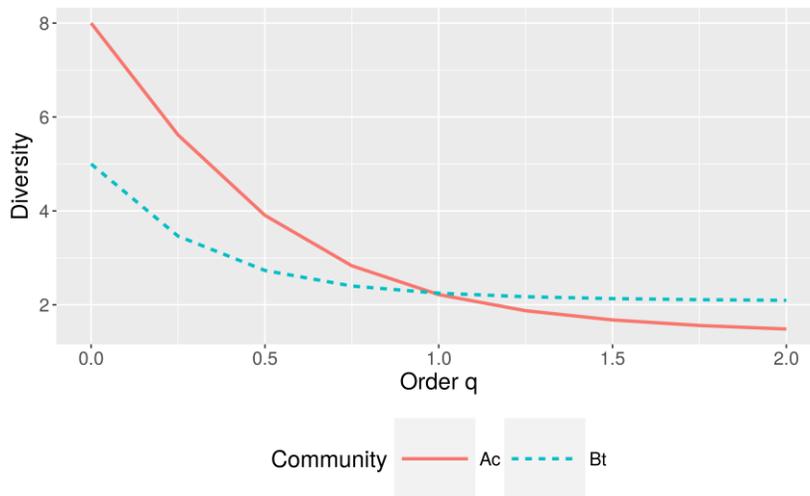


Figura 5. Representación de las especies más importantes en cada sitio con base en los Números de Hill.

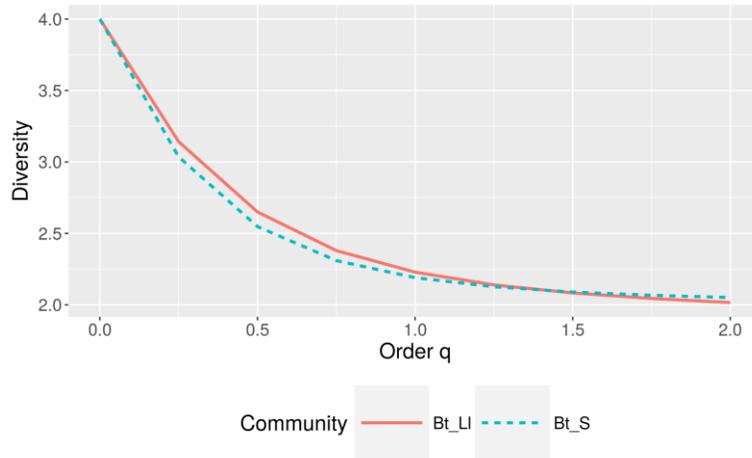


Figura 6. Representación de las especies más importantes en la temporada seca y lluvias en bosque templado con base en los Números de Hill.

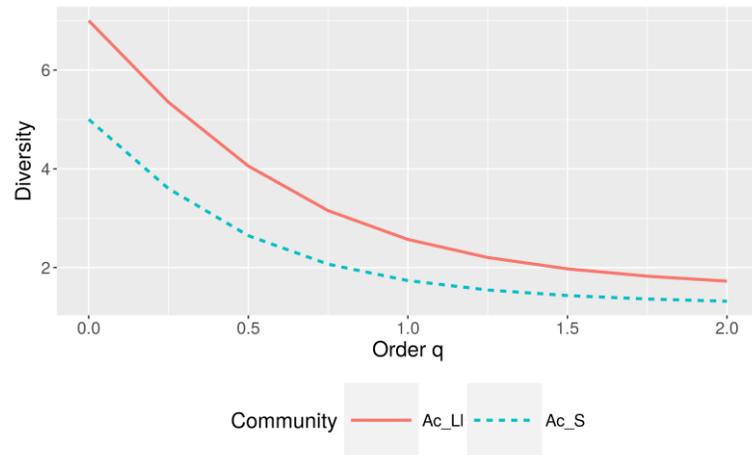


Figura 7. Representación de las especies más importantes en la temporada seca y lluvias en áreas de cultivo con base en los Números de Hill.

*Estructura de la comunidad de roedores por sitio y temporadas.*

En cuanto a las gráficas de rango-abundancia, se observan diferencias importantes entre el número de individuos, y entre la riqueza y dominancia de las especies presentes en cada sitio. En bosque templado, el número de individuos es mayor (n= 214) con respecto a las áreas de cultivo (n= 120), y presenta dos especies dominantes *P. beatae* y *P. aztecus* (Fig. 8). En las temporadas del año en bosque templado, la curva representa a 147 individuos, cuatro especies y a *P. beatae* como la especie dominante para la temporada seca y para la temporada de lluvias se representa a 67 individuos, cuatro especies y como especie dominante a *P. aztecus*. En este sitio, el grupo de especies se mantuvo constante casi en su

totalidad en ambas temporadas, con excepción de *O. fulvescens* que se registró solo en temporada seca y *R. rattus* presente únicamente en temporada de lluvias (Fig. 9).

Para las áreas de cultivo, el número de individuos es menor con relación al bosque templado pero el número de especies es mayor; resalta *L. irroratus* como la especie dominante en este sitio. Para la temporada seca, la curva representa a 68 individuos, cinco especies y como especie dominante a *L. irroratus*; y finalmente, durante la temporada de lluvias se registraron 52 individuos de siete especies y nuevamente como especie dominante a *L. irroratus* (Fig. 10). En áreas de cultivo, el grupo de especies no presentó la misma composición en ambas temporadas; además, la especie exótica *R. rattus* estuvo presente en la temporada seca y *M. musculus* durante la temporada de lluvias, pero ambas con escasos registros.

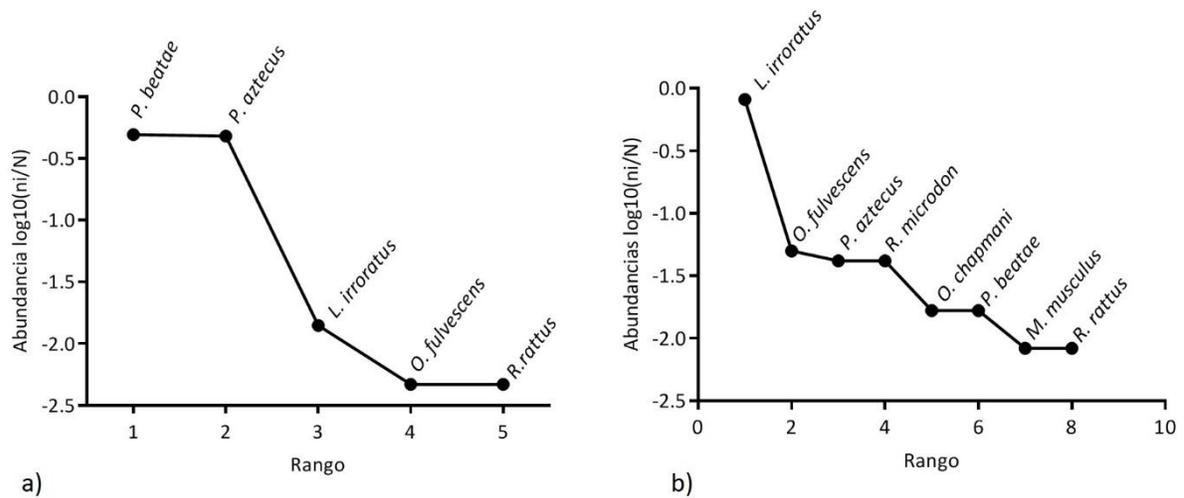


Figura 8. Curvas rango-abundancia de bosque templado (a) y áreas de cultivo (b) donde se representan la abundancia, riqueza y dominancia anual en cada sitio.

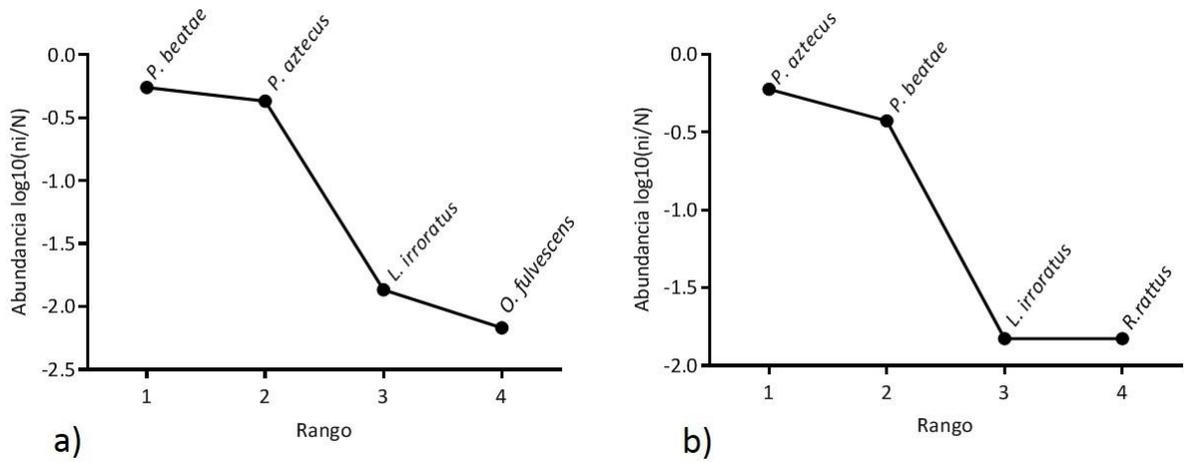


Figura 9. Curvas rango-abundancia correspondiente a la temporada seca (a) y de lluvias (b) en bosque templado.

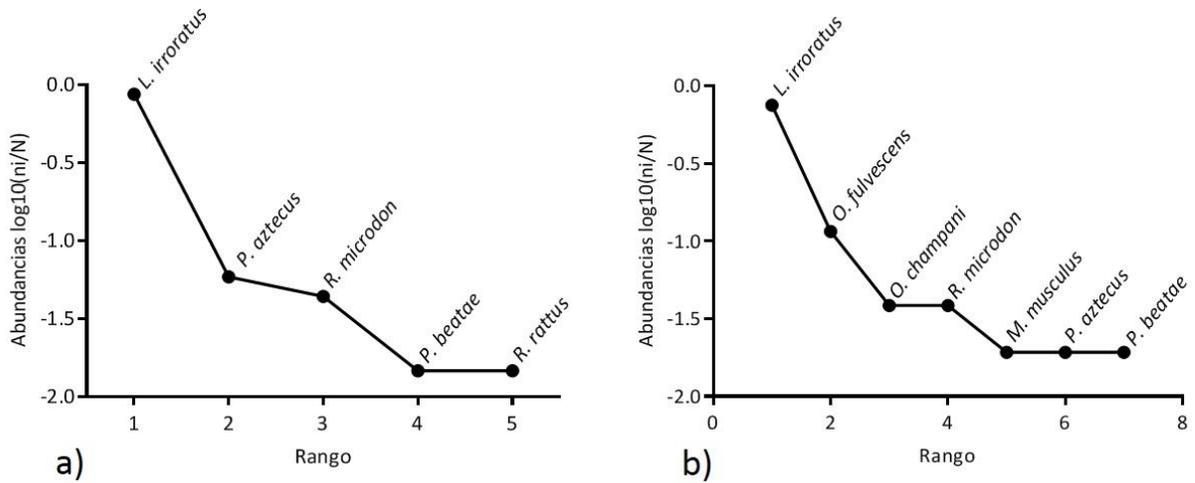


Figura 10. Curvas rango-abundancia correspondiente a la temporada seca (a) y de lluvias (b) en áreas de cultivo.

*Similitud en las comunidades de pequeños roedores entre sitios y temporadas.*

En el cuadro 4, se presentan los valores de similitud entre las comunidades de bosque templado y áreas de cultivo; además la Figura 11 presenta el esquema de similitud donde se puede observar que ambas comunidades no son muy similares entre sí con respecto al número de especies e individuos reportados para cada una de ellas. Al realizar el análisis de similitud entre sitios (bosque templado) y temporadas (seca y lluvias) (Cuadro 5), se presentan dos agrupaciones; la primera constituida por la comunidad de pequeños roedores en áreas de cultivo en temporada de lluvias con la comunidad de bosque templado en temporada seca y, la segunda agrupación está representada por la comunidad de roedores de

áreas de cultivo en temporada seca con la comunidad de bosque templado en temporada de lluvias (Figura 12).

Cuadro 4. Valores de similitud entre las comunidades de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox.

	B. templado	A. de cultivo
B. templado	1	0.625
A. de cultivo	0.625	1

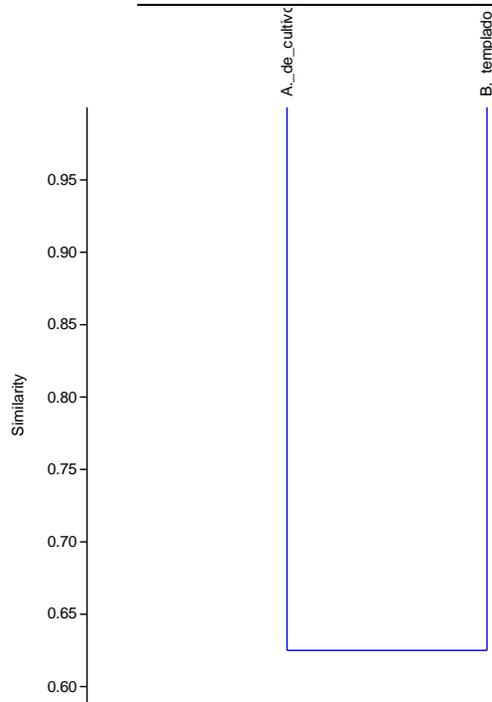


Figura 11. Esquema de similitud entre la comunidad de pequeños roedores en bosque templado y áreas de cultivo.

Cuadro 5. Valores de similitud entre las comunidades de pequeños roedores entre sitios y temporadas en San Pedro Yólox.

	T. seca Bt	T. seca Ac	T. lluvia Bt	T. lluvia Ac
T. seca Bt	1	0.5	0.6	0.57
T. seca Ac	0.5	1	0.8	0.5
T. lluvia Bt	0.6	0.8	1	0.37
T. lluvia Ac	0.57	0.5	0.37	1

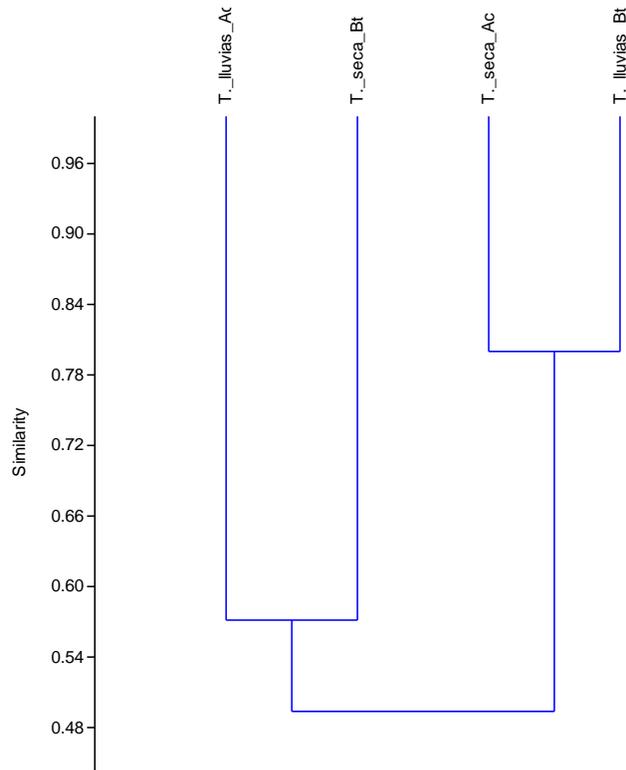


Figura 12. Esquema de similitud entre la comunidad de pequeños roedores entre sitios y temporadas.

*Relación entre variables ambientales de cada sitio con las especies de roedores.*

El análisis de correspondencia canónica presenta tres ejes principales donde uno está conformado por las variables ambientales humedad relativa (%) mínima (44.8-59.6%) y temperatura (°C) mínima (11.5-14.0°C) con las especies *P. beatae* (81-25 ind.) y *P. aztecus* (63-40 ind.) en bosque templado en ambas temporadas pues estas especies presentaron mayor cantidad de individuos bajo estas variables; este eje fue el que obtuvo la mayor abundancia. Otro grupo más está conformado por las variables de precipitación (mm) (201.8 mm) y humedad relativa (%) máxima (92%) con las especies *O. chapmani* (2 ind.) y *O. fulvescens* (6 ind.) en temporada de lluvias en áreas de cultivo. Por último, la temperatura (°C) máxima (31°C) se agrupo con las especies *R. microdon* (3 ind.), *L. irroratus* (59 ind.) y *R. rattus* (n=1), las cuales bajo esta variable presentaron el mayor

número de individuos en la temporada seca en áreas de cultivo; este último eje fue el que presentó una mayor riqueza (Fig. 13).

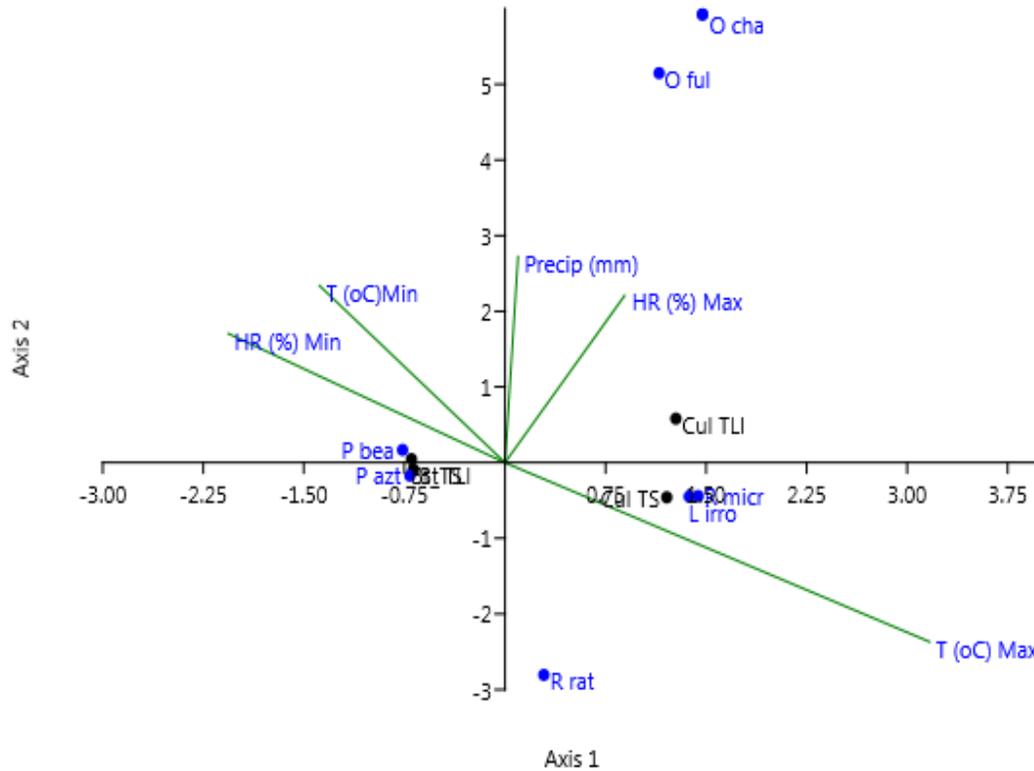


Figura 13. Análisis de correspondencia canónica donde se muestra el agrupamiento de las especies con base en las variables ambientales en cada sitio durante la temporada seca y lluvias en cada sitio. Bt S = Bosque templado temporada seca, Bt LI = Bosque templado temporada de lluvias, Cul S = Áreas de cultivo temporada seca, Cul LI = Áreas de cultivo temporada lluvias. L. irro = *L. irroratus*, O cha = *O. chapmani*, O. ful = *O. fulvescens*, P azt = *P. aztecus*, P bea = *P. beatae*, R rat = *R. rattus*, R micr = *R. microdon*. T (°C) Min = Temperatura mínima, T (°C) Max = Temperatura Máxima, HR (%) Min = Humedad relativa mínima, HR (%) Max = Humedad relativa máxima, Precip (mm) = Precipitación.

*Relación entre cambios en la vegetación y/o fases de cultivo con las especies de roedores.*

Bosque templado durante la etapa 1 se capturaron 60 individuos, pertenecientes a tres especies, la especie más abundante fue *P. aztecus* fue la más abundante. En la etapa 2 se capturaron 47 individuos de dos especies; la especie más abundante fue *P. aztecus*. En la

etapa 3 se obtuvieron 35 individuos de 4 especies y nuevamente la especie más abundante fue *P. aztecus*. Por último, durante la etapa 4 se registraron 72 individuos de tres especies; la especie más abundante fue *P. beatae* (Fig. 14). En general, durante la etapa de caída de hojas y semillas se reporta mayor riqueza de roedores, pero en la etapa de mayor exposición de semillas se presenta un mayor número de individuos, en donde predominan las especies del género *Peromyscus* con la mayor cantidad de individuos a lo largo del año en este sitio.

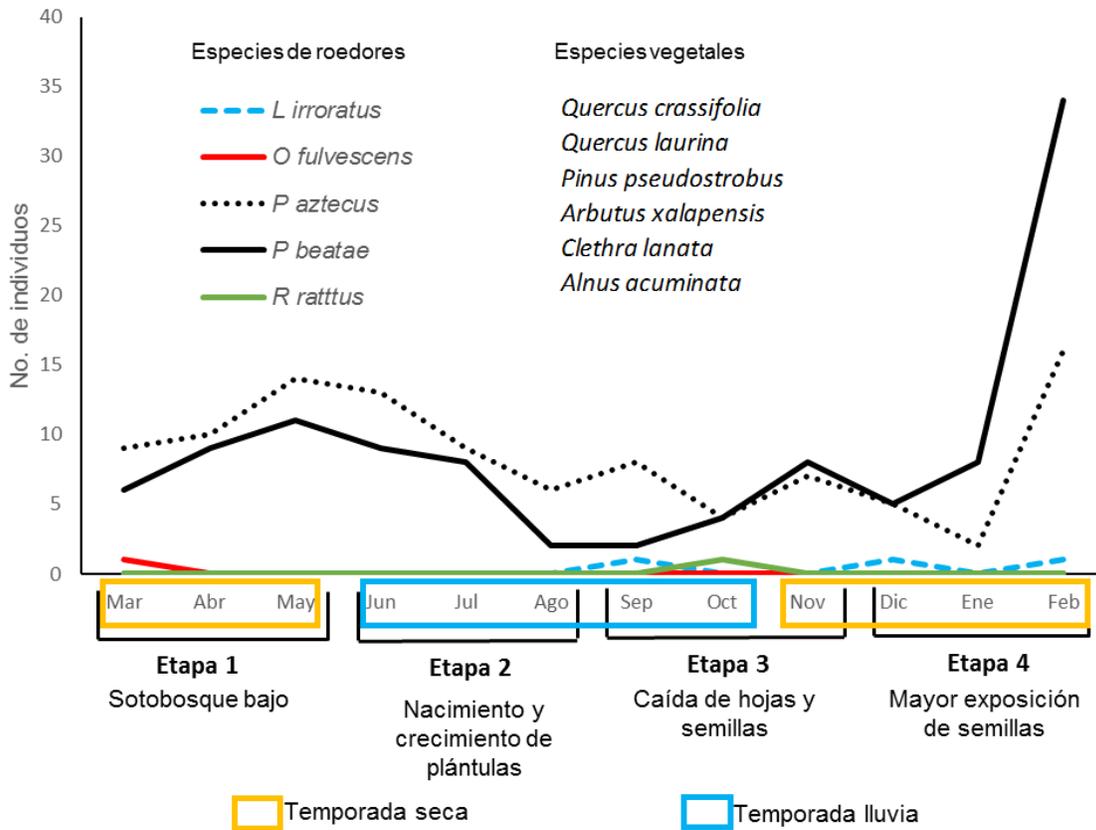


Figura 14. Relación entre las etapas de la vegetación en bosque templado con la abundancia y riqueza de roedores.

En áreas de cultivo, durante la etapa 1 se reportó solo un individuo de la especie *P. aztecus*. En la etapa 2 se capturaron cuatro individuos pertenecientes a tres especies y la más abundante fue *L. irroratus*; que también lo fue en las demás etapas. En la etapa 3 se registraron 25 individuos de seis especies. En la etapa 4 se capturaron 29 individuos y seis especies. En la etapa 5 el número de individuos fue 30 y solo dos especies. Por último, en la etapa 6 se obtuvieron 31 individuos pertenecientes a tres especies (Fig. 15). Las etapas con

mayor riqueza fueron durante el cultivo en crecimiento y la cosecha, aunque la mayor cantidad de individuos se reportó durante la etapa de pastoreo; resalta la especie *L. irroratus* quien presentó el mayor número de individuos durante todas las etapas.

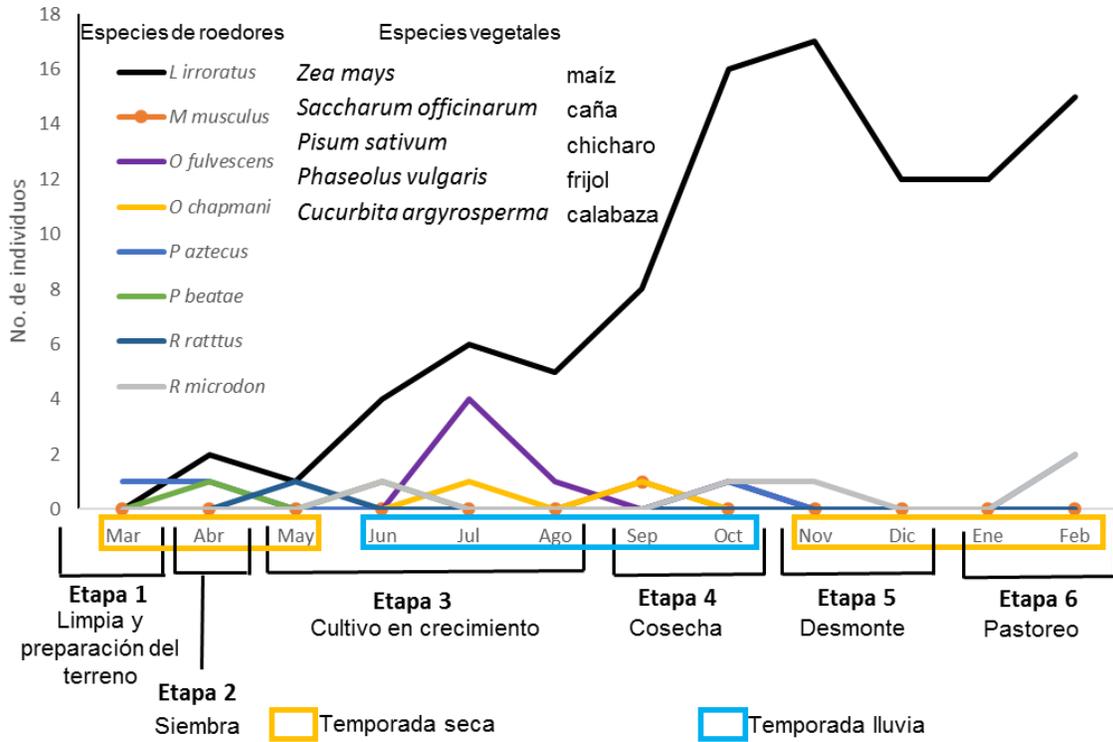


Figura 15. Relación entre las etapas en las áreas de cultivo con la abundancia y riqueza de roedores

## Discusión

En un bosque templado en Durango Aragón et al. (2009), reportó una presencia importante del género *Peromyscus* seguido de otros géneros como *Neotoma*, *Nelsonia*, *Sigmodon*, *Onychomys* y *Reithrodontomys*. En comparación con este estudio, solo coincide la presencia del género *Peromyscus* debido a que en el listado de este trabajo se encuentran especies pertenecientes a los géneros *Oligoryzomys* y *Liomys*. En el caso del género *Peromyscus*, éste ha demostrado tener una gran capacidad de adaptación a diversos ecosistemas (Ceballos y Oliva, 2005); aunque en los resultados obtenidos se encontró que los individuos de este género presentaron una preferencia notable sobre los recursos que el bosque templado les ofrece.

Con base en lo publicado por Briones et al. (2015) las especies reportadas en el presente estudio coinciden con los registros enlistados por estos autores en la región de la Sierra Norte de Oaxaca. Principalmente en los tipos de hábitats estudiados para el presente trabajo; es decir en bosque templado y áreas de cultivo. Con respecto a estos hábitats, los bosques templados al igual que otros tipos de bosque suelen ofrecer diversos tipos de recursos, sitios de refugio e incluso variedad de microclimas (August, 1983); los cuales pueden permitir el establecimiento de varias especies dentro de ellos.

La comunidad de roedores presentó una importante variación espacio-temporal; en bosque templado se presentó una mayor abundancia, pero en las áreas de cultivo se obtuvo la mayor riqueza. El comportamiento en la abundancia o riqueza de roedores también corresponde a sus necesidades de refugio del lugar donde viven y de poder salir al exterior en busca de alimento. Es por ello que la presencia de cobertura arbórea y arbustiva, incluyendo diversas estructuras vegetales (plántulas, semillas, presencia de troncos, ramas) es de suma importancia (Barnum et al., 1992). Algunos autores han puntualizado que la composición de especies en una comunidad o ambiente determinado dependerá de su capacidad de adaptación a las condiciones del hábitat y de las interacciones con las demás especies (Sánchez-Cordero, 2001).

Flores-Peredo y Vázquez-Domínguez (2016) consiguieron la asíntota en la curva de especies en un bosque de pino en Veracruz utilizando un menor esfuerzo de captura,

obteniendo una mayor riqueza de especies (8 especies) con relación al número de especies reportado para este estudio (5 especies). Cime-Pool et al. (2010) también reportan esta diferencia en sitios con mínima perturbación y con mayor perturbación en ecosistemas de selva baja.

En el bosque templado no se vió comprometida la riqueza de especies de roedores según la temporada del año pues en ambas se presentó el mismo número de especies tal y como ocurre en otros trabajos realizados en bosque (Flores-Peredo y Vázquez-Domínguez). De acuerdo con Ceballos y Oliva (2005), esto puede deberse a que las especies registradas durante el proceso de captura son habitualmente comunes en los tipos de vegetación estudiados. Con respecto a la abundancia de roedores, puede existir una relación entre la temporada y la vegetación provocada por la variación en el clima que influye sobre la productividad y la fenología de las especies que conforman la estructura de la vegetación (Nicolas and Colyn, 2003). El comportamiento de las especies de roedores con base en la riqueza, equitatividad y dominancia en bosque templado responde a las preferencias de las especies hacia ciertos recursos y a la temporalidad de los mismos; por ejemplo, las especies de *Peromyscus* tuvieron una mayor presencia en relación con las demás especies debido a que *P. aztecus* y *P. beatae* son capaces de utilizar los recursos disponibles en bosque templado de manera más eficaz.

En las áreas de cultivo, las especies *O. chapmani*, *R. microdon* y *M. musculus* fueron exclusivas de estas áreas pues su captura únicamente se registró en ese sitio. Particularmente en el caso de *M. musculus*, como especie exótica e introducida, se ha caracterizado por verse beneficiada de las actividades antropogénicas (Bolger et al., 1997). El alto número de especies en áreas de cultivo con relación a las encontradas en bosque templado se opone a lo afirmado por otros autores (Concepción et al., 2008), quienes argumentan que el aumento en la agricultura puede causar una simplificación del paisaje reduciendo la cantidad de especies, aunque este argumento podría ser posible en aquellos lugares con agricultura intensiva, principalmente de monocultivos. En el área de estudio se practican los policultivos o rotación de los mismos (obs. pers.), lo que permite que un mayor número de especies se concentre en estas áreas. Aunque también se presentó un incremento notable en las áreas de cultivo de la especie *L. irroratus* en ambas temporadas

del año en este sitio, ya que se ha demostrado en diversos estudios que los heterómidos pueden adaptarse fácilmente a lugares conservados o con algún grado de perturbación por sus hábitos conductuales (sociales o reproductivos) o alimenticios (Ceballos y Oliva, 2005).

Las variables ambientales parecen representar un factor importante en la presencia y abundancia de las especies tanto en bosque templado como en áreas de cultivo según los resultados obtenidos. Las especies del género *Peromyscus* pueden adaptarse favorablemente a condiciones de temperatura y humedad relativa mínima, lo que les permite ser especies exitosas en hábitats con estas características ambientales. Diversos autores han resaltado la importancia de las variables ambientales como determinantes de la presencia y abundancia de especies de roedores debido a que estas contribuyen a la disponibilidad de recursos alimenticios, principalmente (Sánchez y Canela, 1991).

Tanto en bosque templado como en áreas de cultivo, las especies respondieron a una cierta etapa de la vegetación o cultivo específico; en el caso del bosque existió una mayor abundancia durante la etapa en que se presenta una mayor exposición de semillas (bellotas) y en el caso de las áreas de cultivo este aumento en la abundancia correspondió a la etapa donde la cosecha es mayor. Esta dinámica entre la vegetación y las especies de pequeños mamíferos se ha analizado en otros trabajos (Murua et al., 1996) donde cambios en la vegetación determinan la presencia y comportamiento de las especies de ciertos pequeños mamíferos.

En los bosques, la estacionalidad puede ejercer un efecto importante sobre la disponibilidad de los recursos, lo cual a su vez influye sobre la conformación de la comunidad de roedores (Cramer y Willing, 2002). Existen estudios que han demostrado que la abundancia y riqueza de especies de roedores está relacionada con los cambios en la cobertura vegetal (Morrison et al., 2002). La abundancia puede estar determinada por la vegetación, ya que los individuos que consumen semillas bajo la cobertura arbórea o arbustiva en un bosque tienen menor riesgo de ser consumidos por depredadores, en contraste con las áreas más abiertas, como las áreas de cultivo, donde pueden ser presa fácil al estar más expuestos sobre todo cuando el campo no está ocupado por cultivos (Manson y Stiles, 1998; Moore et al., 2003).

## Conclusiones

En general, el bosque templado presentó una mayor abundancia de pequeños roedores, pero con una riqueza menor debido a que solo las especies del género *Peromyscus* pudieron mantener un importante número de individuos durante ambas temporadas, por encima de especies como *O. fulvescens*, *L. irroratus* y *R. rattus*, las cuales contaron con menor representación en este tipo de hábitat.

En áreas de cultivo, la abundancia de pequeños roedores fue menor que en el bosque templado. En este sitio, la especie *L. irroratus* es la de mayor representación en ambas temporadas (seca y de lluvias). Además, en las áreas de cultivo se presentó una mayor riqueza de especies. Destaca la presencia de las especies *O. chapmani*; la cual presenta una distribución endémica para México y se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de sujeta a protección especial y *R. microdon*, aunque no presenta una distribución endémica, sí se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de especie amenazada.

En cuanto a las áreas de cultivo, la diversidad, pero sobretodo, la gran disponibilidad de fuentes de alimento durante la temporada de cosecha, ejercen un factor importante en la riqueza de especies que se establecen dentro de estas áreas. Aunque también existe la posibilidad de que especies como *L. irroratus* aprovechen de mejor manera estos recursos debido a que, al igual que otros heterómidos, su capacidad de adaptación a los cambios en su hábitat destaque sobre las demás especies de roedores que coexisten principalmente dentro de áreas destinadas para actividades agrícolas; incluso, resultando resistentes a condiciones de aumento en la temperatura que se registra en estos sitios.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca (611222) otorgada para la realización de estudios de posgrado en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca. A las autoridades y comunidad en general, de San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca; por el permiso y facilidades para la obtención de datos en campo. Al laboratorio de vertebrados y a la colección de mastozoología del CIIDIR-Unidad Oaxaca por el préstamo de material para campo y consulta de colección de ejemplares de roedores. Al Herbario del CIIDIR-Unidad Oaxaca y Herbario Nacional de México (MEXU) del Instituto de Biología (UNAM) por la ayuda para la identificación de especies vegetales. Al técnico Biól. Mayra de la Paz Cuevas del laboratorio de mastozoología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), en Baja California Sur; por el apoyo en la identificación de las especies de roedores encontradas en el presente estudio.

## Literatura citada

- Aragón, E. E., A. Garza, y F. A. Cervantes. 2009. Estructura y organización de los ensambles de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82(4), 523-542.
- August, P. V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 64(6), 1495-1507.
- Arellanes, A. 1996. *Geografía y Ecología de Oaxaca*. Carteles Editores. Oaxaca. México. 108 pp.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza-Rodríguez, C. Aguilar-Zúñiga, E. Martínez-Romero, L. Gómez-Mendoza y E. Loa (eds.). 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Barnum, S.A., C.J. Manville, J.R. Tester, and W.J. Carmen. 1992. Path selection by *Peromyscus leucopus* in the presence and absence of vegetative cover. *Journal of Mammalogy*, 73: 797-801.
- Barragán, F., C. Lorenzo, A. Morón, M. A. Briones-Salas, y S. López. 2010. Bat and rodent diversity in a fragmented landscape on the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Tropical Conservation Science* Vol. 3 (1): 1-16.

- Bolger, D. T., A. C. Albert, R. M. Sauva jot, P. Potenza, C. Mcca lvin, D. Tran, S. Mazzoni, y M. E. Soulé. 1997. Response of rodents to habitat fragmentation in coastal Southern California. *Ecological Application* 7:552–563.
- Briones-Salas, M. A., M. Cortés-Marcial, y M. C. Lavariega. 2015. Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 685-710.
- Cameron, A. 1997. Small mammal community composition on Mt. Elgon, Uganda with reference to habitat modification by humans. Honours Dissertation for BSc Tropical Environmental Science. Aberdeen University. 1-29.
- Cimé-Pool, J. A., S. F. Hernández-Betancourt, R. C. Barrientos, y A. A. Castro-Luna. 2010. Diversidad de pequeños roedores en una selva baja caducifolia espinosa del noreste de Yucatán, México. *Therya*, 1(1), 23-39.
- Colwell, R. K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. User's guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Colwell, R. K., y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transaction: Biological Science, Great Britain* 345:101–118.
- Concepción, E. D., M. Díaz y R. A. Baquero. 2008. Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes. *Landscape Ecology* 23:135-148.
- Cramer, M. J. and M. R. Willig. 2002. Habitat heterogeneity, habitat associations, and rodent species diversity in a sandshinnery-oak landscape. *Journal of Mammology*, 83:743-753.
- Dale, V. H., and S. C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3–10.
- DeMattia, E.A., L. M. Curran, and B. J. Rathcke. 2004. Effects of small rodents and large mammals on Neotropical seeds. *Ecology*, 85, 2161–2170.
- Feinsinger, P. 2001. Designing field studies for biodiversity conservation. The Nature Conservancy and Island Press. Washington, D. C. 212 Pp.
- Fernández, J. A., M. S. Hafner, D. J. Hafner, and F. A. Cervantes. 2014. Conservation status of rodents of the families Geomyidae and Heteromyidae of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 576-588.
- Flores-Peredo, R., y G. Vázquez-Domínguez. 2016. Influence of vegetation type and season on rodent assemblage in a Mexican temperate forest mosaic. *Therya*, 7(3), 357-369.

Flores-Villela, O., y P. Gerez. 1989. Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados Terrestres, Vegetación y uso del suelo Vertebrados Endémicos de Mesoamérica. Instituto Nacional Sobre Recursos Bióticos. Jalapa, México, 302 pp.

García-Mendoza, A. J., M. D. J. Ordóñez, y M. A. Briones-Salas. (Eds.). 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund, México, D.F. 605 Pp.

Hill, M.O. 1973. Diversity and Evenness: a Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54: 427-432.

Horvath, A., R. Vidal-López, y R. Sarmiento-Aguilar. 2001. Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5: 6-26.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Pedro Yólox, Oaxaca. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.

Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford.

Mena, J.L. 2004. Diversidad y distribución de mamíferos pequeños no voladores en un gradiente altitudinal en la vertiente del pacífico de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 84 pp.

Manson, H.R. y E. W. Stiles. 1998. Links between microhábitat preferences and seed predation by small mammals in old fields. *Oikos* 82:37-50.

Meserve, P.L., D. A. Kelt, W. B. Milstead, and J. R. Gutiérrez. 2003. Thirteen Years of Shifting Top-Down and Bottom-Up Control. *Bioscience*, 53, 633–646.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.

Morrison, M. L., A. J. Kuenzi, C. F. Brown, and D. E. Swann. 2002. Habitat use and abundance trends of rodents in southeastern Arizona. *The Southwestern Naturalist*, 519-526.

Mostacedo, B. y T.S. Fredericksen (2000) Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 92 Pp.

Murúa, R.E 1996 Comunidades de mamíferos del bosque templado de Chile. Pp. 483–500 en: Armesto JJ, Villagrán C y Arroyo MTK (eds) *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago.

- Nicolas, V., and M. Colyn. 2003. Seasonal variations in population and community structure of small rodents in a tropical forest of Gabon. *Canadian Journal of Zoology* 81:1034–1046.
- Ordóñez, Ma. de J. y P. Rodríguez-Hernández. 2008. Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultura de México, y sus productores rurales. *Ciencias* núm. 91, julio-septiembre, pp. 54-64.
- Pardini, R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 13: 2567-2586.
- Pardini, R., S. Marques de Souza, R. Braga-Neto and J. P. Metzger. 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*. 124: 253-566.
- Sánchez Cordero, 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(2).
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 63-76.
- Seamon J. O., and G. H. Adler. 1996. Population performance of generalist and specialist rodents along habitat gradients. *Canadian Journal of Zoology* 74(6):1130–1139.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la federación.
- Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca (SERBO, A.C.). 2018. Biodiversidad de Oaxaca. [En línea]. <http://serboax.org/oaxaca/biodiversidad-de-oaxaca/>
- Stevens, R. D., and J. S. Tello. 2009. Micro-and macrohabitat associations in Mojave Desert rodent communities. *Journal of Mammalogy*, 90(2), 388-403
- Szpunar G, G. Aloise, S. Mazzotti, L. Nieder, and M. Cristaldi. 2008. Effects of global climate change on terrestrial small mammals communities in Italy. *Fresenius Environ Bull* 17:1526–1533.
- Tapia-Ramírez, G., López-González, C., González-Romero, A. y S. F. Hernández-Betancourt. (2012) Diversidad de roedores y su relación con la heterogeneidad ambiental en la cuenca del río Nazas, Durango, México. 59-70 p. En: Cervantes F.A. y C. Ballesteros-Barrera (2012) Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos. UNAM-UAM. México. 282 p.

Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M. C. Wichmann, M. Schwagner and F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/ diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79-92.

Vázquez-Hernández, L.B. 1997. Dieta y demografía de una comunidad de pequeños roedores en dos hábitats contrastantes. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. 89p.

World Wildlife Fund (WWF). 2007. Ecorregiones prioritarias. Sierra Norte de Oaxaca. Consultado en: [www.wwf.org.mx/wwfmex/programas.php](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/programas.php). (febrero de 2010).

World Wildlife Fund (WWF). 2004. Plantas; Bosques templados de la Sierra Norte de Oaxaca. Guías de especies mexicanas. Consultado en: [http://www.wwf.org.mx/guias\\_especies](http://www.wwf.org.mx/guias_especies)

## Anexo 1

Cuadro 1. Eigenvalores y cargas obtenidas de la matriz de correlación de datos estandarizados, obtenidos del análisis de correspondencia canónica.

	Axis (eje) 1	Axis (eje) 2	Axis (eje) 3			
<i>Lirro</i>	1.37349	-0.448687	0.170345			
<i>M mus</i>	1.47339	5.92259	-1.73201			
<i>O ful</i>	1.14928	5.14704	-0.794655			
<i>O cha</i>	1.47339	5.92259	-1.73201			
<i>P azt</i>	-0.708177	-0.173571	-1.11833			
<i>P bea</i>	-0.76377	0.167436	1.13618			
<i>R rat</i>	0.290255	-2.805	-4.63672			
<i>R micr</i>	1.44043	-0.441404	0.179966			
T (oC) Max	0.70402	-0.526265	0.520944			
T (oC)Min	-0.307555	0.519793	-0.853765			
HR (%) Max	0.198295	0.490675	-0.833918	Axis (eje)	Eigenvalor	%
HR (%) Min	-0.458595	0.378931	-0.88069	1	0.83794	86.88
Precip (mm)	0.0215076	0.605224	-0.816333	2	0.097923	10.15
				3	0.028619	2.967

## Anexo 2

Cuadro 1. Características de la vegetación en bosque y cultivo por cada mes del año.

Temporada	Mes	No. de Etapa	Descripción	Bosque templado								Total	Riqueza
				<i>L irroratus</i>	<i>M musculus</i>	<i>O fulvescens</i>	<i>O chapmani</i>	<i>P aztecus</i>	<i>P beatrice</i>	<i>R rattus</i>	<i>R microdon</i>		
T. seca	Marzo	1	Sotobosque bajo	0	0	1	0	9	6	0	0	16	3
T. seca	Abril	1	Sotobosque bajo	0	0	0	0	10	9	0	0	19	2
T. seca	Mayo	1	Sotobosque bajo	0	0	0	0	14	11	0	0	25	2
				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>3</b>
T. lluvias	Junio	2	Nacimiento o y crecimiento de plántulas	0	0	0	0	13	9	0	0	22	2
T. lluvias	Julio	2	Nacimiento o y crecimiento de plántulas	0	0	0	0	9	8	0	0	17	2
T.	Agosto	2	Nacimiento o y crecimiento de plántulas	0	0	0	0	6	2	0	0	8	2

Lluvias			o y crecimient o de plántulas	0	0	0	0	28	19	0	0	47	2
T. Lluvias	Septiembre	3	Caída de hojas y semillas	1	0	0	0	8	2	0	0	11	3
T. Lluvias	Octubre	3	Caída de hojas y semillas	0	0	0	0	4	4	1	0	9	3
T. seca	Noviembre	3	Caída de hojas y semillas	0	0	0	0	7	8	0	0	15	2
				<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>4</b>
T. seca	Diciembre	4	Mayor exposición de semillas	1	0	0	0	5	5	0	0	11	3
T. seca	Enero	4	Mayor exposición de semillas	0	0	0	0	2	8	0	0	10	2
T. seca	Febrero	4	Mayor exposición de semillas	1	0	0	0	16	34	0	0	51	3
				<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>72</b>	<b>3</b>

Cuadro 2. Descripción de cada etapa de la vegetación en bosque templado.

Meses	Etapas	Cambios en la vegetación
Marzo Abril Mayo	Sotobosque bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de sotobosque de 5 a 30 cm</li> <li>• Capa de hojarasca de 10 a 15 cm</li> </ul>
Junio Julio Agosto	Nacimiento y crecimiento de plántulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surgimiento y crecimiento de plántulas con altura de 5 a 35 cm</li> <li>• Altura de sotobosque de 25 a 70 cm</li> <li>• Capa de hojarasca de 8 a 20 cm.</li> </ul>
Septiembre Octubre Noviembre	Caída de hojas y semillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de semillas y hojas de pino y encino principalmente</li> <li>• Altura de sotobosque de 40 a 110 cm</li> <li>• Capa de hojarasca de 10 a 25 cm</li> <li>• Generación de estructuras nuevas en los individuos de las especies de pino, encino y madroño.</li> </ul>
Diciembre Enero Febrero	Mayor exposición de semillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plántulas nuevas (10 a 7 cm de altura).</li> <li>• Disminución de la capa de hojarasca (15 cm a 20 cm de grosor)</li> <li>• Gran cantidad de semillas expuestas (bellotas) y abundantes plántulas.</li> </ul>

Cuadro 3. Etapas establecidas para cada sitio con base en la fenología de la vegetación y las fases en las áreas de cultivo.

Temporada	Mes	No. de Etapa	Descripción	Áreas de cultivo								Total	Riqueza
				<i>L. irrora tus</i>	<i>M. musculus</i>	<i>O. fulvescens</i>	<i>O. chapmani</i>	<i>P. aztecus</i>	<i>P. beatrice</i>	<i>R. rattus</i>	<i>R. microdon</i>		
T. seca	Marzo	1	Limpia y preparación del terreno	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
T. seca	Abril	2	Siembra	2	0	0	0	1	1	0	0	4	3
T. seca	Mayo	3	Cultivo en crecimiento	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2
T. lluvias	Junio	3	Cultivo en crecimiento	4	0	0	0	0	1	0	1	6	3
T. lluvias	Julio	3	Cultivo en crecimiento	6	0	4	1	0	0	0	0	11	3
T. lluvias	Agosto	3	Cultivo en crecimiento	5	0	1	0	0	0	0	0	6	2
				<b>16</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>6</b>
T. lluvias	Septiembre	4	Cosecha	8	1	0	1	0	0	0	0	10	3
T. lluvias	Octubre	4	Cosecha	16	0	1	0	1	0	0	1	19	4
				<b>24</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>6</b>
T. seca	Noviembre	5	Desmonte	17	0	0	0	0	0	0	1	18	2
T. seca	Diciembre	5	Desmonte	12	0	0	0	0	0	0	0	12	1
				<b>29</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>2</b>
T. seca	Enero	6	Pastoreo	12	0	0	0	0	0	0	0	12	1
T. seca	Febrero	6	Pastoreo	15	0	0	0	2	0	0	2	19	3
				<b>27</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>3</b>

Cuadro 4. Descripción de cada etapa en las áreas de cultivo.

Meses	Etapa	Cambios en la vegetación
Marzo	Limpia y preparación del terreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extracción del zacate restante del cultivo cosechado</li> <li>• Salida del ganado para terminar con los restantes de la cosecha</li> <li>• Abono de la tierra con el estiércol</li> <li>• Remoción de tierra</li> <li>• Alineación de surcos nuevos</li> </ul>
Abril	Siembra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se alista el terreno para colocación de semillas y posterior riego a lo largo de los surcos (cuya altura es de 20 cm aproximadamente).</li> <li>• Cobertura vegetal alrededor del terreno con una altura de 40 a 150 cm.</li> </ul>
Mayo Junio Julio Agosto	Cultivo en crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riego (con aspersores)</li> <li>• Aplicación de sulfato de amonio (fertilizante) a finales de abril</li> <li>• Brote de primeras plántulas del cultivo (mayo).</li> <li>• Altura de la vegetación dentro del terreno de 0 a 15 cm (mayo)</li> <li>• Comienzan a florecer las especies vegetales y los brotes de los primeros frutos de las especies cultivadas.</li> <li>• Primeros frutos en maduración, en la segunda semana del mes de junio las plantas comienzan a presentar grosor de tallo (caña, maíz), formación de flores, frutos (chícharo, frijol, calabaza).</li> <li>• Altura de la vegetación dentro del terreno de 30 a 60 cm (junio, julio)</li> <li>• Cultivo en maduración con mayor crecimiento de frutos, principalmente en el caso de los cultivos de frijol y calabaza.</li> <li>• Poda de maleza entre los cultivos.</li> <li>• Altura de la vegetación dentro del terreno de 45 a 85 cm.</li> <li>• En la tercera semana del mes de julio se comienza a cosechar chícharo, frijol y calabaza</li> </ul>
Septiembre Octubre	Cosecha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termina cosecha de frijol y calabaza.</li> <li>• Altura de cultivos de 90 cm (caña) a 130 cm (maíz).</li> <li>• Cuarta semana del mes de septiembre comienza la cosecha de maíz.</li> <li>• Altura de cultivo de maíz de 90 a 146 cm.</li> </ul>
Noviembre Diciembre	Desmonte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuarta semana de octubre se cosecha del resto del cultivo de maíz</li> <li>• Comienza el corte y extracción de zacate restante del cultivo cosechado</li> <li>• Cultivo de caña permanece.</li> <li>• Retiro del resto de la cosecha</li> <li>• Se comienza a introducir al ganado.</li> <li>• Remoción de tierra</li> </ul>
Enero Febrero	Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura vegetal solo a nivel de suelo (5 a 10 cm)</li> <li>• Se mantiene al ganado para pastoreo</li> <li>• Se procede a preparar la tierra para la próxima siembra</li> </ul>

**APENDICE 1** Diseño de cuadrantes y esquema de medidas convencionales registradas.

*Muestreo de roedores*

Se diseñó una parcela de cinco filas y diez columnas, con un total de 50 trampas tipo Sherman con una separación de 15 m entre una trampa y otra abarcando un área de 0.81 ha por parcela (Figura 1). De cada individuo capturado se tomaron las medidas somáticas y peso correspondientes como se muestra en la Figura 2.

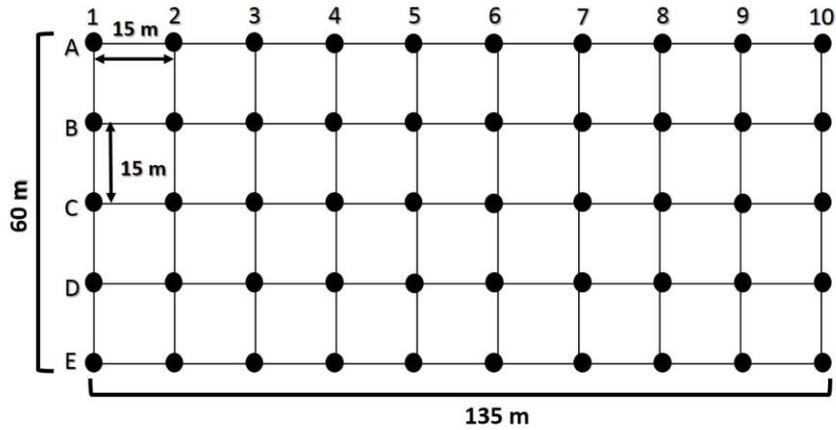


Fig. 1. Diseño de los cuadrantes establecidos en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox.

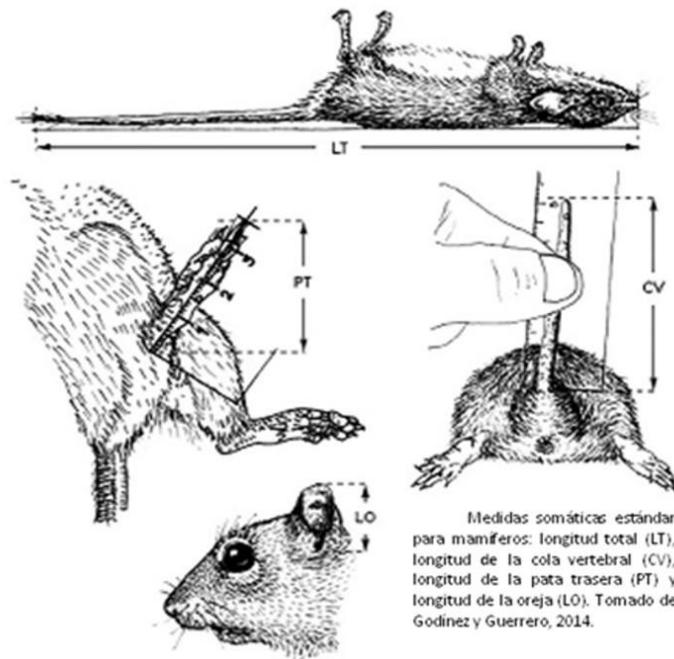


Fig. 2. Metodología para el registro de medidas somáticas de los roedores capturados..

**APENDICE 2** Características de las especies de pequeños roedores encontradas en San Pedro Yólox, Ixtlán, Oaxaca.

**Nombre científico:** *Liomys irroratus* (Gray, 1868)

**Nombre común:** ratón de abazones espinoso

Es un ratón de tamaño mediano. Su pelaje en la parte dorsal presenta tonalidad café y gris, en la parte ventral es blanco o crema. Presenta una línea rosada a los costados. La cola es marcadamente bicolor siendo gris en la parte dorsal y blanco en la parte ventral terminada en pincel de color gris y blanco. Las orejas son cortas y con pelo escaso. Sus patas presentan pelo de color blanco que cambia a grisáceo a la altura del tarso. La base del pelaje en general es blanca. Al igual que los demás heterómidos, se distingue por presentar un par de abazones en las mejillas (Foto 1 y 2). Generalmente entre machos y hembras existen diferencias en las medidas somáticas y peso como se ha reportado por diversos autores (Espinosa y Chávez-Tapia, 2005; Dowler and Genoways, 1978; Genoways, 1973) y en los datos obtenidos en la presente investigación (Cuadro 1).

Se ha reportado que la base de su dieta son semillas y ocasionalmente plantas e invertebrados (Espinosa y Chávez-Tapia, 2005). Esta especie se registró en bosque templado donde las principales especies vegetales pertenecen a los géneros *Pinus* y *Quercus* y, en áreas con cultivo de maíz, frijol, chícharo, calabaza y caña.

En el presente estudio *L. irroratus* se presentó principalmente en áreas de cultivo a una altitud de 1797-1809 m y ocasionalmente en bosque templado a una altitud de 1816 m.

Cuadro 1. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Liomys irroratus*. La segunda y tercera columna muestran los datos obtenidos de individuos en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; las columnas siguientes muestran datos reportados por otros autores. Hj= Hembra juvenil; Mj= Macho juvenil; H= Hembra adulta; M= Macho adulto. \*\*\*, No se reporta dato.

	Bosque templado	Áreas de Cultivo	Espinosa y Chávez-Tapia (2005)	Dowler and Genoways (1978)
Longitud total	Hj= 235 a 254; H= 265; M= 280	Hj= 209 a 277; Mj= 212 a 265; H= 218 a 286; M= 231 a 283	194 a 300	M= 216 a 262; H= 207 a 251
Cola vertebral	Hj=130 a 142; H= 141; M= 144	Hj= 99 a 159; Mj= 113 a 137; H= 106 a 162; M= 118 a 145	95 a 169	M=106 a 138; H= 102 a 131
Pata trasera	Hj= 32 a 34; H= 31; M= 33	Hj= 28 a 37; Mj= 30 a 33; H= 31 a 37; M= 32 a 36	22 a 36	M= 26 a 31; H= 27 a 30

Oreja	Hj= 18 a 19; H= 19; M= 20	Hj= 13 a 20; Mj= 12 a 19; H= 14 a 20; M= 14 a 20	12 a 15	***
Peso	Hj= 48 a 58; H= 68; M= 87	Hj= 32 a 68; Mj= 40 a 69; H= 45 a 83; M= 48 a 85	34 a 50	***



Foto 1 y 2. 1) *L. irroratus* en bosque templado (izquierda) y 2) en áreas de cultivo (derecha) de San Pedro Yólox, Oaxaca.

**Nombre científico:** *Mus musculus* (Linnaeus, 1758)

**Nombre común:** ratón domestico

Es un roedor de tamaño pequeño. El pelaje dorsal es de color gris oscuro con tonalidades café. En la parte ventral presenta tonalidades de gris claro a blanco. Presenta cola desnuda o con pelos muy finos siendo la parte ventral ligeramente más clara. Tiene pelo escaso (fino) en las patas y en las orejas (Foto 3 y 4). En el cuadro 2, se registran las medidas convencionales y peso del ejemplar capturado en el presente estudio en comparación a las medidas y peso reportadas por otros autores.

Su dieta en vida silvestre se compone de semillas, raíces carnosas, hojas y tallos; además de insectos, huevos de aves y carroña. Diversos autores (Álvarez-Romero y Medellín-Legorreta, 2005) han reportado la fuerte asociación *M. musculus* con los asentamientos humanos por lo cual es común que se encuentre en estas zonas o en campos de cultivo. En el presente estudio, esta especie se reportó únicamente en áreas de cultivo donde se siembra maíz, frijol, chícharo, calabaza y caña.

Se capturó solo en el mes de septiembre a una altura de 1798 m dentro de áreas de cultivo.

Cuadro 2. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Mus musculus*. La segunda columna muestra los datos obtenidos de individuos en áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; la tercera columna muestra datos reportados por otros autores. Mj= Macho juvenil. \*\*\*, No se reporta dato.

	Áreas de Cultivo (Mj)	Álvarez-Romero y Medellín-Legorreta (2005)	Godínez y Guerrero (2014)
Longitud total	135	148 a 205	< 250
Cola vertebral	80	60 a 105	< 110
Pata trasera	20	16 a 20	< 24
Oreja	15	***	***
Peso	10	12 a 30	***



Foto 3 y 4. 3) *M. musculus* en áreas de cultivo de San Pedro Yólox, Oaxaca (izquierda). 4) Ejemplar de *M. musculus* capturado en Canarias (derecha) (Fuente: <https://lanzarotegolfresort.com/raton-domestico-mus-musculus-domesticus-rutti/#>).

**Nombre científico:** *Oligoryzomys fulvescens* (Saussure, 1860)

**Nombre común:** ratón arrocero pigmeo

Es un roedor de tamaño pequeño. En la parte dorsal presenta tonalidades amarillo, marrón y gris. En su parte ventral presenta tonalidades crema, amarillo o naranja con base de pelo gris. La cola es de color gris o café oscuro y presenta pelo escaso, aunque presenta tonalidad más clara en su parte ventral. Las patas son blancas principalmente cuando presentan gran cantidad de pelo, en caso contrario, son ligeramente oscuras. Sus orejas son grandes con pelo escaso. Su cola es proporcionalmente larga en comparación con la longitud total del cuerpo (Foto 5 y 6). Con base en las medidas convencionales y peso de los individuos capturados para el presente estudio, los machos presentan un mayor tamaño y peso que las hembras (Cuadro 3).

Diversos autores han reportado que esta especie se alimenta de semillas, frutos e insectos (Carleton y Musser, 1995; Emmons y Feer, 1999; Wilson y Reeder, 2005). En el estudio realizado en San Pedro Yólox, esta especie se capturó tanto en bosque templado como en áreas de cultivo.

Debido a que es una especie de roedor trepador, es poco común capturarlo a nivel de suelo (Carleton y Musser, 1995; Emmons y Feer, 1999; Wilson y Reeder, 2005) pero en el caso del presente estudio, su captura se obtuvo a nivel de suelo en ambos sitios (bosque templado y áreas de cultivo).

En bosque templado se capturo a una altitud de 1836 m en el mes de marzo y en áreas de cultivo a una altitud de 1797-1809 m en el mes de julio y agosto.

Cuadro 3. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Oligoryzomys fulvescens*. La segunda y tercera columna muestran los datos obtenidos de individuos en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; las columnas siguientes muestran datos reportados por otros autores. Hj= Hembra juvenil; Mj= Macho juvenil; M= Macho adulto.

	Bosque templado (Mj)	Áreas de cultivo	Castro-Arellano y Santos (2005)	Carleton y Musser (1995); Emmons y Feer (1999); Wilson y Reeder (2005)
Longitud total	169	Hj= 169 a 171; Mj= 153 a 175; M= 176	168 a 253	155 a 265
Cola vertebral	99	Hj= 98 a 101; Mj= 93 a 103; M= 105	96 a 130	85 a 115
Pata	20	Hj= 21 a 22; Mj= 18 a 21; M= 24	20 a 25	20 a 30
Oreja	15	Hj= 11 a 12; Mj= 14 a 15;	10 a 15	11 a 17

		M= 16		
Peso	8	Hj= 8 a 9; Mj= 10 a 15; M= 17	9 a 15	9 a 40



Foto 5 y 6. 5) *Oligoryzomys fulvescens* en áreas de cultivo (izquierda) y 6) bosque templado (derecha) en San Pedro Yólox, Oaxaca.

**Nombre científico:** *Oryzomys chapmani* (Thomas, 1898)

**Nombre común:** ratón arrocero de Chapman

Es una especie de roedor de tamaño mediano. Su pelaje es corto, de textura sedosa y de color entre marrón-café y negro en la parte dorsal. La parte ventral presenta tonalidades blanco-crema-amarillo. La base del pelo es gris claro. La cola presenta pelo escaso y tiene tonalidad ligeramente bicolor en la parte ventral o unicolor con pelos finos y muy cortos. Presenta un rostro ancho y corto con orejas pequeñas con pelo fino y escaso. En las patas, el pelaje sobresale de las garras y es de color blanco (Foto 7). En el cuadro 4, se muestran las medidas convencionales y peso obtenido de los individuos capturados y la comparación con los datos obtenidos por otros autores.

Cuenta con una dieta integrada por granos y brotes tiernos de plantas (Romo, 2005). En el presente estudio se registró únicamente en áreas de cultivo principalmente durante el comienzo de cosecha de frijol, chícharo, calabaza (julio) y maíz (septiembre).

Se capturó en áreas de cultivo a una altura de 1797 y 1809 m.

Cuadro 4. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Oryzomys chapmani*. La segunda columna muestra los datos obtenidos de individuos en áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; las columnas siguientes muestran datos reportados por otros autores. Hj= Hembra juvenil.

	Áreas de cultivo (Hj)	Romo-V. (2005)	Ceballos (Ed.) (2014)
Longitud total	168 a 187	202 a 265	174 a 265
Cola vertebral	88 a 121	115 a 141	94 a 114
Pata trasera	23	25 a 29	25 a 29
Oreja	11 a 18	15 a 19	15 a 19
Peso	20 a 22	20 a 44	20 a 44



Foto 7. *Oryzomys chapmani* en áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca.

**Nombre científico:** *Peromyscus aztecus* (Saussure, 1860)

**Nombre común:** ratón azteca

Es un roedor de tamaño mediano a grande con respecto a las demás especies pertenecientes al género *Peromyscus*. Su pelo en la parte dorsal presenta tonalidades que van del color café oscuro a negro en la macha central del dorso, al ocre con tonalidades amarillas-naranjas o rojizas a los costados. Presenta un anillo color negro alrededor de los ojos. El pelo en la parte ventral es color blanco con la base de pelo gris claro. En ocasiones presenta una macha de pelo color amarillo a la altura del pecho (Foto 8, 9 y 10). Las hembras lactantes o maduras presentan tres pares de mamas. Con base en las medidas convencionales y peso obtenido de individuos capturados para el presente estudio, las hembras presentan mayor tamaño y peso. En el cuadro 5 se comparan los datos obtenidos en este estudio con los datos reportados por otros autores.

Su dieta se basa en algunas estructuras vegetales como semillas hojas, pastos y frutos cuando estos están presentes, ocasionalmente consume algunos insectos. En áreas de cultivo puede consumir semillas de papa o tomate (Álvarez et al. 1984; Reid, 1997; Vázquez et al., 2001). Esta especie registró una mayor presencia en bosque templado durante los meses de mayo, junio y julio cuando la capa de hojarasca disminuye y permite el surgimiento y crecimiento de plántulas; y en el mes de febrero cuando existe una gran cantidad de semillas expuestas o plántulas. En áreas de cultivo se presentó durante las actividades de limpia de terreno (marzo), siembra (abril), termino de cosecha de maíz (octubre) y pastoreo (febrero).

En bosque templado se capturó a una altitud entre 1816 y 1836 m. En áreas de cultivo se capturó a una altitud de 1797 a 1798 m.

Cuadro 5. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Peromyscus aztecus*. La segunda y tercera columna muestran los datos obtenidos de individuos en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; las columnas siguientes muestran datos reportados por otros autores. Hj= Hembra juvenil; Mj= Macho juvenil; H= Hembra adulta; M= Macho adulto.

	Bosque templado	Áreas de cultivo	Ramírez-Pulido, et al. (2005)	Vázquez, et al. (2001)
Longitud total	Hj= 177 a 210; Mj= 163 a 196; H= 174 a 235; M= 173 a 207	Mj= 166 a 195 H= 206	203 a 238	197 a 260
Cola vertebral	Hj= 93 a 110; Mj= 84 a 107; H= 94 a 121; M= 94 a 122	Mj= 97 a 102 H=120	102 a 121	98 a 135
Pata trasera	Hj= 20 a 25; Mj= 20 a 23;	Mj= 20 a 21 H= 22	24 a 27	22.5 a 29

	H= 20 a 27; M= 20 a 26			
Oreja	Hj= 17 a 22; Mj= 17 a 20; H= 18 a 22; M= 18 a 22	Mj= 16 a 18 H= 19	15 a 18	15.5 a 21.5
Peso	Hj= 16 a 32; Mj= 18 a 34; H= 25 a 45; M= 26 a 40	Mj= 14 a 34 H= 37	32 a 45	22 a 36



Foto 8, 9, 10. *Peromyscus aztecus* en bosque templado (8) superior izquierda e 9) inferior central) y áreas de cultivo (10) superior derecha) en San Pedro Yólox, Oaxaca.

**Nombre científico:** *Peromyscus beatae* (Thomas, 1903)

**Nombre común:** ratón venado de Orizaba

Es un roedor de tamaño mediano. El pelo presenta coloración oscura a lo largo de la parte central del dorso, los costados del cuerpo son de color amarillo con presencia de tonalidad naranja muy tenue que se extiende hasta la altura de las mejillas. Las orejas son color café y negro sin presencia de pelo. La parte ventral es blanca en la parte superior y de gris-pizarra a negro en la base. Algunos individuos presentan un manchón de pelo color amarillo a la altura del pecho. La cola es de color gris-pizarra en el dorso y blanca en su parte ventral con un pincel de pelo cano al final. Las patas traseras presentan pelaje blanco y arriba de los tobillos presenta pelaje amarillo con tonalidades naranja muy tenue (Foto 11, 12, 13). Presenta anillo oscuro alrededor de los ojos menos marcado que en el caso de *P. aztecus*. En el caso de las hembras, presentan un par de mamas a la altura del pecho (glándulas mamarias torácicas) y dos pares de glándulas mamarias a la altura del vientre. En el cuadro 6, se muestran las medidas convencionales y peso obtenidas de los individuos capturados en este estudio y su comparación con lo reportado por otros autores.

Su dieta se compone de artrópodos, semillas y estructuras vegetales verdes (Álvarez et al., 1984). Esta especie se presentó principalmente en bosque templado en el mes de mayo cuando disminuye la capa de hojarasca y permite el surgimiento plántulas y en el mes de febrero cuando existe una gran cantidad de semillas expuestas y abundantes plántulas. Y en áreas de cultivo se presentó durante la siembra (abril) y las primeras semanas de crecimiento de los cultivos (junio).

En bosque templado se reportó a una altitud entre 1816 a 1836 m. En áreas de cultivo a una altitud de 1798 m. En ocasiones se pudo comprobar por observación directa que presenta hábitos arborícolas.

Cuadro 6. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Peromyscus beatae*. La segunda y tercera columna muestran los datos obtenidos de individuos en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; la columna siguiente muestra datos reportados por otros autores. Hj= Hembra juvenil; Mj= Macho juvenil; H= Hembra adulta; M= Macho adulto.

	Bosque templado	Áreas de cultivo	Rojas-Martínez (2005)	Aguilar-López et al. (2015)
Longitud total	Hj= 147 a 183; Mj= 137 a 203; H= 164 a 203; M= 166 a 211	H= 176; Mj= 156	178 a 250	H= 198 a 227 M= 216
Cola vertebral	Hj= 81 a 99; Mj= 73 a 104; H= 91 a 118; M= 90 a 109	H= 100; Mj= 83	90 a 132	H= 94 a 113 M=112
Pata trasera	Hj= 18 a 24;	H= 21;	17 a 26	H= 22 a 25

	Mj= 18 a 23; H= 20 a 24; M= 20 a 24	Mj= 23		M= 22
Oreja	Hj= 17 a 21; Mj= 16 a 21; H= 18 a 21; M= 18 a 21	H= 16; Mj= 17	14 a 21	H= 18 a 22 M= 19
Peso	Hj= 15 a 21; Mj= 12 a 24; H= 23 a 27; M= 21 a 28	H= 15; Mj= 15	26	H= 31 a 41 M= 29.5



Foto 11, 12, 13. *Peromyscus beatae* en bosque templado (11) superior izquierda y (12) derecha) y áreas de cultivo (13) inferior central) en San Pedro Yólox, Oaxaca.

**Nombre científico:** *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758)

**Nombre común:** rata casera o negra

El pelo en su parte dorsal presenta una combinación de tonalidades gris claro a oscuro y café. En la parte ventral presenta tonalidad blanca. La cola no presenta pelo y es más larga que la longitud de la cabeza y el cuerpo (Foto 14, 15). Las hembras presentan seis pares de mamas, tres pares de mamas a nivel del pecho y tres pares de mamas a nivel del abdomen. En el cuadro 7, se presentan las medidas convencionales y peso obtenidas de los individuos capturados en este estudio y su comparación con datos obtenidos por otros autores.

Se asocia con la transmisión de enfermedades, además de ser considerada una especie plaga en áreas de cultivo causando pérdidas para los agricultores. Por otra parte, representan una importante amenaza para otras especies de roedores debido a que es un exitoso competidor de recursos alimenticios y de refugio.

Es una especie omnívora con un amplio espectro alimenticio conformado de diversas estructuras vegetales como hojas, raíces, semillas, granos y frutos; insectos y otros invertebrados e incluso restos de carne de otros animales; así como desechos sólidos como papel, jabón y cualquier otro material comestible. En el presente estudio, se encontró en áreas de cultivo durante las primeras semanas de crecimiento de las especies sembradas (frijol, calabaza, chícharo y maíz).

En bosque templado se capturó a una altitud de 1836 m; durante el mes de octubre, probablemente como resultado de los deslaves ocasionados por las intensas lluvias registradas en la comunidad. En áreas de cultivo se registró a una altitud de 1809 m, en el mes de mayo.

Cuadro 7. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Rattus rattus*. La segunda y tercera columna muestran los datos obtenidos de individuos en bosque templado y áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; las columnas siguientes muestran datos reportados por otros autores. Mj= Macho juvenil; H= Hembra adulta. \*\*\*, No se reporta dato.

	Bosque templado (H)	Áreas de cultivo (Mj)	Álvarez-Romero y Medellín (2005)	Brito y Ojala-Barbour (2014)	Godínez y Guerrero (2014)
Longitud total	292	245	M= 80 a 300; H=180 a 220	385	> 250
Cola vertebral	187	125	240	200	> 110
Pata trasera	32	31	***	***	> 24
Oreja	22	20	***	***	> 20
Peso	81	65	M= 108; H= 77	124	***



Foto 14, 15. 14) *Rattus rattus* en áreas de cultivo (derecha) en San Pedro Yólox, Oaxaca. 15) Ejemplar de *R. rattus* capturado en Parque Nacional Sanday (izquierda), Ecuador (2012).

**Nombre científico:** *Reithrodontomys microdon* (Merriam, 1901)

**Nombre común:** ratón de cosecha de dientes pequeños

Es una especie de ratón de tamaño mediano. Su pelo en la parte dorsal es abundante con una gama de colores entre anaranjado, canela, café oscuro. En su parte ventral, presenta tonalidades canela, crema-blanco cuya base del pelo es oscura. En general, la textura de su pelo es sedosa. Las orejas presentan pelo escaso. Cuenta con líneas color negro alrededor de los ojos. Las patas traseras presentan pelo oscuro con tono blanco a la altura de los dedos. La cola unicolor y presenta pelo escaso de tonalidad oscura (Foto 16). En el cuadro 8, se muestran las medidas convencionales y peso obtenidos de los individuos capturados en el presente estudio y su comparación con datos reportados por otros autores.

La dieta de esta especie consiste de semillas, granos y partes verdes de las plantas. Esta especie se encontró en áreas de cultivo en San Pedro Yólox, particularmente en el mes de junio cuando el frijol, chícharo y calabaza comienzan a producir flores y frutos; en octubre al término de la cosecha de maíz; en noviembre durante el retiro de los restos de la cosecha de maíz y finalmente en febrero cuando se encuentra el ganado alimentándose de los restos vegetales de la cosecha y se procede a preparar la tierra para la próxima siembra.

Es una especie de hábitos semi-arborícolas. Müdspacher y Gaona (2005) reportan que es una especie con poca tolerancia a las alteraciones de su hábitat, pero en San Pedro Yólox se registró en áreas de cultivo y no se dieron capturas en áreas de bosque templado.

Se capturó en áreas de cultivo entre 1797 y 1798 m de altitud.

Cuadro 8. Medidas somáticas (mm) y peso (g) de *Reithrodontomys microdon*. La segunda columna muestra los datos obtenidos de individuos en áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca; las columnas siguientes muestran datos reportados por otros autores. Mj= Macho juvenil; M= Macho adulto.

	Áreas de cultivo	Müdspacher y Gaona (2005)	González-Cózatl y Arellano (2015)
Longitud total	Mj= 166 a 175; M= 178 a 179	169 a 187	188 a 198
Cola vertebral	Mj= 106 a 107; M= 110 a 113	101 a 117	116 a 122
Pata trasera	Mj= 18 a 20; M= 20 a 21	19 a 21	19 a 20
Oreja	Mj= 16 a 17; M= 17 a 18	16 a 19	17
Peso	Mj= 15 a 17; M= 18 a 20	20	10 a 12



Foto 16. *Reithrodontomys microdon* en áreas de cultivo en San Pedro Yólox, Oaxaca.