

**INSTITUTO DE  
ECOLOGIA, A.C.**

DENSIDAD, ESTRUCTURA POBLACIONAL Y HÁBITAT DE  
*Xerospermophilus perotensis* (Merriam, 1893) EN EL VALLE DE  
PEROTE, VERACRUZ.

TESIS QUE PRESENTA BIÓL. SANDRA HELENA MONTERO BAGATELLA  
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

Xalapa, Veracruz, México 2012

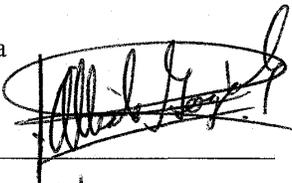
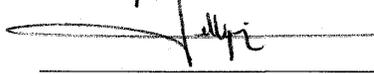
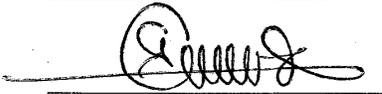
---



INSTITUTO DE  
ECOLOGIA, A.C.

**Aprobación final del documento de tesis de grado:**

Densidad, estructura poblacional y hábitat de *Xerospermophilus perotensis* (Merriam, 19893) en el Valle de perote, Veracruz

	Nombre	Firma
Director	Dr. Alberto González Romero	
Comité Tutorial	Dra. Carolina Valdespino Quevedo	
	Dr. Gustavo Arnaud Franco	
Jurado	Dra. Sonia Gallina Tessaro	
	Dr. Jairo Pérez Torres	

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme la beca para cursar los estudios de Maestría. Al Instituto de Ecología, A.C. por permitir mi formación académica y por las facilidades otorgadas.

Al Dr. Alberto González Romero, por toda su disponibilidad, paciencia, tiempo, motivación y buen ánimo para la asesoría en la elaboración de este trabajo, tanto en las salidas de campo como en la elaboración del escrito. También le agradezco el que me brindó de los medios necesarios para la realización de esta investigación, así como su valiosa contribución en mi formación académica.

A los miembros de mi Comité Académico Dr. Gustavo Arnaud y Dra. Carolina Valdespino por su orientación académica. Así como a los miembros de mi jurado Dra. Sonia Gallina Tessaro, quien me apoyó de manera significativa para la parte del análisis del hábitat y al Dr. Jairo Pérez Torres quien aportó valiosos comentarios para la mejora de este trabajo y por su amistad.

A las granjas Caroll de México y Ejido de Perote por permitirnos muestrear en sus áreas. Al M en C. Alberto González y Biól. Victor Castelazo por su ayuda en el trabajo de campo.

A los M en C. Cesia Castillo, Gabriela Delgadillo y Alberto González por proporcionar información de campo. A la M en C. Francisca Vidal por su apoyo en la elaboración de figuras de este trabajo.

A toda mi family, pero en especial a mi papás Carlos Montero y Mago Bagatella por su apoyo incondicional. A mis niños consentidos Rulo, Leo y el que está en camino. A mi Cibeles, no te olvido y no lo haré.

A los integrantes de la Red de Biología y Conservación de Vertebrados por el apoyo otorgado, en especial al Dr. Juan Carlos Serio y Rocío Rodríguez.

A los buenos amigos, en especial a Andrea Ortíz, Adriana Castro, Víctor Castelazo, Fran Vidal, Christian Sánchez, Hector González y Uriel Hernández por todos esos ratos de sana y grata convivencia.

## DEDICATORIA

*A Mago y Carlos.*

*A mis abuelos*

*Ejemplos de vida.*

*The important thing is not to stop questioning.*

Albert Einstein

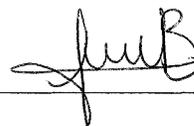
---

## DECLARACIÓN

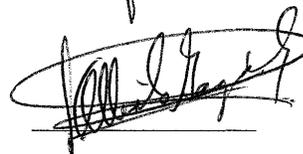
Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por Biól. Sandra Helena Montero Bagatella como estudiante de la carrera de Maestro en Ciencias entre agosto 2009 y septiembre 2011, bajo la supervisión del Dr. Alberto González Romero

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizadas para tales fines en el futuro.

Candidato: Biól. Sandra Helena Montero Bagatella



Director de tesis: Dr. Alberto González Romero



# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	17
II.1 Generalidades de las ardillas terrestres .....	17
II. 2 <i>Xerospermophilus perotensis</i> .....	20
II.2.1 Taxonomía y filogenia.....	20
II.2.2 Descripción de la especie .....	20
II.2.3 Distribución .....	21
II.2.4 Reproducción.....	23
II.2.5 Ecología .....	23
II.2.6 Justificación .....	27
<b>III. OBJETIVO GENERAL</b> .....	28
III. 1 Objetivos específicos .....	28
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	29
<b>V. ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS</b> .....	29
V. 1 Área de estudio .....	30
V. 1. 1 Delimitación de las áreas de estudio .....	31
V. 2 Métodos.....	33
V. 2. 1 Densidad.....	33
V. 2. 2 Estructura poblacional .....	34
V. 2. 3 Áreas de actividad .....	36
V. 2. 4 Hábitat.....	36
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	39
VI. 2.1 Densidad .....	39
VI. 2. 2 Estructura poblacional .....	42
VI.2.2.1. Proporción de sexos.....	42
VI.2.2.2. Edades .....	44

VI.2.2.3. Características reproductivas .....	46
VI.2.2.4. Pesos.....	48
VI. 2. 2 Áreas de actividad .....	53
VI. 2. 3 Hábitat.....	57
VI.2.3.1 Asimetrías .....	63
<b>VII. DISCUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
VI. 2.1. Densidad .....	65
VI. 2. 2. Estructura poblacional .....	68
VI. 2. 3. Áreas de actividad .....	71
VI. 2. 4 Hábitat .....	72
<b>VIII CONCLUSIONES ..</b>	<b>75</b>
<b>RECOMENDACIONES ..</b>	<b>76</b>
<b>IX REFERENCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>APÉNDICE I.</b> Lista de especies vegetales registradas den <i>X. perotensis</i> .....	<b>87</b>
<b>APÉNDICE II.</b> Resultados del Análisis de Componentes Principales (PCA)... ..	<b>90</b>
<b>APÉNDICE III.</b> Pesos máximos y mínimos de <i>X. perotensis</i> por sitio, sexo y edad.. ....	<b>93</b>
<b>APÉNDICE IV.</b> Desviaciones estándar y promedios de los pesos de <i>X. perotensis</i> en los diferentes muestreos y sitios de estudio.. ..	<b>94</b>
<b>APÉNDICE V.</b> Desviaciones estándar de los pesos de <i>X. perotensis</i> por sexo y edad en los sitios de muestreo.....	<b>95</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Comparación de capturas y recapturas totales en los sitios de estudio .....	39
<b>Cuadro 2.</b> Comparación total del número de machos y hembras en los sitios de muestreo.....	42
<b>Cuadro 3.</b> Proporciones de sexos de <i>X. perotensis</i> por sitio y por meses .....	43
<b>Cuadro 4.</b> Clases de edades totales de la ardilla de Perote en los sitios estudio.. .....	44
<b>Cuadro 5.</b> Estados reproductivos totales de <i>X. perotensis</i> en los sitios de estudio .....	46
<b>Cuadro 6.</b> Pesos promedios de las ardillas de Perote de acuerdo a su sexo, edad y sitios de estudio.....	49
<b>Cuadro 7.</b> Valores de los componentes principales.....	59

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ejemplar de <i>Xerospermophilus perotensis</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> Distribución de la ardilla endémica de Perote..	22
<b>Figura 3.</b> Localización geográfica de las áreas de estudio.....	32
<b>Figura 4.</b> Densidades de ardillas (individuo/ha) en los sitios de estudio .....	40
<b>Figura 5.</b> Comparación de densidad y el número de animales que se saben vivos.....	41
<b>Figura 6.</b> Número de machos y hembras de <i>X. perotensis</i> en los diferentes muestreos y sitios..	43
<b>Figura 7.</b> Comparación de edades en los diferentes muestreos y sitios de estudio.....	45
<b>Figura 8.</b> Estados reproductivos de las ardillas de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio.....	47
<b>Figura 9.</b> Variaciones de los pesos de <i>X. perotensis</i> capturadas durante los diferentes muestreos y sitios de estudio.....	48
<b>Figura 10.</b> Pesos de machos juveniles de <i>X. perotensis</i> en los sitios de estudio.....	49
<b>Figura 11.</b> Pesos de hembras juveniles de <i>X. perotensis</i> en los sitios de estudio .....	50
<b>Figura 12.</b> Pesos de machos adultos de <i>X. perotensis</i> en los sitios de estudio .....	51
<b>Figura 13.</b> Pesos de hembras juveniles de <i>X. perotensis</i> en los sitios de estudio .....	52
<b>Figura 14.</b> Áreas de actividad de ardillas capturadas en el Pastizal Natural.....	53
<b>Figura 15.</b> Áreas de actividad de ardillas capturadas en el Pastizal Abandonado .....	54
<b>Figura 16.</b> Áreas de actividad de ardillas capturadas en el Pastizal Protegido .....	55
<b>Figura 17.</b> Cluster de vegetación.....	58
<b>Figura 18.</b> Representación gráfica de la relación de las especies vegetales con los sitios de registro de presencia de ardillas .....	61
<b>Figura 19.</b> Familias vegetales identificadas como alimento y/o refugio por la ardilla de Perote .....	62

**Figura 20.** Asimetrías de las patas traseras de machos de *X. perotensis* en los sitios de estudio..... 63

**Figura 21.** Asimetrías de las patas traseras de hembras de *X. perotensis* en los sitios de estudio..... 64

## RESUMEN

Los parámetros poblacionales permiten conocer acerca de la viabilidad de las poblaciones, lo cual es sumamente importante para especies que se pretendan conservar. La ardilla endémica de Perote (*Xerospermophilus perotensis*), se encuentra clasificada a nivel nacional e internacional como una especie vulnerable a la extinción y que enfrenta serios problemas de conservación, ya que su hábitat se ha transformado y reducido drásticamente. Con el fin de obtener conocimiento acerca de las poblaciones de esta especie, se evaluaron y compararon las densidades, estructuras poblacionales (edades, proporción de sexos y estado reproductivo) y áreas de actividad en tres diferentes sitios del Valle de Perote, Veracruz. Las densidades, pesos y asimetrías de las patas traseras de las ardillas fueron utilizados como parámetros para evaluar la calidad del hábitat. La estructura poblacional y densidad se estudiaron por medio del método de captura-marcaje-recaptura en 2 cuadros de una hectárea (por sitio), realizando un esfuerzo de muestreo total de 3240 días/trampa. Los parámetros poblacionales evaluados, presentaron valores similares en los tres sitios de estudio. Las densidades fueron mayores en abril-junio (periodo reproductivo) con 24 ind/ha y menor en octubre (inicio hibernación) con 2 ind/ha. El número de juveniles y de adultos mostró diferencias significativas. Los juveniles fueron más abundantes en agosto. Se analizó la composición vegetal de los sitios habitados por la ardilla de Perote por medio de un cluster y un PCA, los cuales mostraron que son sitios similares. Los pastos y plantas compuestas fueron los que determinaron a las áreas de trabajo. Las calidades de hábitat de los sitios estudiados fueron semejantes. Los resultados encontrados aportan conocimiento básico sobre la ecología de esta especie que puede ser utilizado en futuros planes de conservación, ya que en este estudio se muestra que la especie ha tenido descensos en sus poblaciones y con pocas posibilidades para su persistencia.

## I. INTRODUCCIÓN

Las ardillas son roedores de origen Neártico y pertenecientes a la familia Sciuridae (Valdez 2003). Son el segundo grupo de roedores más diverso (Honeycutt *et al.* 2007). Se encuentran en todo el mundo excepto Australia y la Antártida (Hafner 1984, Mercer y Roth 2003). Pueden ser de hábitos terrestres o arborícolas, en este último se incluyen a las ardillas planeadoras (Hayssen 2008).

Son un grupo monofilético con 278 especies (Hayssen 2008). Su historia natural tiene gran impacto en el desarrollo de las teorías ecológicas ya que se encuentran en zonas templadas, áridas y tropicales (Holekamp 1984, Yensen y Sherman 2003).

Las ardillas terrestres, son consideradas especies clave, ya que por sus hábitos terrestres proveen a los ecosistemas de beneficios como la infiltración de agua y germinación de semillas. Así como son una importante fuente de proteína para algunos organismos (Stoddart *et al.* 1975, Valdez 2003, Yensen y Sherman 2003).

En México existen 35 especies, de las cuales 13 son endémicas. 21 son terrestres y 14 son arborícolas (Valdez 2003).

La ardilla endémica de Perote (*Xerospermophilus perotensis*, Merriam, 1893) se distribuye en la zona semiárida de Puebla y Veracruz (Best y Ceballos 1995). Se encuentra clasificada como amenazada dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y en peligro de extinción según la International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Álvarez- Castañeda *et al.* 2008).

Las actividades agrícolas, ganaderas y el desarrollo urbano han provocado la alteración, reducción y fragmentación drástica de su hábitat. Lo cual ha dado como consecuencia la existencia de poblaciones remanentes y aisladas, con poco o nulo

intercambio de individuos y por lo tanto no existe un flujo genético (Valdez y Ceballos 1997, Primack 2001, González-Ruíz *et al.* 2005, Mendoza-Carreón 2009). Lo que puede llegar a provocar la existencia de una o dos poblaciones remanentes causando que la especie sea incapaz de persistir y gradualmente desaparecer (Valdez y Ceballos 1997, Primack 2001, Yensen y Sherman 2003). Existen predicciones acerca de la desaparición de la especie (estado silvestre) para el 2080, si es que dichas condiciones persisten (Mendoza-Carreón 2009).

La ardilla de Perote al ser endémica y con poblaciones pequeñas, debe ser prioritaria para la conservación, ya que tiene mayor vulnerabilidad a la extinción por la pérdida de variabilidad genética y las perturbaciones ambientales que enfrenta (Arita y Ceballos 1997, Ceballos *et al.* 1998, Primack 2001, Mendoza-Carreón 2009). Por esto, es importante el establecimiento de programas de conservación y manejo de recursos, basados en el conocimiento del estado de las poblaciones actuales y posteriormente ayudar a incrementar o estabilizar el tamaño de las poblaciones en riesgo (Caughley 2000).

Parte de éstas acciones, son el conocimiento de la viabilidad de la población y su estado de conservación, los cuales se pueden saber por medio de la densidad (Van Horne 1983). Ésta se define como el número total de individuos presentes en un área (Caughley 2000). La densidad puede variar, ya que las poblaciones pueden aumentar y disminuir de manera azarosa o estabilizarse por los nacimientos, muertes, inmigración y emigración (Primack 2001, Hoffmann *et al.* 2003).

El uso que los individuos le dan a los recursos ambientales también influye en las densidades, ya que los requerimientos y habilidades que los organismos presentan, difieren con la edad, sexo, estado reproductivo y social (Caughley 2000,

Krausman 2001). Dichas características constituyen a la estructura poblacional, la cual se refiere a la proporción de sexos, es decir, al número de machos y hembras, a las categorías de edades (crías, juveniles y adultos) y al estado reproductivo (hembras gestantes, lactantes, etc.) que presentan los individuos. Las clases de edades pueden dar indicios sobre el incremento, disminución o estabilidad de las poblaciones a futuro (Caughley 2000). La estructura de edades y proporciones de sexos interactúan dinámicamente con los patrones reproductivos, de sobrevivencia y dispersión, los cuales pueden estar influenciados por las condiciones ambientales (Hoffmann *et al.* 2003).

Una forma de evaluar la densidad y estructura poblacional es por medio del método de marcaje captura-recaptura, el cual proporciona una estimación del tamaño poblacional a través de los datos de animales capturados y recapturados durante un esfuerzo de muestreo dado (Krausman 2001). Otra forma de obtener la densidad, es por medio del método del número mínimo de animales que se sabe vivo, el cual consiste en contar los animales capturados durante el estudio (Caughley y Sinclair 1994).

El conocimiento de las características del hábitat relevantes para la especie (alimento, cobertura, pendiente, suelo, etc.) permite establecer las acciones a realizar en favor de su conservación (Rabinowitz 1997). El hábitat se define como el sitio en donde uno o varios organismos viven y se reproducen, así como las condiciones que limitan su uso (competencia, depredación, etc.). Se conforma por características geográficas, físicas, químicas y bióticas. Puede variar estacionalmente y es específico para cada especie (Orians y Wittenberger 1991, Krausman 2001).

Las habilidades que tiene un organismo para reproducirse y sobrevivir dependen de los recursos disponibles en el hábitat (Orians y Wittenberger 1991, Rabinowitz 1993, Anderson y Gutzwiller 1996).

La calidad del hábitat se refiere a si se éste presenta las condiciones apropiadas para que una población persista (Krausman 2001). Ésta puede evaluarse por medio de características individuales (peso, asimetrías, etc.), demográficas (densidad) o distribuciones de los organismos (Wauters *et al.* 1996, Bergstrom y Reimchen 2003, Johnson 2005).

Las estaciones del año, el alimento y el estado reproductivo que presenten los organismos influyen en el peso corporal de los mismos. Está relacionado con la sobrevivencia, especialmente durante el invierno (hibernación). Se ha demostrado que el peso tiene relación positiva en cuanto a la dominancia de los individuos y al éxito reproductivo (Wauters y Dhondt 1989 y 1992). Al utilizarlo como parámetro evaluador de la calidad del hábitat, sólo deben de considerarse en adultos (Wauters y Dhondt 1989, Wauters *et al.* 1996).

Las asimetrías se definen como las diferencias entre los lados de caracteres bilaterales de los organismos (Lens y VanDongen 2002). Pueden ser ocasionadas por la endogamia o disturbios ambientales que pueden interrumpir el desarrollo simétrico, por lo que son utilizadas como indicadores de estrés (Lens y VanDongen 2002, Johnson 2005).

El conocimiento del ámbito hogareño o áreas de actividad en especies que se encuentran en riesgo, presenten distribución restringida, hábitat reducido o requieran de algún manejo es sumamente importante. Esto es, ya que son las áreas que un animal utiliza para realizar sus actividades (alimentación, apareamiento, cuidado de

crías, etc.) a lo largo de su vida (Burt 1943, Hoffmatn *et al.* 2003). Varía conforme a los individuos, sexos, edades, época y densidades. Puede existir solapamiento de áreas (Burt 1943).

## II. ANTECEDENTES

### II.1 Generalidades de las ardillas terrestres.

Estos roedores tuvieron origen en el período Cenozoico. En Norteamérica aparecieron en el Eoceno Tardío. La radiación holártica ocurrió a principios del Oligoceno (Hafner 1984) y la radiación adaptativa ocurrió hace 14 millones de años, durante el Plioceno (Hafner 1984, Harrison *et al.* 2003). Se cuenta con registros fósiles con origen de 35 a 40 millones de años (Holekamp y Sherman 1989).

Las ardillas terrestres son animales diurnos y muy conspicuos. La mayor parte de sus actividades las realizan en la tierra, debido a esto, son considerados especies clave ya que permiten la aireación e infiltración de agua al suelo, consumen y dispersan grandes cantidades de semillas, son una importante fuente de proteína para reptiles, aves y mamíferos, consumen insectos que podrían convertirse en plaga, así como presentan una variada alimentación. (Valdez 2003, Yensen y Sherman 2003). Sin embargo en ocasiones pueden llegar a considerarse como plagas, cuando sus poblaciones se elevan y causan daños a cultivos (Hoogland 2007).

Las ardillas son organismos apropiados como modelo para estudios ecológicos a largo plazo por su dinámica poblacional e historias de vida. Las abundancias pueden ocurrir en escalas de tiempo adecuadas para la investigación de campo. Así como, pueden ser capturadas, marcadas y observadas fácilmente (Hoffman *et al.* 2003).

Los sciúridos terrestres poseen afiladas garras con las cuales aflojan, mueven, mezclan y airean los suelos, lo cual permite un intercambio de nutrientes, germinación de semillas e infiltración de agua (Yensen y Sherman 2003).

Utilizan madrigueras subterráneas que ellas mismas excavan o bien, ocupan las construidas por otras especies. Éstas son sistemas complejos que pueden tener varias entradas, largos túneles y con distintas cámaras. Prefieren construir las donde tengan buena visibilidad para estar atentas a los depredadores. Generalmente son habitadas por un adulto o una madre con sus crías (Yensen y Sherman 2003).

Son territoriales, lo cual se acentúa en la temporada de apareamiento o de lactancia. Son extremadamente vigilantes; se paran en dos patas o se quedan quietas explorando el ambiente en busca de algún peligro y pueden presentar llamados de alarma (Martínez-Zárate 2000). Manifiestan comunicación visual, vocal y olfativa (Owings y Hennessy 1984, Tang, 1984).

Generalmente son animales sociales. Se han descrito diversos grados de sociabilidad que van desde ser solitarias hasta formar grandes colonias (Armitage 1981, Hare y Murie 2007). La unidad fundamental de organización social, es un macho con un harén (Armitage 1981). Son polígamas (Yensen y Sherman 2003). Presentan cuidados parentales y se ha llegado a reportar infanticidio (Ebensperger y Blumstein 2007).

Los machos son los que se dispersan y las hembras pueden ser filopátricas (Nunes 2007). Se puede presentar la dispersión natal, la cual es paulatina e inicia cuando los jóvenes empiezan por exploraciones cortas del terreno. En cada exploración, el animal se van alejando más hasta concluir con la dispersión hacia nuevos territorios. También puede existir la dispersión reproductiva, la cual sólo dura unas semanas en este período (Holekamp 1984, Holekamp y Sherman 1989).

La mayoría de las ardillas hibernan y/o estivan. Éstas acciones se ven influenciadas por las condiciones climáticas, la disponibilidad de alimento y el tamaño

corporal de las ardillas. Generalmente los juveniles suelen ser los primeros en emerger, seguidos de las hembras adultas y finalmente los machos adultos (Holekamp y Sherman 1989).

Tienen una vida media de 6 años. Los machos viven menos ya que son más susceptibles a la depredación durante la dispersión y/o por las heridas de peleas con sus homólogos (Holekamp y Sherman 1989, Hayssen 2008).

Las densidades de las ardillas terrestres son variables y dependen de la época del año (hibernación), enfermedades, abundancia de depredadores o variaciones del hábitat (calidad de los recursos alimenticios), pero comúnmente se tienen a más de 20 adultos por hectárea, aunque con la emergencia de los juveniles puede aumentar hasta más de 50 animales por hectárea (Hayssen 2008).

## **II. 2 *Xerospermophilus perotensis*.**

### **II. 2.1 Taxonomía y filogenia.**

La ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis*) también es conocida como moto o chichilote (Valdez y Ceballos 2005). Anteriormente se encontraba clasificada en el género *Spermophilus* y posteriormente en *Ictiodomys*. Sin embargo estudios morfológicos y filogenéticos moleculares la sitúan ahora en el género *Xerospermophilus* (Harrison *et al.* 2003, 2009).

*Xerospermophilus mohavensis*, *X. tereticaudus*, *X. spilosoma* también forman parte de este género. Ésta última es considerada como la especie hermana de la ardilla de Perote (Harrison *et al.* 2003). El género hermano es *Cynomys* (perritos de las praderas) (Mendoza-Carreón 2009).

El género *Xerospermophilus* se distribuye desde el suroeste de los Estados Unidos al norte y centro de México. Habitan en ambientes áridos, semiáridos o en donde los climas generalmente son extremos. Se alimentan principalmente de insectos (Yensen y Sherman 2003, Helgen *et al.* 2009).

### **II.2. 2 Descripción de la especie.**

*Xerospermophilus perotensis* presenta cuerpo robusto, patas cortas y la cola es de un tercio de la longitud total del cuerpo (Best y Ceballos 1995). Presenta orejas y cola relativamente cortas (Helgen *et al.* 2009).

Mide entre 243 y 261 mm y su peso varía de 175 a 270 g (Best y Ceballos 1995). Poseen cinco pares de mamas y no existe dimorfismo sexual (Valdez y Ceballos 2003).

El pelaje es corto, liso y presenta diversos colores en el cuerpo. La parte dorsal es café amarillento claro con pequeñas manchas blancas irregulares y poco evidentes; la cabeza es más oscura. Los párpados y región ventral (incluida la parte interior de las patas) son crema. La cola es ocre y la punta negra (Best y Ceballos 1995).

Su composición dentaria está compuesta por incisivos (1/1), caninos (0/0), premolares (2/1) y molares (3/3). Teniendo en total 22 piezas dentarias (Best y Ceballos 1995).



Figura 1: Ejemplar de *Xerospermophilus perotensis* (juvenil). Foto: A. González-Gallina.

### **II.2.3 Distribución.**

Debido a los cambios de vegetación ocurridos durante la última glaciación en el Pleistoceno, las poblaciones relicto de la ardilla de Perote se separaron de las especies más cercanas, ocasionando su endemismo (Gurnell 1987, Ceballos y Navarro 1991, Valdez 2003).

Su distribución abarca la zona semiárida Poblano-Veracruzana, la cual se encuentra entre dos cadenas montañosas, la del Cofre de Perote y la Sierra Norte de Puebla (Fig.2). Se presentan en los municipios de Perote, Las Vigas, Oriental y Las Minas. En estas zonas la altitud varía de 2340 a 2700 msnm (Best y Ceballos 1995).

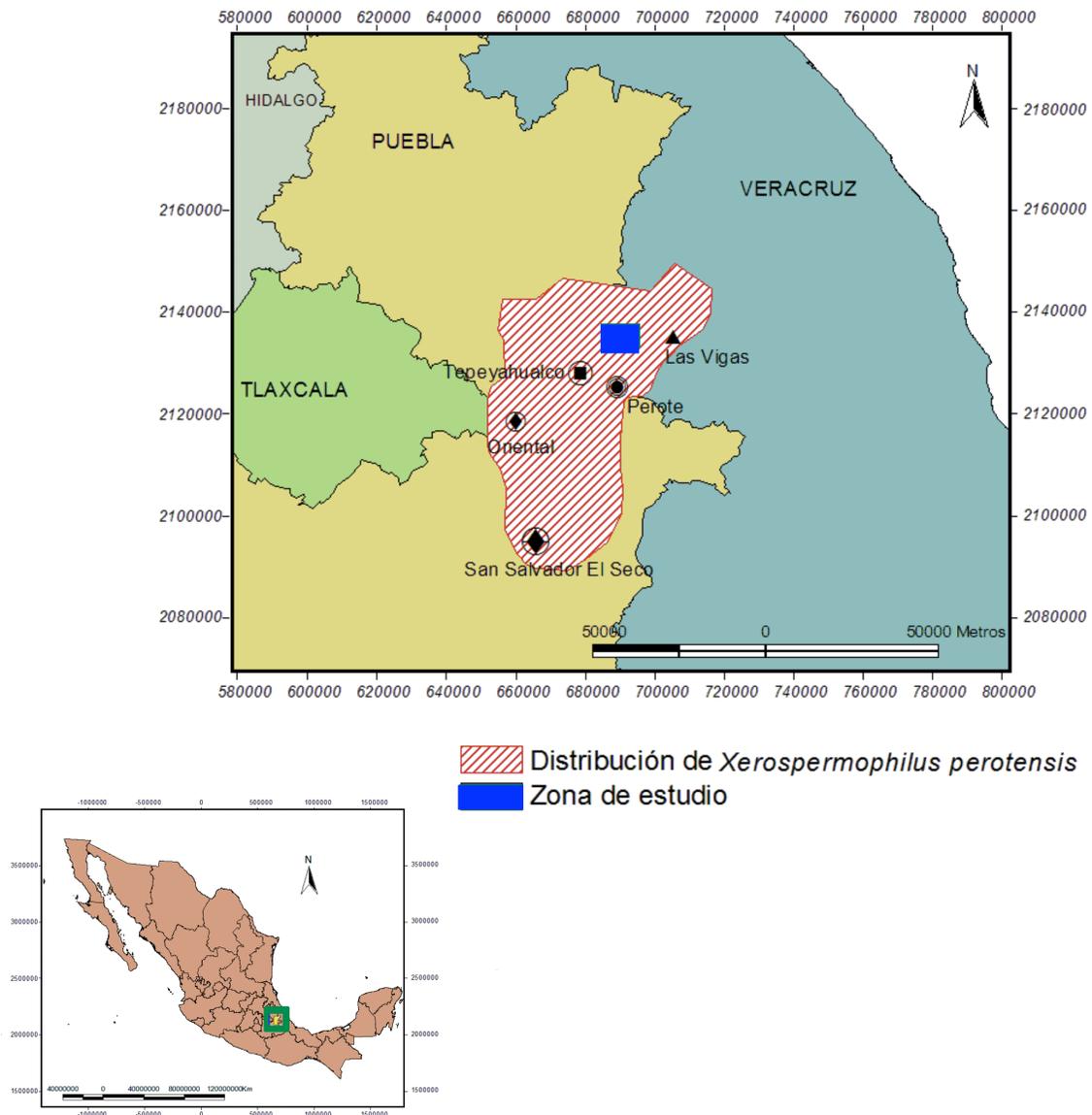


Figura 2: Distribución de la ardilla endémica de Perote y zona de estudio.

Ésta zona constituye la zona semi-árida más húmeda de México, la cual presenta una fauna única, sin embargo se manifiestan problemas de conservación, ya que la agricultura, la deforestación sistemática, el pastoreo, la quema y la erosión de las tierras se ha incrementado, lo que ocasiona que la zona se encuentre prácticamente aislada y se presenten varias especies en riesgo (principalmente vertebrados) (Gerez-Fernández 1985, Arriaga *et al.* 2000).

#### **II.2.4 Reproducción.**

Sólo se les ve en pareja durante el período reproductivo, el cual inicia en mayo y está asociado con el período de lluvia y de mayor disponibilidad alimentaria. Éste periodo finaliza en agosto (Martínez-Zárate 2000, Yensen y Sherman 2003, Castillo-Castillo 2009).

La gestación tiene una duración de entre 28 y 30 días. Puede empezar en junio y finalizar hasta agosto. Tienen en promedio 6 embriones y 4 crías por camada. Los juveniles llegan a emerger desde julio hasta octubre (Martínez-Zárate 2000, Valdez y Ceballos 2003, Castillo-Castillo 2009).

#### **II.2.5 Ecología.**

Es una especie diurna, de hábitos terrestres y semifosoriales (Best y Ceballos 1995). Prefieren habitar áreas con pastizales no muy altos, lo que les permite estar atentas contra la depredación (Yensen y Sherman 2003). También habitan en matorrales xerófilos con pastos y en algunos cultivos agrícolas (Best y Ceballos 1995, Mendoza-Carreón 2009).

Son organismos altamente sociales, por lo que su estructura social está probablemente conformada por harenes poligínicos con un macho dominante o harenes igualitarios con muchas hembras, en los cuales los machos no son dominantes y es permitido el contacto con juveniles (Castillo-Castillo y González Romero 2010).

Viven en colonias, pero las madrigueras son ocupadas individualmente. Éstas son construidas en el suelo y presentan una entrada plana. Los túneles abandonados por tuzas (*Pappogeomys merriami*) pueden llegar ser ocupados por la ardilla de Perote (Best y Ceballos 1995).

Se alimentan de plantas como el chicalote (*Argemone mexicana*), mozoquelite (*Bidens anthemoides*), nabo silvestre (*Brassica campestris*), zacate de burro (*Scleropogon brevifolius*) y verbena (*Verbena gracialis*) (Castillo-Castillo 2009). Así como de semillas y algunos insectos (Best y Ceballos 1995).

Es una especie sincrónica, es decir, su fenología está regida por periodos bien establecidos. La hibernación puede comenzar en octubre y finalizar en marzo (Valdez y Ceballos 1997, Martínez-Zárate 2000, Castillo-Castillo 2009).

Son simpátricas con otros sciúridos como ardillones de las rocas (*Otospermophilus variegatus*) ardillas mexicanas (*Ictidomys mexicanus*) e incluso geómidos como tuzas (Valdez 2003, Mendoza-Carreón 2009).

Sus principales depredadores son las serpientes de cascabel (*Crotalus spp.*), aves rapaces (*Buteo jamaicensis*, *Falco mexicanus*), comadrejas (*Mustela frenata*) y perros domésticos (*Canis familiaris*) (Best y Ceballos 1995, Mendoza-Carreón 2009, Castillo-Castillo 2009).

Pueden ser afectadas por ácaros, pulgas, nematodos (Valdez y Ceballos 1997, Yensen y Sherman 2003) y bacterias (Martín 2010).

La destrucción y fragmentación de su hábitat, causado por el sobrepastoreo, deforestación sistemática, erosión del suelo, así como la conversión de su hábitat a zonas agrícolas y la escasa protección que se le da a su ambiente, han ocasionado que la ardilla se encuentre en riesgo de extinción (Gerez-Fernández 1985, González-Ruíz *et al.* 2005).

Pocos son los estudios detallados que se tienen acerca de *X. perotensis*. Uno de los primeros fue el de Valdez y Ceballos (1997), quienes realizaron un estudio sobre la distribución de la ardilla de Perote encontrando asociaciones de la especie a pastizales. También realizaron estudios sobre la actividad de la ardilla, señalando 9 meses activos (marzo-noviembre). Mencionan que la reproducción ocurre de abril a mayo. Enfatizan acerca de la reducción de su hábitat y que la especie presenta problemas de conservación.

En el 2000, Martínez-Zárte realiza un estudio sobre los ciclos diarios y estacionales de la ardilla de Perote, abarcando aspectos reproductivos y etológicos. Indica que la fase activa ocurre de abril a noviembre y la inactiva (hibernación) de diciembre a marzo. Señala que la reproducción ocurre de mayo hasta agosto.

Valdez y Ceballos (2003) publican un trabajo sobre los patrones de hibernación de *X. perotensis* y *X. mexicanus*, encontrando similitudes de éste comportamiento en ambas especies tanto en cautiverio como en vida libre.

En el estudio realizado por Sánchez-Cordero *et al.* (2005) se indica que a la ardilla de Perote le queda aproximadamente el 30% de remanentes de su hábitat original. Enfatizan que los endemismos de Veracruz son los que sufren las más drásticas reducciones de nicho ecológico (principalmente por la deforestación) y por lo tanto son los que presentan los más altos riesgos a la extinción.

Ochoa (2008) realizó estudios genéticos por medio de tejido y pelos de la especie, determinando que desde hace 17 años se presenta la pérdida de diversidad genética y alta endogamia, lo que es probablemente provocado por la fragmentación de su hábitat.

Mendoza-Carreón (2009) elaboró modelos predictivos por medio del Genetic Algorithm for Rule Production (GARP). Señala las pocas áreas conservadas para la ardilla y la transformación del 70% de su ambiente en áreas agrícolas, por lo que menciona la posible extinción de la especie en algunas décadas, si es que dichas condiciones persisten.

Castillo-Castillo (2009) comparó las densidades y estructuras poblacionales en tres sitios del Valle de Perote. Caracterizó la vegetación de dichos sitios de estudio. Reporta algunas especies vegetales que conforman la dieta de la ardilla de Perote, esto obtenido por medio de observaciones directas. Finaliza con la recomendación de la reclasificación de la especie de “amenazada” a “peligro de extinción” en la NOM-059.

En el 2010, Martín realizó un análisis de la incidencia y diseminación de la bacteria *Leptospira* sp. de animales domésticos (perros y cabras) a silvestres (ardilla de Perote). El análisis incluye un modelo matemático mostrando estos fenómenos.

En el estudio de Castillo-Castillo y González-Romero (2010) se reportan las áreas de actividad de algunos individuos. Encuentran que en el sitio de vegetación natural, se presentan las áreas de mayor dimensión y solapamiento para ambos sexos.

González-Gallina (2011) realizó un estudio del impacto de un tramo de la autopista de Perote-Amozoc sobre la fauna silvestre. Reportó una alta incidencia de atropellamientos de la ardilla de Perote en la zona del llano del Valle de Perote.

## **II.2.6. JUSTIFICACIÓN**

Debido a que la ardilla de Perote es una especie endémica, amenazada y con hábitat muy reducido, es de vital importancia saber acerca de la biología, ecología y estado de sus poblaciones en diferentes sitios del Valle de Perote, para lograr tener un conocimiento mayor acerca de la especie y, con bases biológicas y ecológicas tomar las medidas necesarias para su manejo y conservación.

### III. OBJETIVO GENERAL

Comparar la densidad, estructura poblacional y la calidad del hábitat de la ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis*) en tres sitios con diferentes tipo de vegetación en el municipio de Perote, Veracruz.

#### III. I. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar las variaciones en las densidades de *X. perotensis* en los sitios de estudio durante un año.
- Obtener y comparar las estructuras poblacionales de las ardillas en las áreas de estudio por un año.
- Comparar la calidad del hábitat utilizando como parámetros el peso y la asimetría de las patas posteriores de las ardillas en las diferentes áreas de estudio durante un año.
- Conocer las especies vegetales que definen los sitios donde habitan las ardillas y su relación con éstas.
- Estimar y comparar las áreas de actividad de las ardillas en los sitios de estudio.

#### IV. HIPÓTESIS

H1: La ardilla de Perote prefiere habitar en zonas con pastizales cortos y naturales por lo que se espera que se presenten densidades más altas en este tipo de ambientes y durante los meses del período reproductivo.

H2: Dado que las condiciones ambientales y el hábitat son reguladores de las poblacionales, se espera que las estructuras poblacionales de las ardillas sean estables en las zonas de pastizales naturales comparado con los sitios alterados por actividades antropocéntricas.

H3: Debido a que el peso y la simetría de los miembros pares de los organismos están relacionados con la calidad del hábitat, se espera encontrar ejemplares de *X. perotensis* más pesados y simétricos en el sitio de pastizales naturales, ya que se espera que el sitio les provea de los recursos necesarios para su desarrollo comparado con los otros sitios de estudio.

H4: Se espera que la presencia de pastos definan los sitios en los que habita la ardilla de Perote, ya que éstas prefieren zonas con ese tipo de vegetación.

H5: Debido a que los machos se dispersan y protegen sus territorios, se espera que éstos presenten mayores áreas de actividad que las hembras.

También se espera que las áreas sean menores en los sitios con mayor calidad, ya que los animales tendrán una mayor disponibilidad de recursos en ellos.

## V. ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

### V. 1. Área de estudio

El estudio se realizó en la zona semiárida del Valle de Perote, ubicado en el municipio de Perote, Veracruz. La altitud varía entre 2300 y 2700 msnm.

El clima según Köeppen, modificado por García, corresponde a BSk'w, el cual es el más húmedo de los semiáridos, es templado y caracterizado por tener verano cálido y lluvioso. La temperatura media anual es de 14°C. La temperatura del mes más frío es de entre -3°C y 18° C. La temperatura del mes más caliente es menor a 22°C. La precipitación media anual es de 500 mm. El porcentaje de lluvias de verano es del 5 al 10.2% anual; el invernal es menor al 5% (Gerez-Fernández 1985, Medina y Angulo 1990).

Dentro del Valle de Perote se presentan diversos tipos de vegetación como el bosque de pino, bosque de táscate, matorral rosetófilo, pastizal natural e inducido, vegetación halófila y la agricultura (Delgadillo 2011). Los tipos de suelos que presenta esta área son los andosoles, regosoles y fluvisoles (Gerez-Fernández 1985).

La economía local se basa principalmente en la agricultura de temporal (maíz, papa, cereales y leguminosas). También se presenta la agricultura tecnificada pero en menor escala. Existe una empresa porcícola (*Sus scrofa*) que presenta varias granjas intensivas distribuidas en diferentes zonas del Valle (Granjas Carroll de México). Además, se realizan prácticas ganaderas semi-exintensivas de ovinos (*Ovis aries*, razas Suffolk, Ramboillet, Hampshire y criolla) y caprinos (*Capra hircus*) (Gómez 2005, INEGI 2009).

## **VI. 1. 1. Delimitación de las áreas de estudio**

Se eligieron tres sitios de muestreo, los cuales se diferencian principalmente por su vegetación. En estas zonas está prohibido el pastoreo.

En el primer sitio predominan los pastos cortos y amacollados que no superan los 20 cm de altura. Se encuentra cercano a cultivos de riego de papa y temporales de maíz. Es el sitio más abierto y plano de los tres. Presenta una altura de 2378 msnm. Se encuentra aproximadamente a 50 m de la autopista Perote-Amozoc. De ahora en adelante se le denominará Pastizal Natural (P. Natural). Pertenecen a las granjas Caroll de México y al Ejido de Perote.

El segundo sitio presenta pastos medianamente largos, amacollados y más densos, así como algunos arbustos. Existen discontinuidades en el terreno como resultado del establecimiento de bordos para evitar la erosión del suelo. Es un terreno que fue abandonado hace 20 años aproximadamente. Actualmente forma parte de una zona de conservación del Valle de Perote, por lo que existen pinos de una edad aproximada de 20 años. Presenta una altura de 2383 msnm. Se encuentra aproximadamente a 50 m de la autopista Perote-Amozoc y en lo sucesivo se le denominará Pastizal Abandonado (P. Abandonado). La zona pertenece al Ejido de Perote.

El tercer sitio pertenece a las granjas Caroll de México. Es una zona de cultivo abandonada desde hace aproximadamente 7 años. Está cercada con alambre de púas; además de que posee vigilancia por parte del personal de las granjas. Presenta algunas irregularidades pronunciadas del suelo, debido a que en años anteriores el terreno fue agrícola y éstos bordos servían de límites para las parcelas, sin embargo

ya presenta vegetación natural establecida. Se caracteriza por presentar los bordos cubiertos de pastos amacollados altos, entre éstos existen algunos pastos cortos, perennes y anuales. Dentro del sitio también se presentan algunos matorrales, suculentas y algunas herbáceas. En adelante se le llamará Pastizal Protegido (P. Protegido).

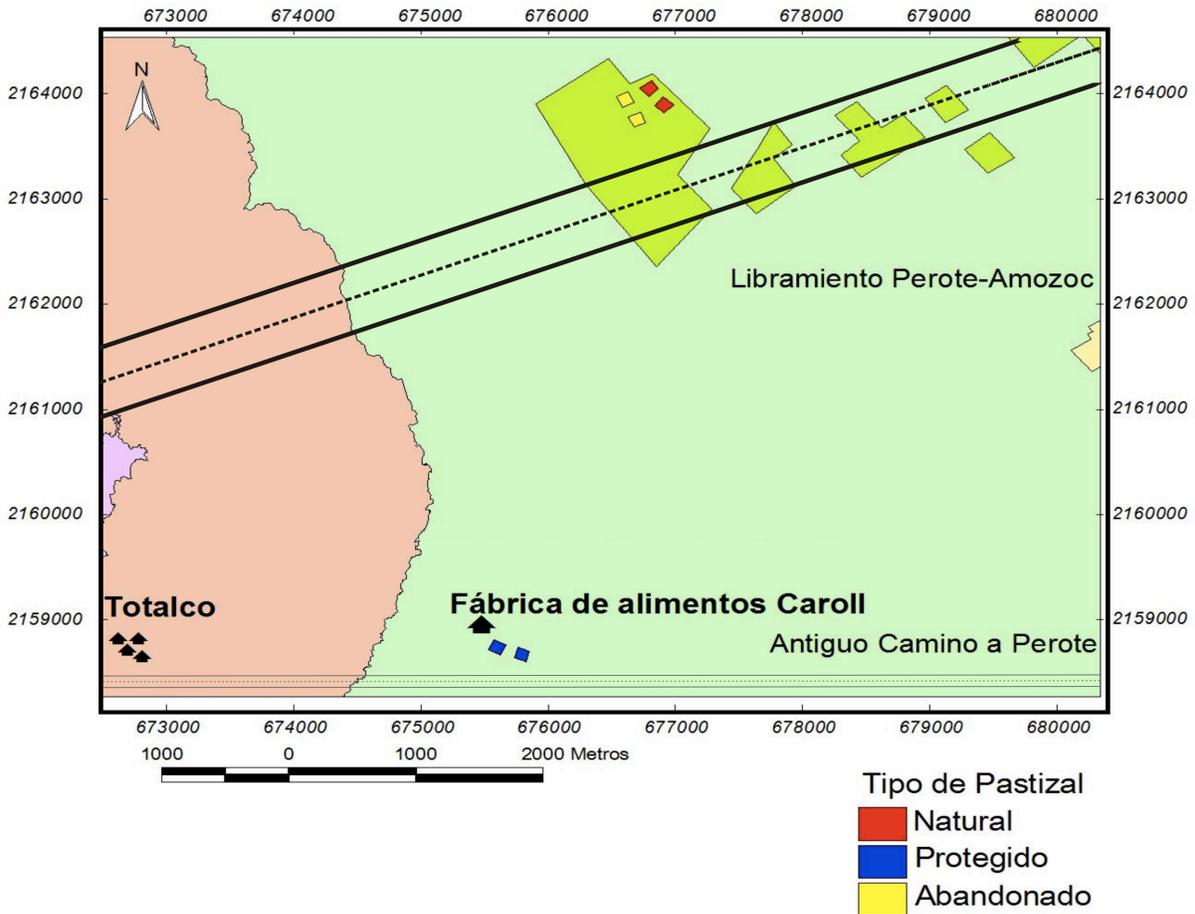


Figura 3. Localización geográfica de las áreas de estudio.

## **V. 2. Métodos**

En cada uno de los sitios elegidos, se establecieron dos cuadros de una hectárea cada uno, los cuales estuvieron separados entre sí por 100 m. Los límites de los cuadros se delimitaron con estacas de madera. En cada cuadro se colocaron 36 trampas Sherman de 30x10x8 cm, separadas cada 20 m y formando una cuadrícula de trampas. Las trampas se cebaron con hojuelas de avena y crema de cacahuete; se colocaron a las 8:30 AM. Después de estar activas por 6 horas fueron revisadas (Gurnell y Flowerdew 1994).

Cada cuadro fue trampeado durante tres días consecutivos (Gurnell y Flowerdew 1994) y cada dos meses durante los períodos de actividad de las ardillas, iniciando los muestreos en junio del 2010 y finalizando en junio de 2011. Teniendo en total cinco muestreos por cada área (Castillo-Castillo 2009).

Los individuos colectados se identificaron, sexaron, pesaron, marcaron y registraron en una base de datos con información complementaria sobre su estado reproductivo (Gurnell y Flowerdew 1994, Castillo-Castillo 2009). El marcaje se realizó por medio de la ectomización de falanges y posteriormente los animales fueron liberados *in situ* (Gannon *et al.* 2007).

### **V. 2. 1 Densidad**

Para la estimación de la densidad de las ardillas, se utilizaron dos métodos: el método del número mínimo de animales que se sabe vivo, (Caughley y Sinclair 1994) y el índice de Lincoln-Peterson, modificado para muestras pequeñas (Bailey 1952, Roff 1973). Éste último consiste en tener una muestra de los individuos de una población,

marcarlos y liberarlos *in situ*. Un tiempo después, otra muestra es colectada para observar la proporción de individuos marcados en la población total, ahora compuesta por un número conocido de animales marcados y un número desconocido de no marcados.

Una estimación del número total de individuos se obtiene dividiendo el número total de marcados en la población entre la proporción de individuos marcados en las muestras colectadas (Caughley 2000), para esto se utilizó la siguiente formula:

$$N = \frac{M(n + 1)}{R + 1}$$

Donde: M= animales marcados los dos primeros días.

n= animales capturados el tercer día (nuevos y recapturados).

R= número de animales recapturados el tercer día.

Para analizar y comparar la densidad obtenida a lo largo del año por medio del método Lincoln-Peterson y el método del número mínimo de animales que se sabe vivos (Caughley 2000) se les realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling y en base a ese resultado se procedió a realizar un Modelo Lineal Generalizado (MLG) con el programa estadístico Minitab 16. Se utilizó un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

### **V. 2. 2. Estructura poblacional.**

Se obtuvo la estructura poblacional analizando los individuos capturados y marcados para conocer la proporción de sexos (machos y hembras) y edades (juveniles con hembras adultas) por cada sitio de estudio (Caughley 2000).

Se consideraron adultos a los organismos que pesaron más de 170 g o con características físicas que indicaban alguna etapa reproductiva como: testículos escrotados en machos; glándulas mamarias visibles, estado de preñez o de lactancia en hembras (Gurnell y Flowerdew 1994, Dimmick y Pelton 1996, Castillo-Castillo 2009). Los individuos con un peso inferior a 170 g y sin las características del estado reproductivo antes mencionadas, fueron considerados como juveniles (Castillo-Castillo 2009).

Los datos de los sexos, edades y características sexuales de las ardillas fueron analizados con la prueba de normalidad de Anderson-Darling. Con base en ésta, se elaboró un Modelo Lineal Generalizado para comparar la frecuencia de sexos entre sitios y entre meses. Del mismo modo fueron comparadas las edades.

Las características sexuales fueron analizadas por medio de una prueba de Kruskal-Wallis por sitio y mes.

La normalidad de los pesos de las ardillas se probó con el estadístico de Anderson-Darling. Posteriormente se analizaron por medio de un MLG por sexo, sitio y edad.

Todos los análisis estadísticos anteriormente mencionados, se realizaron mediante el programa Minitab 16. En todos los casos se utilizó un valor de  $p < 0.05$ .

### **V. 2. 3. Áreas de actividad.**

Los 36 puntos en los cuales se dispusieron las trampas para la captura de las ardillas fueron georeferenciados con el fin de conocer las áreas de actividad de los organismos. Esto fue realizado para cada cuadro de los tres sitios de estudio.

Los puntos de captura-recaptura fueron registrados para cada ardilla. Los puntos registrados en más de tres ocasiones y no de manera lineal se utilizaron para elaborar el polígono mínimo convexo, el cual consiste en unir los puntos de captura-recaptura de las ardillas, posteriormente ésta área formada fue calculada (Delany 1974). Este procedimiento fue realizado mediante el programa computacional Arc View (3.2).

La prueba de normalidad de Anderson-Darling se aplicó a los resultados de las áreas obtenidas y para conocer si existían diferencias de las áreas obtenidas entre sexos y sitios se realizó un Modelo Lineal Generalizado mediante el programa estadístico Minitab 16.

### **VI. 2. 4. Hábitat**

Para el estudio del hábitat de la ardilla de Perote se utilizaron las bases de datos de vegetación obtenidas en la zona del Valle de Perote, en las cuales se tiene reportada la presencia de *X. perotensis*. Éstas, fueron proporcionadas por la M en C. Cesia Castillo-Castillo (2009), M en C. Gabriela Delgadillo-Quezada (2011) y Biól. Alberto González-Gallina (2011).

Las bases de datos incluían la vegetación de los sitios en los cuales se llevó a cabo este trabajo. Además de éstos, se consideraron 4 sitios más, los cuales son similares y próximos a los sitios de éste trabajo. Éstos nuevos sitios se denominaron Llano Chico, Llano Grande, Malpaís y Pastizal Reciente. El Pastizal Reciente es cercano al P. Natural y fue conformado por una área que se encuentra cercana al P. Natural. Está situado a 200 m del libramiento Perote-Amozoc. El Llano Chico y Llano Grande son cercanos entre si y se encuentran rodeados por un gran derrame basáltico, por lo que, son de difícil acceso. El Malpaís, como se le conoce localmente, es cercano al ejido de Totalco.

Los datos fueron obtenidos por medio de 10 cuadros de 100 m<sup>2</sup>, divididos en 25 cuadros (2x2 m) para cada sitio de estudio. Las bases de vegetación contenían los siguientes datos: nombre científico, altura, cobertura-abundancia de Braun-Blanquet, modificado por Van Deer Maarel, pendiente, porcentaje de pedregosidad y de suelo desnudo.

Para conocer si se trataba de hábitats diferentes o iguales, se realizó un cluster de vegetación utilizando la distancia euclidiana (McGarigal *et al.* 2000).

Se elaboró un Análisis de Componentes Principales (PCA) para conocer la relación entre las especies vegetales con los sitios con presencia de la ardilla de Perote (Pla 1986, McGarigal *et al.* 2000). El cluster y el PCA se elaboraron utilizando el programa computacional Past 1.94.

Para el análisis de las asimetrías de las ardillas, consideradas como un indicador de calidad de hábitat, a cada ardilla capturada se les midieron las patas traseras desde el talón hasta la parte distal del dedo medio, por medio de una regla transparente graduada en milímetros. La diferencia entre ambos miembros, primero

fue analizada por medio de la prueba de normalidad de Anderson-Darling. Con base en esta prueba, las asimetrías se compararon entre sitios y sexos por medio de la prueba de Kruskal-Wallis mediante el programa estadístico Minitab 16.

## VI. RESULTADOS

### VI. 2. 1. Densidad

Se hizo un esfuerzo de muestreo de 3240 días/trampa (1080 días/trampa por sitio de estudio). Se capturaron 85 ardillas y se tuvieron 90 recapturas. El Pastizal Natural fue el sitio que presentó más capturas y recapturas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de capturas y recapturas totales en los sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

	<b>Capturas</b>	<b>Recapturas</b>
Pastizal Natural	39	45
Pastizal Abandonado	21	27
Pastizal Protegido	25	18

Las densidades obtenidas por medio del índice de Lincoln-Peterson muestran valores más altos en junio del 2010 y 2011 para los tres sitios de estudio. En los meses subsecuentes, las densidades disminuyeron en los tres sitios y aumentaron en abril. El P. Natural fue el sitio que presentó mayores densidades alcanzando hasta 24 individuos/ha (agosto). El P. Protegido presentó la densidad más baja, 2 individuos/ha (junio 2011) (Fig. 4).

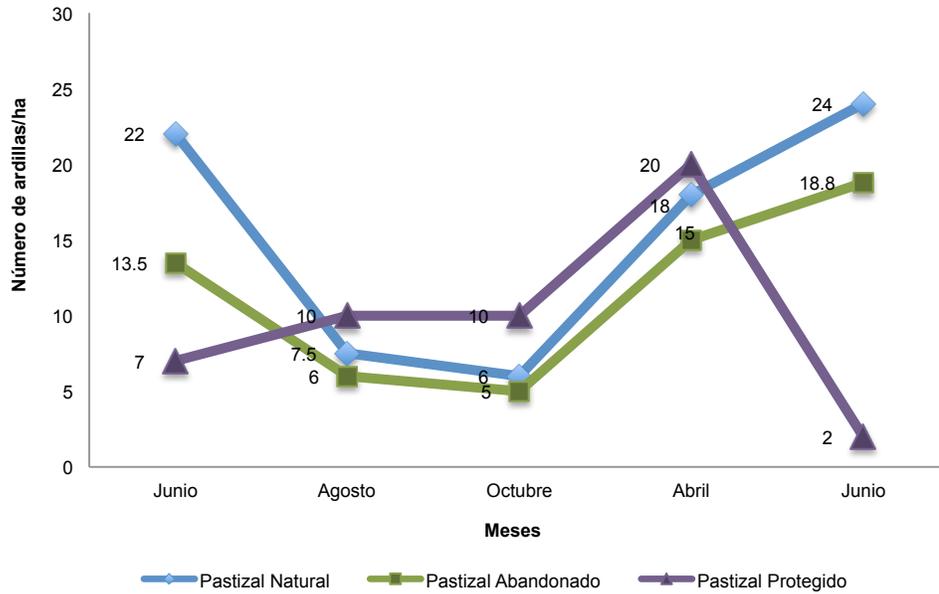


Figura 4: Densidades de ardillas (individuo/ha) en los sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Al comparar la densidad con el número de animales que se sabe vivo (Fig. 5), se aprecia que en los tres primeros meses se tuvieron valores similares para los tres sitios de estudio, sin embargo en los meses posteriores las densidades difieren notablemente del número de animales que se saben vivos.

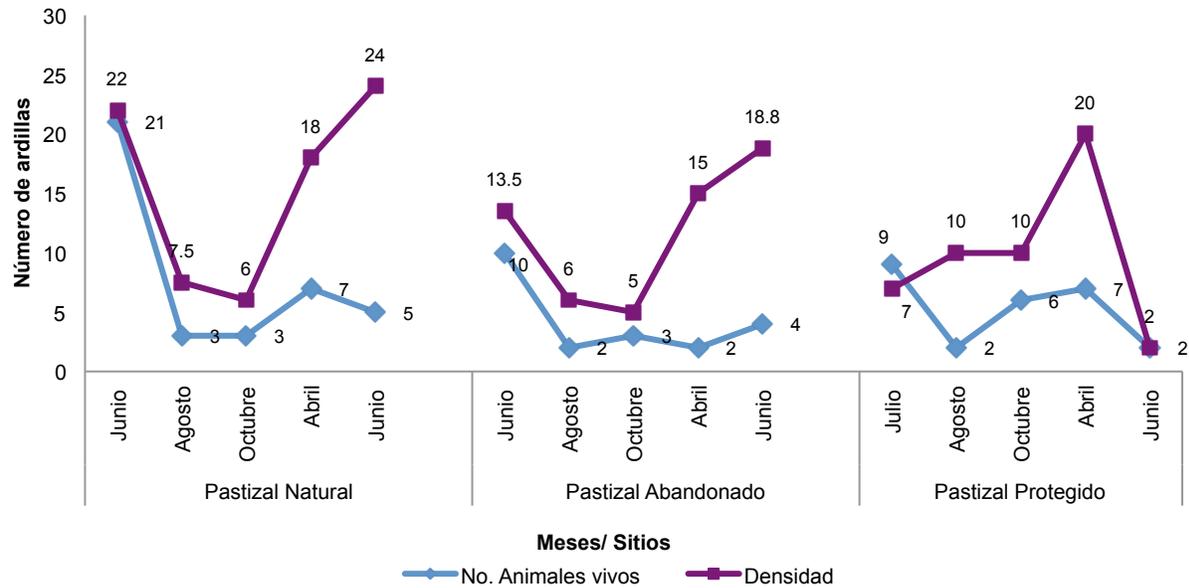


Figura 5. Comparación de la densidad y el número de animales que se saben vivos.

No existió diferencia estadísticamente significativa entre los sitios ( $F= 1.08$ ,  $gl= 2$  y  $p= 0.38$ ), meses ( $F= 1.28$ ,  $gl= 4$  y  $p= 0.46$ ), pero sí en el número de animales que se sabe vivo y la densidad obtenida por el índice de Lincoln-Peterson ( $F= 0.98$ ,  $gl=1$  y  $p= 0.007$ ). Tampoco se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ( $F= 1.28$ ,  $gl=8$  y  $p=0.36$ ), sitio-índice-número de animales que se sabe vivo ( $F= 0.98$ ,  $gl=2$  y  $p= 0.41$ ).

## VI. 2. 2. Estructura poblacional.

### VI. 2. 2. 1. Proporción de sexos.

En total se capturaron 29 hembras y 56 machos (Cuadro 2). El P. Natural presentó los valores más altos tanto en hembras como en machos.

Cuadro 2: Comparación total de número de machos y hembras en los sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.

	Hembras	Machos
Pastizal Natural	12	27
Pastizal Abandonado	8	13
Pastizal Protegido	9	16

La proporción de sexos (hembras: machos) total que se obtuvo para el Pastizal Natural fue de 0.4:1, para el Pastizal Abandonado fue de 0.6:1 y finalmente en Pastizal Protegido existió una proporción de 0.5:1.

Las proporciones de una hembra por un macho (1:1) se presentaron en pocas ocasiones en los distintos muestreos, siendo en el Pastizal Protegido en donde se registraron con mayor frecuencia (Cuadro 3).

En agosto se presentaron las proporciones menos equitativas y en junio (2010) las más equitativas. Durante junio del 2010 y 2011 se presentaron proporciones similares en los sitios de estudio.

Cuadro 3. Proporciones de sexos de *Xerospermophilus perotensis* por sitio y por meses en los sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.

Meses	Sitios		
	Pastizal Natural	Pastizal Abandonado	Pastizal Protegido
<b>Junio 2010</b>	0.3:1	1:1	1:1
<b>Agosto 2010</b>	1.3:1	3:1	6:1
<b>Octubre 2010</b>	4:1	1.5:1	1:1
<b>Abril 2011</b>	1.1:1	0.5:1	0.08:1
<b>Junio 2011</b>	0.4:1	0.6:1	1:1

Las hembras se registraron en todos los muestreos de los sitios de estudio. En agosto y octubre las capturas de machos disminuyeron e incluso no se presentaron en dos sitios, los cuales se presentaron hasta abril (Fig. 6).

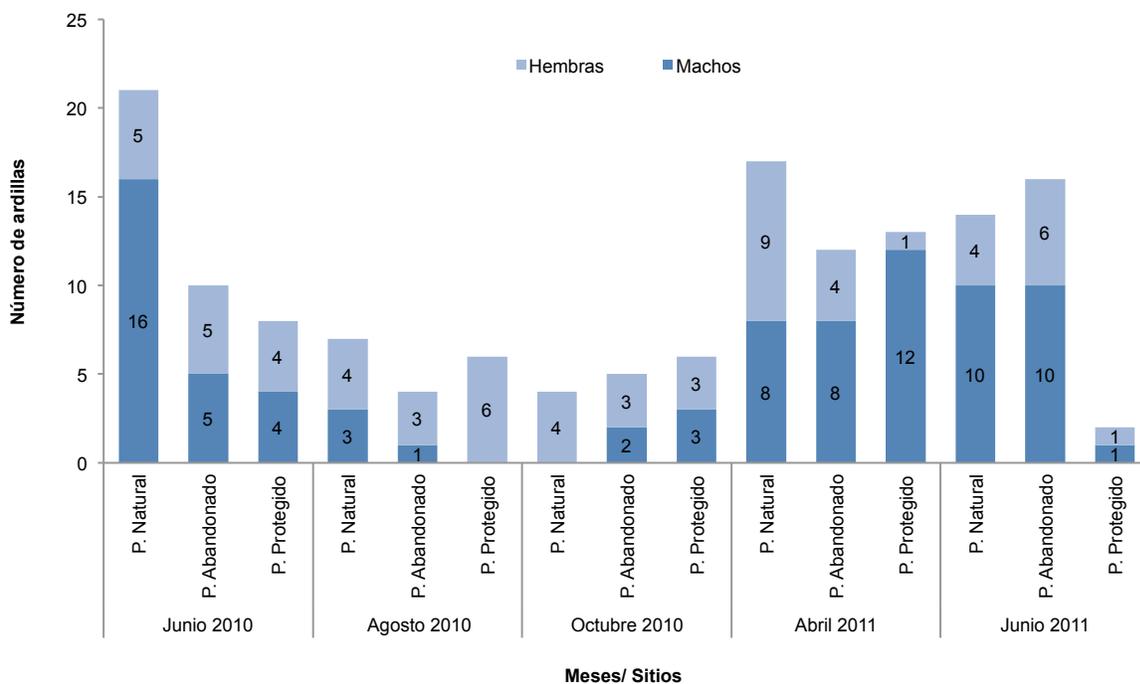


Figura 6. Número de machos y hembras de *Xerospermophilus perotensis* en los diferentes muestreos y sitios en los sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.

El Modelo Lineal Generalizado indicó que no hubo diferencias en el número de organismos en los diferentes sitios ( $F=0.42$ ,  $gl=4$ ,  $p=0.67$ ), meses ( $F=0.41$ ,  $gl=4$ ,  $p=0.79$ ) y sexos ( $F=4.16$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.11$ ). Tampoco existieron diferencias en las interacciones sitios-meses ( $F=2.04$ ,  $gl=8$ ,  $p=0.16$ ), sitios-sexos ( $F=3.15$ ,  $gl=2$ ,  $p=0.09$ ), ni meses-sexos ( $F=0.32$ ,  $gl= 4$ ,  $p= 0.84$ ).

### VI. 2. 2. 2. Edades

Los adultos fueron los más abundantes en los sitios de estudio. El P. Natural presentó los valores más altos tanto en adultos como en juveniles (Cuadro 4).

Cuadro 4: Clases de edades totales de la ardilla de Perote en los sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

	Juveniles		Adultos	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Pastizal Natural	3	3	9	24
Pastizal Abandonado	1	4	7	9
Pastizal Protegido	2	2	7	14

Al obtener las proporciones de juveniles por hembra adulta el P. Natural mostró 0.6:1, el P. Abandonado 0.7:1 y por último el P. Protegido 0.5:1.

En octubre y abril se registraron las frecuencias más altas de juveniles en los tres sitios de trabajo (Fig. 7). En los meses de junio del 2010 y 2011 se presentaron los valores más bajos de esta categoría de edad.

Los adultos se registraron durante todos los muestreos y en los tres sitios de estudio fueron más abundantes en junio y abril. Desde junio hasta octubre el número de adultos descendió en las áreas estudiadas.

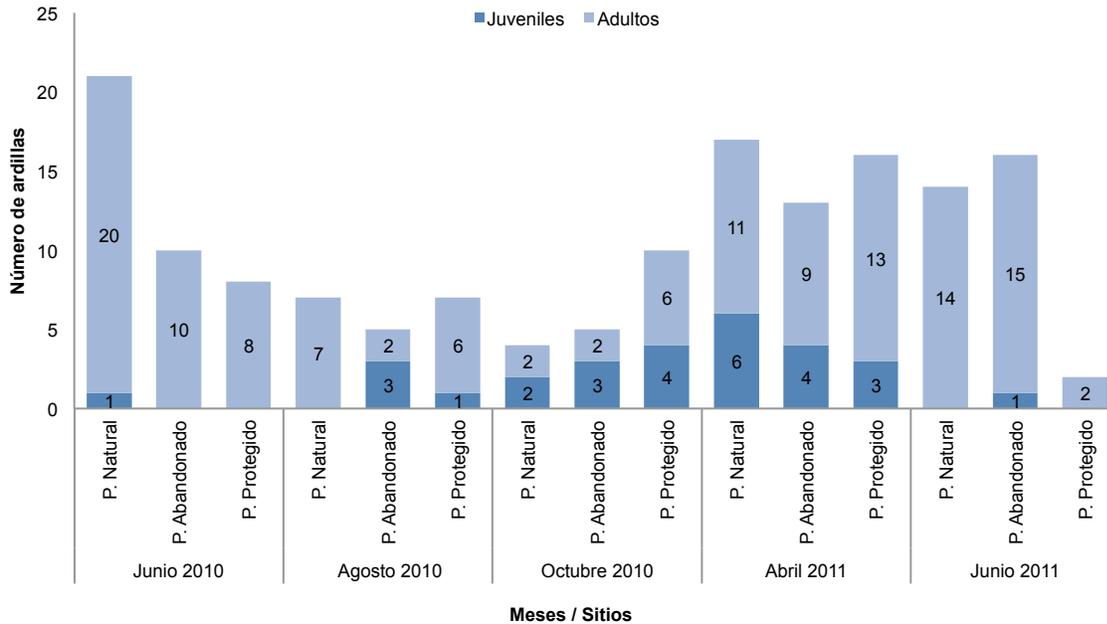


Figura 7: Comparación de edades de la ardilla de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Se realizó un MLG para saber si existían diferencias significativas entre las clases de edades en los diferentes sitios y meses. No existió diferencia significativa entre los sitios ( $F=0.51$ ,  $gl=2$  y  $p=0.62$ ), ni entre los meses ( $F= 0.44$ ,  $gl= 4$  y  $p=0.77$ ), pero sí en el número de adultos y juveniles ( $F= 0.98$ ,  $gl=1$  y  $p=0.002$ ). Siendo más abundantes los adultos que los juveniles.

No se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ( $F= 1.36$ ,  $gl=8$  y  $p= 0.33$ ), meses-clase de edad ( $F= 2.27$ ,  $gl=4$  y  $p= 0.16$ ) y sitio-edad ( $F= 0.75$ ,  $gl=4$  y  $p=0.58$ ).

### VI. 2. 2. 3 Características reproductivas

Los machos con testículos escrotados y las hembras adultas no preñadas predominaron en los tres sitios de estudio. Las hembras preñadas y lactantes se capturaron en menor proporción en los tres sitios de trabajo (Cuadro 5).

Cuadro 5: Estados reproductivos totales de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

	P. Natural	P. Abandonado	P. Protegido
Testículos escrotados	25	9	13
Testículos abdominales	2	4	3
No preñada	11	6	8
Preñada	1	1	0
Lactante	0	1	1

Las características reproductivas de los individuos fueron variables durante los diferentes muestreos. En abril, los machos con testículos escrotados fueron los de mayor frecuencia, disminuyendo en los meses subsecuentes. Las hembras no preñadas también fueron de mayor abundancia en abril. Las hembras preñadas y con condiciones de lactancia fueron registradas con mayor frecuencia en junio del 2010 y 2011 (Fig. 8).

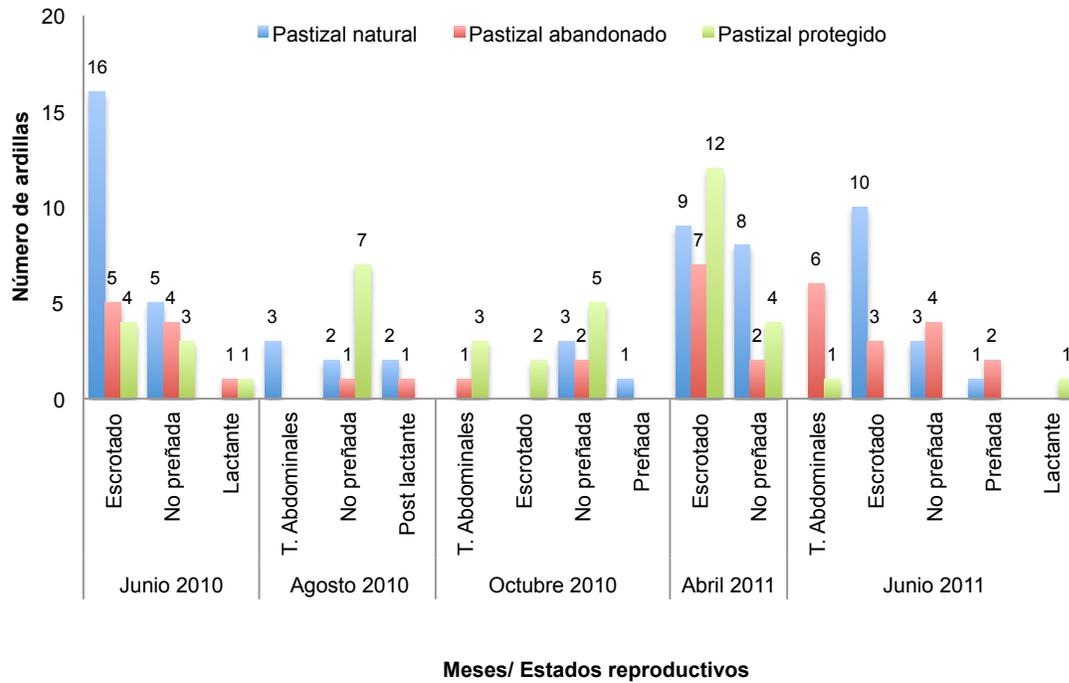


Figura 8. Estados reproductivos de las ardillas de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis no se encontraron diferencias significativas en los estados reproductivos durante los diferentes muestreos y sitios de estudio ( $H=33.04$   $gl=34$ ,  $p= 0.51$ ).

## VI. 2. 2. 4 Pesos

En la figura 9 se grafican las similitudes de los pesos de *X. perotensis* en los tres sitios de trabajo. Los pesos variaron entre meses, siendo en abril cuando se registraron los pesos más altos y en octubre los pesos más bajos.

En el Pastizal Protegido, se presentaron las ardillas con los pesos más altos en los diferentes muestreos, con excepción de abril, ya que en el P. Protegido se registró el ejemplar más pesado. Es importante señalar que en este sitio también fue registrado el organismo más ligero de todos los muestreos, el cual era a un juvenil (Apéndice III). Las desviaciones y promedios de los pesos por muestreos se muestran en el apéndice IV.

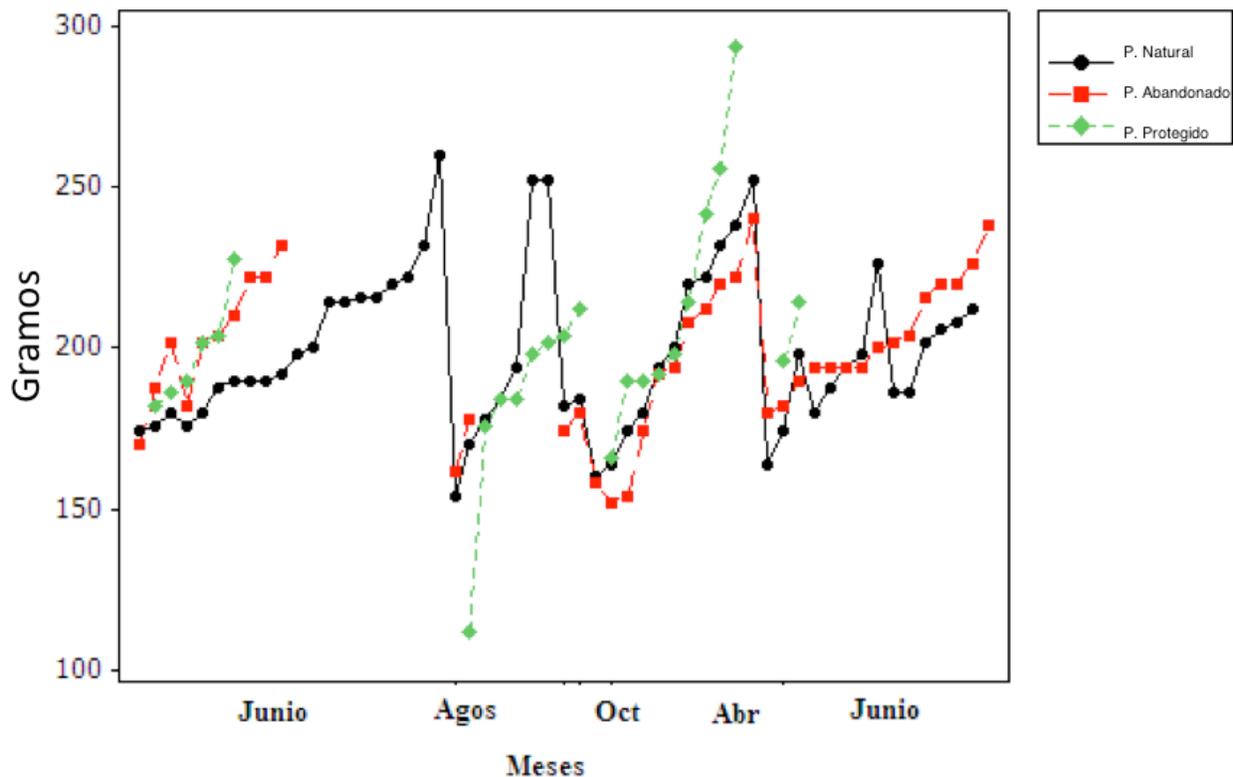


Figura 9: Variaciones de los pesos de *Xerospermophilus perotensis* capturadas durante los diferentes muestreos y sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Los machos tuvieron un peso promedio mayor que las hembras en las dos categorías de edades para los tres sitios estudiados (Cuadro 6). Las desviaciones estándar se muestran en el apéndice V.

Cuadro 6: Pesos promedio de las ardillas de Perote de acuerdo a su sexo y edad en el Valle de Perote, Veracruz.

Categoría	Promedios (g)
Machos juveniles	141.9
Hembras juveniles	134
Machos adultos	207.9
Hembras adultas	189.7

Los machos juveniles sólo se presentaron en P. Abandonado y P. Protegido con promedios de 145.5 y 137 g respectivamente. En éste último sólo se capturaron 2 individuos (Fig. 10).

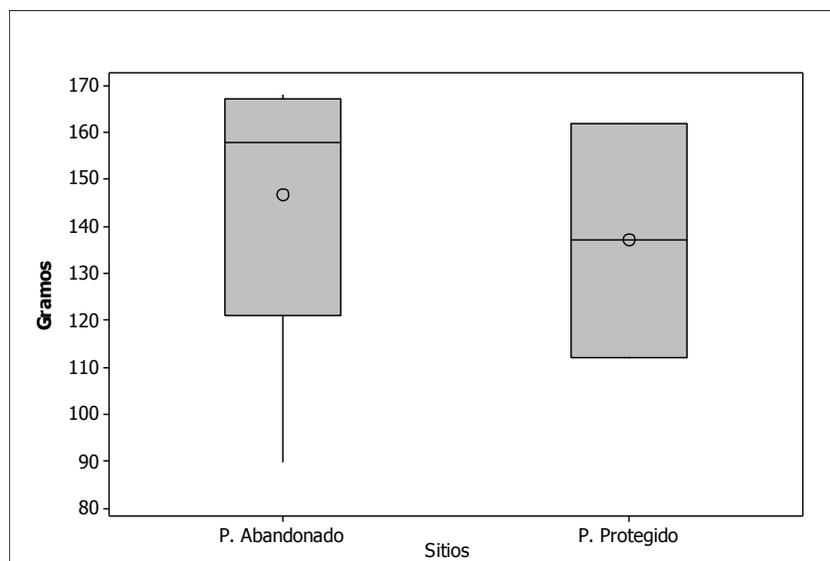


Figura 10: Pesos de machos juveniles de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio. Se señala la media (o), mediana (-), valores máximos y mínimos (I).

Las hembras juveniles presentaron los siguientes promedios en los pesos que se registraron 131.3, 126.4 y 144.3 g para el P. Natural, P. Abandonado y P. Protegido respectivamente (Fig. 11).

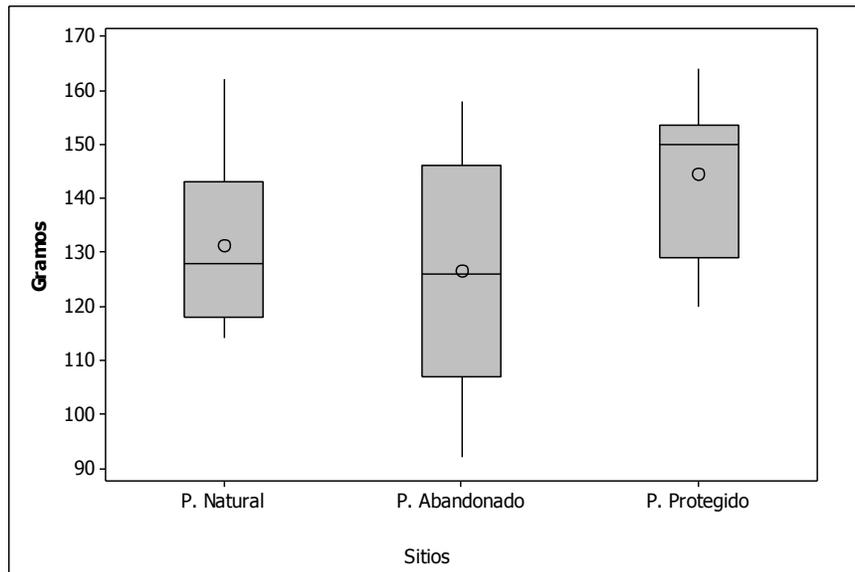


Figura 11: Pesos de hembras juveniles de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio. Se señala la media (o), mediana (-), valores máximos y mínimos (I).

EL MLG no mostró diferencias significativas en los pesos de las ardillas jóvenes en los diferentes sitios, meses y sexos. No existió diferencia significativa en los sitios ( $F=2.65$ ,  $gl=2$  y  $p=0.13$ ), sexos ( $F=2.16$ ,  $gl=1$  y  $p=0.21$ ) y meses ( $F=2.56$ ,  $gl=4$  y  $p=0.21$ ). De igual forma no se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ( $F=1.19$ ,  $gl=8$  y  $p=0.40$ ) y sexo-mes ( $F=1.70$ ,  $gl=4$  y  $p=0.24$ ). Sólo existieron diferencias significativas en sitio-sexo ( $F=4.3$ ,  $gl=2$  y  $p=0.05$ ).

El promedio de pesos en machos adultos, para el P. Natural fue de 206.8 g, en el P. Abandonado fue de 205.4 g y en el P. Protegido fue de 211 g (Fig. 12).

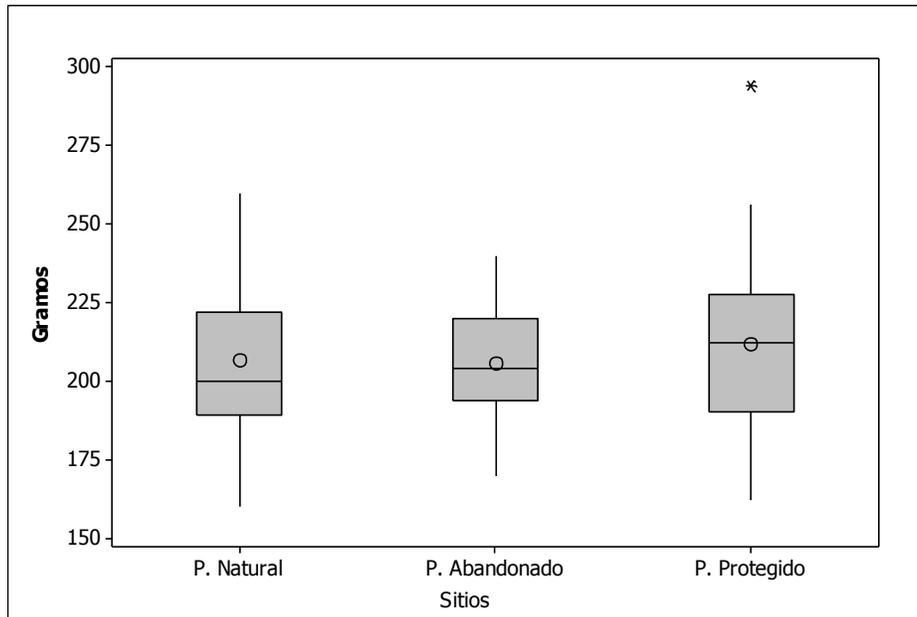


Figura 12: Pesos de machos adultos de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio. Se señala la media (o), mediana (-), dato atípico (\*), valores máximos y mínimos (l).

Los promedios de pesos de hembras adultas fueron los siguientes: 181.4, 193.1 y 194.6 g para P. Natural, P. Abandonado y P. Protegido respectivamente (Fig. 13). La más pesada se presentó en P. Abandonado con 238 g.

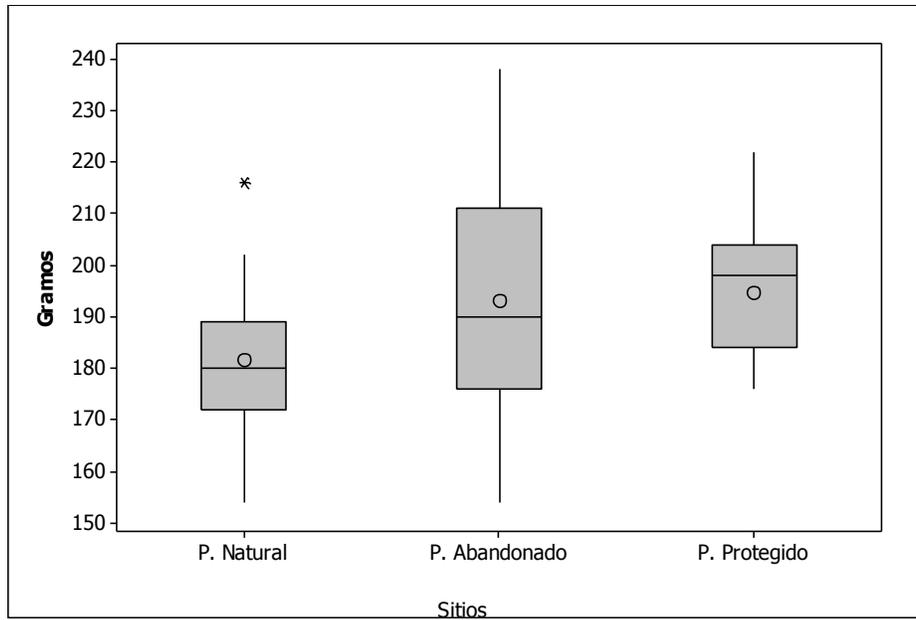


Figura 13: Pesos de hembras adultas de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio. Se señala la media (o), la mediana (-), dato atípico (\*), valores máximos y mínimos (I).

No existió diferencia significativa en los pesos de las ardillas adultas de los tres sitios de estudio ( $F=0.34$ ,  $gl=2$  y  $p=0.72$ ), sexos ( $F=2.54$ ,  $gl=1$  y  $p=0.18$ ) y meses ( $F=1.54$ ,  $gl=4$  y  $p=0.53$ ). No se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-sexo ( $F=0.28$ ,  $gl=2$  y  $p=0.76$ ), sitio-mes ( $F=0.99$ ,  $gl=8$  y  $p=0.50$ ) y sexo-mes ( $F=0.59$ ,  $gl=4$  y  $p=0.67$ ).

## VI. 2. 2. Áreas de actividad.

En el Pastizal Natural se presentaron 4 hembras adultas, de las que se conocieron sus ámbitos hogareños al ser recapturadas en más de tres ocasiones (Fig. 14).

Para el ejemplar PI1-MI3 se obtuvo un área de actividad de 605 m<sup>2</sup>, para MI4, 822 m<sup>2</sup>; para MI2, 2800 m<sup>2</sup> y finalmente para MI2A, 1773 m<sup>2</sup>. Fueron los ámbitos hogareños más pequeños de los tres sitios de estudio. La media de éstos fue de 1500 m<sup>2</sup>.

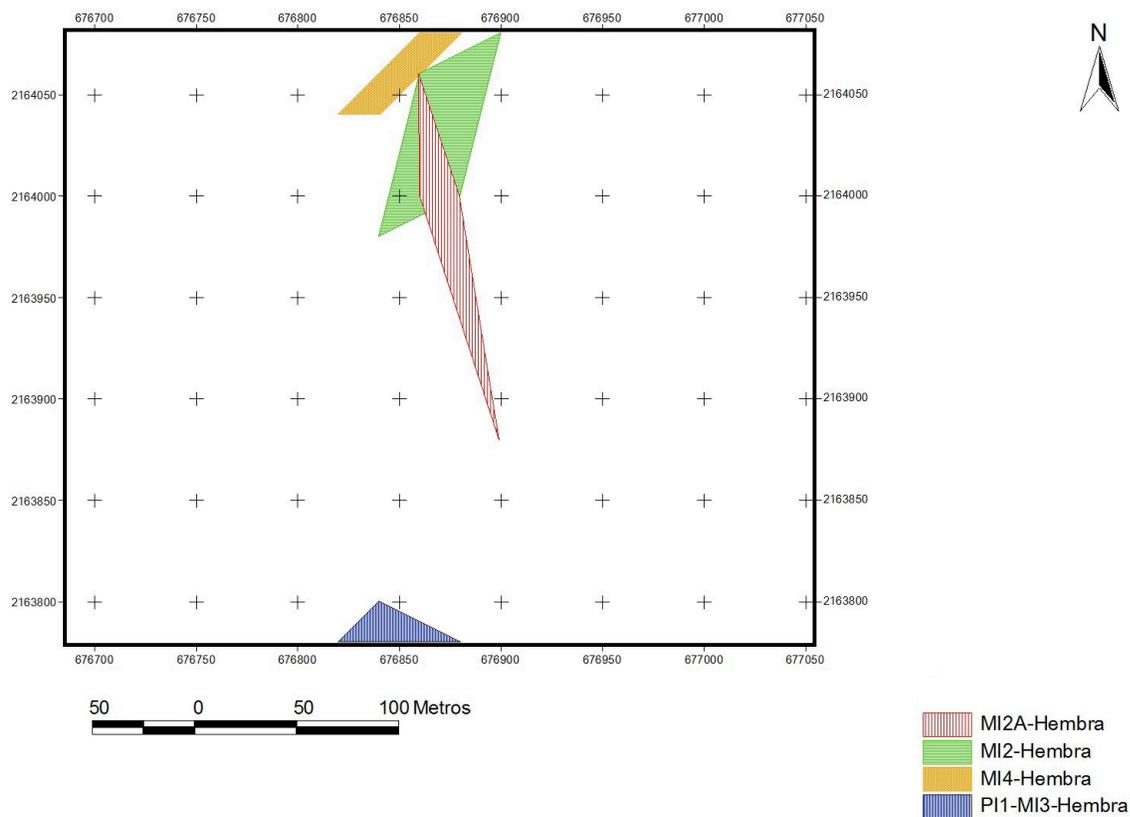


Figura 14. Áreas de actividad de ejemplares de *Xerospermophilus perotensis* en el Pastizal Natural, sitio de estudio del Valle de Perote, Veracruz.

Las áreas de actividad de las ardillas MI2 y MI2A se superpusieron. Éste último se presentó en ambos cuadros de muestreo. La ardilla MI2A tuvo un área de traslape de 683 m<sup>2</sup> y el organismo MI2 tuvo 834 m<sup>2</sup> de ámbito hogareño sobrelapado.

El ámbito hogareño que presentaron tres machos adultos en el Pastizal Abandonado fueron de 7444 m<sup>2</sup> para PD3, 4113 m<sup>2</sup> para PI1 y 1940 m<sup>2</sup> para MD2-PD4. El promedio de éstas fue de 2499 m<sup>2</sup>.

Las tres áreas se sobrelaparon casi en su totalidad (Fig. 15). El ámbito hogareño de éstos animales abarcó los dos cuadros de muestreo.

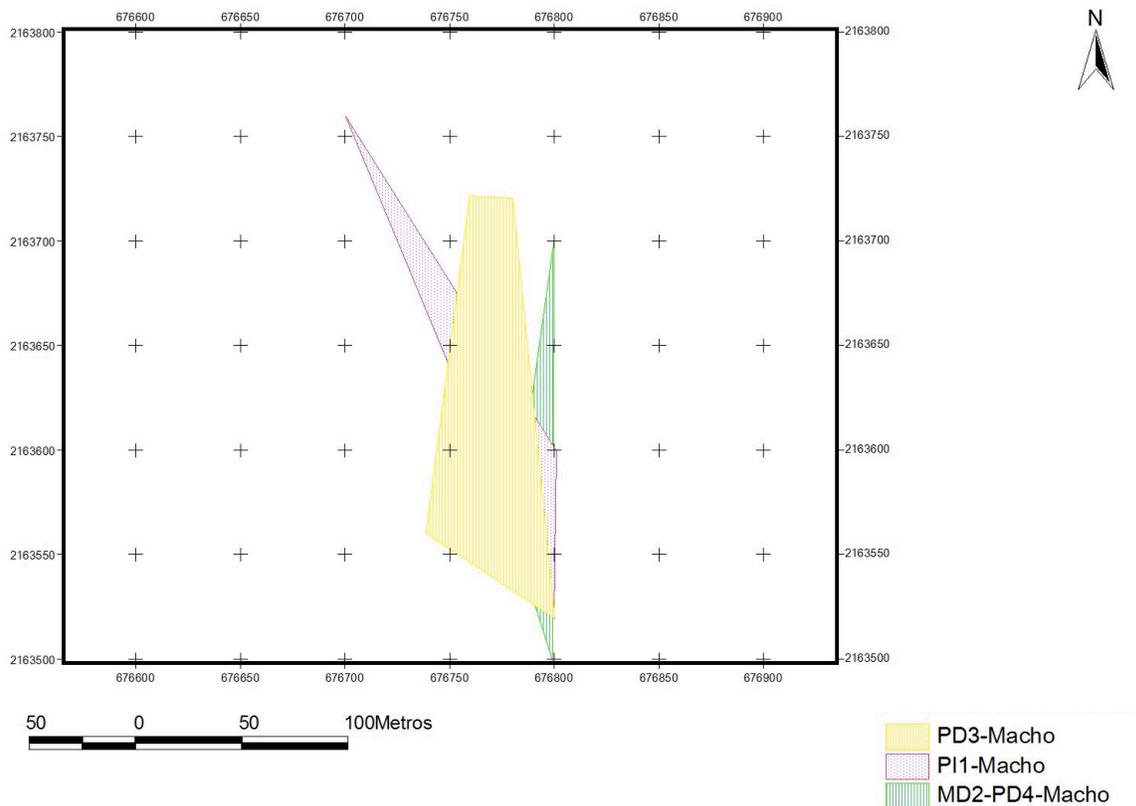


Figura 15. Áreas de actividad de ejemplares de *Xerospermophilus perotensis* capturados en Pastizal Abandonado.

El área de actividad del ejemplar PD3 se traslaparon 2657 m<sup>2</sup> con la del organismo PI1. La ardilla MD2-PD4 tuvo 1004 m<sup>2</sup> sobrelapados con el individuo PI1. El animal PD3 se sobrelapó 1160 m<sup>2</sup> con el organismo PI1. Las tres áreas se traslaparon con 771 m<sup>2</sup>.

En el Pastizal Protegido se calcularon las áreas de actividad de tres organismos, teniendo 4063 m<sup>2</sup> para MD4M , 1632 m<sup>2</sup> para MD4 y 5593 m<sup>2</sup> para MD3. El promedio de las áreas para hembras fue de 3762 m<sup>2</sup>. Éste sitio presentó los movimientos de ardillas más largos en los cuadros de muestreo y los ámbitos hogareños más grandes, los cuales fueron cercanos entre sí pero sin llegarse a traslapar (Fig. 16).

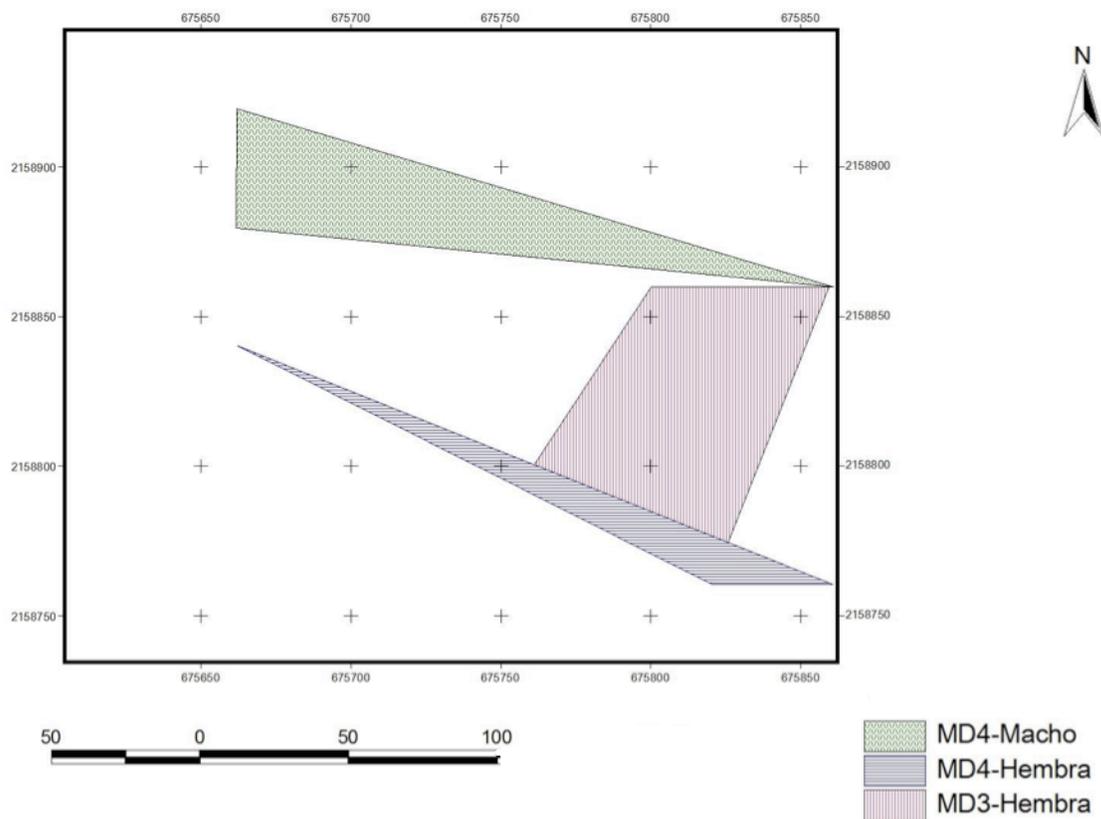


Figura 16. Áreas de actividad de ejemplares de *Xerospermophilus perotensis* capturados en Pastizal Protegido.

Los ejemplares MD4 tanto macho como hembra fueron adultos. El organismo MD3, fue capturado juvenil, en las recapturas posteriores era ya un adulto.

No existieron diferencias en el tamaño de las áreas de actividad entre sitios los tres sitios de estudio ( $F= 1.57$ ,  $gl=2$ ,  $p= 0.28$ ), ni sexos ( $F= 0.05$ ,  $gl= 1$ ,  $p= 0.82$ ) al realizar la prueba estadística.

### VI. 2. 3. Hábitat

Mediante un análisis de cluster, se obtuvieron tres grupos de vegetación con una correlación de 0.95 (Fig. 17). El primer grupo lo formaron el P. Reciente, P. Protegido y P. Natural, éstos dos últimos resultaron grupos hermanos. Éste grupo fue el que presentó mayor similitud entre sitios. El segundo grupo lo conformaron los sitios Llano Chico, Pastizal Abandonado y Llano Grande, los dos primeros sitios resultaron grupos hermanos. Finalmente, el tercer grupo sólo lo formó el Malpaís, siendo un sitio muy diferente de los demás.

El primer grupo del cluster quedó compuesto por pastos desarrollados, producto del abandono de tierras agrícolas, además de pastizales naturales. Considerando el índice del valor de importancia (IVI) algunas de las especies que componen a este grupo son *Bidens anthemoides*, *Nama undulatum* y *Gnaphalium stramineum*.

Las especies vegetales que presentaron mayores valores de IVI para el segundo grupo del cluster fueron *Muhlenbergia quadridentata*, *Aristida divaricata* y *Bouteloa scorpioides*.

Finalmente el tercer grupo fue conformado por *Stipa ichu*, *Dichondra argentea* y *Aristida divaricata*, al considerar los valores de importancia de las especies vegetales.

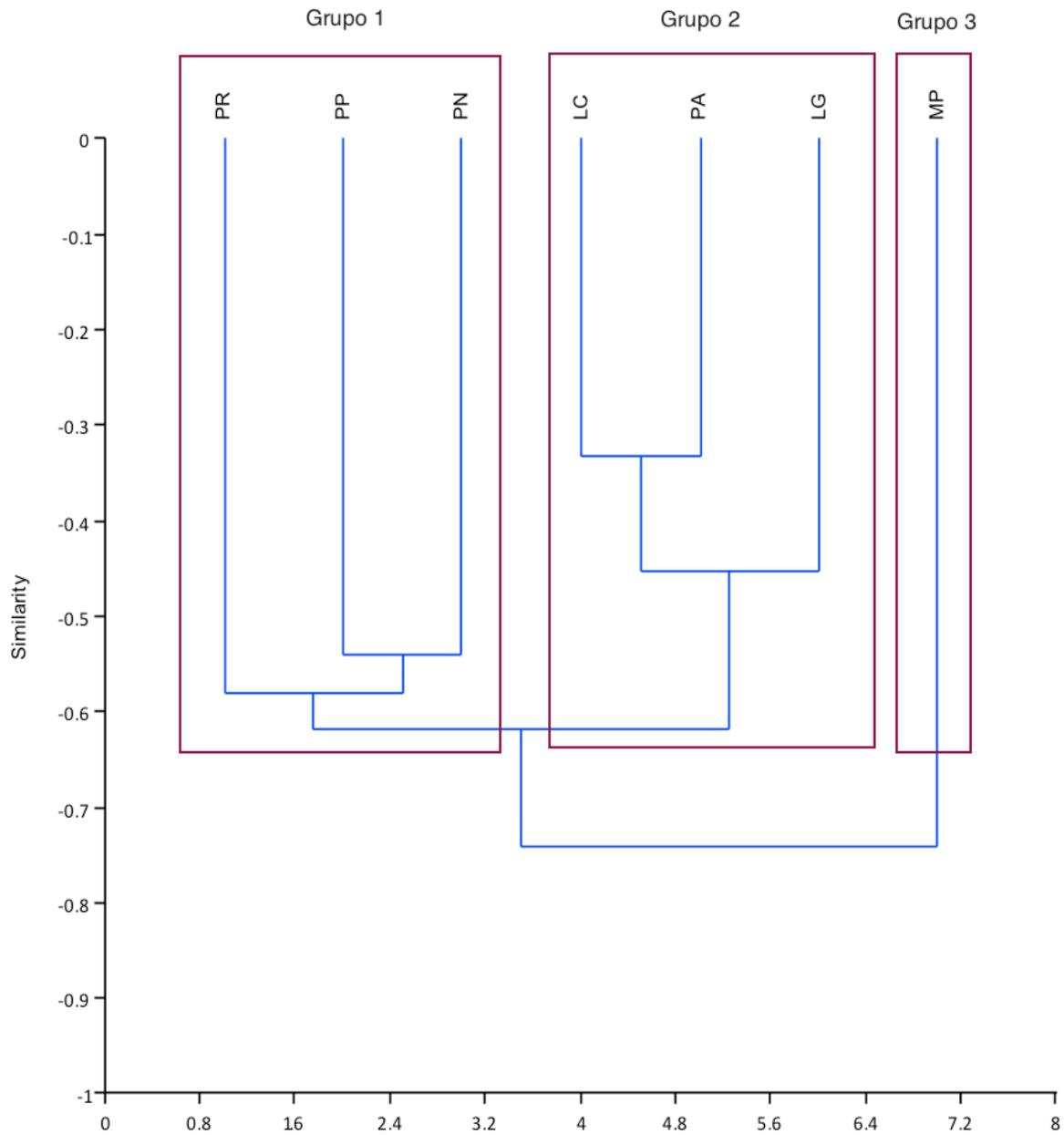


Figura 17: Cluster de vegetación. En donde PR: Pastizal Reciente, PP: Pastizal Protegido, PN: Pastizal Natural LC: Llano Chico PA: Pastizal Abandonado LG: Llano grande, MP: Malpaís.

Con base en un análisis de componentes principales (PCA) se obtuvo la representación gráfica de la relación entre las especies vegetales con los sitios de estudio. El cuadro 7 muestra los valores de los dos primeros componentes, los más importantes, éstos explican el 49.86% de la variación. Los tres primeros componentes explican el 67.76% de la variación total.

Cuadro 7: Valores de los componentes principales.

Análisis de componentes principales			
Componentes	1	2	3
Eigenvalores	2.09	1.47	1.04
Porcentaje de variación	29.86	21	14.89

El primer componente del PCA, presentó mayor con *Gaura coccinea*, *Brassica campestris*, *Muhlenbergia macroura*, *Aristida divaricata* y Compuesta no identificada (11911-1). En el segundo componente las plantas que presentaron mayor relación fueron *Verbena ciliata*, *Fabaceae* no identificada. *Chenopodium graveolens*, *Bidens anthemoides*, *Bouteloua curtipendula* y *Dichondra argentea*. (Apéndice II).

Las plantas con mayor relación con el sitio “Malpaís” fueron *Verbena ciliata*, *Muhlenbergia rigida*, *Portulaca pilosa* y *Bouteloua curtipendula*.

Para el Llano Grande, *Aristida divaricata*, *Nama dichotomum*, *Mollugo verticillata*, *Bouteloua curtipendula* y *Verbena ciliata* fueron las que definieron al sitio.

En el Llano Chico *Aristida divaricata* y *Bouteloua curtipendula* fueron las especies determinantes en este sitio.

*Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua scirpioides* determinaron el Pastizal Abandonado.

En el Pastizal Reciente, *Dichondra argentea* y *Bouteloua curtipendula* definieron al sitio.

En el Pastizal Protegido, *Dichondra argentea*, *Malva parviflora* y *Bouteloua curtipendula* fueron las especies que determinaron al sitio.

El Pastizal Natural fue determinado por *Bouteloua curtipendula*, *Heliotropium confertifolium* y *Gnaphalium stramineum*.

Considerando el gráfico del PCA (Fig. 18) el sitio de Malpaís fue el sitio que presentó relación con mayor número de especies.

Es importante señalar que *Bouteloua curtipendula* se correlacionó con todos los sitios en los que se tiene registro de la presencia de la ardilla de Perote. En general los sitios fueron dominados por la familia Poacea y Asteracea (Apéndice I y II).

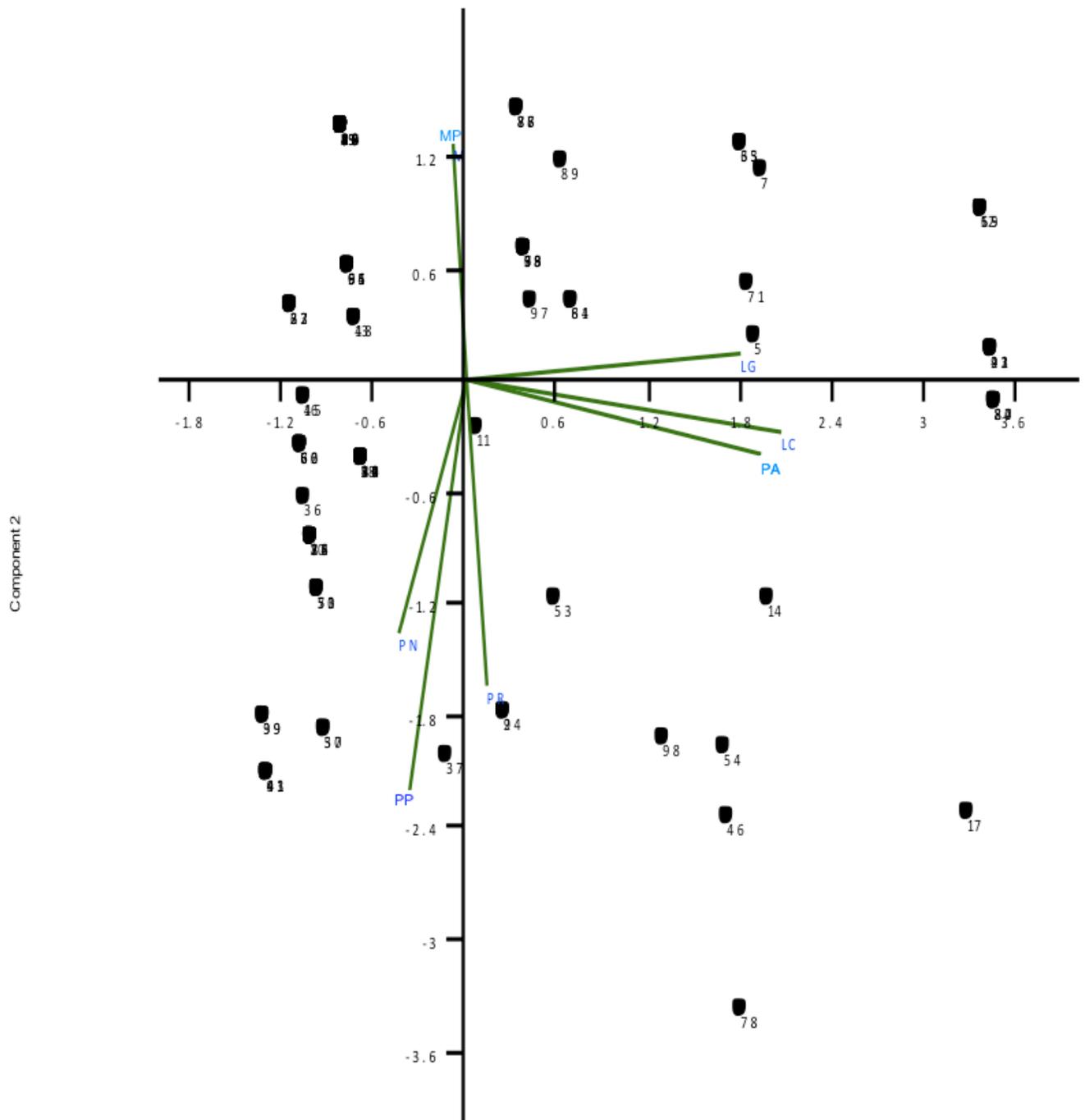


Figura 18: Representación gráfica de la relación de las especies de plantas y sitios con registro de presencia de ardillas. (Ver claves en el apéndice I). En donde PR: Pastizal Reciente, PP: Pastizal Protegido, PN: Pastizal Natural, LC: Llano Chico, PA: Pastizal Abandonado, LG: Llano grande, MP: Malpaís. Algunas de las más importantes se señalan como *B. courtipendula* (11), *Aristida divaricata* (5) y *Dichondra argentea* (34).

De acuerdo con las especies determinantes por el PCA, observaciones directas del consumo de especies vegetales (Castillo-Castillo 2009 y González Romero 2011) y el uso de éstas como refugio por la ardilla de Perote, se obtuvo la figura 19. En la cual se muestra el porcentaje de familias vegetales utilizadas por *X. perotensis*. En dicha figura se aprecian 6 familias de plantas utilizadas por la ardilla. La familia Poaceae (pastos) fue la más utilizada (50%), seguida por la Verbenaceae (17%). Las otras familias fueron utilizadas en proporciones similares.

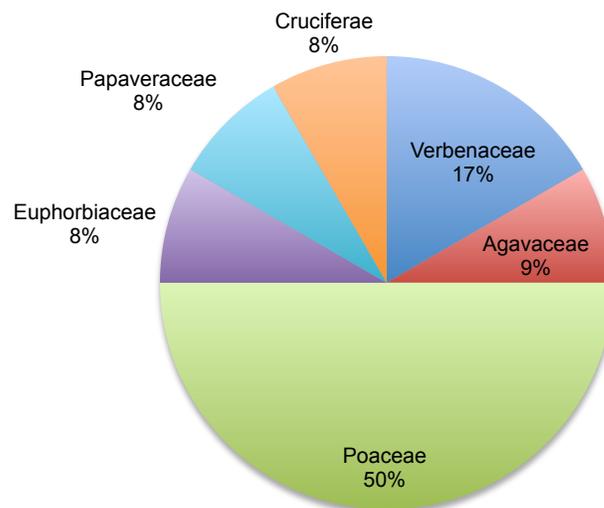


Figura 19. Familias vegetales identificadas como alimento y/o refugio para *Xerospermophilus perotensis*.

### VI. 2. 3. 1 Asimetrías

Las diferencias de las medidas de las patas traseras (asimetrías) de las ardillas se utilizaron como indicador de la calidad del hábitat.

Los promedios de las asimetrías obtenidas para los machos fueron de 0.07, 0.1 y 0.12 cm para el P. Natural, P. Abandonado y P. Protegido respectivamente. El P. Protegido presentó el mayor número de individuos simétricos.

La asimetría más grande de este estudio (0.5 cm), fue registrada en un macho en el P. Abandonado (Fig. 20).

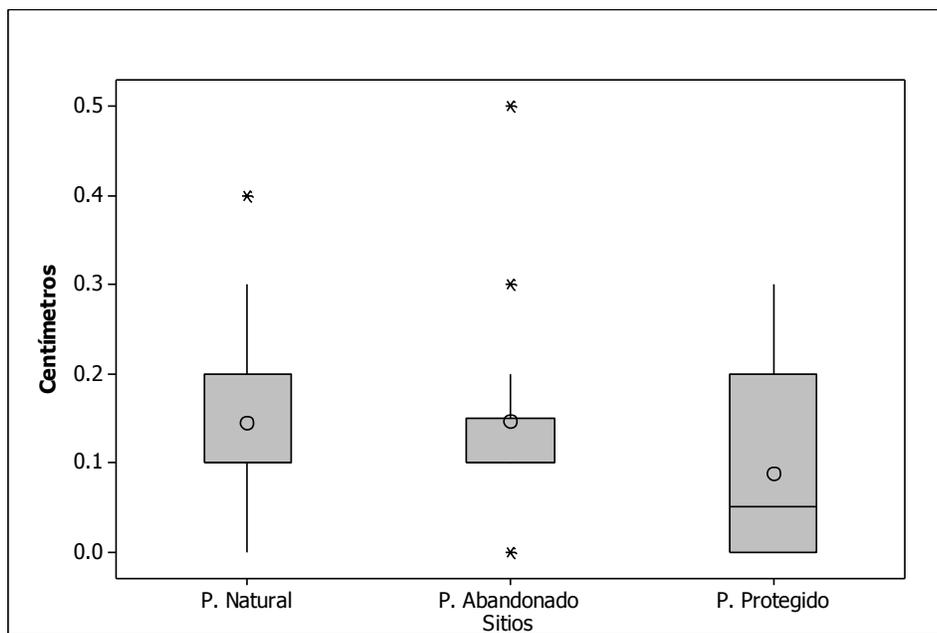


Figura 20: Asimetrías entre las patas traseras de machos de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio. Se señala la media (o), mediana (-), dato atípico (\*), valores máximos y mínimos (I).

Las medias de las asimetrías de las hembras fueron de 0.144 cm para el P. Natural, 0.146 cm para el P. Abandonado y finalmente de 0.08 cm para el P. Protegido, por lo que en general, fueron más simétricas que los machos (Fig. 21). El P. Natural presentó más hembras simétricas comparadas con los otros sitios.

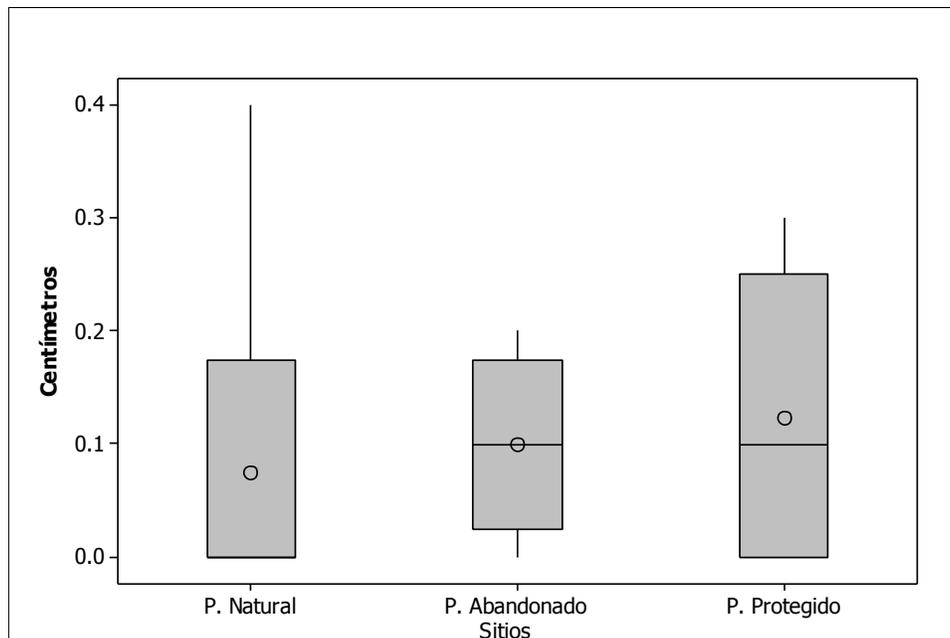


Figura 21: Asimetrías de las patas traseras de hembras de *Xerospermophilus perotensis* en los sitios de estudio. Se señala la media (o), mediana (-), dato atípico (\*), valores máximos y mínimos (I).

Por medio de una prueba de Kruskal-Wallis se analizaron las asimetrías de las patas traseras de las ardillas por sexos y sitios con el fin de conocer si existían diferencias significativas entre estos, sin embargo tales diferencias no existieron ( $H= 6.95$ ,  $gl= 5$  y  $p= 0.22$ )

## VII. DISCUSIÓN

Las densidades de la ardilla de Perote fueron similares en los sitios de estudio y variaron en los distintos meses, ya que es una especie sincrónica. Por ésta razón, las capturas de los diferentes sexos, edades y condiciones reproductivas también fue variable. Las distintas condiciones de los sitios de estudio, parece no estar limitando la presencia de la ardilla de Perote, aunque sí se mostró preferencia por habitar los sitios predominantes en pastos. Los datos obtenidos de la estructura y densidad poblacional indican que existe una disminución.

### VII. 2.1. Densidad

Las densidades de la ardilla de Perote en los sitios de estudio no presentaron diferencias significativas. Considerando lo sugerido por Van Horne (1983) acerca de utilizar la densidad como indicador de la calidad del ambiente, se puede decir que los sitios de estudio presentaron calidades similares.

El P. Protegido mostró tendencias a tener los valores más altos de éste parámetro poblacional, lo que se pudo deber a que las cercas y vigilancia que la zona posee, otorgan a la especie protección ante factores presentes en las otras áreas, como perros, personas y disturbios que esto conlleva (ruido, caza, paso de ganado). Sin embargo, la zona llegó a presentar pastizales altos e incluso arbustos, los cuales pudieron ser utilizados para evitar la depredación como ha sido reportado para *Cynomys ludovicianus* en zonas con vegetación densa en Chihuahua (Ávila-Flores 2009). Esto, a pesar de que las ardillas terrestres prefieren de sitios abiertos para estar atentas a depredadores (Hannon *et al.* 2006, Yensen y Sherman 2006). Hannon

*et al.* (2006) encontraron resultados similares con *Spermophilus armatus* en Yellowstone, aunque la vigilancia para evitar la depredación aumentó.

En el último muestreo de éste sitio, se presentó la tormenta tropical “Arlene”, la cual afectó severamente a Veracruz. Debido a esto, no se capturaron las ardillas, provocando un drástico declive en la densidad estimada del sitio.

A finales de enero, los sitios P. Natural, Abandonado y zonas aledañas fueron quemadas en su totalidad, lo cual pudo afectar el comportamiento de las ardillas y la oferta del ambiente (alimento, protección, etc.) hacia la misma (Humphrey 1962). A pesar del disturbio ambiental, se presentaron densidades similares a las registradas en abril (2011) para el P. Protegido. Castillo-Castillo (2009) reportó arados parciales en sus zonas de estudio, después de éstos, registró densidades similares de *Xerospermophilus perotensis* a las reportadas antes del disturbio.

En abril y junio (2010 y 2011) se presentaron las densidades más altas en los sitios de trabajo. Ya que es en abril cuando las ardillas emergen de la hibernación y comienza el período de apareamiento. En junio inician las lluvias y aumenta la oferta de recursos alimenticios (Martínez-Zárate 2000, Castillo-Castillo 2009).

En agosto las densidades disminuyeron, posiblemente por las fuertes lluvias y granizadas que se presentaron en las zonas de trabajo (Castillo-Castillo 2009, Van Horne 2007). En octubre también descendieron, producto de la disminución de la temperatura ambiental, escasez alimenticia e inicio de la hibernación (Valdez y Ceballos 1997).

Depredadores naturales de la ardilla de Perote como víboras de cascabel llaneras (*Crotalus scutulatus*), aguilillas rastreras (*Circus cyaneus*) y comadreas (*Mustela frenata*) se presentaron en el P. Natural y P. protegido. La lechuza (*Tyto*

*alba*) sólo se observó en el P. abandonado y el aguililla de cola roja (*Buteo jamaicensis*) sólo se registró en el P. Protegido (Lidicker Jr. 2007, Hoogland 2007). Estudios como los de Erlinge (1974) y Gehring y Swihart (2004) reportan que *M. frenata* presentó ámbitos hogareños menores en sitios en donde se presentaron altas densidades de presas; además de que podían afectar las densidades de los roedores presenten en dichos ámbitos, por las habilidades de caza y rápido metabolismo que éste mustélido posee (Lidicker Jr. 2007). Por lo que estos organismos pudieron influir en las densidades de la ardilla de Perote, ya que son presas potenciales para esos organismos (Best y Ceballos 1995, Lidicker Jr. 2007, Castillo-Castillo 2009).

La mayoría de las densidades reportadas en este estudio fue menor a 20 ind/ha. Castillo-Castillo (2009), en general, reportó en su trabajo densidades de la especie mayores a 20 ind/ha para áreas cercanas, aunque diferentes a las de este estudio. Considerando lo señalado por Hayssen (2008) como densidades mínimas para ardillas terrestres (20 ind/ha), se infiere que *X. perotensis* es una especie con poblaciones pequeñas y en descenso. Lo que puede ser producto de los disturbios ambientales, cambios en la disponibilidad de los recursos y presiones antrópicas (Hoffman *et al.* 2003).

Al obtener diferencias significativas entre las densidades y el número de animales que se sabe vivo de *X. perotensis*, se considera más apropiado el uso del número de animales que se sabe vivo para fines de conservación, sobretudo en especies en riesgo, ya que la mayoría de los índices sobreestiman el número de organismos presentes en un área (Caughley y Sinclair 1994).

## V. 2. 2. Estructura poblacional

No existieron diferencias significativas en los números de hembras y machos para los sitios de muestreo, por lo que, existieron proporciones similares de sexos. Sin embargo, se tuvo mayor frecuencia de captura de machos, lo que se pudo deber, al mayor rango de exploración de territorios que éstos presentan, por lo que resultan más fáciles de capturar que las hembras (Holekamp 1984, Yensen y Sherman 2006). La prueba estadística mostró 0.09 en cuanto al número de machos y hembras registrados por sitio de estudio, lo que lo hace cercano a ser diferente estadísticamente, esto se pudo deber a que en algunos muestreos no se capturaron machos, sumado que durante el último muestreo del P. Protegido se presentó una baja considerable de capturas de organismos con respecto a los demás sitios ocasionadas por las condiciones ambientales.

Las hembras fueron más abundantes en octubre para los tres sitios de estudio, ya que los machos son los primeros en entrar a hibernar (Yensen y Sherman 2003)

Los adultos fueron los más abundantes, presentando diferencias estadísticas con los juveniles, probablemente esto se deba a que por su temprana edad, estos no se capturaron o pudieron ser depredados (Hoffmann *et al.* 2004, Mendoza-Carreón 2009). Al tener pocos juveniles, se indica que la población no está creciendo y que posee pocas posibilidades para su desarrollo, ya que la población está envejeciendo y no está renovándose lo que puede traer un declive poblacional (Caughley y Sinclair 1994, Primack 2001).

En abril se registraron las abundancias más altas de juveniles y adultos, ya que coincide con la emergencia de la hibernación con el inicio del periodo reproductivo (Martínez-Zárate 2000, Castillo-Castillo 2009). Mendoza-Carreón (2009) y Castillo-Castillo (2009) reportaron resultados similares, sin embargo en el último estudio, la mayor abundancia de juveniles se reportó en agosto (2010) y en este trabajo fue en abril, lo que se pudo deber a la captura de los organismos, la cual puede variar dependiendo de las condiciones climáticas, así como de las propias condiciones de desarrollo de los organismos (Hoffmann *et al.* 2004). Martínez-Zárate (2000) reportó el comienzo de la emergencia de juveniles desde agosto.

Las condiciones sexuales de las ardillas fueron representadas en mayor número de individuos en abril y junio. Dichos meses abarcan el período reproductivo. Fueron menos abundantes en agosto y octubre, cuando la etapa reproductiva finaliza (Best y Ceballos 1995, Valdez y Ceballos 1997, Martínez-Zárate 2000, Castillo-Castillo 2009).

Las hembras jóvenes y adultas tuvieron pesos menores que los machos. Resultados similares para la especie fueron señalados por Mendoza-Carreón (2009) y Castillo-Castillo (2009). Hoogland (2003) reporta en las cinco especies de perritos de las praderas, pesos mayores para machos que para hembras. Lo que se puede deber a que los machos requieren de mayor masa corporal para la protección de sus territorios y actividades de exploración (Yensen y Sherman 2003).

Mendoza-Carreón (2009) obtuvo entre el 2008 y 2009, pesos promedio de *X. perotensis* más altos a los de este estudio. Castillo-Castillo (2009) reporta pesos

promedios inferiores a los de este trabajo, los cuales fueron obtenidos en el 2008 y 2009. Ambos estudios se realizaron en el Valle de Perote, sin embargo en sitios y tiempos distintos. El ambiente semiárido del Valle, tiene una capacidad de carga dependiente de las condiciones ambientales, por lo que cambia anualmente y se expresa en el peso de los organismos (Humphrey 1962, Orians y Wittenberger 1991, Schulte-Hostedde 2007).

El P. Protegido presentó los individuos y pesos promedios más altos para hembras juveniles y machos adultos, lo cual puede deberse a la protección que presenta la zona, así como el establecimiento de plantas y otros organismos que puede llegar a consumir, así como la reducción de riesgos de depredación.

A lo largo de los muestreos se presentaron ardillas (adultas) con pesos menores a los registrados en su primera captura, lo que representa una pérdida de masa corporal probablemente causada por el gasto energético enfrentado durante la hibernación, ya que la zona presenta poca disponibilidad de alimento en el invierno (Valdez y Ceballos 1997), así como una alimentación insuficiente para su mantenimiento durante esa temporada. Además de que las ardillas, pudieron sacrificar su peso por conseguir otros objetivos, como la defensa de su territorio, exploración, reproducción, etc. Estas acciones resultarían exitosas en animales con mayor peso (Millessi *et al.* 1999, Hoogland 2003, Schwanz 2006).

Considerando el peso como un indicador de la calidad de hábitat, se puede decir que no existieron diferencias entre los sitios de muestreo (Wauters y Dhondt 1989, Wauters *et al.* 1996, Hoogland 2003).

### V. 2. 2. 3. Áreas de actividad

No existieron diferencias estadísticamente significativas en el tamaño de los ámbitos hogareños de *X. perotensis* en los diferentes sitios de estudio, lo cual se pudo deber a que los organismos habitan en lugares que les proveen de recursos similares en las diferentes áreas de trabajo.

No se presentaron diferencias estadísticas en el tamaño de los ámbitos hogareños con respecto al sexo de las ardillas, concordando con el trabajo de Castillo-Castillo y González-Romero (2010). Aunque el tamaño de éstos sí difirieron de las de otros sciúridos, ya que se ha reportado que los machos presentan un ámbito hogareño mayor que las hembras (Wauters y Dhondt 1992, Hoffmann *et al.* 2003, Yensen y Sherman 2003).

También existió un contraste con el tamaño de las áreas señaladas para ambos sexos por Castillo-Castillo y González-Romero (2010), lo que pudo ser causado por las densidades de los organismos en esas áreas, las cuales fueron mayores que en este estudio. Orians y Wittenberger (1991) y Castillo-Castillo (2009) mencionan que entre mayores sean las densidades, menores serán las áreas de actividad de los organismos, así como la competencia por los recursos aumentará.

Al tener organismos que se desplazaron en ambos cuadros del P. Natural y Preotegido, se podría estar indicando una mayor exploración de territorios, búsqueda de pareja o alimenticia por parte de las ardillas, ya que como se ha señalado, éstas áreas fueron quemadas en su totalidad (Holekamp 1984, Orians y Wittenberger 1991).

Tanto en el P. Natural como en el P. Abandonado existieron solapamientos en las áreas de actividad. Se ha reportado que esto puede llegar a ocurrir en áreas de

machos con machos, pero no de hembras con hembras, ya que son más territoriales, por el cuidado de sus crías. Los machos llegan a permitir el encuentro con posibles compañeros, aunque también incrementan el riesgo del encuentro con competidores (Wauters y Dhondt 1992).

Al tener densidades similares en los sitios de estudio, se puede explicar el tamaño parecido de las áreas de actividad, ya que los ambientes podrían tener una oferta de recursos similar.

#### **V. 2. 4. Hábitat**

En lo que respecta a la parte del análisis del hábitat, el P. Natural y Protegido se agruparon en el conjunto de pastizales mejores conservados según el cluster de vegetación, por lo que no son ambientalmente distintos. Lo cual, puede explicar los valores de densidades similares registrados en esas zonas, ya que las ardillas cuentan con recursos similares para cubrir sus requerimientos, incluido el P. Abandonado a pesar de quedar excluido de este grupo.

El análisis de componentes principales (PCA) mostró resultados similares a los del cluster, sin embargo es en el primer análisis en donde se aprecia que los pastos y asteráceas determinan la composición de los sitios. La ardilla prefiere las áreas dominadas por pastos, ya que les proveen alimento, sombra y refugio (Morhardt y Gates 1974, Castillo-Castillo 2009). Llegan a consumir frutos, semillas y flores, las cuales pueden tener origen en las asteráceas (Humphrey 1962, Castillo- Castillo 2009). Estos recursos, pueden determinar el tamaño poblacional de la especie (Hoffmann *et al.* 2003, Van Horne 2007).

Las asimetrías de las patas traseras de las ardillas de Perote, no mostraron diferencias significativas entre los sitios de estudio, aunque puede que los disturbios que presentan los sitios aún no sean reflejados completamente en el fenotipo de los organismos (Clarke 1995). El P. Abandonado es el sitio con mayores disturbios y en donde se presentaron las asimetrías más grandes. Mendoza-Carreón (2009) encontró diferencias significativas en las patas de *X. perotensis*, señalando que las ardillas cercanas al municipio de Perote son las que presentan mayores asimetrías, posiblemente provocado por las presiones agrícolas y de desarrollo antrópico que existen en sus hábitat.

La quema de dos de las zonas de estudio pudo tener consecuencias dañinas ya que el fuego es considerado un severo disturbio ambiental para la vegetación original (Humphrey 1962). Los resultados del PCA y cluster, mostraron que son ambientes de pastizales. Se ha señalado que son áreas que continuamente se incendian de manera natural, por lo que son resistentes a estos fenómenos y su recuperación es rápida, si el incendio fue muy severo, bastará un año para lograrlo. Al tener nuevos pastos, los cuales son más nutritivos, digeribles y palatables, se presentan oportunidades para el desarrollo de los organismos ya que éstas propiedades se van perdiendo conforme su crecimiento y se manifiestan en la disminución del peso de los animales (Humphrey 1962).

Se sabe que en algunas zonas de pastizales, los incendios mantienen el aspecto natural de este tipo de ambientes, inhiben el establecimiento de arbustos y las cenizas fertilizan el suelo. Por lo que los incendios proveen de nuevos recursos y están lejos de ser perjudiciales para el ambiente (Humphrey 1962). Es importante remarcar que este fenómeno es natural, pero se le suman presiones antrópicas

como la agricultura, el arado de tierras que no se cultivan, el pastoreo y los caminos; lo que puede impedir una recuperación rápida y exitosa del ambiente, así como la sobrevivencia de organismos que lo habiten (Humphrey 1962, Stoddart *et al.* 1975, Valdez y Ceballos 1997).

La ardilla de Perote ha sido resistente a los disturbios naturales e inducidos, presenta una reducción constante de su área de distribución y la especie posee pocas habilidades de dispersión (Sánchez-Cordero *et al.* 2005, Mendoza-Carreón 2009). Las poblaciones de la especie son pequeñas, aisladas, con pérdida de diversidad genética y en descenso (Álvarez-Castañeda 2008, Ochoa 2008, Mendoza-Carreón 2009), por lo que la especie está enfrentado severos problemas para persistir y están aumentando los riesgos de extinción (Valdez y Ceballos 1997, Ávila-Flores 2009, Lidicker Jr. 2007).

Por todo esto, es importante el tomar las medidas correctas para un manejo de la especie y conservación de la misma y su hábitat (Valdez y Ceballos 1997, Álvarez-Castañeda 2008, Mendoza-Carreón 2009, Castillo-Castillo 2009) ya que es una especie endémica y con funciones determinantes en el ambiente. Por todas estas causas, se sugiere que la especie debe ser cambiada de “Amenazada” a “En riesgo de extinción” en la NOM-059-2001-ECOLOGÍA.

## CONCLUSIONES

1. Los sitios de estudio, en general, presentaron resultados similares en cuanto a las densidades. El valor más alto de este parámetro poblacional fue de 24 ind/ha y el más bajo fue de 2 ind/ha.
2. Las estructuras poblacionales de los sitios de muestreo, sólo presentaron diferencias significativas entre el número de juveniles y adultos.
3. El peso de los organismos, así como las asimetrías de las patas traseras, parámetros utilizados como indicadores de la calidad de hábitat, no mostraron diferencias entre los ambientes estudiados.
4. Los pastos y plantas compuestas definieron a los sitios habitados por la ardilla de Perote. Siendo los pastos *Bouteloua curtipendula* y *Aristida divaricata* las especies con las que existió mayor relación con los sitios de trabajo.
5. Las áreas de actividad de las ardillas de Perote, fueron semejantes entre sexos y los sitios de trabajo.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere el continuar con los muestreos de las poblaciones de *X. perotensis* en diferentes zonas del Valle de Perote, ya que como se ha señalado, la especie presentó serios descensos poblacionales en los últimos años. Es por esto, que se deben de saber los cambios poblacionales que va teniendo la especie y las causas de éstos para poder implementar las estrategias de manejo y conservación de la especie.

Se propone el realizar estudios complementarios de radiotelemetría para lograr conocer con mayor profundidad acerca de sus ámbitos hogareños, movimientos y hábitos dentro de los mismos.

También se recomienda la determinación de zonas de conservación del hábitat de la ardilla endémica de Perote, ya que el Valle de Perote presenta serios problemas de perturbación por lo que, con la protección de su ambiente no sólo se beneficiaría a la ardilla de Perote, sino a otras especies estrechamente relacionados con éste roedor.

Se propone el realizar pláticas con los ejidatarios acerca de permitir el curso de la naturaleza, no arando las tierras que no serán trabajadas, permitiendo el establecimiento de los organismos que habitan en esas zonas.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Castañeda, S. Castro-Arellano, I. Lacher, T. y E. Vázquez. 2008. *Spermophilus perotensis*. En: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011. 4. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/20489/0>
- Anderson, S. y K. Gutzwiller. 1996. Habitat evaluation methods. Pp. 592-605. En: Bookhout T. (Ed.). Research and management techniques for wildlife and habitats. The Wildlife Society. Bethesda, Maryland. EU. 740 pp.
- Arita, H. y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México, distribución y estado de conservación. Revista Mexicana de Mastozoología. 2: 33-71.
- Armitage, K. 1981. Sociality as a life-history tactic of ground squirrels. Oecologia. 48: 36-49.
- Arriaga, L., Espinoza J., Aguilar C., Martínez E., Gómez L. y E. Loa (Eds.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Ávila-Flores, R. 2009. Black-tailed prairie dog declines in northwestern Mexico: species-habitat relationships in a changing landscape. University of Alberta. Tesis de Doctorado. Canadá. 181 pp.
- Bailey, N. 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. Journal of Animal Ecology. 21:120-17.
- Bergstrom, C. y T. Reimchen. 2003. Assymetry in structural defenses: insights into selective predation in the wild. Evolution. 59: 2128-2138.
- Best, T. y G. Ceballos. 1995. *Spermophilus perotensis*. Mammalian Species. 507:1-3.

- Burt, W. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*. 24: 346-352.
- Castillo-Castillo, C. 2009. Densidad, estructura poblacional y hábitat de la ardilla endémica de Perote (*Spermophilus perotensis* Merriam, 1893). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. México. 80 pp.
- Castillo-Castillo, C. y A. González-Romero. 2010. Áreas de actividad de *Xerospermophilus perotensis*. *Therya*.1: 69-74.
- Caughley, G. 2000. Analysis of vertebrate populations. The Blackburn Press. New Jersey. EU. 234 pp.
- Caughley, G. y A. Sinclair. 1994. Wildlife Ecology and Management. Blackwell Science. New Jersey. EU. 334 pp.
- Ceballos, G. y L. Navarro. 1991. Diversity and conservation of mexican mammals. Pp.167-198. En: Mares, M. y D. Schmidly (Eds.). Latin American Mammalogy: History, Biodiversity and Conservation. University of Oklahoma Press, Norman.
- Ceballos, G., Rodríguez P. y R. Medellín. 1998. Assesing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemicity and endangerment. *Ecological Applications*. 8 (1): 8-17.
- Clarke, G. 1995. Relationships between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Conservation Biology*. 9 (1): 18-24.
- Delany, M. 1974. The ecology of small mammals. The Camelot Press Ltd. Southampton. 60 pp.
- Delgadillo, G. 2011. Distribución, selección de hábitat y densidad de la liebre torda (*Lepus callotis*, Wrangler, 1830) en el Valle de Perote. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A. C. México. 94 pp.

- Dimmick, R. y M. Pelton. 1996. Criteria of sex and age. Pp 169-214. En: Bookhout T. (Ed.). Research and management techniques for wildlife and habitats. The Wildlife Society. EU. 740 pp.
- Ebensperger, L. y D. Blumstein. 2007. Nonparental infanticide. Pp. 267-279. En: Wolff, J. y P. Sherman (Eds). Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Erlinge, S. 1974. Distribution, territoriality and numbers of the weasel *Mustela* in relation to prey abundance. *Oikos*. 25: 308-314.
- Gannon, W., Sikes S. y The Animal Care and Use Committee of The American Society of Mammalogists. 2007. Guidelines of The American Society of Mammalogists for the use of Wild Mammals in Research. *Journal of Mammalogy*. 88(3): 809–823.
- Gehring, T. y R. Swihart. 2004. Home range and movements of long-tailed weasels in a landscape fragmented by agriculture. *Journal of Mammalogy*. 85 (1): 79-86
- Gerez-Fernández, P. 1985. Uso del suelo durante cuatrocientos años y cambio fisionómico en la zona semiárida Poblano-Veracruzana, México. *Biótica*, 10 (2): 123-144.
- Gómez, E. 2005. Importancia del coyote para la ganadería en el Valle de Perote. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. 118 pp.
- González-Ruíz, N., Álvarez-Castañeda S. y S., Álvarez. 2005. Distribution, taxonomy and conservation status of the Perote mouse *Peromyscus bullatus* (Rodentia: Muridae) in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 14: 3423-3436.

- González-Gallina, A. Atropellamiento de fauna en el libramiento carretero Amozoc-Cantona-Perote (2010-2011). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. 73 pp.
- González-Romero, A. 2011. Comunicación personal.
- Gurnell, J. 1987. The Natural History of Squirrels. Christopher Helm Mammal Series. Inglaterra. 201 pp.
- Gurnell, J. y J. Flowerdew. 1994. Live trapping small mammals. A practical guide. The Mammal Society. Tercera edición. Inglaterra. 36 pp.
- Hafner, D. 1984. Evolutionary relationships of the Nearctic Sciuridae. Pp. 3-23. *En*: The biology of ground-dwelling squirrels. Murie, J. y G. Michener. 1984 (Eds.). University of Nebraska Press. EU. 459 pp.
- Hannon, M., Jenkins S., Crabtree R. y A. Swanson. 2006. Visibility and vigilance: behaviour and population ecology of Uinta ground squirrels (*Spermophilus armatus*) in different habitats. *Journal of Mammalogy*. 87 (2): 287-295.
- Hare, J. y J. Murie. 2007. Ecology, kinship and ground squirrel sociality: insights from comparative analyses. Pp 345-355. *En*: Wolff, J. y P. Sherman (Eds). *Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Harrison, R., Bogdanowicz S., Hoffmann R., Yensen E. y P. Sherman. 2003. Phylogeny and evolutionary history of the ground squirrels (Rodentia: Marmotinae). *Journal of Mammalogy Evolution*. 10 (3): 249-273.
- Hayssen, V. 2008. Reproductive effort in squirrels: ecological, phylogenetic, allometric and latitudinal patterns. *Journal of Mammalogy*. 89(3): 582-606.

- Helgen, K., Cole R., Helgen L. Y D. Wilson. 2009. Generic revisión in the Holartic ground squirrels genus *Spermophilus*. *Journal of Mammalogy*. 90 (2): 270-305.
- Hoffmann, I., Milessi E., Huber S., Lammina E. y J. Dittami. 2003. Population dynamics of european ground squirrels (*Spermophilus citellus*) in a suburman area. *Journal of Mammalogy*. 84(2): 615-626.
- Holekamp, K. 1984. Dispersal in ground-dweling sciurids. Pp. 297- 320. *En: The biology of ground-dwelling squirrels*. Murie, J. y G. Michener. (Eds.). University of Nebraska Press. EU. 459 pp.
- Holekamp, K. y P. Sherman. 1989. Why male ground squirrels disperse. *American Scientist*. 77: 232-239.
- Honeycutt, R., Frabutta L. y L. Rowe. 2007. Rodent evolution, phylogenetics and biogeography. Pp 8-26. *En: Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Hoogland, J. 2003. Sexual dimorsphism of prairie dogs. *Journal of Mammalogy*. 84 (4): 1254-1266.
- Hoogland, J. 2007. Conservation of prairie dogs. Pp. 472- 477. *En: Wolff, J. y P. Sherman (Eds). Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Humphrey, R. 1962. Range ecology. The Ronald Press. Company. EU. 234 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Anuario estadístico del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.  
[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=273,4569367&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=273,4569367&_dad=portal&_schema=PORTAL)  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=30>

- Johnson, M. 2005. Habitat quality: a brief review for wildlife biologists. Transactions of the Western Section of the Wildlife Society. 41: 31-41.
- Krausman, P. 2001. Introduction to wildlife management. The basics. Prentice Hall. EU. 478 pp.
- Lens, L. y S. Van Dongen. 2002. Fluctuating asymmetry as a bio-indicator in isolated population of the Taita thrush: a Bayesian perspective. Journal of Biogeography. 29: 809-819.
- Lidicker, W., Jr. 2007. Issues in rodent conservation. Pp. 453- 462. En: Wolff, J. y P. Sherman (Eds). Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Martín, G. 2010. Leptospirosis en la ardilla endémica de Perote (*Spermophilus perotensis*) y animales domésticos con que convive. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A. C. Veracruz. México. 129 pp.
- Martínez Zárata, A. 2000. Ciclo diario y estacional de actividad de la ardilla terrestre (*Spermophilus perotensis*) en Totalco, Municipio de Perote, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Veracruz. México. 53 pp.
- McGarigal, K., Cushman S. y S. Stafford. 2000. Multivariate statistics for wildlife and ecology research. Springer. EU. 383 pp.
- Medina, M. y M. Angulo. 1990. Atlas climático del Municipio de Perote (Estado de Veracruz). Instituto de Ecología, A. C. México.
- Mendoza-Carreón, G. 2009. Distribución y relaciones filogenéticas del moto (*Spermophilus perotensis*). Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A. C. México. 98 pp.

- Mercer, J. y L. Roth. 2003. The effects os Cenozoic global change on squirrel phylogeny. *Science*. 299:1568-1571.
- Millesi, E., Strijkstra A., Hoffmann I., Dittami J. y S. Daan. 1999. Sex and age differences in mass, morphology and annual cycle in european ground squirrels, *Spermophilus citellus*. *Journal of Mammalogy*. 80 (1): 218-231.
- Morhardt, S. y D. Gates. 1974. Energy-exchange of the belding ground squirrels and its habitat. *Ecological Monographs*. 44: 17-44.
- Nunes, S. 2007. Dispersal and philopatry. Pp. 150- 172. *En*: Wolff, J. y P. Sherman (Eds). *Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Ochoa, H. 2008. Diversidad y estructura genética espacio-temporal de la ardilla terrestre del Perote (*Spermophilus perotensis*): implicaciones para su conservación. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 53 pp.
- Orians, G. y J. Wittenberger. 1991. Spatial and temporal scales in habitat selection. *The American Naturalist*. 137: S29- S49.
- Owings, D. y D. Hennessy. 1984. The importance of variation in sciurid visual and vocal communication. *En*: *The biology of ground-dwelling squirrels*. Murie, J. y G. Michener. 1984 (Eds.). University of Nebraska Press. EU. 459 pp.
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría General de los Estados Americanos. Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. EU. 94 pp.

- Primack, R. 2001. Introducción a la biología de la conservación. Ariel. España. 288 pp.
- Rabinowitz, A. 1993. Wildlife Field Research and Conservation Training Manual. Paul-Art Press Inc. EU. 281pp.
- Roff, D. 1973. On the accuracy of same mark-recapture estimator. *Oecology*. 12:15-34.
- Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel P., Linaje M., Sarkar S. y A. Townsend. 2005. Deforestation and extant distribution of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation*. 126: 465-473.
- Schulte-Hostedde, A. 2007. Sexual size dimorphism in rodents. Pp 115-128. *En*: Wolff, J. y P. Sherman (Eds.). *Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.
- Schwanz, L. 2006. Annual cycle of activity, reproduction and body mass in mexican ground squirrels (*Spermophilus mexicanus*). *Journal of Mammalogy*. 87 (6): 1086-1095.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Nación (Segunda sección)*. México. 85 pp.
- Stoddart, L., Smith, A. y T. Box. 1975. Range management. Mc Graw Hill. Tercera edición. Nueva York. EU. 532 pp.

- Tang, Z. 1984. The role of olfactory communication in the social systems of ground-dwelling sciurids. Pp. 201- 225. *En: The biology of ground-dwelling squirrels.* Murie, J. y G. Michener (Eds.). University of Nebraska Press. EU. 459 pp.
- Valdez, M. 2003. Las ardillas de México. *Biodiversitas.* 51: 1-7.
- Valdez, M. y G. Ceballos. 1997. Conservation of endemic mammals of Mexico: the Perote ground squirrel (*Spermophilus perotensis*). *Journal of Mammalogy.* 78 (1): 74-82.
- Valdez, M. y G. Ceballos. 2003. Patrones de hibernación de ardillas de tierra (*Spermophilus mexicanus* y *S. perotensis*) en el centro de México. *Revista Mexicana de Mastozoología.* 7: 40-48.
- Valdez, M. y G. Ceballos. 2005. *Spermophilus perotensis* Merriam, 1893. Pp. 568-569. *En: Ceballos, G. y G. Oliva (Eds.). Los mamíferos silvestres de México. Colección de Obras de Ciencia y Tecnología. CONABIO. Fondo de Cultura Económica. DF. México. 986 pp.*
- Van Horne, B. 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management.* 47 (4): 893: 901.
- Van Horne, B. 2007. Conservation of ground squirrels. Pp 463-471. *En: Wolff, J. y P. Sherman (Eds). Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective. The University of Chicago Press. Chicago. EU. 610 pp.*
- Wauters, L. y A. Dhondt. 1989. Body weight, longevity and reproductive success in red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *Journal of Animal Ecology.* 58: 637-651.
- Wauters, L. y A. Dhondt. 1992. Spacing behaviour of red squirrels, *Sciurus vulgaris*: variation between habitats and the sexes. *Animal Behaviour.* 43: 297: 311.

Wauters, L., Dhondt A., Knothe H. y D. Parkin. 1996. Fluctuating asymmetry and body size as indicators of stress in red squirrels populations in woodland fragments. *Journal of Applied Ecology*. 33: 735-745.

Yensen, E. y P. Sherman. 2003. Ground squirrels. *En*: Fieldhamer G., B. Thomson y J. Chapman (Eds.). *Wild Mammals of North America. Biology, Management and conservation*. The Johns Hopkins University Press. Segunda Edición. EU. 1216 pp.

## APÉNDICES

I. Lista de especies vegetales registradas en el hábitat de *Xerospermophilus perotensis*.

Clave	Especie	Familia
1	<i>Agave</i> 11911	Agavaceae
2	<i>Amaranthus acutilobus</i>	Amaranthaceae
3	<i>Arenaria lycopodioides</i>	Caryophyllaceae
4	<i>Argemone mexicana</i>	Papaveraceae
5	<i>Aristida divaricata</i>	Poaceae
6	<i>Aristida havardii</i>	Poaceae
7	<i>Aster</i> sp.	Asteraceae
8	<i>Bahia pringlei</i>	Asteraceae
9	<i>Bidens anthemoides</i>	Asteraceae
10	<i>Bouteloua</i> sp.	Poaceae
11	<i>Bouteloua curtispindula</i>	Poaceae
12	<i>Bouteloua gracilis</i>	Poaceae
13	<i>Bouteloua pedicellata</i>	Poaceae
14	<i>Bouteloua scorpiodes</i>	Poaceae
15	<i>Bouteloua simplex</i>	Poaceae
16	<i>Brassica campestris</i>	Cruciferae
17	<i>Cardionema ramosissima</i>	Charyophyllaceae
18	<i>Castilleja moranensis</i>	Scrophulariaceae
19	<i>Cordia virescens</i>	Charyophyllaceae
20	<i>Chamaesyce postrata</i>	Euphorbiaceae
21	<i>Chamaesyce thymifolia</i>	Euphorbiaceae
22	<i>Cheilanthes bonaerensis</i>	Pteridaceae
23	<i>Cheilanthes lendigera</i>	Pteridaceae
24	<i>Chenopodium graveolens</i>	Chenopodiaceae
25	Compuesta 11001A	Asteraceae
26	Compuesta 11001B	Asteraceae
27	Compuesta 11911-1	Asteraceae
28	Compuesta 11919-1	Asteraceae
29	Compuesta 11991-1	Asteraceae
30	<i>Conyza filaginoides</i>	Asteraceae
31	<i>Conyza</i> sp1	Asteraceae
32	<i>Croton dioicus</i>	Euphorbiaceae

---

33	<i>Dalea bicolor</i>	Fabaceae
34	<i>Dichondra argentea</i>	Convolvulaceae
35	<i>Diodella teres</i>	Rubiaceae
36	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae
37	<i>Drymaria tenuis</i>	Caryophyllaceae
38	<i>Eragrostis mexicana</i>	Poaceae
39	<i>Erioneuron avenaceum</i>	Poaceae
40	<i>Erigeron pubescens</i>	Poaceae
41	<i>Erigeron</i> sp.	Onagraceae
42	<i>Gaura coccinea</i>	Onagraceae
43	<i>Gnaphalium canescens</i>	Asteraceae
44	<i>Gnaphalium gracile</i>	Asteraceae
45	<i>Gnaphalium indicum</i>	Asteraceae
46	<i>Gnaphalium oxyphyllum</i>	Asteraceae
47	<i>Gnaphalium stramineum</i>	Asteraceae
48	<i>Heliotropium confertifolium</i>	Boraginaceae
49	<i>Jaegeria hirta</i>	Asteraceae
50	<i>Leguminosa</i> sp.	Fabaceae
51	<i>Lepidium virginicum</i>	Cruciferae
52	<i>Lesquerella purpurea</i>	Cruciferae
53	<i>Lycurus phalaroides</i>	Poaceae
54	<i>Malva parviflora</i>	Malvaceae
55	<i>Mammillaria</i> 11911- 1	Cactaceae
56	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Cactaceae
57	<i>Microchloa kunthii</i>	Cactaceae
58	<i>Mollugo verticillata</i>	Molliginaceae
59	<i>Muhlenbergia dubia</i>	Poaceae
60	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Poaceae
61	<i>Muhlenbergia microsperma</i>	Poaceae
62	<i>Muhlenbergia rígida</i>	Poaceae
63	<i>Muhlenbergia repens</i>	Poaceae
64	<i>Muhlenbergia pubescens</i>	Poaceae
65	<i>Nama dichotomum</i>	Hydrophyllaceae
66	<i>Nama palmeri</i>	Hydrophyllaceae
67	<i>Nama undulatum</i>	Hydrophyllaceae
68	<i>Oenothera pubescens</i>	Onagraceae
69	<i>Opuntia rosea</i>	Cactaceae
70	<i>Opuntia</i> sp.	Cactaceae
71	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae
72	<i>Parthenium bipinnatifidum</i>	Asteraceae

---

---

73	<i>Pinnus montezuma</i>	Pinaceae
74	<i>Physalis orizabae</i>	Asteraceae
75	<i>Physalis patula</i>	Asteraceae
76	<i>Pilea microphylla</i>	Urticaceae
77	<i>Piptochaetium virescens</i>	Poaceae
78	<i>Plantago linearis</i>	Plantaginaceae
79	<i>Polypremum procumbens L.</i>	Tetrachondaceae
80	<i>Portulaca pilosa</i>	Portulacaceae
81	<i>Scleropogon brevifolius</i>	Poaceae
82	<i>Sitanion longifolium</i>	Poaceae
83	<i>Solanum rostratum</i>	Solanaceae
84	<i>Solanum sp.</i>	Solanaceae
85	<i>Stipa ichu</i>	Poaceae
86	<i>Tagetes coronopifolia</i>	Asteraceae
87	<i>Toraxacum officinale</i>	Asteraceae
88	<i>Trifolium goniocarpum</i>	Fabaceae
89	<i>Tridax coronopifolia</i>	Asteraceae
90	<i>Urocarpidium limense</i>	Malvaceae
91	<i>Verbena ciliata</i>	Verbenaceae
92	<i>Verbena gracilis</i>	Verbenaceae
93	<i>Villanova achillaeoides</i>	Asteraceae

---

## II. Resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP).

Clave	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1	-0.83829	1.362	-0.32419
2	-0.83829	1.362	-0.32419
3	-1.2212	0.35852	-0.6632
4	-1.3736	-2.12	-1.6775
5	1.8162	0.2125	-1.3832
6	-1.1398	-0.35064	0.96379
7	1.8151	1.0891	-0.41203
8	-1.0271	-0.79795	1.471
9	0.22388	-1.7296	0.42422
10	-1.0271	-0.79795	1.471
11	-0.0066738	-0.25454	1.0995
12	3.2186	0.87126	-0.42427
13	-0.72039	0.33423	-1.5067
14	1.8205	-1.256	-2.0815
15	-0.83829	1.362	-0.32419
16	-1.1086	-0.088791	-0.15596
17	3.1477	-2.3164	0.18844
18	-0.63892	-0.37493	0.12029
19	-0.83829	1.362	-0.32419
20	3.3365	-0.15647	-1.6068
21	3.3001	0.16209	1.2027
22	-1.2212	0.35852	-0.6632
23	-1.2212	0.35852	-0.6632
24	0.22388	-1.7296	0.42422
25	-1.0271	-0.79795	1.471
26	-1.0271	-0.79795	1.471
27	-0.83829	1.362	-0.32419
28	-0.83829	1.362	-0.32419
29	-0.63892	-0.37493	0.12029
30	-0.63892	-0.37493	0.12029
31	-1.0271	-0.79795	1.471
32	1.6983	1.2402	-0.20073
33	-1.1033	-0.6692	-1.8457
34	-0.24054	-2.0238	-1.5418
35	0.37628	0.7489	1.4385
36	-1.4101	-1.8014	1.132
37	-0.83829	1.362	-0.32419
38	-1.3736	-2.12	-1.6775

39	3.3001	0.16209	1.2027
40	-1.3736	-2.12	-1.6775
41	-0.63892	-0.37493	0.12029
42	-1.1086	-0.088791	-0.15596
43	1.5137	-2.3882	0.89623
44	-0.83829	1.362	-0.32419
45	-0.72039	0.33423	-1.5067
46	-0.83829	1.362	-0.32419
47	-0.99069	-1.1165	-1.3385
48	-0.99069	-1.1165	-1.3385
49	-0.83829	1.362	-0.32419
50	0.49317	-1.1669	1.2475
51	1.6274	-1.9474	0.41198
52	3.2186	0.87126	-0.42427
53	-0.83829	1.362	-0.32419
54	-0.90922	-1.8257	0.28852
55	-0.83829	1.362	-0.32419
56	-1.1398	-0.35064	0.96379
57	1.6983	1.2402	-0.20073
58	0.6467	0.43496	1.2906
59	-0.75682	0.65279	1.3028
60	-1.1398	-0.35064	0.96379
61	-1.2212	0.35852	-0.6632
62	0.37628	0.7489	1.4385
63	3.2186	0.87126	-0.42427
64	-1.1398	-0.35064	0.96379
65	1.7798	0.53106	1.4263
66	-1.0271	-0.79795	1.471
67	-0.99069	-1.1165	-1.3385
68	-0.63892	-0.37493	0.12029
69	-0.83829	1.362	-0.32419
70	-0.83829	1.362	-0.32419
71	0.29481	1.4581	-0.18849
72	1.6316	-3.4159	-0.28628
73	0.37628	0.7489	1.4385
74	-0.83829	1.362	-0.32419
75	0.6467	0.43496	1.2906
76	-0.83829	1.362	-0.32419
77	-0.83829	1.362	-0.32419
78	3.3365	-0.15647	-1.6068
79	-0.83829	1.362	-0.32419
80	0.29481	1.4581	-0.18849

---

---

81	3.3365	-0.15647	-1.6068
82	0.29481	1.4581	-0.18849
83	0.56523	1.1441	-0.33643
84	-0.63892	-0.37493	0.12029
85	-1.3736	-2.12	-1.6775
86	-0.83829	1.362	-0.32419
87	3.3001	0.16209	1.2027
88	-0.75682	0.65279	1.3028
89	0.37628	0.7489	1.4385
90	-0.75682	0.65279	1.3028
91	0.41272	0.43034	-1.371
92	1.1265	-1.9231	1.2555
93	-1.4101	-1.8014	1.132

---

---

III. Pesos máximos y mínimos de *Xerospermophilus perotensis* por sitio, sexo y edad.

Categoría	Sitio	Mínimo	Máximo
Machos juveniles	P. Natural	--	--
	P. Abandonado	90	168
	P. Protegido	112	162
Hembras juveniles	P. Natural	114	162
	P. Abandonado	92	158
	P. Protegido	120	164
Machos adultos	P. Natural	174	260
	P. Abandonado	170	240
	P. Protegido	162	294
Hembras adultas	P. Natural	154	190
	P. Abandonado	154	238
	P. Protegido	182	206

IV. Desviaciones estándar y promedios de los pesos de *Xerospermophilus perotensis* en los diferentes muestreos y sitios de estudio.

		Junio	Agosto	Octubre	Abril	Junio
P. Natural	Medias	199.52	197.7	152	177.2	194.4
	Desv. Estándar	23.4	39	36.2	44.5	16.2
P. Abandonado	Medias	203.4	130.5	167.6	180.7	201.2
	Desv. Estándar	19.3	46	9.7	39.7	18.7
P. Protegido	Medias	196.7	189.4	170.2	205.5	200
	Desv. Estándar	14.7	22.3	35.6	42.1	19.7

V. Desviaciones estándar de los pesos de *Xerospermophilus perotensis* por sexo y edad en los sitios de estudio.

Categoría	Sitios		
	P. Natural	P. Abandonado	P. Protegido
Machos juveniles	--	32	35.3
Hembras juveniles	16.2	23.7	15.6
Machos adultos	24	17	37.5
Hembras adultas	15	23.7	12.3