

Análisis demográfico de una especie en estado crítico de conservación: la ardilla de Perote

Sandra H. Montero-Bagatella^{1*} y Alberto González-Romero¹

Introduction: The density and structure of populations are basic demographic parameters to calculate for species with a conservation concern. The endemic Perote ground squirrel (*Xerospermophilus perotensis*) is distributed in the Oriental Basin, in the states of Puebla, Veracruz and Tlaxcala (Mexico). At present, this squirrel is facing serious conservation problems because their habitat has been drastically reduced and transformed, mainly by the conversion to agricultural lands, causing that it only persist in small and isolated populations. The International Union for Conservation of Nature and the Mexican government has classified this species as endangered and threatened respectively. Inasmuch as the species has a restricted distribution, small population and reduced habitat, our aim was to obtain the basic population parameters such as density and population structure.

Methods: From years 2010 to 2011 we captured, marked, and recaptured individuals of *X. perotensis* to determine the age (juveniles and adults), weight, sex ratio and reproductive status (scrotal testes in males or pregnancy and lactation signs in females) in three sites in the Perote Valley, Veracruz, Mexico. The plant associations were the main difference among these sites. All samplings were carried out every two months just including the activity period of the squirrel (April-October).

Results: The population parameters evaluated showed similar values at the three study sites (Figure 1). The densities were higher in April-June (breeding season) with 24 ind/ha and lowest in October (beginning hibernation) with 2 ind/ha. Adults predominated in all sites (Figure 2). Juveniles were more abundant in August. The highest number of individuals with reproductive characters (scrotal testes, pregnancy or lactation signs) was found in June (Figure 3). Densities were higher in April-June (breeding season) with 24 ind/ha and lowest in October (beginning hibernation) with 5 ind/ha. The number of juveniles and adults showed significant differences ($P = 0.002$).

Discussion and Conclusions: The results indicate that the population of the Perote ground squirrel is declining and shows low population recruitment. Also their habitat is being transformed rapidly and offers few opportunities for the development of the species. We suggest that the species should be categorized as an endangered species instead of threatened in Mexico. Also, farmers could allow the establishment of animals when they do not use the land, this action can stimulate the population growth.

Key words: endemic species, density, ground squirrel, population structure, Veracruz.

Resumen

Los parámetros poblacionales permiten conocer 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

¹Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México. E-mail: helena.bagatella@gmail.com (SHMB), alberto.gonzalez@inecol.edu.mx(AGR).

*Corresponding author

conservación, ya que su hábitat se ha transformado y reducido drásticamente. Con el fin de obtener conocimiento acerca de las poblaciones de esta especie, entre los años 2010 y 2011 se evaluaron y compararon las densidades y estructuras poblacionales (edades, proporción de sexos y estado reproductivo) en tres sitios con diferente grado de perturbación dentro del Valle de Perote, Veracruz, México. La estructura poblacional y densidad se estudiaron mediante el método de captura-marcaje-recaptura en dos cuadros de una hectárea (por sitio), con un esfuerzo de muestreo total de 3,240 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 de la hibernación) con 2 ind/ha. Respecto a las clases de edades, los adultos predominaron en los tres sitios. Los juveniles fueron más abundantes en agosto. En junio se presentó la mayor cantidad de individuos con características reproductivas (testículos escrotados, estado de preñez o lactancia). Los resultados encontrados aportan conocimiento básico sobre la ecología de esta especie que puede ser utilizado en futuros planes de conservación ya que la especie enfrenta densidades poblacionales bajas.

Palabras clave: ardilla terrestre, densidad, especie endémica, estructura poblacional, Veracruz.

Introducción

La ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis*, Merriam 1893) es también conocida localmente como moto o chichilote. Es endémica de la zona semiárida poblano-veracruzana, la cual forma parte de la Cuenca de Oriental y se encuentra entre dos cadenas montañosas, la del Cofre de Perote y la Sierra Norte de Puebla, esta ubicación le permite presentar condiciones únicas en las que se desarrollaron varias especies endémicas de plantas y animales (Best y Ceballos 1995; Sánchez-Cordero *et al.* 2005), destacando otros roedores como *Cratogeomys fulvescens*, *Neotoma nelsoni* y *Peromyscus bullatus* (Hafner *et al.* 2005; González-Ruiz *et al.* 2006). El incremento de la agricultura en esta área, la deforestación sistemática, el pastoreo, quema y la erosión de las tierras, ha ocasionado la alteración, reducción y fragmentación del hábitat de la ardilla (Gerez-Fernández 1985; Arriaga *et al.* 2000). Debido a esto, la especie se encuentra clasificada como amenazada dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN; Álvarez- Castañeda *et al.* 2008).

La ardilla de Perote es diurna, altamente social, principalmente herbívora y de hábitos semifosoriales, es decir, construye madrigueras en las cuales realizan actividades reproductivas, de cuidado parental y de refugio (Best y Ceballos 1995; Castillo-Castillo 2009; Castillo-Castillo y González-Romero 2010). Esta ardilla tiene una longitud total de 24.3 a 26.1 cm, un peso que varía de 175 a 270 g (Best y Ceballos 1995) y no presenta dimorfismo sexual (Valdez y Ceballos 2003). Su período reproductivo inicia en mayo y finaliza en agosto (Yensen y Sherman 2003; Castillo-Castillo 2009). Su gestación dura de 28 a 30 días y tienen en promedio cuatro crías por camada. Su período de hibernación ocurre de octubre a finales de marzo (Valdez y Ceballos 1997; Castillo-Castillo 2009), en los cuales pueden llegar a tener pequeños intervalos de actividad para la alimentación (Valdez y Ceballos 1997). Prefiere habitar áreas con pastizales cortos (*Stipa ichu*, *Dichondra*

argentea, *Bouteloua scorpioides*, *Aristida divaricata*), lo que les permite estar atentas a los depredadores (Yensen y Sherman 2003; Hannon *et al.* 2006). También habitan en zonas abiertas con algunos matorrales xerófilos, así como en zonas agrícolas de cebada y alfalfa (Best y Ceballos 1995; Mendoza-Carreón 2009).

Las ardillas terrestres son consideradas especies clave, ya que al excavar y construir sus madrigueras proveen a los ecosistemas de beneficios como la infiltración de agua y germinación de semillas. Además son una importante fuente de proteína para aves (aguilillas, halcones), reptiles (serpientes) y otros mamíferos (comadrejas y cánidos; Stoddart *et al.* 1975; Valdez 2003; Yensen y Sherman 2003). Son territoriales, lo cual se intensifica en la temporada de apareamiento o de lactancia (Yensen y Sherman 2003). Los machos viven menos ya que son más susceptibles a la depredación durante los movimientos de dispersión y/o por las heridas de peleas, pero pueden llegar a tener una vida media de 6 años (Holekamp y Sherman 1989; Hayssen 2008).

En general, las densidades poblacionales de las ardillas terrestres varían y dependen de la época del año (hibernación), enfermedades, abundancia de depredadores o transiciones del hábitat (calidad de los recursos alimenticios), pero comúnmente se encuentran a más de 20 adultos por hectárea, aunque con la emergencia de los juveniles puede aumentar hasta más de 50 animales por hectárea (Yensen y Sherman 2003).

Estudiando la densidad poblacional se puede conocer la viabilidad de la población y su estado de conservación (Van Horne 1983). La densidad se define como el número total de individuos presentes en un área en un tiempo dado (Caughley 2000) y puede variar a causa de que las poblaciones pueden aumentar y/o disminuir de manera azarosa o estabilizarse por los nacimientos, muertes y movimientos migratorios (Hoffmann *et al.* 2003). Las densidades pueden verse influidas por el uso que los individuos le dan a los recursos ambientales, 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 conforman la estructura poblacional, la cual se refiere a la proporción de sexos (número de machos y hembras), categorías de edades (crías, juveniles y adultos) y al estado reproductivo (hembras gestantes, lactantes, etc.) que presentan los individuos (Caughley 2000). Éstos parámetros interactúan dinámicamente con los patrones de sobrevivencia, reproducción y dispersión, por lo que pueden dar indicios sobre el incremento, disminución o estabilidad de las poblaciones a futuro (Caughley 2000).

Una forma de evaluar la densidad y estructura poblacional es por medio del método de captura-marcaje-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 manera de evaluar estos parámetros, es la del número mínimo de animales que se saben vivos, la cual consiste en el conteo de los animales capturados durante cada evento de muestreo (Caughley y Sinclair 1994).

Es de importancia obtener conocimiento acerca de las condiciones del hábitat de las especies que presentan problemas de conservación (Krausman 2001). El peso corporal de los adultos puede ser usado como indicador de la calidad del hábitat. Wauters y Dhondt (1989) utilizando ardillas rojas sugieren que el peso corporal tiene una relación positiva en cuanto a la dominancia, éxito reproductivo y sobrevivencia (especialmente durante el período de hibernación), así como puede variar dependiendo de las estaciones del año y al

alimento (Wauters y Dhondt 1989, 1992). El objetivo de este trabajo fue conocer el estado actual que presentan las poblaciones de *X. perotensis*, en tres sitios del Valle de Perote, para lo cual se analizó su densidad y estructura poblacional a lo largo de un año de muestreo.

Material y Métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en la zona semiárida del Valle de Perote, ubicado en el municipio de Perote, Veracruz, México. La altitud varía entre 2,300 y 2,700 m. El clima 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 precipitación media anual es de 500 mm. El porcentaje de lluvias de verano es del 5 al 10.2 % anual; en el invierno es menor al 5 % (Gerez-Fernández 1985; Medina y Angulo 1990).

Dentro del Valle de Perote se presentan áreas con diversos tipos de vegetación como el bosque de pino encino (*Pinus spp* y *Quercus spp*), bosque de táscate (*Juniperus deppeana*), matorral rosetófilo (*Yucca periculosa*, *Nolina parviflora*, *Agave horrida*), pastizal natural (*Scleropogon brevifolius*, *Erioneuron avenaceum*) e inducido (*Muhlenbergia quadridentata*, *Aristida divaricata*) y vegetación halófila (*Bouteloua scorpioides*, *Atriplex linifolia*) (Gerez-Fernández 1985; Delgadillo 2011).

Sitios de muestreo

Se escogieron tres sitios dentro del Valle de Perote, los cuales se diferenciaron principalmente por sus asociaciones vegetales. Sitio 1: Pastizal Natural, en el que predominaron los pastos cortos y amacollados que no superaron los 20 cm de altura. Fue el sitio más abierto y plano de los tres sitios, en el cual se presentó el pastoreo de ganado ovi-caprino en algunas ocasiones. El sitio 2, Pastizal Abandonado, presenta pastos amacollados más altos que en el sitio anterior y más densos, así como algunos arbustos (*Senecio salignus*). Presentó surcos y bordes como preventivos contra la erosión. Pertenece al ejido Perote y está dedicado a la conservación desde hace 22 años aproximadamente; en el centro de este sitio existe una zona reforestada con pinos principalmente piñoneros (*Pinus cembroides*) y aunque está prohibido el pastoreo, éste se presentó esporádicamente. El sitio 3, Pastizal Protegido es una zona de cultivo abandonada aproximadamente hace 12 años, posee un cercado de alambre de púas y vigilancia con el fin de evitar el pastoreo, ya que dentro de este sitio se encuentra la planta de alimentos de Granjas Carroll de México. Presentó algunos bordos que servían para delimitar antiguas parcelas agrícolas en las que se distingue la presencia del zacate amacollado (*Jarava ichu*). También se presentó una sucesión del pastizal nativo avanzada así como de algunos nopalitos (*Opuntia spp*) y arbustos (*S. salignus*).

Las especies de pastos dominantes en los tres sitios de estudio fueron *Bouteloua curtipendula* y *Aristida divaricata*. También las asteráceas pertenecientes al género *Gnaphalium* fueron importantes (Montero-Bagatella 2011).

En cada uno de los sitios, se establecieron dos cuadrantes de una hectárea cada uno, separados entre si por 100 m. En cada cuadro se colocaron 36 trampas Sherman de 30x10x8 cm, separadas 20 m entre si y formando una red de trampas. Las trampas se cebaron con hojuelas de avena y crema de cacahuate y estuvieron activas de las 8:30 AM a las 15:00 hrs (Gurnell y Flowerdew 1994, Castillo-Castillo 2009). Cada cuadrante se trampeó durante tres días consecutivos y cada dos meses, abarcando el período de actividad de las ardillas (abril-octubre), iniciando los muestreos en junio del 2010 y finalizando en junio de 2011.

Los individuos colectados se marcaron por medio de la ectomización de falanges, se les determinó su sexo, peso y características indicativas de etapa reproductiva como testículos escrotados en machos; glándulas mamarias visibles que manifestaran estado de preñez o de lactancia en hembras (Gurnell y Flowerdew 1994; Castillo-Castillo 2009), finalmente los animales fueron liberados *in situ* (Sikes *et al.* 2011). Se consideraron como adultos a los individuos que pesaron más de 170 g o con características físicas reproductivas (Gurnell y Flowerdew 1994; Dimmick y Pelton 1996; Castillo-Castillo 2009). Los individuos con un peso inferior a 170 g y sin las características reproductivas antes mencionadas fueron considerados como juveniles (Castillo-Castillo 2009).

A los datos de sexos, edades y características sexuales de las ardillas se les aplicó una prueba de normalidad de Anderson-Darling. Con base en esta, se elaboró un Modelo Lineal Generalizado (MLG) con el fin de comparar la frecuencia de sexos entre sitios y entre meses. Del mismo modo fueron comparadas las edades. Las características sexuales fueron analizadas por sitio y mes por medio de una prueba de Kruskal-Wallis.

Para la estimación de la densidad de las ardillas, se utilizaron dos métodos: el número de animales que se saben vivos (Caughley y Sinclair 1994) y el índice de Lincoln-Peterson, modificado para muestras pequeñas (Bayley 1952; Roff 1973). Se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling y se procedió a realizar un MLG. En todos los análisis estadísticos anteriormente mencionados, se utilizó un valor de $P < 0.05$.

Resultados

Densidad. Con un esfuerzo de muestreo de 3,240 días/trampa (1,080 días/trampa por sitio) se obtuvieron 175 eventos de captura-recaptura y se capturaron un total de 85 ardillas. Al comparar la densidad con el número de animales que se sabe vivo (Figura 1), se observa que los tres primeros meses tuvieron valores similares para los tres sitios de estudio, sin embargo en los meses posteriores las densidades difieren del número de animales que se saben vivos. Las densidades obtenidas por medio del índice de Lincoln-Peterson muestran valores más altos en junio de 2010 y 2011 para los tres sitios de estudio.

Tabla 1. Proporciones de sexos (hembras por machos) de *Xerosppermophilus perotensis* por mes en los tres sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.

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

No se encontraron diferencias significativas entre los sitios ($F = 1.08$, *g. l.* = 2 y $P = 0.38$), meses ($F = 1.28$, *g. l.* = 4 y $P = 0.46$), pero sí en el número de animales que se saben vivos y la densidad obtenida utilizando el índice de Lincoln-Peterson ($F = 0.98$, *g. l.* = 1 y $P = 0.007$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en las interacciones entre sitio-mes ($F = 1.28$, *g. l.* = 8 y $P = 0.36$), sitio-índice-número de animales que se sabe vivo ($F = 0.98$, *g. l.* = 2 y $P = 0.41$).

Estructura poblacional. Se capturaron 29 hembras y 56 machos en total, la proporción de hembra-macho de (1:1) fue registrado en pocas ocasiones (Tabla 1). En agosto y octubre las capturas de machos disminuyeron e incluso no se capturaron en dos de los sitios de estudio. El MLG indicó que no hubo diferencias en el número de individuos registrados en los diferentes sitios ($F = 0.42$, $g. l. = 4$, $P = 0.67$), en los meses ($F = 0.41$, $g. l. = 4$, $P = 0.79$) y entre sexos ($F = 4.16$, $g. l. = 1$, $P = 0.11$). Tampoco existieron diferencias en las interacciones entre sitios-meses ($F = 2.04$, $g. l. = 8$, $P = 0.16$), sitios-sexos ($F = 3.15$, $g. l. = 2$, $P = 0.09$), ni meses-sexos ($F = 0.32$, $g. l. = 4$, $P = 0.84$).

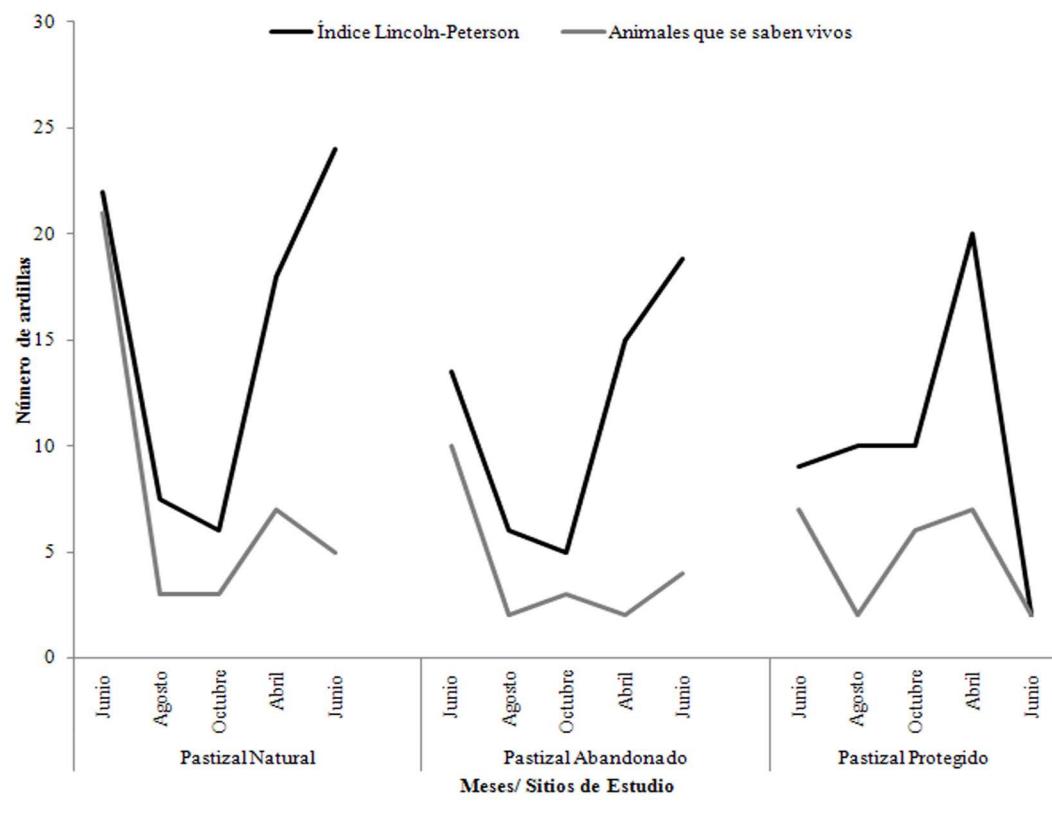


Figura 1. Comparación de la densidad obtenida por el índice de Lincoln y el número de animales que se saben vivos.

Edades. Los adultos fueron registrados con mayor frecuencia en los tres sitios de estudio durante todo los muestreos. En octubre y abril fueron registradas las frecuencias más altas de juveniles y fue en junio del año 2010 y del 2011 cuando se presentaron los valores más bajos de esta categoría de edad (Figura 2). No existió diferencia significativa de las edades entre los sitios ($F = 0.51$, $g. l. = 2$ y $P = 0.62$), ni entre meses ($F = 0.44$, $g. l. = 4$ y $P = 0.77$), pero sí en el número de adultos y juveniles ($F = 0.98$, $g. l. = 1$ y $P = 0.002$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ($F = 1.36$, $g. l. = 8$ y $P = 0.33$), meses-clase de edad ($F = 2.27$, $g. l. = 4$ y $P = 0.16$) y sitio-edad ($F = 0.75$, $g. l. = 4$ y $P = 0.58$).

Características reproductivas. Las características reproductivas de los individuos analizados mediante la prueba de Kruskal-Wallis no mostraron diferencias significativas entre los diferentes muestreos y sitios de estudio ($H = 33.04$, $g. l. = 34$, $P = 0.51$). Sin embargo, los machos con testículos escrotados y las hembras adultas no preñadas predominaron en los tres sitios de estudio y fueron más frecuentes en abril. Las hembras preñadas y lactantes fueron capturadas en menor proporción; en junio del 2010 y 2011 fueron más frecuentes (Figura 3).

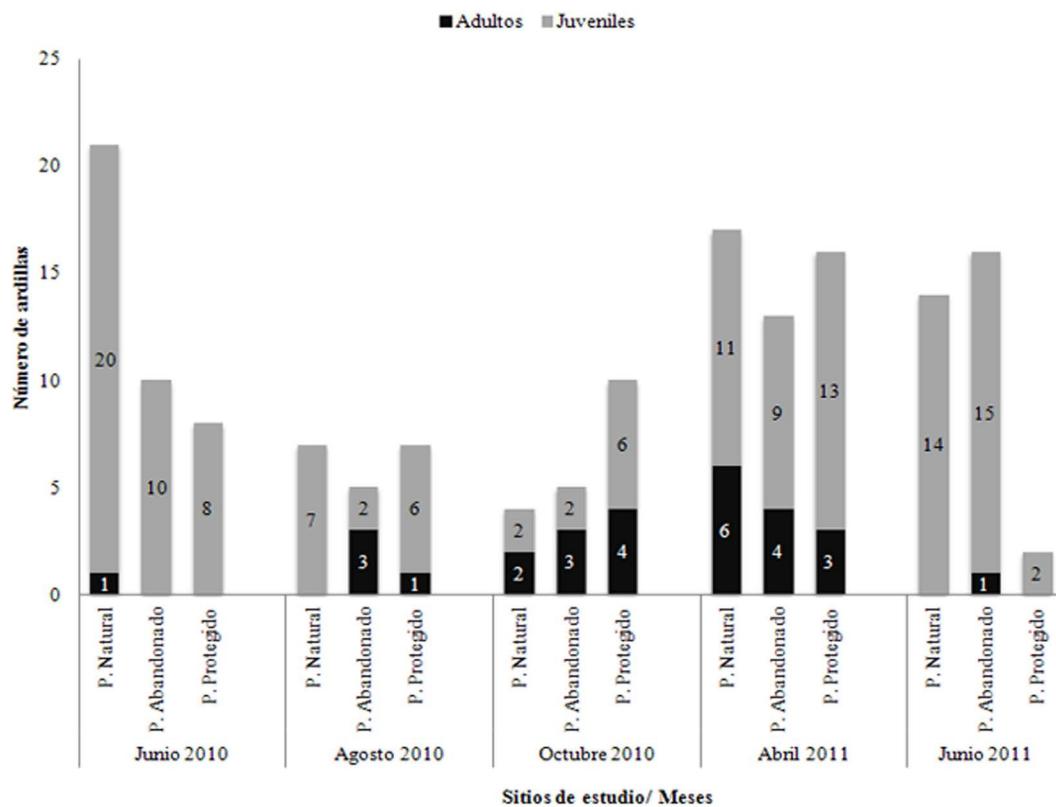


Figura 2. Variación en la edad relativa de la ardilla de Perote capturadas a lo largo del estudio en los diferentes meses y sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.

Figura 3. Estados reproductivos de las ardillas de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Pesos. Los machos tuvieron un peso promedio mayor que las hembras en las dos categorías de edades para los tres sitios estudiados (Tabla 2). El MLG no mostró diferencias significativas entre los pesos de las ardillas jóvenes en los diferentes sitios, meses y sexos. Tampoco existió diferencia significativa entre los sitios ($F = 2.65$, $g. l. = 2$ y $P = 0.13$), sexos ($F = 2.16$, $g. l. = 1$ y $P = 0.21$) y meses ($F = 2.56$, $g. l. = 4$ y $P = 0.21$). De igual forma no se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ($F = 1.19$, $g. l. = 8$ y $P = 0.40$) y sexo-mes ($F = 1.70$, $g. l. = 4$ y $P = 0.24$). Sólo existieron diferencias significativas entre sitio-sexo ($F = 4.3$, $g. l. = 2$ y $P = 0.05$).

Tabla 2. Promedio general de los pesos en gramos de las ardillas de Perote capturadas en los tres sitios 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	209.9
Hembras Adultas	189.7

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

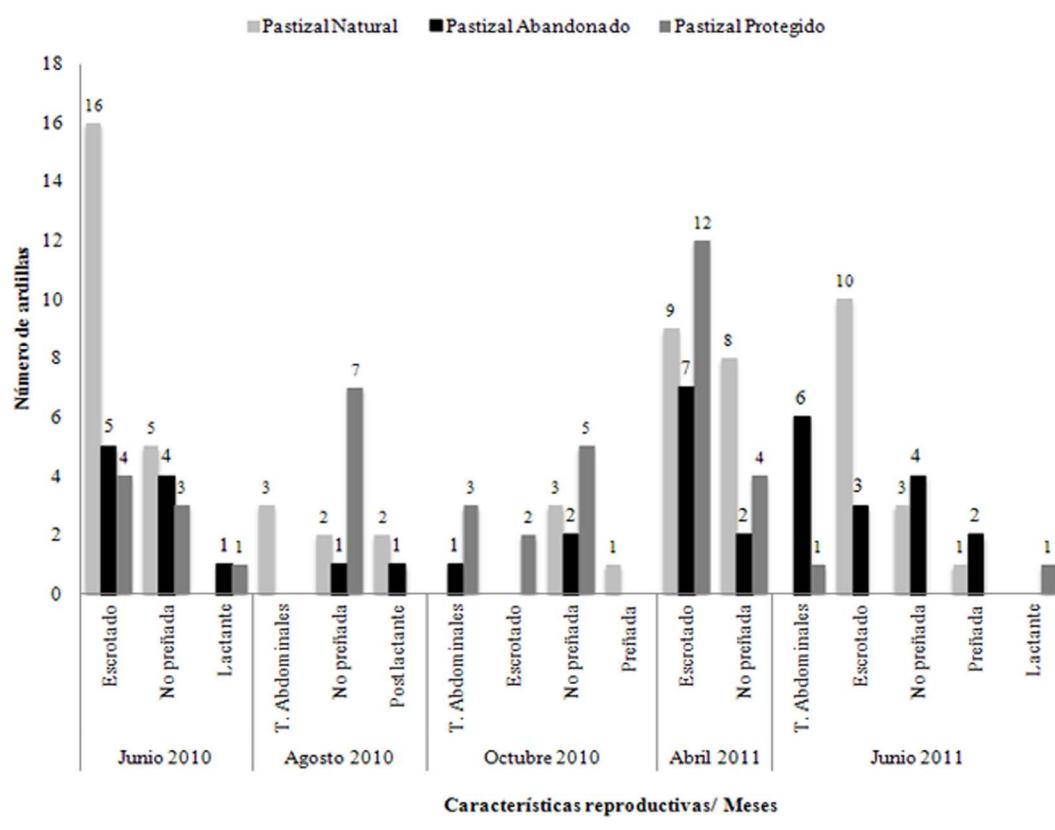


Figura 3. Estados reproductivos de las ardillas de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Discusión

Las densidades de la ardilla de Perote no presentaron diferencias significativas para los sitios de estudio. Las densidades más altas se registraron en abril y junio (2010 y 2011), lo que se debe a que en abril las ardillas emergen de la hibernación e inicia el período reproductivo. Por otra parte, en junio con el comienzo de la temporada de lluvias, la oferta de recursos alimenticios aumenta, teniendo entonces un mayor número de individuos en las zonas de estudio, esto concuerda con lo encontrado anteriormente por Castillo-Castillo (2009). La disminución en las capturas de ardillas en agosto, posiblemente fue debido a las fuertes lluvias y granizadas que se presentaron en toda la zona de estudio (Van Horne 2007; Castillo-Castillo 2009). Las pocas capturas en octubre, posiblemente se debieron a las bajas temperaturas, escasez de recursos e inicio de la hibernación como fue documentado por Valdez y Ceballos (1997).

En el pastizal protegido se registraron los valores más altos de densidad, esto a pesar de que en esta área hay pastos amacollados densos, algunos nopalitos y arbustos, lo cual pudo deberse al efecto de la cerca y vigilancia que hay en esta área, ya que se reducen los factores negativos presentes en los otros sitios de trabajo, como perros, personas y disturbios como el ruido vehicular, caza y ganado. Ávila-Flores (2009) reportó que los perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) utilizan la vegetación alta y densa como estrategia contra la depredación a pesar de su preferencia por los sitios abiertos para detectar a los depredadores (Hannon *et al.* 2006; Yensen y Sherman 2006), este comportamiento probablemente esté ocurriendo con las ardillas de Perote de este sitio. En el último muestreo de este sitio en junio de 2011 los sitios de muestreo se vieron

afectados por la tormenta tropical "Arlene", la cual afectó severamente a Veracruz y por consiguiente a nuestro muestreo, ya que en este mes, no se capturó ninguna ardilla.

A finales de enero (2011) los sitios Pastizal Natural, Pastizal Abandonado y zonas aledañas se incendiaron en su totalidad por quemas agrícolas descontroladas. Esto pudo haber afectado a las ardillas, particularmente en su peso corporal, ya que alemerger de la hibernación se enfrentaron a un cambio radical en la oferta alimenticia, de refugio y en general de su hábitat (Humphrey 1962). A pesar de este severo disturbio ambiental se registraron densidades similares a las del Pastizal Protegido en abril (2011). Castillo-Castillo (2009) reportó un fenómeno similar al obtener densidades parecidas de *X. perotensis* a las registradas antes de que su zona de estudio fuera arada.

En el transcurso de este estudio, se registraron más depredadores naturales de la ardilla de Perote que en otros años, tales como víboras de cascabel (*Crotalus scutulatus*), aguilillas (*Circus cyaneus*, *Buteo jamaicensis*), lechuzas (*Tyto alba*) y comadrejas (*Mustela frenata*), los que pudieron influir en las densidades encontradas de ardillas, ya que son un recurso alimenticio importante para otros varios vertebrados (Best y Ceballos 1995; Lidicker Jr. 2007; Castillo-Castillo 2009).

Las densidades reportadas en este estudio, en su mayoría fueron menores a 20 ind/ha. Castillo-Castillo (2009) registró en áreas cercanas a las de este trabajo, densidades superiores a 50 ind/ha, por lo que al considerar lo señalado por Yensen y Sherman (2003) que 20 ind/ha es la densidad mínima para ardillas terrestres, se puede afirmar que *X. perotensis* presenta poblaciones pequeñas y en descenso, producto de los disturbios ambientales, presiones antrópicas y cambios en la disponibilidad de los recursos presentes en la zona de estudio (Hoffman *et al.* 2003).

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

Estructura poblacional. El número de hembras y machos registrados fue cercano a la diferencia estadística ($P = 0.09$). Lo cual pudo deberse a que la captura de machos es más frecuente que en hembras, ya que su comportamiento exploratorio y territorios son más amplios, resultando más susceptibles a la captura que las hembras (Holekamp 1984; Yensen y Sherman 2006) por lo que resultan cursos ya que necesitan desplazarse grandes distancias para obtener sus principales recursos.

Los adultos fueron los más abundantes, presentando diferencias estadísticas con los juveniles, lo que pudo ser causado a que por la temprana edad de éstos últimos no se capturaron por estar bajo el cuidado materno dentro de sus madrigueras o bien, pudieron ser depredados entre los muestreos (Hoffmann *et al.* 2004; Mendoza-Carreón 2009). El tener registrados pocos juveniles indica que la población no está creciendo, que presenta pocas posibilidades para su desarrollo ya que la población está envejeciendo y no se está renovando (Caughley y Sinclair 1994). Las abundancias más altas de juveniles y adultos se registraron en abril, coincidiendo con el fin de la hibernación y comienzo del periodo reproductivo (Castillo-Castillo 2009; Mendoza-Carreón 2009).

Las condiciones reproductivas de las ardillas se reportaron con mayor frecuencia en abril y junio. En agosto y octubre las capturas de individuos con condiciones reproductivas

fueron menores, esto muestra que tenemos una especie con un período reproductivo bien definido regido por las condiciones ambientales (Best y Ceballos 1995; Valdez y Ceballos 1997; Castillo-Castillo 2009). Estas condiciones también afectan los recursos alimenticios, provocando un impacto directo en el peso de las ardillas (Humphrey 1962; Orians y Wittenberger 1991; Schulte-Hostedde 2007). El peso de los individuos varió a lo largo de los meses de estudio y difirió de lo reportado en otros estudios realizados en la zona (Castillo-Castillo 2009; Mendoza-Carreón 2009). La quema de dos de los sitios de trabajo pudo ser causa de estas diferencias, ya que pudo perderse oferta alimenticia y energía en la búsqueda de estos recursos. La propia exploración, defensa de su territorio, reproducción y gasto energético durante la hibernación (Millessi *et al.* 1999; Hoogland 2003; Schwanz 2006) también pudieron ser consecuencia de las diferencias de pesos corporales de los individuos de la especie. Esta pérdida fue más evidente en las hembras, ya que invierten mayor energía en la reproducción y cuidado parental (Hoogland 2003; Yensen y Sherman 2003). En el Pastizal Protegido se registraron los individuos con pesos promedios más altos para hembras juveniles y machos adultos, pudiendo ser resultado de la protección que presenta la zona al permitir el establecimiento de plantas y otros organismos que la especie puede llegar a consumir.

Pocos son los estudios demográficos que se tienen de la especie, Castillo-Castillo (2009) indica que las poblaciones de la ardilla de Perote están en descenso y los resultados de este estudio también lo respaldan. Este declive poblacional en consecuencia provoca pérdida de diversidad genética, y bajo reclutamiento (Sánchez-Cordero *et al.* 2005; Álvarez-Castañeda *et al.* 2008; Mendoza-Carreón 2009; Ochoa *et al.* 2012). A esta problemática se le suman su endemismo, baja habilidad de dispersión, reducción y transformación constante de su área de distribución, estudios como los de Sánchez-Cordero *et al.* (2005) y Mendoza-Carreón (2009) señalan que más del 70 % de su hábitat ha sido transformado principalmente a actividades agrícolas, por lo que la especie enfrenta severos problemas para persistir (Valdez y Ceballos 1997; Lidicker Jr. 2007; Ávila-Flores 2009). Por todo esto, es importante tomar medidas correctas y urgentes para la conservación de la especie y un manejo adecuado de su hábitat (Valdez y Ceballos 1997; Álvarez-Castañeda *et al.* 2008; Castillo-Castillo 2009; Mendoza-Carreón 2009). Por lo anterior, se sugiere que la especie debe ser reclasificada de "Amenazada" a "En riesgo de extinción" en la Norma Oficial 059-ECOL-2010.

Agradecimientos

Queremos agradecer antes que nada a las autoridades del Ejido Perote y Granjas Carroll de México, S. de R. L. de C.V. por permitirnos trabajar en sus predios. A todas las personas que nos auxiliaron en los muestreos de campo principalmente a V. Castelazo-Calva, J. Ros-Cuellar, J. Duran-Antonio, A. González-Gallina. S. H. Montero-Bagatella agradece a CONACYT por la beca otorgada, al INECOL y A. González-Romero por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Literatura citada

ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T., I. CASTRO-ARELLANO., T. LACHER, Y E. VÁZQUEZ. 2008. *Spermophilus perotensis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014. 2. <http://www.iucnredlist.org>.

- ARRIAGA, L., J. ESPINOZA., C. AGUILAR., MARTÍNEZ E., L. GÓMEZ, Y E. LOA (eds.).** 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 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. Edmonton, Canadá.
- BAILEY, N. T. J.** 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. *Journal of Animal Ecology* 21:120-127.
- BEST, T. L., Y G. CEBALLOS.** 1995. *Spermophilus perotensis*. *Mammalian Species* 507:1-3.
- CASTILLO-CASTILLO, C. 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. Xalapa, México.
- CASTILLO-CASTILLO, C. C., Y A. GONZÁLEZ-ROMERO.** 2010. Áreas de actividad de la ardilla endémica de Perote *Xerospermophilus perotensis*. *Therya* 1:69-74.
- CAUGHLEY, G.** 2000. Analysis of vertebrate populations. The Blackburn Press. New Jersey. EE.UU.
- CAUGHLEY, G., Y A. SINCLAIR.** 1994. Wildlife Ecology and Management. Blackwell Science. New Jersey, EE.UU.
- DELGADILLO-QUEZADA, G.** 2011. Distribución, selección de hábitat y densidad de la liebre torda (*Lepus callotis*, Wrangler, 1830) en el Valle de Perote. Tesis Maestría, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- DIMMICK, R. W. Y M. R. PELTON.** 1996. Capítulo 8. Criteria of sex and age. Pp. 169-214 en Research and management techniques for wildlife and habitats (Bookhout, T. A., ed.). The Wildlife Society. Bethesda, EE.UU.
- GEREZ-FERNÁNDEZ, P.** 1985. Uso del suelo durante cuatrocientos años y cambio fisionómico en la zona semiárida Poblano-Veracruzana, México. *Biótica* 10:123-144.
- GONZÁLEZ-RUÍZ, N., J. RAMÍREZ-PULIDO, Y H. H. GENOWAYS.** 2006. Geographic distribution, taxonomy, and conservation status of Nelson's woodrat (*Neotoma nelsoni*) in Mexico. *Southwestern Naturalist* 51:112-116
- GURNELL, J., Y J. R. FLOWERDEW.** 2006. Live trapping small mammals: a practical guide, cuarta edición. The Mammal Society. Londres, Reino Unido.
- HAFNER, M. S., J. E. LIGHT, D. J. HAFNER, S. V. BRANT, T. A. SPRADLING, Y J. W. DEMASTES.** 2005. Cryptic species in the Mexican pocket gopher *Cratogeomys merriami*. *Journal of Mammalogy* 86:1095-1108.
- HANNON, M., S. JENKINS., R. CRABTREE., Y A. SWANSON.** 2006. Visibility and vigilance: behaviour and population ecology of Uinta ground squirrels (*Spermophilus armatus*) in different habitats. *Journal of Mammalogy* 87:287-295.
- HAYSEN, V.** 2008. Reproductive effort in squirrels: ecological, phylogenetic, allometric and latitudinal patterns. *Journal of Mammalogy* 89:582-606.
- HOFFMANN, I., E. MILESSI., S. HUBER., E. LAMMINA, Y J. DITTAMI.** 2003. Population dynamics of european ground squirrels (*Spermophilus citellus*) in a suburban area. *Journal of Mammalogy* 84:615-626.
- HOLEKAMP, K.** 1984. Dispersal in ground-dwelling sciurids. Pp. 297- 320 en The biology of ground-dwelling squirrels (Murie, J., y G. Michener, eds.). University of Nebraska Press. Urbana, EE.UU.

- HOLEKAMP, K. E., Y P. W. SHERMAN.** 1989. Why male ground squirrels disperse. *American Scientist* 77:232-239.
- HOOGLAND, J.** 2003. Sexual dimorphism of prairie dogs. *Journal of Mammalogy* 84:1254-1266.
- HUMPHREY, R. R.** 1962. Range ecology. The Ronald Press Company. New York, EE.UU.
- KRAUSMAN, R. P.** 2001. Introduction to wildlife management: The basics. Prentice Hall. New Jersey, EE.UU.
- LIDICKER, W., JR.** 2007. Issues in rodent conservation. Pp. 453- 462 en Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective (Wolff, J., y P. Sherman, eds.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- MEDINA, M., Y M. ANGULO.** 1990. Atlas climático del Municipio de Perote (Estado de Veracruz). Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- MENDOZA-CARREÓN, G.** 2009. Distribución y relaciones filogenéticas del moto (*Spermophilus perotensis*). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- MILLESI, E., A. STRIJKSTRA., I. HOFFMANN., J. DITTAMI., Y S. DAAN.** 1999. Sex and age differences in mass, morphology and annual cycle in european ground squirrels, *Spermophilus citellus*. *Journal of Mammalogy* 80:218-231.
- MONTERO-BAGATELLA, S. H.** 2011. Densidad, estructura poblacional y hábitat de *Xerospermophilus perotensis* (Merriam, 1893) en el Valle de Perote, Veracruz. Tesis Maestría, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- OCHOA A., J. GASCA., G. CEBALLOS., Y L. EGUIARTE.** 2012. Spatiotemporal population genetics of the endangered Perote ground squirrel (*Xerospermophilus perotensis*) in a fragmented landscape. *Journal of Mammalogy* 93:1061-1074.
- ORIANS, G., Y J. WITTENBERGER.** 1991. Spatial and temporal scales in habitat selection. *The American Naturalist* 137:S29- S49.
- ROFF, D. A.** 1973. On the accuracy of same mark-recapture estimator. *Oecologia* 12:15-34.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., P. ILOLDI-RANGEL., M. LINAJE., S. SARKAR, 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 Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective (Wolff, J., y P. Sherman, eds.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- SCHWANZ, L. E.** 2006. Annual cycle of activity, reproduction and body mass in mexican ground squirrels (*Spermophilus mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 87:1086-1095
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 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). Ciudad de México, México.
- SIKES, R. S., W. L. GANNON., Y THE ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE OF THE AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS.** 2011. Guidelines of The American Society of Mammalogists for the use of Wild Mammals in Research. *Journal of Mammalogy* 92:235-253.
- STODDART, L. A., SMITH, A. D., Y T. W. BOX.** 1975. Range management. Tercera edición. Mc. Graw Hill. Nueva York, EE.UU.
- VALDEZ, M., Y G. CEBALLOS.** 1997. Conservation of endemic mammals of Mexico: the Perote ground squirrel (*Spermophilus perotensis*). *Journal of Mammalogy* 78:74-82.

- 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.
- VAN HORNE, B.** 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management* 47:893-901.
- VAN HORNE, B.** 2007. Conservation of ground squirrels. Pp 463-471 en Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective (Wolff, J., y P. Sherman, eds). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- WAUTERS, L. A., y A. A. DHONDT.** 1989. Body weight, longevity and reproductive success in red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *Journal of Animal Ecology* 58:637-651.
- WAUTERS, L. A., y A. A. DHONDT.** 1992. Spacing behaviour of red squirrels, *Sciurus vulgaris*: variation between habitats and the sexes. *Animal Behaviour* 43:297-311.
- YENSEN, E., y P. W. SHERMAN.** 2003. Ground squirrels: *Spermophilus* and *Amnospermophilus* species. Pp. 211-231 en Wild Mammals of North America: Biology, Management and Conservation (Feldhamer G. A., B. C. Thomson, y J. A. Chapman, eds.). Segunda Edición. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.

Sometido: 25 de octubre de 2014

Revisado: 18 de noviembre de 2014

Aceptado: 30 de noviembre de 2014

Editor asociado: Rafael Reyna