



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y USO DEL
HÁBITAT DE LA RATA ALGODONERA *Sigmodon*
mascotensis EN PLAYA DE ORO, COLIMA, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

SARA THELMA MARTÍNEZ CHAPITAL



TUTOR:

DR. CORNELIO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Martínez
Chapital
Sara Thelma
56719630
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
30286344-0

2. Datos del tutor

Dr.
Cornelio
Sánchez
Hernández

3. Datos del sinodal 1

Dr.
Fernando Alfredo
Cervantes
Reza

4. Datos del sinodal 2

Dr.
Gary D.
Schnell

5. Datos del sinodal 3

Dra.
María de Lourdes
Romero
Almaraz

6. Datos del sinodal 4

Dra.
Aurora Alondra
Castro
Campillo

7. Datos del trabajo escrito.

Características demográficas y uso del hábitat de la rata algodonera *Sigmodon mascotensis* en Playa de Oro, Colima, México
60 páginas
2009

Dedicatorias

Quiero dedicar este trabajo a todas esas personas indispensables en mi vida. Sin ustedes no sería lo que soy y nada de esto hubiera sido posible.

A mi ma:

Por ser mi guía espiritual, un ejemplo de fuerza y entereza, por heredarme tu amor por la biología y el ser aprehensiva y perfeccionista. Gracias por enseñarme todo lo que sé y por estar siempre ahí para mí. Te amo mami.

A mi pa:

Por ser tan luchón y tan íntegro, por enseñarme a ser derecha y a que hay que pelear por lo que uno quiere. Siempre serás mi héroe. Te amo papi.

Al Güero:

Por poner el mal ejemplo y darle sabor a mi vida (como un granito de sal). Sin ti sería más ñoña de lo que soy. Te quiero mucho tontín.

A Marco Polo:

Por tu corazón de pan, por compartir conmigo sueños y metas y por hacer cada día todo lo que está en tus manos para lograrlos. Gracias a ti soy una mejor persona. Me haces muy feliz. Te amo y te amaré siempre.

A Silke, Jimmy, Paco, Félinor, Grillo, Negra y Betina:

Por ser la alegría de mi vida. Gracias por su compañía y amor incondicional.

A Yara, Sofi, Zu, David y Marco:

Por compartir la locura de esta ciencia. Gracias por hacer esta carrera aún más divertida y por abrirme los ojos a un mundo de infinitas posibilidades. Son un capítulo aparte en mi vida y los quiero con todo mi corazón.

A mis amigas de toda la vida; Dulce, Fernanda y Rosy:

Por inventar siempre un pretexto para reír y pasarla bien. Gracias por tener siempre tiempo para mí, a pesar de los años y de las vidas tan ocupadas. Las quiero mucho.

Agradecimientos

Quiero agradecer de todo corazón al Dr. Cornelio Sánchez Hernández (el Doc.) y a la Dra. María de Lourdes Romero Almaraz (Lulú) por ser mis gurús en este viaje. Gracias por todo su conocimiento y experiencia, y por hacer este camino más fácil y ameno. Gracias por creer en mí, por abrirme las puertas de su casa, por su amistad y su cariño.

Gracias al Dr. Gary D. Schnell, por ser un trabajador incansable y por demostrar siempre pasión por la biología. Gracias por tus enseñanzas, tus consejos y por tu paciencia.

Agradezco a mis sinodales, el Dr. Fernando Cervantes Reza y la Dra. Alondra Castro Campillo por sus valiosísimos consejos y aportaciones a esta tesis. Sus comentarios hicieron de éste un mejor trabajo.

Gracias a los Dres. Michael L. Kennedy, Troy L. Best, Michael C. Wooten, Robert D. Owen y a todos los alumnos de las universidades de Auburn, Memphis, Oklahoma y UNAM que participaron en el trabajo de campo.

Gracias a Esteban Meneses por facilitar nuestra estancia y trabajo en Colima. Gracias a Alfredo Pérez Jiménez (†) por la identificación de las plantas en el área de estudio.

Gracias a Anacaren, Laura, Sara, Luz y Hannya, por hacer de esos 15 días de enero en Colima una experiencia memorable. Gracias por todas las risas y todo el aprendizaje, y por enseñarme “que chida es la vida”.

Gracias a mis compañeras de taller por sus comentarios y opiniones que me ayudaron a aterrizar este trabajo.

Agradezco al CONACYT por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo, bajo la convocatoria *Apoyo para Investigadores Nacionales para el Fortalecimiento de Actividades de Tutoría y Asesoría de Estudiantes de Nivel Licenciatura*. Fondo 102338 otorgado a Sara T. Martínez Chapital y Cornelio Sánchez Hernández.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
• Preferencia de hábitat.....	2
○ Estudios de preferencia de hábitat de mamíferos pequeños en Colima.....	
• <i>Sigmodon mascotensis</i>	3
○ Características de la rata algodónera del oeste mexicano.....	3
○ Importancia ecológica y conservación.....	4
○ Antecedentes de <i>Sigmodon mascotensis</i>	6
○ Uso de hábitat por <i>Sigmodon hispidus</i>	7
Objetivos y Justificación.....	8
Material y Métodos.....	9
• Área de estudio.....	9
• Trampeo.....	10
• Estimación de movimientos, abundancia y densidad.....	12
• Estructura de la vegetación.....	13
• Regresión logística.....	15
• Regresión multiplicativa no paramétrica.....	15
• Otros análisis estadísticos.....	16
Resultados.....	17
• Características demográficas generales.....	17
• Reproducción.....	19
• Probabilidad de captura.....	20
• Uso del hábitat.....	20
○ Características ecológicas al comparar cuadrantes y estaciones de trampeo.....	20
○ Regresión logística.....	21
○ Regresión multiplicativa no paramétrica.....	24
• Especies simpátricas.....	31
Discusión.....	32
• Demografía general.....	32

• Reproducción.....	35
• Probabilidad de captura.....	35
• Uso del hábitat.....	37
○ Características ecológicas.....	37
○ Comparación entre modelos.....	39
• Comparación con especies cercanas de <i>Sigmodon</i>	40
• Especies simpátricas.....	41
Conclusiones.....	44
Literatura citada.....	46
Apéndice 1: Términos estadísticos.....	55
Apéndice 2: Historia de la nomenclatura y clasificación, y filogenia de <i>Sigmodon mascotensis</i>	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vegetación de los cuadrantes de trampeo.....	11
Tabla 2. Valores de las 14 variables de vegetación en cuadrantes y estaciones de trampeo....	14
Tabla 3. Estimados de abundancia y densidad para los cuadrantes de trampeo.....	18
Tabla 4. Regresión logística: coeficientes en la ecuación para las variables de vegetación.....	23
Tabla 5. Regresión multiplicativa no paramétrica: mejores modelos.....	26
Tabla 6. Comparación entre modelos: regresión logística y RMNP.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	9
Figura 2. Probabilidad de captura vs. noche de trampeo.....	21
Figura 3. Regresión logística: porcentaje de pastos vs. porcentaje de estaciones de trampeo...	22
Figura 4. Regresión logística: proyecciones en la ecuación vs. porcentaje de estaciones de trampeo.....	23
Figura 5. Regresión logística: variables individuales.....	25
A. Porcentaje de dosel cerrado vs. porcentaje de estaciones de trampeo	
B. Total de golpes abajo vs. porcentaje de estaciones de trampeo	
C. Porcentaje de hojarasca vs. porcentaje de estaciones de trampeo	
D. Total de golpes arriba vs. porcentaje de estaciones de trampeo	
Figura 6. Regresión multiplicativa no paramétrica.....	29
A. Porcentaje de dosel cerrado vs. probabilidad de ocurrencia	
B. Porcentaje de hojarasca vs. probabilidad de ocurrencia	
C. Distancia al árbol más cercano vs. probabilidad de ocurrencia	
D. Porcentaje de plantas leñosas vs. probabilidad de ocurrencia	
Figura 7. Regresión multiplicativa no paramétrica: representaciones tridimensionales.....	30

RESUMEN

La rata algodonera del oeste mexicano, *Sigmodon mascotensis*, es una especie terrestre que construye caminos a través de la vegetación, y se ha encontrado históricamente en una gran variedad de hábitats comúnmente asociada a pastos. Los trabajos que involucran cuestiones ecológicas de esta rata endémica de México son muy escasos. En este caso se realizó un estudio de captura-recaptura en los primeros días de enero de los años 2003 a 2005 en el estado de Colima, México. Cada año se colocaron 5 cuadrantes de 1 ha, cada uno con 100 estaciones de muestreo, en las cuales se colocaron 2 trampas tipo Sherman (una en el suelo y una en un árbol o arbusto) y se midieron 14 variables de vegetación. Los cuadrantes se muestrearon 8 noches, con un esfuerzo total de 24,000 trampas noche. Los individuos de *S. mascotensis* representaron 9.1% del total de especímenes de mamíferos pequeños, y su proporción de sexos no difirió de 1:1 (m:h). La mayoría de los individuos fueron adultos, y al ser una especie terrestre, la mayor parte de las capturas fue a nivel de suelo. En 2004, el año con más especímenes capturados, más de la mitad de las hembras se encontraron en actividad reproductiva (i.e. preñadas, lactantes, postlactantes o receptivas) y más de un cuarto de los machos con testículos escrotados, lo que demuestra que la especie se reproduce en la época seca. La especie se capturó en 10 de 15 cuadrantes, con densidades de 0.84 a 24.73 ind/ha. Las variables de vegetación se analizaron con relación a la presencia/ausencia de los especímenes de *S. mascotensis* con dos métodos distintos: regresión logística y regresión multiplicativa no paramétrica. Los análisis muestran que la especie prefiere sitios con vegetación baja densa y vegetación alta dispersa. Al igual que otras especies de *Sigmodon*, el pasto fue una variable importante para su presencia, pero no fue determinante en su preferencia de hábitat; y a diferencia de *S. hispidus*, prefiere un sotobosque con plantas leñosas y herbáceas.

INTRODUCCIÓN

Preferencia de hábitat

La selección de hábitat se ha descrito como la serie de respuestas conductuales innatas y aprendidas de una especie que la predispone a usar un arreglo específico de condiciones ambientales (Block y Brennan 1993). Las especies toman los recursos disponibles, y escogen un subconjunto de estos que se usa en proporción de su abundancia o eligen unos preferencialmente sobre otros (Morris 1987).

La versatilidad ecológica o grado de especialización en el uso del hábitat afecta la distribución de un organismo, por lo que algunas especies son más abundantes en ciertos hábitats que otras (Morris 1987). Una especie versátil tiene poblaciones que usan una gran diversidad de tipos de hábitat, mientras que una especie restringida está confinada a algunos tipos de hábitat (Mac Nally 1995). Las densidades poblacionales son un indicador la especialización de una especie— especies más versátiles o generalizadas deben tener densidades mayores a través de una mayor variedad de hábitats que las especies menos versátiles (Tomblin y Adler 1998).

La distribución de los organismos se ve afectada a gran escala por factores como la aridez (Fa y Morales 1993), barreras geográficas (Kaufman 1995), productividad (Rosenzweig 1992), clima (Hawkins et al. 2003) y elevación (Fa y Morales 1993). Sin embargo, las especies responden a componentes estructurales de sus ambientes en una escala mucho menor que las diferencias entre hábitats (Seagle 1985). Se ha observado que la diversidad de especies está directamente relacionada con la complejidad del hábitat (Rosenzweig y Winakur 1969). La complejidad estructural de los bosques tropicales secos que se distribuyen a lo largo de la costa oeste de México, permite el establecimiento de una gran diversidad de roedores de hábitos tanto terrestres como arborícolas (August 1983; Domínguez Castellanos 2006). La incorporación de análisis estadísticos multivariados en el estudio del hábitat ha permitido analizar las afinidades de microhábitat de mamíferos pequeños y realizar modelos que determinan las relaciones ecológicas entre los mamíferos y su ambiente (Stancampiano y Schnell 2004).

Estudios de preferencia de hábitat de mamíferos pequeños en Colima.—Para el estado de Colima existen dos trabajos sobre la preferencia de hábitat de de pequeños mamíferos: *Peromyscus perfulvus* y *Baiomys musculus* (Schnell et al. 2008a, 2008b). *Peromyscus perfulvus*

es una especie semiarborícola endémica del oeste de México. El estudio de captura-recaptura realizado por Schnell et al. (2008a) en Playa de Oro, Colima, en enero de 2003 y 2004, mostró que *P. perfulvus* tendió a habitar sitios con árboles cercanos, con vegetación escasa en el estrato inferior y más densa en el estrato superior, y el suelo cubierto con poca hojarasca. La distancia al árbol más cercano fue significativamente predictiva para esta especie, que evitó hasta los claros más pequeños en la vegetación (Schnell et al. 2008a).

Un estudio similar demostró que *Baiomys musculus* también es un especialista de microhábitat. La presencia de *B. musculus* se analizó de manera separada para cuadrantes en la costa y en el norte de Colima. Los cuadrantes donde se encontró a esta especie presentaron menor proporción de suelo desnudo y dosel más abierto. Para los cuadrantes de la costa el ratón tendió a estar en estaciones con porcentajes altos de herbáceas, pastos y plantas leñosas en la cobertura del suelo, vegetación densa a 1 m de altura y el árbol más cercano alejado; mientras que para los cuadrantes norteños *B. musculus* tendió a estar en sitios con dosel más bajo, poco suelo desnudo, poca pendiente, suelo rocoso y una vegetación alta más abierta (Schnell et al. 2008b).

En Colima también se encuentra la rata algodonera *Sigmodon mascotensis*. Se ha observado que, al igual que otras especies del género, está asociada al pasto (Zimmerman 1970) y que sobrevive sin dificultad en áreas perturbadas (Ceballos y Miranda 1986, 2000), sin embargo, antes de este trabajo no se había estudiado su preferencia de hábitat.

Sigmodon mascotensis

Características de la rata algodonera del oeste mexicano.—Es una rata de tamaño grande (longitud total: 204 a 314 mm) con ojos relativamente grandes y orejas pequeñas. Tiene un pelaje áspero, largo y denso, moreno canela pálido en la parte del dorso, más oscuro sobre la línea media y más claro hacia los lados. El pelaje dorsal está formado por una mezcla de pelos negros, largos y delgados y pelos cafés, cortos y gruesos y la superficie ventral está cubierta con pelos grises con la punta blanca. Su cola es relativamente larga (más corta que la longitud cabeza-cuerpo) casi desnuda, oscura en la parte dorsal y pálida en la ventral (Allen 1897; Bailey 1902; Ceballos y Miranda 1986, 2000; Goodwin 1956; Ramírez y Chávez Tovar 2005). Se parece mucho a *S. hispidus* y a *S. arizonae* en tamaño, color y características generales, pero difieren en el cráneo más largo y en la ausencia de quilla en el hueso palatino (Hall 1981).

La rata algodonera del oeste mexicano se distribuye en el oeste de México, desde el sur de Nayarit y el suroeste de Zacatecas, al sur hasta el suroeste de Chiapas, y al interior hasta el oeste de Hidalgo, oeste de Puebla y el noroeste de Oaxaca (Musser y Carleton 2005). Se ha encontrado en diversos tipos de vegetación, como bosque tropical semideciduo y deciduo, bosque tropical seco, matorral subtropical, matorral espinoso, bosque de pino-encino, manglar y zonas perturbadas o cultivadas, tales como plantíos de palma cocotera, cultivos de maíz y sembradíos de café (Álvarez et al. 1987; Barrera 1952; Carleton et al. 1999; Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989; Collett et al. 1975; García-Estrada et al. 2002; Hooper 1955; Juárez Gómez 1992; Matson y Baker 1986; Ramírez-Pulido et al. 1977), desde el nivel del mar hasta los 2,550 msnm (Carleton et al. 1999; Juárez Gómez 1992).

En el estado de Colima encuentran dos especies de *Sigmodon*: *S. mascotensis* y *S. alleni* (Musser y Carleton 2005), y se pueden diferenciar en que el dorso de *S. alleni* es de un moreno más uniforme que el de *S. mascotensis*; el vientre de *S. alleni* es grisáceo y sombrío y el de *S. mascotensis* es blanco brillante (Carleton et al. 1999).

Sigmodon mascotensis es una especie terrestre, con poca capacidad para trepar árboles, que construye caminos bien definidos a través de la vegetación y es activa tanto de día como de noche (Miranda 2002b; Zimmerman 1970). Es omnívora, pero se alimenta principalmente de semillas (Barrera 1952). *S. mascotensis* es reproductivamente activa durante todo el año (Ceballos y Miranda 1986, 2000; Juárez Gómez 1992; Ramírez y Chávez Tovar 2005). Son ratas altamente precoces y las crías son destetadas rápidamente (Carleton et al. 1999). Ecológicamente está asociada al pasto, el cual le brinda comida y cubierta, retarda la evaporación del suelo y disminuye la temperatura del ambiente (Baker 1969; Stickel y Stickel 1949), por lo que requiere un hábitat con suficiente humedad para que mantenga el pasto en buenas condiciones (Zimmerman 1970).

Importancia ecológica y conservación.—Se ha reportado que las densidades de *S. mascotensis* pueden llegar a ser muy altas (hasta 100 ind/ha; Miranda 2002b), por lo que algunos autores opinan que *S. mascotensis* pueden representar una plaga potencial (Ceballos y Miranda 1986, 2000) al igual que otras especies del género *Sigmodon* (e.g. *S. hispidus*; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2002). Sin embargo, en los trabajos que involucran a *S. mascotensis* las densidades reportadas son muy bajas (e.g. Collett et

al. 1975; 0.64 ind/ha), con la mayor densidad reportada en un cultivo de palma cocotera (25.6 ind/ha; Barrera 1952). Incluso es considerada una especie rara, por lo que posiblemente esta rata no constituye un peligro de plaga. Por otra parte, se cree que su impacto en las cosechas es mínimo pues su principal fuente de alimento son las semillas y pastos silvestres (Barrera 1952). Algunos estudios sugieren que los mamíferos pequeños, tales como *S. mascotensis*, desempeñan un papel importante como depredadores de semillas (Ceballos 1990).

De acuerdo con Voss (1992), las especies del género *Sigmodon* son probablemente de los eslabones bajos más importantes en la cadena alimentaria, porque ayudan a sostener a consumidores secundarios vertebrados dentro de los ambientes no-forestales que ocupan. Se ha reportado que *S. mascotensis* es un componente importante en la dieta de algunos carnívoros en Jalisco, y es el mamífero más consumido por el coyote (*Canis latrans*), y el segundo más consumido por la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*; Guerrero et al. 2002, 2004). También es una especie presente en la dieta ocasional del ocelote (*Leopardus pardalis*; de Villa Meza et al. 2002) y el puma (*Puma concolor*; Núñez 1999), y una presa probable del tejón o coatí de nariz blanca (*Nasua narica*), aves de presa y reptiles tales como el escorpión o monstruo de Gila (*Heloderma horridum*) y la boa (*Boa constrictor*; Miranda 2002b).

Esta especie sobrevive en cultivos y otras áreas perturbadas, por lo que no está sujeta a protección de acuerdo a las leyes mexicanas (NOM-059-ECOL-2002; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2002) ni internacionales (CITES e IUCN; CITES 2001; Hitlon-Taylor 2004). La vegetación ruderal de pasto y herbáceas les proveen refugio y les funcionan como rutas de dispersión (Matson y Baker 1986), pero incluso las especies que sobreviven en áreas perturbadas están en riesgo. La agricultura de roza, tumba y quema, y la ganadería comprometen estos hábitats y la distribución de los mamíferos pequeños en ellos. Se ha demostrado que los pastizales no quemados y no expuestos a pastoreo presentan poblaciones de roedores significativamente más grandes que los pastizales quemados y ramoneados (Stickel y Stickel 1949). Asimismo, esta especie depende de los matorrales densos que son eliminados con la quema y el pastoreo (Stickel y Stickel 1949).

Los bosques deciduos neotropicales donde habita esta especie han sido gravemente fragmentados (Ceballos 1990). Por otro lado, la distribución de *S. mascotensis* probablemente es discontinua, y puede estar representada únicamente por poblaciones locales aisladas

(Zimmerman 1970). Es por esto que, de acuerdo con Matson y Baker (1986), las especies de mamíferos que son raras o que se encuentran en hábitats restringidos, como *S. mascotensis*, deberían categorizarse como especies amenazadas, principalmente porque su estatus es poco conocido.

Antecedentes de Sigmodon mascotensis.—Existen muy pocos trabajos ecológicos que involucran a la rata algodонера del oeste mexicano, y ninguno de estos se ha enfocado en su estudio. El único trabajo diseñado exclusivamente para *S. mascotensis* se refiere a la anatomía e histología del aparato reproductor femenino (Ricardez Barbera 1991).

Collett et al. (1975) realizaron un análisis de captura y recaptura de mamíferos pequeños en dos lotes de la región de Chamela, y sólo encontraron dos individuos machos de *S. mascotensis* en una superficie de 2.25 ha con vegetación primaria de bosque árido tropical y secundaria de matorral bajo. Para un individuo de *S. mascotensis* capturado dos veces se calculó la distancia promedio recorrida entre capturas (18.1 m) y la distancia máxima recorrida entre capturas (21.2 m; Collett et al. 1975).

En la Costa Chica de Guerrero se llevó a cabo un muestreo en una huerta de palma cocotera, y se encontró que el cultivo de 3 ha estaba habitado por dos especies de roedores: *Rattus norvegicus* (218 individuos) y *Sigmodon mascotensis* (77 individuos). El autor citó que la rata algodонера sólo mordisqueaba ocasionalmente las flores y yemas florales de las palmas (Barrera 1952), sin embargo, se sabe que sus hábitos son mayormente terrestres y que carece de la capacidad para trepar árboles. En un estudio de la mastofauna de la Costa Grande de Guerrero se capturaron 7 ejemplares de *S. mascotensis* en un sembradío de maíz y uno de coco con pasto abundante, de lo que se concluye que no constituyen poblaciones abundantes en esa zona (Ramírez-Pulido et al. 1977).

En un trabajo sobre mamíferos no voladores colectados en Michoacán, se revisaron 11 ejemplares de *S. mascotensis* capturados en bosque tropical caducifolio, 7 hembras y 4 machos, de los que se describió su pelaje, coloración y cola, y se menciona el peso, las medidas somáticas y las craneales (Álvarez et al. 1987). Mientras que en un estudio de ecología de poblaciones y comunidades de mamíferos pequeños en la región de Chamela se capturaron 2 individuos de *S. mascotensis* en el bosque decido, aunque se cita que fue común en los maizales y pastizales no se proporcionan datos específicos al respecto (Ceballos Gonzalez 1989).

En la Sierra de Atoyac de Álvarez en Guerrero se analizó la distribución altitudinal de los roedores, y se colectaron 5 individuos de *S. mascotensis* en cultivos adyacentes a bosque tropical caducifolio y en pastizales cercanos a bosque pino-encino, 3 de los cuales estuvieron activos reproductivamente (Juárez Gómez 1992). El autor hizo una descripción morfológica de la especie, menciona que la especie se alimenta principalmente de semillas, plantas verdes e insectos. En el sureste de Morelos se compararon las comunidades de roedores de un sitio perturbado con uno no perturbado en la selva baja caducifolia, aunque sólo se encontró a un individuo de *S. mascotensis* en el sitio perturbado (García-Estrada et al. 2002).

Uso de hábitat por Sigmodon hispidus.—La preferencia de hábitat por *S. mascotensis* no se había estudiado hasta este trabajo. Sin embargo, el uso del hábitat de *S. hispidus*, la especie más abundante y más ampliamente distribuida del género, se ha estudiado en más de una ocasión. En un estudio sobre la distribución de nueve especies de roedores en 12 comunidades de plantas que representaban seis hábitats distintos en el norte central de Kansas, se encontró que *S. hispidus* sólo se capturó en las comunidades de pastos (Kaufman y Fleharty 1974). En un trabajo donde se analizaron las afinidades de microhábitat de 15 especies de mamíferos pequeños en el suroeste de Oklahoma, se encontró que *S. hispidus* se integró al grupo que prefirió áreas abiertas y con pastos (Stancampiano y Schnell 2004).

En un trabajo en Texas se encontró que *S. hispidus* prefiere una cubierta densa, especialmente en forma de maleza (Stickel y Stickel 1949). En un trabajo realizado en el oeste de Oklahoma, se estudió cómo afecta la calidad del hábitat a la densidad poblacional de *S. hispidus*, y los resultados sugieren que *S. hispidus* está limitado a áreas con cubierta de pasto, en ocasiones asociado a herbáceas y plantas leñosas de crecimiento bajo (Goertz 1964). En el oeste central del estado de Kansas, EUA, se realizó un estudio de captura-recaptura durante 47 meses en un pastizal, y se encontró que *S. hispidus* evitó hábitats que carecieran de un sotobosque denso y de dosel protector alto, y se observó que utilizan estos hábitats menos favorecidos cuando sus poblaciones son altas (Fleharty y Mares 1973).

Se espera que, al igual que *S. hispidus*, *S. mascotensis* prefiera sitios con vegetación baja densa, particularmente en forma de pastos. Sin embargo las densidades de *S. mascotensis* son generalmente bajas, por lo que probablemente se encuentre en hábitats restringidos y sea más especialista que *S. hispidus*.

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El conocimiento general sobre *Sigmodon mascotensis* es muy limitado, la mayoría de los estudios que incluyen a esta especie la citan circunstancialmente y no profundizan en su ecología. Por otra parte, algunos de los trabajos que involucran ratas algodóneras en las áreas de distribución de *S. mascotensis* se realizaron en los años en que la especie se encontraba en una situación sistemática confusa (Baker y Greer 1962; Barrera 1952), lo que dificulta precisar si la información que se aportó se refiere a *S. mascotensis* o a alguna otra especie. Por lo tanto, el presente trabajo incluye los siguientes objetivos:

1. Analizar los parámetros poblacionales de *S. mascotensis*, tales como densidad, proporción de sexos y estructura de edades, en Playa de Oro, Colima, México.
2. Evaluar la condición reproductiva y masa de los individuos examinados.
3. Describir el uso de hábitat de *S. mascotensis* con base en 14 variables de la estructura de la vegetación registradas en cada punto de muestreo.
4. Cuantificar los movimientos relativos realizados por machos y hembras de la especie.
5. Estimar la probabilidad de captura para la estación seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en Playa de Oro (19°08'N, 104°31'W), en el municipio de Manzanillo, en Colima, México. El área de estudio se localiza a aproximadamente a un kilómetro de la costa del océano Pacífico (Fig. 1), en un sitio con elevaciones no mayores de 10 metros y topografía generalmente plana. La vegetación dominante fue principalmente bosque tropical seco caducifolio, con elementos de matorral espinoso y manglar. Los árboles prominentes y los arbustos incluyeron: *Coccoloba barbadensis*, varias especies de *Acacia*, como *A. hindis* y *A. farnesiana*, *Senna pallida*, *S. occidentales*, *Pithecellobium lancolatum*, *P. dulce*, *Hyperbaena ilicifolia*, *Crataeva tapia*, *Prosopis juliflora* y *Guazuma ulmifolia* (Schnell et al. 2008a, 2008b).

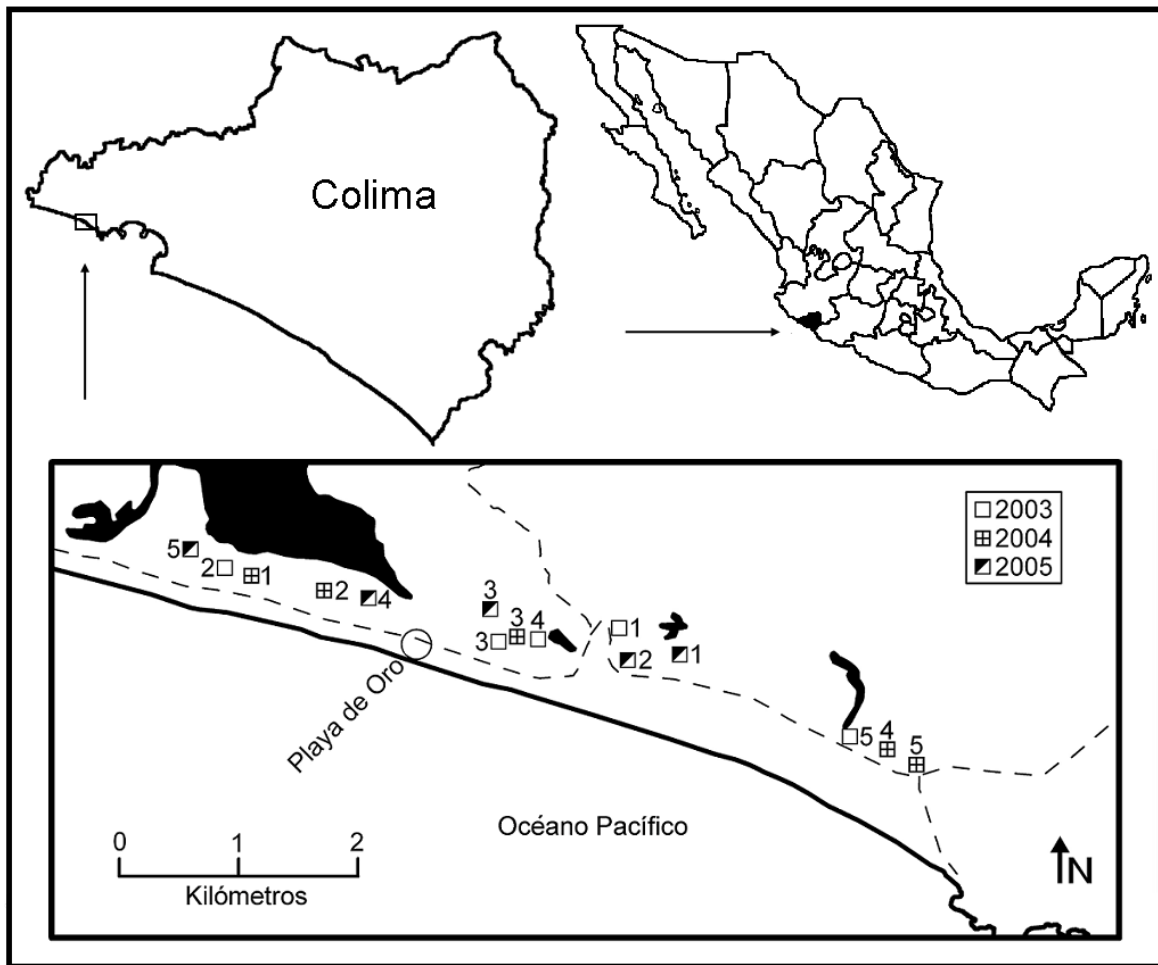


FIG. 1.—Área de estudio en Playa de Oro, Colima. Los números asociados a los cuadrantes se refieren a los cuadrantes específicos (modificado de Schnell 2008a).

El área estaba sujeta a ramoneo por el ganado local, aunque, la mayor parte del terreno no era accesible al ganado debido a lo espeso de la vegetación; gran parte del área circundante estaba cultivada con maíz (*Zea mays*), camote (*Ipomea batata*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y palma cocotera (*Cocos nucifera*).

El estudio se realizó del 1 al 13 de enero de 2003, 2004 y 2005. Durante este tiempo se registraron días cálidos y noches frías, con ligeras variaciones día a día. De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2006), la temperatura media de enero para el municipio de Manzanillo, el cual se encuentra a 21 km al este-sureste del sitio de estudio, fue de 24.6°C, con 31.3 mm de lluvia total mensual (promedio de 1961 a 2005).

Trampeo

En cada año se establecieron 5 cuadrantes de 1 ha cada uno (15 cuadrantes en total para los 3 años), los cuales fueron colocados cada año en las áreas menos alteradas del bosque tropical caducifolio, aunque parcialmente tenían vegetación de matorral espinoso, plantíos de palma cocotera, manglar y áreas de pastizal abierto (Tabla 1). En cada cuadrante se colocaron 100 estaciones de trampeo (10 × 10), con una separación entre cada una de 10 metros. En cada estación se colocaron 2 trampas Sherman (7.5 × 9.0 × 23.0 cm; H. B. Sherman Traps, Tallahassee, Florida), una en el suelo y la otra entre 1 y 2 m sobre el suelo, en una plataforma de madera (12.5 × 34.5 cm) sujeta a un árbol o arbusto (de aquí en adelante se referirá a estas como trampas elevadas).

En la mayoría de los casos, los cuadrantes se muestrearon por 8 noches (Tabla 1). Las excepciones fueron el cuadrante 5 (muestreado por 9 noches) y el cuadrante 1 (7 noches), ambos en 2005. El esfuerzo total de muestreo para todos los cuadrantes fue de 24,000 trampas-noche (1 trampa-noche = 1 trampa colocada por 1 noche).

Las trampas se cebaron con hojuelas de avena y fueron revisadas cada mañana, recibadas y abiertas nuevamente para el siguiente periodo de 24-h. De cada uno de los especímenes capturados se registró la posición de la trampa (i.e. su localización en el cuadrante y si fue a nivel del suelo o elevada), sexo, condición reproductiva (i.e., los especímenes se clasificaron como reproductivamente activo o no, dependiendo de las condiciones externas de los órganos reproductivos) y edad (i.e., se clasificó como adulto, subadulto o juvenil con base en el tamaño, masa, condición reproductiva y coloración del pelaje; los adultos presentan el dorso color canela

TABLA 1.—Breve descripción de la vegetación de cada cuadrante usado en el estudio de *Sigmodon mascotensis* en Playa de Oro, Colima, México, con las fechas de muestreo indicadas según las descripciones de Schnell 2008b).

Cuadrante (días de enero)	Descripción
2003	
1 (2-5, 9-12)	Matorral espinoso con algunas palmas cocoteras cercano a un manglar
2 (2-5, 9-12)	Matorral espinoso con algunas palmas cocoteras cercano a un manglar
3 (3-5, 9-13)	Matorral espinoso cerca de un plantío de palmas
4 (3-5, 9-13)	Matorral espinoso cerca de un plantío de palmas
5 (3-5, 9-13)	Mezcla de parches de pasto y palmas asociado a maleza de matorral espinoso
2004	
1 (3-5, 9-13)	Mezcla de matorral espinoso y manglar con algunas palmas
2 (2-5, 9-12)	Mezcla de matorral espinoso y manglar con algunas palmas
3 (2-5, 9-12)	Matorral espinoso cerca de plantíos de palma
4 (3-5, 9-13)	Parches de pasto, palmas y matorral espinoso junto a campos agrícolas
5 (2-5, 9-13)	Parches de pasto, palmas y matorral espinoso junto a campos agrícolas
2005	
1 (4-6, 10-13)	Matorral espinoso denso con abundantes lianas
2 (3-6, 10-13)	Matorral espinoso mezclado con manglar y palmas con densa maleza
3 (2-6, 10-12)	Mezcla de matorral espinoso, parches de pasto y matorral xerófilo
4 (2-6, 10-12)	Mezcla de parches de pasto, palmas asociadas a maleza densa de matorral espinoso y parches de manglar
5 (3-6, 10-13)	Mezcla de parches de pasto, palmas y matorral espinoso

oscuro, más oscuro sobre la línea media y más claro hacia los lados, y el vientre blanco; los juveniles tienen el dorso moreno claro y el vientre moreno grisáceo claro). Los animales fueron marcados en ambas orejas con etiquetas de metal numeradas Monel No. 1 (National Band and Tag Company, Newport, Kentucky) y se liberaron en el mismo sitio de captura. Los procedimientos de esta investigación se llevaron a cabo siguiendo los lineamientos de la American Society of Mammalogists (ASM; Gannon et al. 2007) que fueron aprobados por el Comité institucional de cuidado y uso animal.

Estimación de movimientos, abundancia y densidad

Para cada individuo de *S. mascotensis* capturado más de una vez, se determinó la distancia promedio desde la trampa en que fue capturado al centroide de esos sitios de captura, distancia a la cual se referirá como distancia desde el centroide (para un animal capturado dos o más veces, pero siempre en la misma estación, la distancia resultante fue 0 m). Esta forma de evaluar movimientos está relacionada al concepto de “centro de actividad” propuesto por Hayne (1949) y fue recientemente utilizado en un estudio con *Baiomys musculus* por Schnell et al. (2008b).

Se utilizó el programa MARK (White y Burnham 1999; White 2007) para estimar la abundancia de *S. mascotensis* en los cuadrantes y para estimar la probabilidad de captura en una noche dada. Con base en la suposición de tener una población cerrada durante el periodo de trampeo, el programa compara las proporciones relativas de animales marcados y no marcados en muestreos sucesivos para obtener estimados de abundancia. Se utilizó la opción de “captura cerrada”. El programa consideró p , la probabilidad de captura; y c , la probabilidad de recaptura, las cuales fueron usadas para estimar N , la abundancia para un cuadrante dado. Se utilizaron dos modelos en los que $p(t) = c(t)$, donde p y c fueron modeladas como iguales, pero podía variar a través del tiempo (t , i.e., noche): el Modelo 1, en el que los valores fueron los mismos para todos los cuadrantes; y el Modelo 2, en el que los valores podían cambiar entre los cuadrantes. Los modelos se compararon mediante el Criterio de Información Akaike modificado para ajustarse a un sesgo por muestra pequeña (AIC_c ; White 2007).

Los valores de abundancia para cada cuadrante se convirtieron a densidades usando un estimado del área efectiva del cuadrante. El área inmediata de un cuadrante ($8,100 \text{ m}^2$; $90 \times 90 \text{ m}$) no considera el área efectiva de muestreo en el área afuera de las trampas externas. Para estimar el área de los bordes, se calculó para cada *S. mascotensis* capturado más de una vez la

distancia promedio desde el centroide de las estaciones de trampeo donde fue capturado. Después, dando el mismo peso a cada individuo capturado más de una vez, se calculó la distancia promedio recorrida desde el centroide. El valor resultante fue añadido a cada lado de la posición central del cuadrante, y se consideraron a las esquinas del cuadrante como redondas con un radio igual a esta distancia promedio desde el centroide. Los estimados de densidad (individuos/ha) se obtuvieron al dividir los valores de abundancia de MARK entre el área efectiva del cuadrante resultante (que fue 1.195 ha, con base en los valores de distancia desde el centroide reportados en la sección de resultados).

Estructura de la vegetación

La estructura del hábitat se evaluó con base en 14 variables de la estructura de la vegetación (Tabla 2) que fueron las mismas que se consideraron en los trabajos de Schnell et al. (2008a, 2008b), con excepción de que Schnell et al. (2008a) combinaron el porcentaje de rocas y el porcentaje de suelo desnudo en una sola variable. Para 2004 y 2005, las medidas se tomaron en puntos adyacentes (i.e., a aprox. 1 m al oeste) de cada estación de trampeo (100 puntos/cuadrante; 1,000 puntos en total). Los porcentajes de la cubierta del suelo fueron estimados al 5% más cercano para un cuadrado de 1 m (variables 1 a 7 en la Tabla 2). El número de tallos de arbustos que golpeaban una barra de 1 m fue determinado 4 veces para cada punto (una para cada punto cardinal) y se calculó el promedio (variable 8). La cobertura del dosel (i.e., porcentaje cerrado, variable 9) se estimó con un densitómetro esférico (modelo C, Forest Densitometers, Bartlesville, Oklahoma) y la inclinación (variable 10) se determinó con un clinómetro. Con un poste vertical de 7.5 m de alto, marcado cada decímetro, se determinó el número de intervalos de 10 cm que fueron tocados por la vegetación; los datos resultantes se sumaron de los 0 a los 2.5 m (máximo 25 golpes, variable 11) y de los 2.5 a los 7.5 m (máximo 50 golpes, variable 12). Se estimó la altura máxima del dosel a los 0.5 m más cercanos (variable 13). La distancia al árbol más cercano de más de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (dap) se determinó en 4 cuadrantes (cuyas esquinas fueron los 4 puntos cardinales) para cada punto, y se calculó el promedio (distancias ≥ 10 m se registraron como 10 m; variable 14).

Para cada cuadrante en 2003 se tomaron medidas similares, pero éstas se registraron sólo en 25 puntos espaciados uniformemente entre las estaciones de trampeo (125 puntos en total para los 5 cuadrantes). Con los valores resultantes para cada variable, se estimaron las variables para

Tabla 2.—Media \pm DE de 14 variables independientes medidas para obtener información cuantitativa de la estructura de la vegetación en los cuadrantes de muestreo usados para determinar preferencias de hábitat, contrastando cuadrantes y estaciones de trampeo donde se capturó o no se capturó a *Sigmodon mascotensis* en Colima, México.

Variable	Cuadrantes donde		Estaciones donde ^a	
	Se capturó (n = 10)	No se capturó (n = 5)	Se capturó (n = 148)	No se capturó (n = 1,352)
1 Porcentaje de plantas leñosas	6.8 \pm 3.55	5.0 \pm 2.64	8.9 \pm 15.16 ***	5.9 \pm 8.94
2 Porcentaje de herbáceas	8.9 \pm 8.3	11.6 \pm 14.34	15.0 \pm 25.26 ***	9.2 \pm 15.76
3 Porcentaje de pastos	8.1 \pm 9.4	3.2 \pm 2.86	20.5 \pm 30.75 ***	5.0 \pm 15.61
4 Porcentaje de hojarasca	41.0 \pm 13.07	41.9 \pm 8.95	23.1 \pm 22.79 ***	43.3 \pm 24.86
5 Porcentaje de madera muerta	15.9 \pm 6.07	13.4 \pm 5.79	12.4 \pm 17.86 *	15.4 \pm 14.83
6 Porcentaje de rocas	0.2 \pm 0.27	1.2 \pm 1.71	0.1 \pm 0.75	0.6 \pm 3.64
7 Porcentaje de suelo descubierto	19.2 \pm 9.98	23.9 \pm 16.26	20.0 \pm 21.52	20.8 \pm 21.69
8 Promedio de golpes a 1 m	1.30 \pm 0.747	1.78 \pm 1.233	1.63 \pm 2.060	1.44 \pm 1.691
9 Porcentaje de dosel cerrado	76.7 \pm 11.68	86.1 \pm 9.62	49.7 \pm 40.80 ***	83.1 \pm 22.81
10 Inclinación (grados)	3.7 \pm 2.66	4.6 \pm 5.62	3.7 \pm 4.15	4.0 \pm 6.28
11 Total de golpes abajo	3.70 \pm 1.650	3.11 \pm 1.882	5.05 \pm 4.495 ***	3.33 \pm 3.658
12 Total de golpes arriba	4.79 \pm 2.648	7.43 \pm 3.893	2.08 \pm 4.536 ***	6.06 \pm 7.130
13 Altura máxima del dosel (m)	7.2 \pm 1.29	7.8 \pm 0.83	4.8 \pm 4.29 ***	7.7 \pm 3.46
14 Distancia promedio al árbol más cercano (m)	5.8 \pm 1.54	5.8 \pm 1.74	6.8 \pm 2.63 ***	5.7 \pm 2.29

^aLos asteriscos indican diferencias significativas entre las estaciones donde se capturó y no se capturó a la especie (ANOVA de una vía): *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$; sin símbolo, $P > 0.05$.

cada estación de trampeo usando kriging ordinario y puntual en el programa Sufer 8 (Golden Software 2002; Apéndice 1). Los valores resultantes para cada estación fueron tratados del mismo modo que los de los otros años.

Regresión logística

Se examinó la relación entre las características de la vegetación de las estaciones de trampeo donde se capturó y donde no se capturó a *S. mascotensis* mediante una regresión logística con el programa Systat 12 (Systat Software 2007). La variable dependiente fue presencia o ausencia (1 o 0, respectivamente) de *S. mascotensis*, con las 14 variables de vegetación usadas como variables independientes potenciales. La significancia para incluir o sacar una variable se estableció como 0.05. La ρ^2 estadística de McFadden se usó para evaluar los modelos resultantes como un todo (Apéndice 1).

Regresión multiplicativa no paramétrica

Se utilizó también una regresión multiplicativa no paramétrica (RMNP) mediante el programa HyperNiche (versión 1.32; McCune y Mefford 2004) para modelar el uso del hábitat por *S. mascotensis* con base en las 14 variables de estructura de la vegetación registradas en las 1,500 estaciones de trampeo (148 donde se capturó la especie y 1,352 donde no se capturó) de los 5 cuadrantes para 2003 a 2005. La RMNP crea modelos de hábitat en los que las variables predictoras se combinan multiplicativamente en vez de aditivamente, y donde la forma general de la superficie de respuesta no tiene que ser especificada con anticipación. Así, la respuesta de una especie a un ambiente dado puede ser lineal, pero los procedimientos también permiten, por ejemplo, respuestas en forma de distribuciones normal o bimodal. La RMNP no produce coeficientes en una ecuación matemática, pero optimiza el ajuste de los datos sin referirse a un modelo específico global y produce representaciones gráficas de curvas de respuesta y superficies.

En el programa HyperNiche, se usó el modelo tipo media local (LM por sus siglas en inglés), donde la ponderación alrededor de cada punto blanco se basó en una función Gaussiana. Se realizó una búsqueda exhaustiva del mejor modelo, donde todas las combinaciones de variables y tolerancias (las *DEs* usadas en los suavizadores Gaussianos) fueron evaluadas, añadiendo variables adicionales hasta que dejó de mejorar el ajuste. Se utilizó xR^2 como medida

de adaptación del modelo, el cual evalúa la suma residual de cuadrados de la validación cruzada con relación a la suma total de cuadrados (xR^2 difiere de R^2 en que cada punto es excluido de la base para el estimado de respuesta de ese punto; McCune 2006). Después de la búsqueda exhaustiva de modelos, se seleccionó el mejor modelo para variables tomadas una cada vez, dos cada vez, etc., y comparamos estos modelos “mejores” con base en xR^2 . Con base en el grado de mejoramiento en el ajuste por variable añadida, se seleccionaron los mejores modelos de todos para predecir la probabilidad de ocurrencia de *S. mascotensis*. Después, se optimizó el modelo seleccionado al afinar las tolerancias de las variables incluidas para obtener el mejor ajuste.

Otros análisis estadísticos

Se utilizó el programa BIOMstat para Windows 3.3q (Rohlf y Slice 1999) para realizar diferentes análisis univariados. Estos incluyeron pruebas de $R \times C$ y de bondad de ajuste para analizar frecuencias y análisis de varianza (ANOVA) de una vía para evaluar variables continuas.

RESULTADOS

Características demográficas generales

Durante los 3 años de estudio se capturaron, marcaron y liberaron 95 individuos de *S. mascotensis*. Los animales se recapturaron en 177 ocasiones, para un total de 272 capturas y recapturas, con un esfuerzo de captura de 24,000 trampas noche. La mayor parte de los individuos se capturó en las trampas a nivel del suelo (231 de 268 capturas en que fue registrada la trampa específica; 86.2%). Durante los años 2003 y 2005 se capturaron únicamente 4 y 8 individuos respectivamente, mientras que en 2004 se capturaron 83 individuos.

Sigmodon mascotensis se capturó en 10 de los 15 cuadrantes, con una variación de 1 a 29 individuos. Para los cuadrantes en 2003 y 2005, las densidades fueron bajas, y el programa MARK no fue capaz de proporcionar un estimado robusto del número total de animales presentes; razón por la cual se utilizó el número de individuos capturados como el estimado de animales presentes para obtener los siguientes estimados de densidad: 2003, cuadrante 1, 3 animales (2.51 ind/ha); 2003, cuadrante 4, 1 (0.84 ind/ha); 2005, cuadrante 1, 4 (3.35 ind/ha); 2005, cuadrante 2, 1 (0.84 ind/ha); y 2005, cuadrante 4, 3 (2.51 ind/ha). Para los cuadrantes en 2004 se utilizaron 2 modelos para estimar la densidad; para ambos se consideró que la probabilidad de captura (p) y de recaptura (c) fue igual para una noche dada (t). Para el Modelo 1, donde los valores de c y p fueron restringidos a ser los mismos para todos los cuadrantes, las abundancias variaron de 3.00 a 29.55 individuos/cuadrante, las cuales convertidas a estimados de densidad varían de 2.51 a 24.73 ind/ha (Tabla 3). En el Modelo 2 los valores de c y p podían variar entre los cuadrantes, y los estimados de abundancia variaron de 3.00 a 29.15 individuos/cuadrante, y resultaron en densidades que van de 2.51 a 24.39 ind/ha (Tabla 3). Con base en los valores de AIC_c (487.73 para el Modelo 1 y 443.60 para el Modelo 2), se juzga que el Modelo 2 produce resultados más confiables (al mejorar el ajuste del modelo, el valor de AIC_c disminuye; Cooch y White 2008).

Se registró la edad de 92 *S. mascotensis*, de los cuales 81 fueron adultos (88.0%), 8 fueron juveniles (8.7%) y 3 subadultos (3.3%). Todos los individuos en 2003 (4 individuos) y 2005 (7) fueron adultos, mientras que en 2004, 70 individuos de 81 fueron adultos (86.4%).

En todos los años hubo más individuos adultos machos que hembras: 2003, 3 machos (75%) y 1 hembra (25%); 2004, 39 machos (55.7%) y 31 hembras (44.3%); y 2005, 4 machos

TABLA 3.—Número total de individuos capturados, estimado (N) del número de animales en los cuadrantes usando MARK, y estimados de densidad para *Sigmodon mascotensis* en cuadrantes individuales para 2004, en Playa de Oro, Colima, México, en base a dos modelos que incluyen $p(t) = c(t)$, donde la probabilidad de captura (p) y recaptura (c) son iguales para una noche dada (t), pero pueden variar entre noches: (Modelo 1) los mismos valores para todos los cuadrantes; y (Modelo 2) los valores estimados de manera separada para cada uno de los 5 cuadrantes.

Cuadrante	No. animales capturados	Modelo 1: $p(t) = c(t)$, mismos valores para los cuadrantes			Modelo 2: $p(t) = c(t)$, cada cuadrante estimado de manera separada		
		$N \pm SE$ (95% intervalo de confianza)	Densidad		$N \pm SE$ (95% intervalo de confianza)	Densidad	
1	17	17.00 \pm 0.000	(17.00-17.00)	14.23	17.00 \pm 0.000	(17.00-17.00)	14.23
2	9	9.00 \pm 0.000	(9.00-9.00)	7.53	9.00 \pm 0.002	(9.00-9.00)	7.53
3	3	3.00 ^a		2.51	3.00 ^a		2.51
4	25	25.40 \pm 1.034	(25.02-31.58)	21.26	26.05 \pm 1.503	(25.13-33.32)	21.80
5	29	29.55 \pm 1.114	(29.05-35.70)	24.73	29.15 \pm 0.942	(29.00-35.51)	24.39

^aCon solo 3 individuos capturados, el programa MARK no fue capaz de proveer un estimado de densidad robusto, por lo que el número de animales capturados fue utilizado como el estimado de animales presentes.

(57.1%) y 3 hembras (42.9%). Al considerar los 3 años, se registraron 46 machos (56.8%) y 35 hembras (43.2%), valores que resultan en una proporción macho:hembra de 1:0.76. Este resultado no es significativamente diferente de la proporción 1:1 (prueba de bondad de ajuste, $G = 1.50$, $g.l. = 1$, $P = 0.221$).

Para evaluar las posibles diferencias en masa entre machos y hembras se utilizó una ANOVA de una vía. Se encontró una diferencia significativa ($F = 4.55$, $g.l. = 1$, 78 , $P = 0.036$), con los machos más grandes que las hembras. Las medias y *DEs* fueron: machos, 105.15 ± 27.414 g ($n = 46$, intervalo de 49.3 a 168.0 g); y hembras, 92.08 ± 26.673 g ($n = 34$, intervalo de 43.9 a 160.0 g).

Para evaluar movimientos se utilizó una ANOVA simple, y se determinó si la distancia recorrida desde el centroide difería entre machos y hembras adultos. La distancia promedio recorrida desde el centroide para los sitios de captura de los machos fue de 9.97 ± 6.595 m ($n = 35$, intervalo de 0 a 25.50 m), mientras que para hembras fue de 9.69 ± 9.599 m ($n = 27$, intervalo de 0 a 46.53 m). No se encontraron diferencias significativas entre las distancias promedio recorridas por ambos sexos ($F = 0.02$, $g.l. = 1$, 60 , $P = 0.893$). Al combinar los datos para todos los *S. mascotensis*, independientemente del sexo y la edad, la distancia promedio desde el centroide fue de 9.85 ± 7.971 m ($n = 62$, intervalo de 0 a 46.5 m). Para estimar el área efectiva del cuadrante, este promedio fue añadido a cada lado de la porción central del cuadrante (90×90 m), y las esquinas fueron estimadas como si tuvieran un radio equivalente; como resultado, el área efectiva del cuadrante estimada fue de 1.195 ha.

Reproducción

La condición reproductiva de 26 hembras y 33 machos adultos se registró para los 3 años; la mayoría de las hembras adultas capturadas en este tiempo fueron inactivas sexualmente (14 de 26 hembras adultas, 53.8%). De la única hembra capturada en 2003 no se registró la condición reproductiva; mientras que para 2004, 11 de 23 hembras adultas fueron inactivas sexualmente (47.8%), 5 fueron lactantes (21.7%), 4 postlactantes (17.4%), 1 estuvo preñada (4.3%) y 2 tuvieron la vagina abierta (8.7%), lo cual indica que era receptiva o que había copulado recientemente; para 2005 las 3 hembras fueron inactivas.

Por otra parte, la mayoría de los machos adultos fueron inactivos, como lo indica la posición de los testículos (abdominales o inguinales), y los machos activos sexualmente

(testículos escrotados) sólo se capturaron en el 2004. Para los 3 años, 22 de 33 machos (66.6%) tuvieron testículos abdominales. Para 2003, se registró la condición reproductiva de 3 machos adultos, uno de los cuales tuvo testículos abdominales (33.3%) y los otros 2 los tuvieron inguinales (66.7%). Para 2004, 18 de los 26 machos adultos capturados tuvieron testículos abdominales (69.23%), 1 los tuvo inguinales (3.8%), 7 los tuvieron escrotados (26.9%). Para 2005, únicamente se capturaron 4 machos adultos: 3 con testículos abdominales (75.0%) y 1 con testículos escrotados (25.0%).

Probabilidad de captura

Para obtener estimados de probabilidad de captura para cada individuo, para cada noche y para cada cuadrante se utilizó el programa MARK con base en el Modelo 2, donde la probabilidad de captura y de recaptura fueron consideradas iguales para una noche dada pero podían variar entre noches y entre cuadrantes. Tres cuadrantes en el 2004 tuvieron un número de capturas suficiente como para obtener estimados precisos de probabilidad de captura (cuadrante 1, 17 individuos; cuadrante 4, 25 individuos.; cuadrante 5, 29 individuos). Para los cuadrantes 1 y 5, la probabilidad de captura aumentó substancialmente de la noche 1 a la noche 6, después un periodo de estabilización en la noche 7 y una caída de la probabilidad en la noche 8 (Fig. 2). En el cuadrante 4 la probabilidad inicial de captura fue mayor (más de 0.3), y aumentó en la noche 4, después de la cual disminuyó constantemente hasta 0.0 en la noche 8 (Fig. 2).

Uso del hábitat

Características ecológicas al comparar cuadrantes y estaciones de trampeo.—Para contrastar las medidas de las 14 variables de la estructura de la vegetación se realizaron ANOVAs simples, y se compararon los 10 cuadrantes donde se capturó a *S. mascotensis* y los 5 donde no se capturó. No se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables ($P > 0.05$; Tabla 2).

También se compararon las variables de la vegetación de las estaciones de trampeo donde se capturó ($n = 148$) y donde no se capturó ($n = 1352$) a *S. mascotensis* (Tabla 2). Las estaciones donde se capturó a *S. mascotensis* tuvieron un porcentaje mayor de cobertura de suelo formada por plantas leñosas, herbáceas y pastos, y un menor porcentaje de hojarasca y madera muerta. Además, los sitios de captura tuvieron el dosel más abierto y más bajo y una mayor distancia al

árbol más cercano. Las estaciones con *S. mascotensis* tuvieron una mayor cantidad de golpes del dosel con un poste vertical en la parte baja (0.0 a 2.5 m) y menor en la parte alta (2.5 a 7.5 m) en comparación con las estaciones donde no se encontró a la especie.

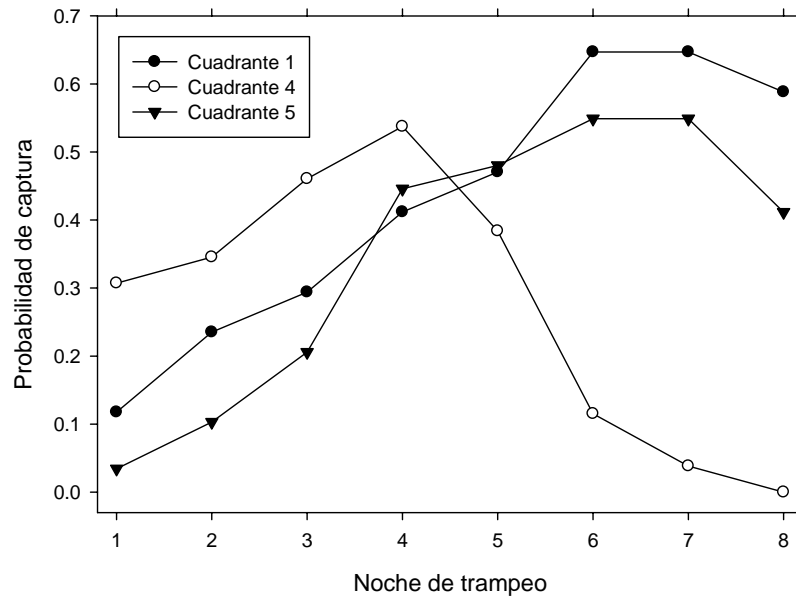


FIG. 2.—Probabilidad de captura de individuos de *Sigmodon mascotensis* en una noche dada para los cuadrantes 1, 4, y 5, en 2004, donde Y es la probabilidad de captura de un individuo y X es la noche de trampeo. Los estimados de probabilidad de captura con base en el Modelo 2, donde la probabilidad de captura y recaptura se consideraron iguales para una noche dada pero podían variar entre las noches y los cuadrantes.

Regresión logística.—El análisis de regresión logística, que contrastó las variables de estructura de la vegetación de las estaciones donde se capturó y no se capturó a *S. mascotensis*, mostró que el porcentaje de pasto fue una variable importante y fue la primera variable que entró a la ecuación (Fig. 3). Alrededor de 45% de las estaciones donde se encontró a la especie tendieron a tener un mayor porcentaje de pasto en comparación con las estaciones donde no se encontró, mientras que cerca de 80% de las trampas donde no se capturó estuvieron en zonas sin pasto; lo que indica que *S. mascotensis* tendió a evitar los sitios sin pasto.

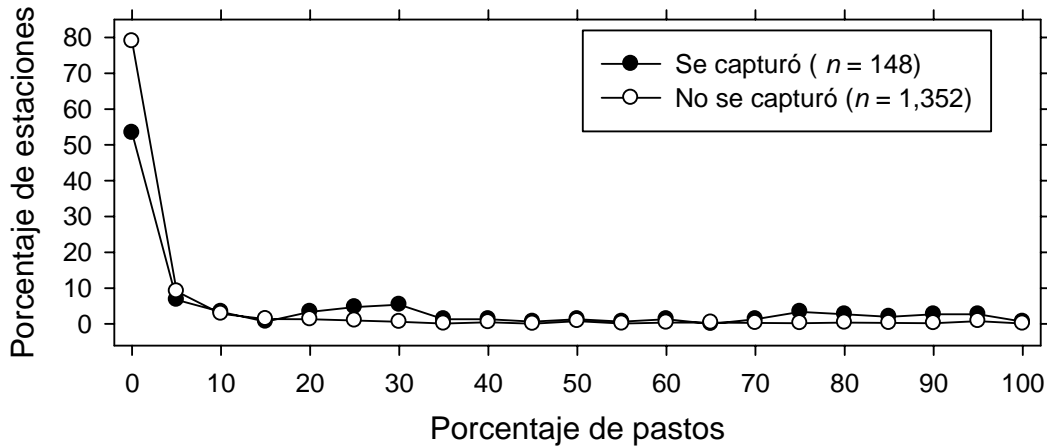


FIG. 3.—Porcentaje de proyecciones de estaciones de trampeo en una clase dada (1,500 estaciones de trampeo; 148 donde se capturó a *Sigmodon mascotensis* y 1,352 donde no se capturó) para el porcentaje de pastos (primera variable que entró a la ecuación de regresión logística, la cual fue descartada posteriormente).

A pesar de que el porcentaje de pastos fue la primera variable en entrar a la ecuación, al continuar el análisis, se ajustaron las probabilidades, y el porcentaje de pastos fue excluido de la ecuación. Esto ocurrió porque se permitió la selección covariada hacia ambos sentidos, y las variables subsecuentes en combinación explican estadísticamente la varianza inicialmente adjudicada al porcentaje de pastos. La regresión logística de las 1500 estaciones de trampeo de los 15 cuadrantes, contrastando estaciones donde se capturó y no se capturó a *S. mascotensis*, resultó en la ecuación siguiente:

$$Y = -0.249 - 0.022X_9 + 0.103X_{11} - 0.018X_4 - 0.071X_{12},$$

donde Y es la variable dependiente (presencia de *S. mascotensis*, inicialmente codificada como 1 cuando se capturó a la especie y 0 cuando no se capturó), X_9 es el porcentaje de dosel cerrado, X_{11} es el total de golpes abajo, X_4 es el porcentaje de hojarasca y X_{12} es el total de golpes arriba (Tabla 4). Los valores de Y resultantes (calculados mediante la ecuación) para las estaciones donde se capturó *S. mascotensis* en general, fueron mayores a aquellos para las estaciones donde no se capturó. Esto se puede ver en la Fig. 4, que representa la distribución de los valores de Y para las estaciones donde se capturó y no se capturó a *S. mascotensis* como un porcentaje del total de cada una. La ρ^2 de McFadden fue de 0.209. Los coeficientes para 3 de las 4 variables

fueron negativos (porcentaje de dosel cerrado, porcentaje de hojarasca y total de golpes arriba), lo

TABLA 4.—Estimados, *SEs*, valores de *Z* y *P* para la constante y los coeficientes de las variables independientes incorporadas secuencialmente en la regresión logística al evaluar los cuadrantes en Playa de Oro, Colima, México, para predecir la variable dependiente (*Y*), indicando donde se capturó a *Sigmodon mascotensis* (1) y donde no (0).

Constante o variable independiente	Coefficiente ± ES	Valor-Z	Valor-P
Constante	-0.249 ± 0.209	-1.190	0.234
Porcentaje dosel cerrado (X_9)	-0.022 ± 0.003	-6.929	<0.001
Total golpes abajo (X_{11})	0.103 ± 0.022	4.740	<0.001
Porcentaje hojarasca (X_4)	-0.018 ± 0.005	-3.982	<0.001
Total golpes arriba (X_{12})	-0.071 ± 0.028	-2.516	0.012

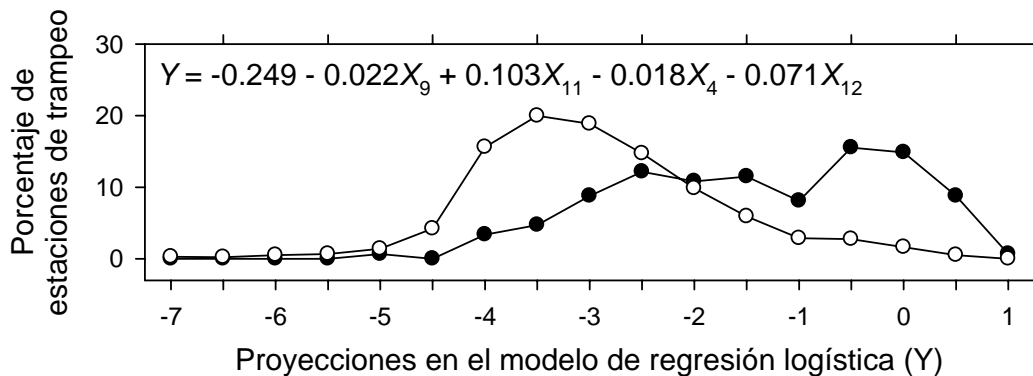


FIG. 4.—Porcentajes de las proyecciones de estaciones de trapeo en una clase dada (1,500 estaciones de trapeo; 148 donde se capturó a *Sigmodon mascotensis* y 1,352 donde no se capturó) para el modelo de regresión logística con base en las variables de estructura de la vegetación de los 15 cuadrantes (2003-2005).

que indica que los sitios donde se capturó a *S. mascotensis* tendían a tener valores más bajos en estas variables (Fig. 5A, 5C y 5D muestran estas variables). En contraste, el coeficiente de la variable 11 (total de golpes abajo) fue positivo, lo que indica que los sitios de captura tendían a presentar un número mayor de golpes abajo (Fig. 5B). Entonces, las estaciones donde se capturó a *S. mascotensis* tendieron a ser más abiertas en el dosel, a tener más vegetación en niveles bajos, menos hojarasca y menos vegetación en niveles altos.

Regresión multiplicativa no paramétrica.—Se utilizó una búsqueda libre exhaustiva en el programa HyperNiche, y se corrieron modelos para todas las combinaciones posibles de las 14 variables de estructura de la vegetación (1 a la vez, 2 a la vez, etc.), aumentando el número de variables incluidas hasta que no se obtenía mejoría alguna en el desempeño del modelo. Después se escogieron los mejores modelos (con base en los valores de xR^2) para cada número dado de predictores, y se seleccionaron 9 modelos con 1 a 9 variables respectivamente (Tabla 5). En la mayoría de los casos para estos modelos, un modelo con una variable más simplemente añadió una variable al grupo de variables anterior (Tabla 5, última columna). Sin embargo, como los modelos se generaron independientemente uno del otro, lo anterior no necesariamente sucedía, y en el análisis hubo una excepción: sólo 4 de las variables del modelo de 5 variables se incluyeron en el modelo de 6 variables.

La selección del mejor modelo se realizó con base en el número de variables y el valor de xR^2 , que indica el ajuste del modelo (Tabla 5). El modelo con 4 variables se consideró el mejor, porque al añadir variables más allá de 4, los aumentos en xR^2 fueron mínimos. El modelo de 4 variables incluye porcentaje de plantas leñosas, porcentaje de hojarasca, porcentaje de dosel cerrado y distancia promedio al árbol más cercano. Tras seleccionar este modelo, se ajustaron las tolerancias, lo que resultó en un aumento ligero en el valor de xR^2 , de 0.2246 a 0.2274. Dado que nuestro sistema de estaciones de trampeo en cuadrantes uniformes produce esencialmente muestras aleatorias del hábitat examinado, se pueden usar los resultados de la RMNP para estimar la probabilidad de ocurrencia de *S. mascotensis* para un valor(es) particular de una variable(s) dada incluido en el modelo.

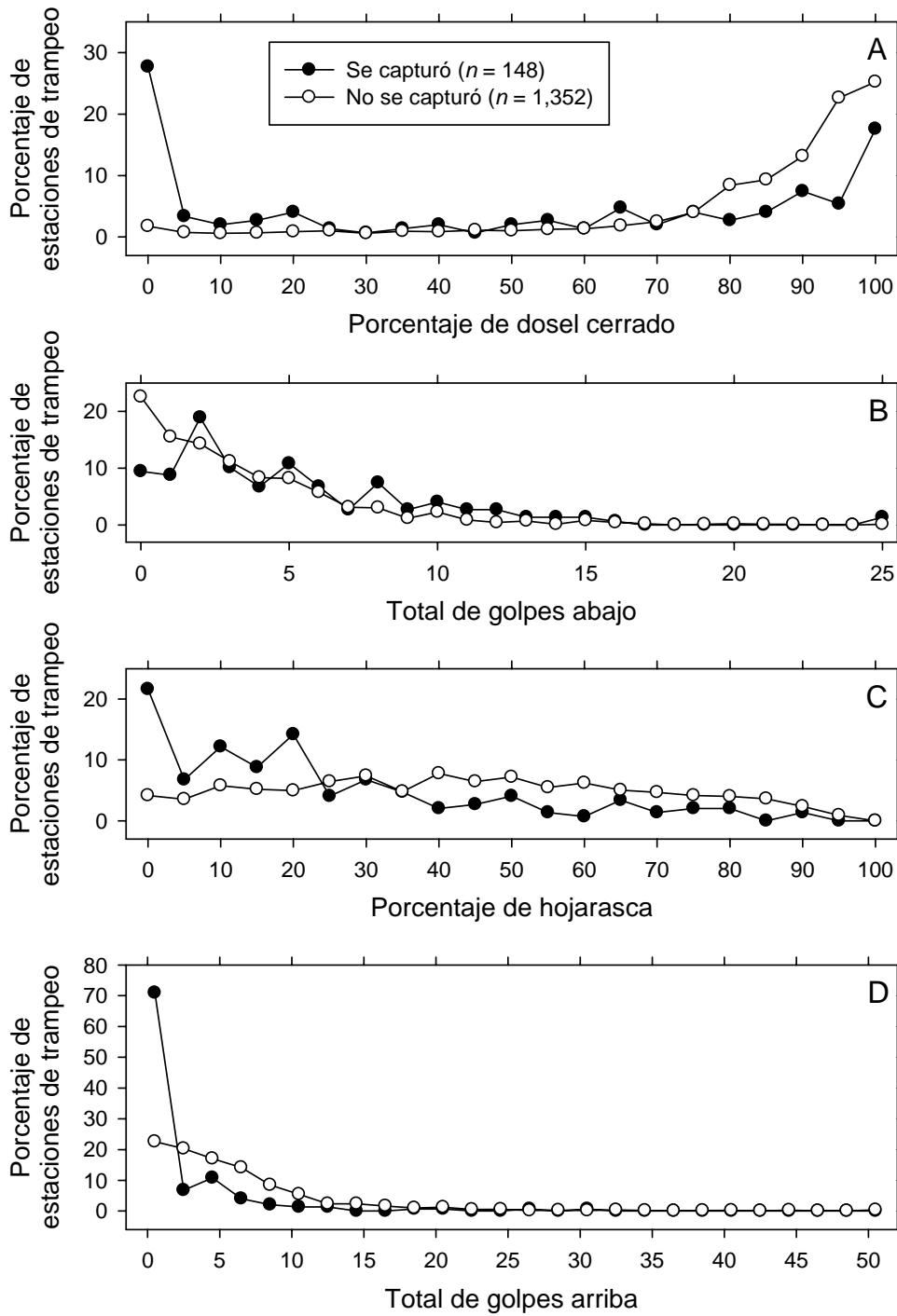


FIG. 5.—Las variables en la ecuación de la regresión logística representadas individualmente: B) porcentaje de dosel cerrado (X_9); C) total golpes abajo en un poste vertical (X_{11}); D) porcentaje de hojarasca (X_4); y E) total de golpes arriba en un poste vertical (X_{12}).

TABLA 5.—Mejores modelos de la RMNP para un número dado de predictores usados simultáneamente para estimar la probabilidad de ocurrencia de *Sigmodon mascotensis* en base a los datos de los 15 cuadrantes en Playa de Oro, Colima, para los años 2003-2005 (1,500 estaciones de trampeo; 148 donde *S. mascotensis* fue capturado y 1,352 donde no fue capturado). El modelo de cuatro variables fue considerado el mejor de todos en base al grado de mejoramiento en el ajuste del modelo como lo indica el cambio (Δ) en el valor de xR^2 .

Número de variables	xR^2	ΔxR^2 del modelo previo	Tamaño promedio del vecindario ^a	Variables (tolerancia ^b)
1	0.1594		432.25	Porcentaje dosel cerrado (4.99)
2	0.1928	0.0334	91.19	Porcentaje hojarasca (4.75) Porcentaje dosel cerrado (9.98)
3	0.2064	0.0136	87.83	Porcentaje hojarasca (9.50) Porcentaje dosel cerrado (9.98) Dist. prom. al árbol más cercano (1.85)
4	0.2246 ^c	0.0182	75.71	Porcentaje plantas leñosas (9.50 ^c) Porcentaje hojarasca (9.50 ^c) Porcentaje dosel cerrado (9.98 ^c) Dist. prom. al árbol más cercano (2.31 ^c)
5	0.2265	0.0019	77.57	Porcentaje plantas leñosas (9.50) Porcentaje hojarasca (9.50) Promedio de golpes a 1 m (4.69) Porcentaje dosel cerrado (9.98) Dist. prom. al árbol más cercano (2.78)
6	0.2356	0.0091	81.45	Porcentaje plantas leñosas (9.50) Porcentaje pastos (15.0) Porcentaje hojarasca (14.25) Porcentaje dosel cerrado (9.98) Inclinación (5.30) Dist. prom. al árbol más cercano (2.78)

Número de variables	xR^2	ΔxR^2 del modelo previo	Tamaño promedio del vecindario ^a	VARIABLES (tolerancia ^b)
7	0.2460	0.0104	76.06	Porcentaje plantas leñosas (9.50) Porcentaje pastos (20.0) Porcentaje hojarasca (14.25) Promedio de golpes a 1 m (4.69) Porcentaje dosel cerrado (9.98) Inclinación (5.30) Dist. prom. al árbol más cercano (3.24)
8	0.2466	0.0006	75.33	Porcentaje plantas leñosas (9.50) Porcentaje pastos (20.0) Porcentaje hojarasca (14.25) Promedio de golpes a 1 m (4.69) Porcentaje dosel cerrado (9.98) Inclinación (5.30) Total golpes abajo (10.0) Dist. prom. al árbol más cercano (3.24)
9	0.2465	-0.0001	75.27	Porcentaje plantas leñosas (9.50) Porcentaje pastos (20.0) Porcentaje hojarasca (14.25) Porcentaje de rocas (48.0) Promedio de golpes a 1 m (4.69) Porcentaje dosel cerrado (9.98) Inclinación (5.30) Total golpes abajo (10.0) Dist. prom. al árbol más cercano (3.24)

^aEl tamaño del vecindario se refiere a los sitios cercanos en un espacio “ambiental” multidimensional, el espacio definido por las tolerancias de las variables incluidas en el modelo.

^bTolerancia se refiere a la *DE* de la función Gaussiana ponderativa que controla cuan rápido disminuyen los pesos con la distancia del punto blanco en el espacio ambiental y, entonces, determina la influencia relativa de los puntos que rodean ese espacio. Las tolerancias iniciales son una función de las *DEs* de las variables individuales en el modelo. En modelos de media local, la tolerancia esta relacionada inversamente a la importancia de la variable en el modelo (McCune, 2006).

^cAl optimizar el modelo de 4 variables, el valor de xR^2 aumentó a 0.2274. Las tolerancias en el modelo optimizado fueron 7.60, 9.50, 9.98, y 2.68, respectivamente, para las variables ordenadas.

Para el porcentaje de dosel cerrado (Fig. 6A), la probabilidad estimada de ocurrencia de *S. mascotensis* fue de más de 0.5 para un dosel completamente abierto, mientras que disminuía con rapidez al cerrarse el dosel. De la misma manera, para el porcentaje de hojarasca (Fig. 6B), la probabilidad de ocurrencia disminuye al aumentar la hojarasca. Hay un aumento muy gradual en la probabilidad de ocurrencia de la especie con el aumento en la distancia promedio al árbol más cercano (Fig. 6C). Cuando el porcentaje de plantas leñosas en la cobertura del suelo es alta, hay una probabilidad muy alta de encontrar a *S. mascotensis*, aún cuando los datos fueron insuficientes para obtener un estimado confiable para cuando las plantas leñosas ocuparon más de 80% de la cubierta del suelo (porción punteada de la curva en la Fig. 6D).

Al tomar dos variables a la vez, es posible visualizar superficies de respuesta. La superficie de probabilidad de ocurrencia estimada para el porcentaje de dosel cerrado y porcentaje de hojarasca (Fig. 7A) es más complejo de lo que se podía esperar de la inspección de las curvas de cada variable individualmente (Fig. 6A y 6B). Al considerar las áreas donde el dosel es cerrado en su mayor parte, la probabilidad de ocurrencia es relativamente baja y disminuye constantemente al aumentar el porcentaje de hojarasca (parte frontal derecha de la Fig. 7A). Sin embargo, cuando el porcentaje de dosel cerrado es bajo, la probabilidad de ocurrencia es: (1) muy alta cuando el porcentaje de hojarasca es bajo; (2) decae a valores muy bajos cuando el porcentaje de hojarasca es intermedio; y (3) es relativamente alto, con alrededor de 20% de dosel cerrado, cuando el porcentaje de hojarasca es alto.

La superficie de respuesta tridimensional para la distancia promedio al árbol más cercano y el porcentaje de plantas leñosas (Fig. 7B) muestra una relación muy parecida a la representada en las curvas de respuesta de las variables individuales (Fig. 6C y 6D). Hay una disminución en la probabilidad de ocurrencia de *S. mascotensis* con la disminución de la distancia promedio al árbol más cercano, independientemente de los valores de las plantas leñosas (Fig. 7B). Del mismo modo, la alta probabilidad de ocurrencia cuando el valor de plantas leñosas es alto (Fig. 6D) se refleja en la superficie de respuesta, así como una pequeña joroba en la probabilidad de ocurrencia que es estimada para el 30 a 50% de plantas leñosas en la cobertura del suelo.

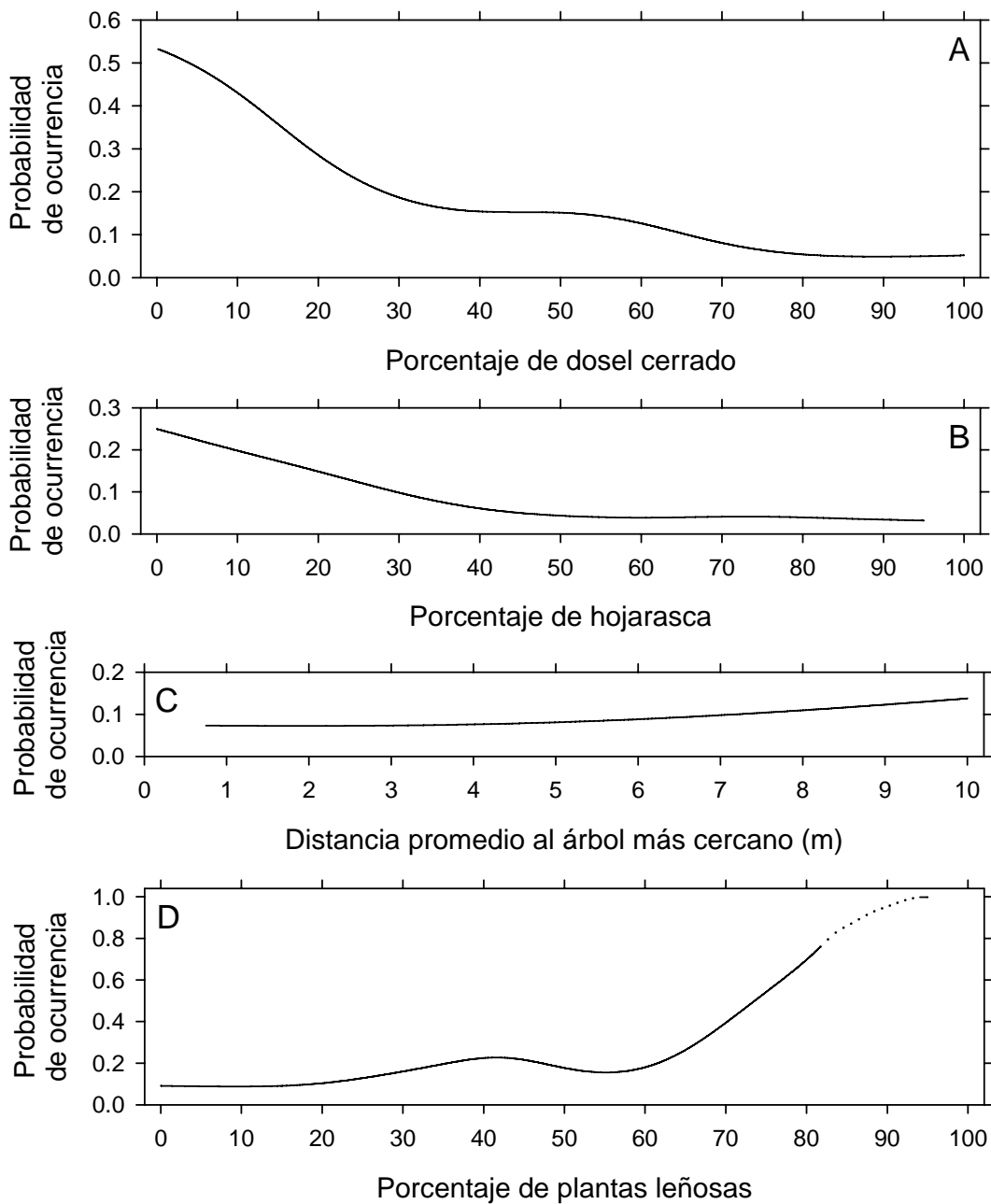


FIG. 6.—Probabilidad de ocurrencia de *Sigmodon mascotensis* con relación a A) porcentaje de dosel cerrado, B) porcentaje de hojarasca, C) distancia promedio al árbol más cercano, y D) porcentaje de plantas leñosas para el modelo de 4 variables de la RMNP, el cuál fue considerado como el mejor modelo. Con base en los datos de los 15 cuadrantes en Playa de Oro, Colima, para los años 2003-2005 (1,500 estaciones de trampeo; 148 donde se capturó a *S. mascotensis* y 1,352 donde no se capturó). La línea punteada en el cuadro D indica la región donde los datos fueron insuficientes para obtener un estimado confiable.

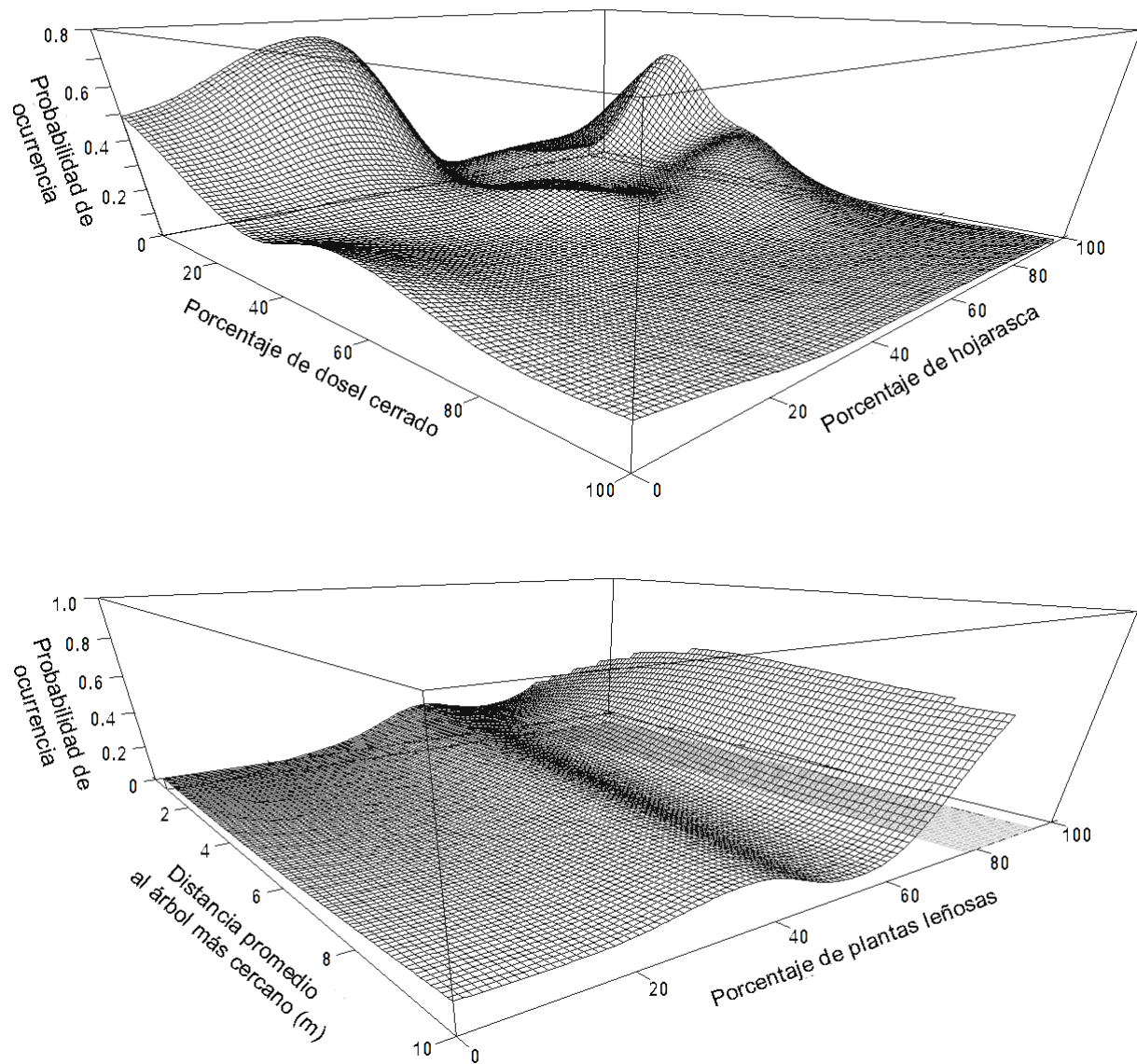


FIG. 7.—Representaciones tridimensionales para el mejor modelo de la RMNP, que incluyen 4 variables, y muestra la probabilidad de ocurrencia de *Sigmodon mascotensis* cuando se consideran simultáneamente A) porcentaje de dosel cerrado y porcentaje de hojarasca, y B) distancia promedio al árbol más cercano y porcentaje de plantas leñosas. El análisis incluyó los datos de los 15 cuadrantes en Playa de Oro, Colima, para los años 2003-2005 (1,500 estaciones de trampeo; 148 donde se capturó a *S. mascotensis* y 1,352 donde no se capturó). En el cuadro B, la porción gris para los porcentajes de plantas leñosas mayores al 80%, indican la región donde los datos no fueron suficientes para obtener un estimado confiable.

Especies simpátricas

El número de individuos de *S. mascotensis* y el número total de mamíferos pequeños capturados cada año en los cuadrantes fueron: 2003, 4 de 286 (1.4%); 2004, 83 de 550 (15.1%); 2005, 8 de 206 (3.9%); y todos los años, 95 de 1042 (9.1%). Se encontraron diferencias significativas entre los años en el porcentaje de animales capturados que fueron *S. mascotensis* (prueba $R \times C$, $G = 59.64$, $g.l. = 2$, $P < 0.001$). Es notable que en 2004, *S. mascotensis* conformó un porcentaje substancialmente más alto del total de animales capturados que en otros años. Al hacer una comparación entre los años, se identificó un subgrupo no significativo (2003 y 2005), ya que para estos años los porcentajes de *S. mascotensis* no pudieron ser diferenciados estadísticamente.

La especie de mamíferos pequeños más abundante en Playa de Oro fue *Oryzomys couesi* con 557 de 1042 individuos capturados (53.5%). Otras especies comunes fueron *Tlacuatzin canescens*, *Baiomys musculus* (135; 13.0%; ver Schnell et al. 2008b) y *Liomys pictus* (106; 10.2%). Las especies con porcentajes menores fueron *Liomys spectabilis*, *Nyctomys sumichrasti*, *Osgoodomys banderanus*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Peromyscus perfulvus* (ver Schnell et al. 2008a), *Reithrodontomys fulvescens* y *Xenomys nelsoni*.

DISCUSIÓN

Demografía general

La densidad poblacional de *S. mascotensis* tuvo variaciones marcadas entre los tres años. Los valores estimados para 2003 y 2005 (que fueron los años con menos capturas) para los cuadrantes en que se capturó la especie fueron de 0.84 a 2.51 ind/ha para 2003 y 0.84 a 3.35 ind/ha para 2005, y son parecidos a los calculados por Collett et al. (1975) en Chamela con el mismo método (número de animales capturados = número mínimo de animales presente). Para 2004, el año en que se capturó el mayor número de ratas algodoneras, el estimado de densidad para el cuadrante con más animales capturados (29) fue de 24.39 ind/ha para el Modelo 2 del programa MARK, el cual es muy parecido al número obtenido del trabajo de Barrera (1952) de 25.6 ind/ha, porque aunque él no estimó la densidad poblacional reportó 77 individuos de esta especie en 3 ha de un plantío de palma cocotera. El resto de los cuadrantes para ese año tuvo estimados de densidad que se encontraron en el intervalo reportado en los dos trabajos anteriores. Para la región de Chamela, Miranda (2002b) cita que se han reportado densidades de 2 a 50 ind/ha, y aunque cabe aclarar que el mismo autor señala que esta especie puede superar los 100 ind/ha en el bosque tropical estacional de Chamela en la época seca, no precisa citas específicas. Por lo anterior consideramos que esta especie no representa una plaga potencial. Mas aún, es tan poco lo que se conoce de ella y tan alta la tasa de deforestación y fragmentación del hábitat, que debería protegerse bajo las leyes mexicanas e internacionales

Se encontraron diferencias notables en el número de *S. mascotensis* capturados en los 3 años de estudio. De esta manera, el tamaño poblacional fue considerablemente mayor en 2004 (83 individuos) con relación a 2003 (4) y 2005 (8), aún cuando los cuadrantes de estudio se colocaron en la misma área general. Esta misma variación se encontró en el número total de mamíferos pequeños capturados; en enero del 2004 se capturaron 550 animales, que representaron casi el doble que los de enero del 2003 (286) y más del doble que los de enero del 2005 (206). Estas diferencias pudieron deberse a la variación en la vegetación de los cuadrantes muestreados en los diferentes años, pero uno de los factores más evidentes, fue sin duda la precipitación, la cual de acuerdo a los registros de clima para la Estación Biológica de Chamela (75 km al noroeste, a lo largo de la costa de Jalisco), varió considerablemente entre los años, es decir fue más de 20% mayor en el año anterior al trabajo de campo de enero del 2004 que en los

años anteriores a los muestreos de 2003 y 2005 (precipitación total de 12 meses; 681 mm para 2002, 826 mm para 2003 y 652 mm para 2004). La abundancia de frutos, nueces, insectos y otros recursos en los bosques deciduos, exhiben fuertes fluctuaciones en y entre los años, lo cual ciertamente afecta la abundancia de mamíferos pequeños (Ceballos Gonzalez 1989; Bullock y Solís-Magallanes 1990; Romero Almaraz 1993).

Debido a las bajas densidades de *S. mascotensis* no se tienen registros sobre la proporción macho:hembra en sus poblaciones. En este estudio se encontraron más machos que hembras y Barrera (1952) reportó más hembras que machos, sin embargo, la proporción de sexos resultante en nuestro estudio (1:0.76) no se desvía significativamente de 1:1. Suponiendo que la proporción inicial era 1:1 (i.e. mismo número de crías machos y hembras; Fisher 1930), los resultados implican que los factores de mortalidad como enfermedades, depredación, etc., afectan de la misma manera a machos y hembras.

Por otra parte, se observó que los machos fueron significativamente más grandes que las hembras, y el intervalo de masa encontrado para todos los adultos varió de 43.9 a 168.0 g, lo que es similar a algunos trabajos reportados con anterioridad, pero nuestro intervalo incluye animales aún más pequeños. Por ejemplo, la masa reportada para especímenes de Chamela fue de 70 a 270 g (Miranda 2002a), para la costa noroeste de Guerrero de 60 a 125.4 g (Ramírez-Pulido et al. 1977), y para el suroeste de Guerrero el promedio fue de 110 g (Juárez Gómez 1992). La variación de masa dentro de la especie puede deberse a la edad y factores externos, debido a que el peso máximo de las ratas alodoneras es fuertemente afectado por la localización, densidad poblacional y el clima (Goertz 1965).

Separados por sexo, los animales más grandes encontrados en nuestra investigación, tanto para los machos como para las hembras, son más grandes que los reportados para Michoacán y Morelos. Para la costa de Michoacán, la masa de las hembras adultas de *S. mascotensis*, que incluía una hembra preñada, fue de 62.5 a 124.6 g, (Álvarez et al. 1987). En el mismo trabajo, la masa reportada para machos adultos varió de 59.5 a 134.5 g. Para Morelos, se reportó una masa de 64 g para una hembra, y la masa promedio para 4 machos adultos fue de 86 g (Sánchez Hernández y Romero Almaraz 1995). Para Chamela, la masa promedio reportada para machos fue de 116 g y 92 g para hembras (Miranda 2002a). Nuestro estudio es el primero en analizar diferencias estadísticas en la masa entre machos y hembras adultos de *S. mascotensis*, y los resultados muestran que podría existir dimorfismo sexual en la especie, ya que los machos

fueron significativamente más pesados que las hembras, aún con hembras preñadas. La hembra de menor masa (43.9 g) fue capturada en el muestreo de 2003, probablemente debido a que la poca lluvia del año anterior comprometió la cantidad de alimento disponible. El macho de menor masa (49.3 g) fue capturado en el 2004, y presentó testículos escrotados. Su peso bajo pudo ser acentuado por estrés reproductivo, ya que las ratas algodoneras son territoriales y son poco tolerantes a la presencia de otro individuo del mismo sexo; además se sabe que los machos grandes tienen territorios mayores y son menos tolerantes a la presencia de otros machos que los machos pequeños (Cameron y Spencer 1985).

Las ratas algodoneras se mueven por caminos bien definidos entre la vegetación (Baker 1969). Son altamente móviles, y pueden recorrer grandes distancias en poco tiempo (Fleharty y Mares 1973). Los movimientos realizados por individuos de *S. mascotensis* sólo se han reportado para Chamela; Collett et al. (1975) encontraron que para la estación húmeda un individuo se desplazó una distancia promedio entre capturas de 18.1 m. Miranda (2002b) reportó movimientos entre capturas consecutivas que fueron de 12 a 25 m, con una distancia máxima de 36 a 72 m. En este estudio se utilizó la distancia al centroide, la cual multiplicada por 2 es comparable a la distancia promedio recorrida; en la estación seca analizada, la distancia promedio desde el centroide de 9.85 m ($\times 2$) es cercana a la distancia promedio recorrida (18.1) reportada para el individuo documentado por Collett et al. (1975). La distancia máxima desde el centroide recorrida en nuestro estudio (46.5 m $\times 2$) es considerablemente mayor que los 21.2 m reportados por Collett et al. (1975) como la mayor distancia recorrida y es similar a los 72 m obtenidos por Miranda (2002b). Nuestro estudio muestra que aunque no existe diferencia significativa entre los movimientos hechos por machos y hembras, en promedio los machos viajan distancias ligeramente mayores que las hembras, pero la mayor distancia (46.53 m) fue recorrida por una hembra adulta. Los estudios realizados con *S. hispidus* han mostrado que los machos recorren distancias mayores que las hembras (Erickson 1949; Fleharty y Mares 1973; Stickel y Stickel 1949). De acuerdo con Fleharty y Mares (1973), los ámbitos hogareños de las ratas algodoneras machos son mayores que los de las hembras. También notaron que las ratas algodoneras de ambos sexos presentan cambios en el tamaño de sus ámbitos hogareños durante el tiempo de cópula; periodo durante el cual el ámbito hogareño de los machos crece y el de las hembras decrece (Fleharty y Mares 1973).

Reproducción

En este estudio se registró actividad reproductiva substancial para *S. mascotensis* durante enero del 2004, con más de 50% de las hembras reproductivamente activas. Aún cuando no se registraron hembras maduras ni en 2003 o 2005, se capturó un macho con testículos escrotados para cada año, prueba de que existía actividad reproductiva. Esta diferencia entre los años pudo ser causada por el tamaño poblacional tan reducido en ambos años en comparación con 2004.

En Zacatecas, en el mes de julio, se registraron 2 hembras preñadas de *S. mascotensis*, con 6 y 8 embriones respectivamente, junto con 2 hembras lactantes (Matson y Baker 1986). En la costa de Michoacán, Álvarez et al. (1987) encontraron 1 hembra de *S. mascotensis* preñada con 5 embriones en el mes de mayo, juveniles en febrero, mayo y julio, y machos con testículos escrotados en febrero y mayo. En el noroeste de Guerrero, Ramírez-Pulido et al. (1977) reportaron un juvenil en mayo, pero no reportaron edad ni condición reproductiva de los otros especímenes que capturaron. En el suroeste de Guerrero, se encontró una hembra de *S. mascotensis* receptiva en marzo y machos con testículos escrotados en mayo y diciembre (Juárez Gómez 1992). En Morelos se encontraron machos con testículos escrotados en febrero, abril y julio (Sánchez Hernández y Romero Almaraz 1995), y dos hembras preñadas, con 6 y 11 embriones, fueron encontradas en agosto (Davis y Russell 1953).

Para esta especie se ha reportado que la reproducción ocurre a lo largo de todo el año, con las hembras preñadas, receptivas o lactantes en enero, marzo, mayo, julio y agosto (Álvarez et al. 1987; Davis y Russell 1953; Juárez Gómez 1992; Matson y Baker 1986), y juveniles en enero, febrero, mayo y julio (Allen 1897; Álvarez et al. 1987; Ramírez-Pulido et al. 1977). Para la última parte del año no se ha reportado actividad reproductiva para las hembras, pero se han encontrado machos con testículos escrotados en diciembre (Juárez Gómez 1992).

Los resultados del presente trabajo indican que existe actividad reproductiva sustancial para la época seca, aún cuando en esta época del año los recursos alimenticios no están en su máxima disponibilidad.

Probabilidad de captura

El periodo de trabajo incluyó 8 noches de trampeo y se encontró que el número de noche de captura influyó sobre el éxito de trampeo de *S. mascotensis*. Para dos de los tres cuadrantes analizados (cuadrantes 1 y 5, 2004), la probabilidad de captura aumentó sustancialmente en las

primeras 6 noches, se estabilizó en la noche 7 y decreció para la noche 8 (Fig. 2). Mientras que el cuadrante 4 (2004) que presentó la mayor probabilidad de captura inicial, la probabilidad de captura aumentó hasta la noche 4 y posteriormente decreció de manera continua (Fig. 2). Un factor que debe considerarse es el posible efecto de las pequeñas diferencias en el patrón temporal de trapeo entre los cuadrantes. Algunos cuadrantes fueron activados por tres noches, inactivos por tres noches y luego activados por cinco noches, y otros fueron activados por cuatro noches, inactivos por tres noches y activados nuevamente por cuatro o cinco noches (Tabla 1). Sin embargo, el efecto potencial puede ser descartado ya que los cuadrantes 1 y 4 tuvieron el primer esquema y el cuadrante 5 tuvo el segundo—un patrón entre cuadrantes que no es congruente con el patrón de probabilidad de captura.

En el estudio realizado con *B. musculus* por Schnell et al. (2008b), el cual incluyó la misma zona y periodo de estudio además de 10 cuadrantes al norte del estado, se encontró una influencia definitiva de la noche de muestreo. Para los cuadrantes cerca de la costa, la probabilidad de captura fue inicialmente mayor y aumentó de las noches 1 a 4, para luego disminuir, exactamente como nuestro cuadrante 4; mientras que para los cuadrante del norte de Colima la probabilidad de captura aumentó hasta la noche 6 y se estabilizó en las últimas 2 noches (Schnell et al. 2008b).

En Sudáfrica, para un periodo de trapeo de 8 noches, *Rhabdomys pumilio* también mostró un aumento en la probabilidad de captura hasta la noche 4 seguido de un decrecimiento continuo (van Hensbergen y Martin 1993). Un estudio de trapeo vivo en Maryland mostró que para un periodo de muestro de 5 noches, hubo poca variación temporal o conductual en la probabilidad de captura de *Microtus pensilvanicus* (Jett y Nichols 1987). Sin embargo, el análisis de datos de 15 años de trapeo mostró que las ratas algodóneras y los ratones del género *Microtus* responden de manera diferente al trapeo, porque sus historias biogeográficas son distintas y el clima afecta a *Microtus* (boreal) y a *Sigmodon* (tropical) de manera diferente—en épocas frías la probabilidad de captura de las ratas algodóneras se ve más afectada por el clima, y para los ratones ésta se ve más afectada en estaciones cálidas (Stokes et al. 2001).

Hammond y Anthony (2006) analizaron datos de captura-recaptura de 33 mamíferos para obtener respuestas específicas al trapeo; su modelo mostró que *S. hispidus* presentó una respuesta conductual al trapeo y fue cada vez más propenso a ser capturado (trampófilo), pero hubo una gran heterogeneidad dentro de la especie y debido a esto, el efecto del tiempo no fue

significativo (Hammond y Anthony 2006). Summerlin y Wolfe (1973) determinaron que el estatus social es un factor importante en la heterogeneidad de trapeo de las ratas algoneras, debido a que los animales dominantes entran a las trampas antes que los subordinados, y los animales subordinados evitan entrar a trampas que ya han sido visitadas por dominantes. Su estudio también muestra que las hembras reproductivas y los machos dominantes prefieren trampas previamente visitadas por otros machos (Summerlin y Wolfe 1973).

En nuestro estudio, el patrón general muestra un aumento en la probabilidad de captura. Schnell et al. (2008b) discutieron que la probabilidad de captura que aumenta con la noche de captura puede ser resultado del ajuste de la especie a la perturbación asociada a la colocación de las trampas, o bien puede reflejar que el animal había localizado una fuente de comida lista para ser consumida en el sitio de trapeo.

Uso del hábitat

Características ecológicas.—Varios autores mencionan que las ratas de este género están asociadas al pasto (Baker 1969; Matson y Baker 1986; Stickel y Stickel 1949), y en estudios anteriores, el pasto ha sido un común denominador en las zonas donde se capturó a la especie. En el centro de Michoacán se encontró en un pastizal denso con *Acacia* sp. cerca de un canal de irrigación (Zimmerman 1970). En Guerrero se capturó en cultivos de plátano y coco con pasto denso (Barrera 1952; Ramírez-Pulido et al.1977) y en áreas de pastizal adyacentes a un bosque de pino-encino (Juárez Gómez 1992). En Jalisco, se observó en pastizales de *Typha* sp. y en un pastizal con “uña de gato” (*Uncaria* sp.) cerca de un bosque tropical deciduo (Zimmerman 1970), y en la región de Chamela fue común en pastizales (Ceballos Gonzalez 1989). El análisis de la regresión logística muestra alrededor de 45% de las estaciones donde se capturó a la especie tuvieron una cobertura de suelo formada entre 20 y 95% por pastos, a diferencia del 80% las estaciones donde no se capturó que estuvieron en terreno sin pasto (Fig. 3). El análisis demostró que el porcentaje de pastos, aunque no formó parte de la ecuación final, fue una variable importante para la presencia de la rata, ya que le provee de refugio y alimento (Stickel y Stikel 1949).

Ambos análisis demuestran que el dosel abierto es un factor importante en la presencia de esta especie. La regresión logística demostró que más de 25% de las estaciones donde se capturó la especie estuvieron en zonas con dosel completamente abierto (Fig. 5A); mientras que la

RMNP indicó que la probabilidad de encontrar a la especie aumenta al abrirse el dosel (Fig. 6A). Asimismo, la regresión logística y la RMNP indicaron que la especie prefiere sitios sin hojarasca (Fig. 5B y 6B), a excepción de sitios con el dosel completamente abierto, donde la probabilidad de encontrar a la especie es mayor en zonas con alto porcentaje de hojarasca que en zonas con cantidad media de hojarasca (Fig. 7A). En Colima la especie se capturó en maleza, pilas de frondas de palmas y otra hojarasca en el suelo de un cultivo de palma de aceite (Hooper 1955), sin embargo no se menciona la apertura del dosel.

La ecuación derivada del análisis de regresión logística reveló que la presencia de *S. mascotensis* estuvo inversamente relacionada con la cantidad de golpes a una altura de 2.5 a 7.5 m (Fig. 4 y 5D), lo que significa que la especie se encontró en sitios con una vegetación dispersa a esa altura. La RMNP mostró que la probabilidad de ocurrencia de la especie aumenta cuando el árbol más cercano está a más de 6 metros. La unión de ambas variables indica que la rata algodónera prefiere sitios con árboles lejanos y dispersos. Por otro lado, la regresión logística demostró que la especie fue capturada en sitios con vegetación densa entre 0 y 2.5 m (Fig. 5B), y la RMNP indicó que la probabilidad de encontrar a la especie aumenta drásticamente cuando el porcentaje de plantas leñosas en la cobertura del suelo sobrepasa 60% (Fig. 6D y 7B). Lo anterior coincide con condiciones similares en las que se ha capturado a *S. mascotensis*, por ejemplo en Chamela, fue capturado en una montaña cubierta con vegetación arbórea alta y con matorral bajo y denso formado por arbustos y pastos (Collett et al. 1975). En Morelos se encontró en un bosque tropical caducifolio perturbado con asociaciones secundarias de arbustos espinosos de leguminosas (García-Estrada et al. 2002), y en zonas secas con pastos gruesos, herbáceas y arbustos (Davis y Russell 1953). En Michoacán se capturó en vegetación tropical decidua baja, muy cerrada, y en vegetación espinosa baja, parcialmente cerrada (Álvarez et al. 1987), y en Jalisco en sotobosque con pastos, otras herbáceas y arbustos de un bosque de pino (Hooper 1955). La vegetación baja puede cumplir la misma función que el pasto al proveer refugio y brindar un ambiente con menos variación en temperatura y humedad. Además, al ser *S. mascotensis* una especie omnívora, puede alimentarse de las hojas y frutos de las plantas leñosas o bien de pequeños invertebrados que habitan en ellas. El dosel abierto de los sitios de captura es probablemente una característica secundaria, no elegida directamente sino indirectamente, ya que para que exista crecimiento de la vegetación en niveles bajos es necesario

que existan huecos en el dosel donde exista más disponibilidad de recursos (i.e. luz, agua, nutrientes) y disminuya la competencia por éstos (Canham 1988).

La especie también se ha encontrado en áreas rocosas, por ejemplo en una pendiente con rocas en un bosque espinoso en Colima (Hooper 1955) y en una zona con piso rocoso en un bosque tropical deciduo perturbado en Morelos (García-Estrada et al. 2002). Sánchez Hernández y Romero Almaraz (1995) notaron que aunque *S. mascotensis* prefirió un sotobosque denso, el factor más importante para su refugio fue el piso rocoso. Sin embargo, en este estudio no se encontró que las rocas fueron un factor importante para su ocurrencia con ninguno de los análisis realizados.

Comparación entre modelos.—De acuerdo al análisis de regresión logística *S. mascotensis* tendió a estar en estaciones con dosel más abierto (variable 9), vegetación baja densa (variable 11), poca hojarasca (variable 4) y vegetación alta dispersa (variable 12; Fig. 4 y 5A-D). La RMNP también incluyó las variables 4 y 9, pero además anexó el porcentaje de plantas leñosas (variable 1) y la distancia promedio al árbol más cercano (variable 14; Tabla 6). Al considerar las primeras dos variables de manera separada, la RMNP mostró resultados similares a los arrojados por la regresión logística—la probabilidad de ocurrencia de *S. mascotensis* aumentó al disminuir la hojarasca y al abrirse el dosel (Fig. 6A y 6B). Sin embargo, al combinar ambas variables en una gráfica tridimensional la respuesta cambia. Para sitios con el dosel muy cerrado, la probabilidad de ocurrencia es baja y disminuye al aumentar el porcentaje de hojarasca; pero para áreas con dosel abierto, la probabilidad de ocurrencia es muy alta con poca hojarasca, cae a valores muy bajos en valores medios de hojarasca, y vuelve a subir cuando el porcentaje de hojarasca es alto (Fig. 7A). Para las últimas dos variables, la probabilidad de ocurrencia aumenta ligeramente al aumentar la distancia promedio al árbol más cercano (Fig. 6C), y aumenta a valores muy altos cuando el porcentaje de plantas leñosas sobrepasa 60% (Fig. 6D). Esta relación se mantiene al combinarse ambas variables (Fig. 7B).

Aunque no todas las variables seleccionadas son compartidas por ambos modelos, brindan información complementaria. Las variables compartidas por la regresión logística y la RMNP demuestran que la especie mostró preferencia por los sitios con dosel abierto y poca hojarasca. Las variables no compartidas indican que la especie tendió a estar en sitios con vegetación baja densa (total de golpes entre 0 y 2.5 m para la regresión logística y porcentaje de

plantas leñosas para la RMNP) y vegetación alta dispersa (total de golpes entre 2.5 y 7.5 m para la regresión logística y distancia promedio al árbol más cercano para la RMNP).

TABLA 6.—Comparación de las variables seleccionadas para los modelos de regresión logística y regresión multiplicativa no paramétrica.

Regresión logística	RMNP
Porcentaje de dosel cerrado*	Porcentaje de dosel cerrado*
Total de golpes a una altura de 0 a 2.5 m	Porcentaje de hojarasca*
Porcentaje de hojarasca*	Distancia promedio al árbol más cercano
Total de golpes a una altura de 2.5 a 7.5 m	Porcentaje de plantas leñosas

* Variables compartidas por ambos modelos.

Comparación con especies cercanas de Sigmodon

Debido a su cercanía filogenética (Carroll et al. 2005; Elder 1980; Fuller et al. 1984; Peppers y Bradley 2000; Peppers et al. 2002), la mejor especie para comparar las preferencias ecológicas de *S. mascotensis* es *S. arizonae*, sin embargo, no existen trabajos similares. *S. hispidus*, la cual es la especie con mayor distribución y mejor estudiada dentro del género, y se encuentra desde el sureste de los Estados Unidos, baja a través de México por el noroeste de Chihuahua y el norte de Tamaulipas, y hacia el sur a través del interior de México al menos hasta el centro de Zacatecas y el oeste de San Luis Potosí (Musser y Carleton 2005). En México, su distribución es más o menos parapátrica con la de *S. mascotensis*.

Las densidades para la rata algodonera hispida son tan variables como los de la rata algodonera del oeste mexicano, pero las poblaciones de la primera presentan fluctuaciones bimodales marcadas (Cameron y Spencer 1981). En Texas las densidades varían de 0.5 a 29.65 ind/ha (Cameron 1977; Stickel y Stickel 1949), en Georgia de 4.7 a 69 ind/ha (Erickson 1949; Odum 1955), en Florida de 10 a 25 ind/ha (Layne 1974), en Kansas de 0.2 a 20 ind/ha (Flehart et al. 1972), y en Durango de 25 a 51 ind/ha (Petersen 1973). La proporción de sexos para *S. hispidus* siempre ha sido mayor en los machos. La reportada para Texas fue de 1:0.95 (Stickel y

Stickel 1949) y de 1:0.81 para Georgia (Erickson 1949), lo cual se acerca a la proporción de 1:0.76 encontrada para *S. mascotensis* en este trabajo. Sin embargo, Goertz (1965) afirmó que la proporción de sexos en las ratas aldoneras puede desviarse significativamente de 1:1 tras un invierno muy frío, con mayor proporción de machos que de hembras.

Sigmodon hispidus es ligeramente más pesado que *S. mascotensis* (110 a 225 g vs. 43.9 a 168.0 g; Cameron y Spencer 1981; este estudio). Para el noreste de Kansas, el ámbito hogareño calculado para *S. hispidus* fue de 0.12 ha (Slade y Swihart 1983), y para Georgia la distancia promedio recorrida por machos fue de 20.4 m y 17.1 m por hembras (Erickson 1949). Estos valores son similares a los encontrados para *S. mascotensis* en este estudio (i.e. distancia al centroide \times 2; 19.94 m para machos y 19.38 m para hembras). Para *S. hispidus* los patrones reproductivos en la parte norteña de su distribución difieren de aquellos de la parte sureña—en Texas y Carolina del Sur presenta dos picos reproductivos (en otoño y primavera; Cameron 1977; O'Farrel et al. 1977), mientras que en Veracruz se reproducen durante todo el año (Hall y Dalquest 1963).

Sigmodon hispidus, al igual que otras ratas aldoneras, se captura más frecuentemente en ambientes con pastos (Fleharty y Mares 1973; Kaufman y Fleharty 1974; Odum 1955), y se encuentra comúnmente en praderas (Fleharty y Mares 1973; Smith y Vrieze 1979; Stickel y Stickel 1949), desiertos (Matson y Baker 1986) y zonas cultivadas (McClenaghan y Gaines 1978). En Zacatecas, México, y Oklahoma, EUA, *S. hispidus* se capturó principalmente en áreas abiertas con pastos (Matson y Baker 1986; Stancampiano y Schnell 2004). Al igual que en Texas en donde prefirió una cubierta vegetal densa en forma de pasto (Stickel y Stickel 1949). En la parte centro-occidental de Kansas la rata prefirió la maleza densa y un dosel protector (Fleharty y Mares 1973), mientras que en la zona norte-central de Kansas prefirió macollos de pasto denso mezclados con herbáceas (Kaufman y Fleharty 1974). Al igual que *S. mascotensis*, *S. hispidus* muestra una fuerte preferencia hacia sitios con vegetación baja cerrada, pero el primero en forma de herbáceas y plantas leñosas y el segundo en forma de pastos.

Especies simpátricas

Debido a que el trampeo incluyó tanto trampas a nivel de suelo como elevadas, los animales capturados presentan hábitos diversos. Las especies terrestres capturadas en los cuadrantes fueron *Baiomys musculus*, *Liomys pictus*, *L. spectabilis* y *S. mascotensis*. Las especies

arborícolas y semiarborícolas fueron *Tlacuatzin canescens*, *Nyctomys sumichrasti*, *Osgoodomys banderanus*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Oryzomys couesi*, *Peromyscus perfulvus*, *Reithrodontomys fulvescens* y *Xenomys nelsoni*.

Los mamíferos pequeños capturados en los cuadrantes con *S. mascotensis* reflejan asociaciones reportadas en el pasado. Estudios previos muestran que *S. mascotensis* ha sido encontrado comúnmente en asociación con *Liomys pictus* (Álvarez et al. 1987; Carleton et al. 1999; Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989; Collett et al. 1975; Juárez Gómez 1992; Miranda 2002a; Ramírez-Pulido et al. 1977), como se encontró también en el área de estudio. Otras especies encontradas en los cuadrantes de trapeo que han sido previamente reportadas en asociación con *S. mascotensis* fueron *Tlacuatzin canescens* (citado como *Marmosa canescens*; Álvarez et al. 1987; Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989), *Baiomys musculus* (Álvarez et al. 1987; Ceballos 1990; García-Estrada et al. 2002; Miranda 2002a), *Nyctomys sumichrasti*, *Peromyscus perfulvus* (Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989; Collett et al. 1975), *Oryzomys couesi* (Álvarez et al. 1987; Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989; Juárez Gómez 1992; Miranda 2002a), *Osgoodomys banderanus* (Ceballos 1990), *Reithrodontomys fulvescens* (Álvarez et al. 1987; Carleton et al. 1999; Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989; Miranda 2002a; Ramírez-Pulido et al. 1977) y *Xenomys nelsoni* (Ceballos 1990; Ceballos Gonzalez 1989).

Aunque no en este estudio, *S. mascotensis* también ha sido encontrado con *Baiomys taylori* (Carleton et al. 1999), *Liomys irroratus* (Carleton et al. 1999; García-Estrada et al. 2002), *Neotoma mexicana* (Carleton et al. 1999), *Oryzomys alfaroi*, *Or. melanotis*, *Or. palustris* (Carleton et al. 1999, Ceballos 1990; Collett et al. 1975; Juárez Gómez 1992), *Peromyscus boylii*, *P. evides*, *P. levipes*, *P. maniculatus*, *P. megalops*, *P. melanophrys*, *P. pectoralis*, *P. spicilegus* (Álvarez et al. 1987; Carleton et al. 1999; Ceballos Gonzalez 1989; Collett et al. 1975; García-Estrada et al. 2002; Juárez Gómez 1992), *Reithrodontomys megalotis* (García-Estrada et al. 2002), *Sigmodon alleni* y *S. arizonae* (Carleton et al. 1999).

Pocos estudios reportan la abundancia relativa de *S. mascotensis*. Barrera (1952), estudió una plaga de ratas en un plantío de palma cocotera en la Costa Chica de Guerrero (desde el sur de Acapulco hasta la frontera sur con Oaxaca), y encontró que 26.1% de todas las capturas fueron *S. mascotensis*; la otra especie capturada fue *Ra. norvegicus*. Un estudio posterior mostró que *S. mascotensis* representó 1.0% de todos los especímenes capturados en la Costa Grande de

Guerrero (la cual abarca desde la frontera norte con Michoacán hasta Acapulco; Ramírez-Pulido et al. 1977). En este trabajo, *S. mascotensis* se encontró únicamente en áreas perturbadas, tales como campos de maíz y plantíos de palma cocotera, donde se capturó junto con *L. pictus* y *Re. fulvescens* (Ramírez-Pulido et al. 1977). También en Guerrero, pero en la Sierra de Atoyac de Álvarez, *S. mascotensis* fue uno de los mamíferos más raros, y se encontró únicamente en un pastizal adyacente a un bosque de pino-encino, con una abundancia relativa de 0.5% (Juárez Gómez 1992). Álvarez et al. (1987) realizaron una revisión de los ejemplares colectados en la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre Occidental de Michoacán, y encontraron que *S. mascotensis* correspondió a 7.5% de las capturas totales en el bosque tropical caducifolio. García-Estrada et al. (2002) compararon un sitio perturbado contra uno no perturbado en un bosque decíduo de Morelos, y encontraron que *S. mascotensis* se restringió al sitio perturbado, aunque representó sólo 1.1% de los mamíferos capturados. En el noreste de la Reserva de la Biósfera de la Sierra de Huautla en Morelos, *S. mascotensis* resultó ser menos abundante que las especies de *Peromyscus*, *Baiomys* y *Liomys*, y representó 2.3% de las capturas totales (Sánchez Hernández y Romero Almaraz 1995).

La abundancia relativa de *S. mascotensis* para los 3 periodos de muestreo fue de 9.1%, que se acerca a la proporción encontrada en un bosque tropical caducifolio de la Sierra Madre Occidental de Michoacán (Álvarez et al. 1987). La abundancia relativa de *S. mascotensis* para 2004 fue considerablemente mayor que la encontrada en todos los trabajos anteriores, a excepción del plantío de cocos en Costa Chica, Guerrero, donde sólo se capturó con *Ra. norvegicus* (Barrera 1952). Las abundancias en 2003 y 2005 fueron bajas, similares a las encontradas para la Sierra de Atoyac de Álvarez y la Costa Grande de Guerrero (Juárez Gómez 1992; Ramírez-Pulido et al. 1977) y para la Sierra de Huautla y un bosque decíduo perturbado en Morelos (García-Estrada et al. 2002; Sánchez Hernández y Romero Almaraz 1995).

CONCLUSIONES

Como se esperaba, las densidades registradas para *S. mascotensis* fueron bajas, y la especie no se comporta como plaga en Playa de Oro. Además, es una especie rara y poco conocida que habita en zonas altamente fragmentadas y deforestadas, por lo que debería protegerse bajo las leyes mexicanas e internacionales.

Los números poblacionales de *Sigmodon mascotensis* en Playa de Oro tuvieron variaciones marcadas durante los 3 años de estudio debidas probablemente a la disponibilidad de alimento y variación del hábitat. La población estuvo constituida principalmente por adultos y se demostró la presencia de actividad reproductiva para la época seca.

Como se supuso inicialmente, la especie mostró preferencia por los sitios con una vegetación baja densa y una vegetación alta dispersa. Al igual que con otras especies de *Sigmodon*, el pasto fue un factor importante para su presencia, pero no fue una variable determinante en su preferencia de hábitat.

A diferencia de *S. hispidus*, se encontró que tanto machos como hembras de *S. mascotensis* recorren distancias similares, pero probablemente exista dimorfismo sexual siendo los machos más grandes que las hembras. La probabilidad de captura para la especie no se había estudiado anteriormente, y el patrón general indica que la probabilidad de captura aumenta gradualmente.

El presente trabajo es el primero en analizar a fondo la demografía y preferencia de hábitat de la especie. Además, es pionero en el uso de la regresión multiplicativa no paramétrica para estudiar el uso de hábitat en mamíferos.

RECOMENDACIONES

El presente trabajo fue el primero en describir el uso de hábitat de *Sigmodon mascotensis*, y se encontró que prefiere sitios similares a los que habita *S. hispidus*. Sin embargo, a diferencia de otras especies de *Sigmodon*, *S. mascotensis* no presenta un comportamiento de plaga; al contrario, presenta densidades bajas y es una especie rara. Por esto es recomendable realizar una comparación entre diferentes especies de *Sigmodon*, preferentemente en sitios donde sean simpátricas, para ver si la preferencia de hábitat es un factor determinante en las marcadas diferencias en las densidades en las distintas especies.

Por otro lado, también sería importante comparar poblaciones diferentes de *S. mascotensis*, por ejemplo a diferentes alturas o en tipos de vegetación dominante diferentes, para observar hasta que grado es *S. mascotensis* un especialista de hábitat y si el comportamiento de plaga que se había reportado anteriormente para la especie se presenta en otros tipos de vegetación.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, J. A. 1897. Further notes on mammals collected in Mexico by Dr. Audley C. Buller, with descriptions of new species. *Bulletin of American Museum of Natural History* 9:47-58.
- ÁLVAREZ, T., J. ARROYO-CABRALES Y M. GONZÁLEZ ESCAMILLA. 1987. Mamíferos (excepto Chiroptera) de la costa de Michoacán, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México*. 31:13-62.
- AUGUST, P. V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64(6):1495-1507.
- BAILEY, V. 1902. Synopsis of the North American species of *Sigmodon*. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 15:101-116.
- BAKER, R. H. 1969. Cotton rats of the *Sigmodon fulviventer* group. *Miscellaneous Publications, Museum of Natural History, University of Kansas* 51:177-232.
- BAKER, R. H. Y J. K. GREER. 1962. Mammals of the Mexican State of Durango. *Publications of the Museum, Michigan State University, Biological Series* 2(2):25-154.
- BARRERA, A. M. 1952. Algunas observaciones sobre las ratas que constituyen plaga en los cocotales de la Costa Chica de Guerrero. *Fitófilo* 6:5-10.
- BERRYMAN, S. Y B. MCCUNE. 2006. Estimating epiphytic macrolichen biomass from topography, stand structured and lichen community data. *Journal of Vegetation Science* 17:157-170.
- BLOCK, W. M. Y L. A. BRENNAN. 1993. The habitat concept in ornithology. Pp. 35-91 en *Current ornithology*, Vol. 11 (D. M. Power, ed.). Plenum Press, Nueva York, EUA.
- BULLOCK, S. H. Y J. A. SOLÍS-MAGALLANES. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22:22-35.
- CAMERON G. N. 1977. Experimental species removal: demographic responses by *Sigmodon hispidus* and *Reithrodontomys fulvescens*. *Journal of Mammalogy* 58:488-506.
- CAMERON G. N. Y S. R. SPENCER. 1981. *Sigmodon hispidus*. *Mammalian species* 158:1-9.
- CAMERON G. N. Y S. R. SPENCER. 1985. Assessment of space-use patterns in the hispid cotton rat (*Sigmodon hispidus*). *Oecología* 68:133-139.

- CANHAM, C. D. 1988. An index for understory light levels in and around canopy gaps. *Ecology* 69:1634-1638.
- CARLETON, M. D. Y G. G. MUSSER. 1984. Muroid rodents. Pp 289-379 in *Orders and families of recent mammals of the world* (S. Anderson y J. K. Jones, eds.). Wiley and Sons, Nueva York, EUA.
- CARLETON, M. D., R. D. FISHER Y A. L. GARDNER. 1999. Identification and distribution of cotton rats, genus *Sigmodon* (Muridae: Sigmodontinae), of Nayarit, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 112:813-856.
- CARROLL, D. S., R. D. BRADLEY. 2005. Systematics of the genus *Sigmodon*: DNA sequences from beta-fibrinogen and cytochrome b. *The Southwestern Naturalist* 50:342-349.
- CARROLL, D. S., L. L. PEPPERS Y R. BRADLEY. 2005. Molecular systematics and phylogeography of the *Sigmodon hispidus* species group. Pp. 87-100 en *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa* (V. Sánchez-Cordero y R. A. Medellín, eds.) Instituto de Biología, Instituto de Ecología, UNAM, CONABIO. México.
- CEBALLOS G. 1990. Comparative natural history of small mammals from tropical forests in Western Mexico. *Journal of Mammalogy* 71:263-266.
- CEBALLOS G. Y A. MIRANDA. 1986. *Los mamíferos de Chamela, Jalisco: Manual de campo*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- CEBALLOS G. Y A. MIRANDA. 2000. *Guía de campo de los mamíferos de la costa de Jalisco, México*. Fundación Ecológica de Cuixmala, A. C., Instituto de Biología, Instituto de Ecología, UNAM, México.
- CEBALLOS GONZALEZ, G. J. 1989. Population and community ecology of small mammals from tropical deciduous and arroyo forests in western Mexico. PhD Dissertation. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Arizona, Tucson, EUA.
- CITES. 2001. *Annotated CITES Appendices and Reservations*. UNEP-World Conservation Monitoring Centre, Ginebra, Suiza.
- COLLETT, S. F., C. SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, K. A. SHUM, JR., W. R. TESKA Y R. H. BAKER. 1975. Algunas características poblacionales demográficas de pequeños mamíferos en dos hábitats mexicanos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 46:101-123.

- COOCH E. Y G. WHITE. 2008. Program MARK: a gentle introduction, 7^a edición. <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>
- CRESSIE, N. 1993. Statistics for spatial data. Wiley, Nueva York, EUA.
- DALBY, P. L. Y H. A. LILLEVICK. 1969. Taxonomic analysis of electrophoretic blood serum patterns in the cotton rat, *Sigmodon*. Publications of the Museum Michigan State University, Biological Series 4(3):65-104.
- DAVIS, W. B. Y R. J. RUSSELL. 1953. Aves y mamíferos del estado de Morelos. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 14(1-4):77-147.
- DE VILLA MEZA, A. DE, E. MARTÍNEZ MEYER Y C. A. LÓPEZ GONZÁLEZ. 2002. Ocelot (*Leopardus pardalis*) food habits in a tropical deciduous forest of Jalisco, Mexico. American Midland Naturalist 148:146-154.
- DOMÍNGUEZ CASTELLANOS Y. 2006. Estructura de comunidades y uso de hábitat de pequeños mamíferos de una selva baja en el Oeste de México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología, UNAM, México D. F., México.
- ELDER, F. F. B. 1980. Tandem fusion, centric fusion, and chromosomal evolution in the cotton rats, genus *Sigmodon*. Cytogenetics and Cell Genetics 26:199-210.
- ELDER, F. B. B. Y M. R. LEE. 1985. The chromosomes of *Sigmodon ochrognotus* and *Sigmodon fulviventer* suggest a realignment of *Sigmodon* species groups. Journal of Mammalogy 66(3):511-518.
- ELLIOT, D. G. 1903. *Sigmodon hispidus inexoratus*. Field Columbian Museum, Publication 71, Zoological Series 3(8):144.
- ERICKSON, A. B. 1949. Summer populations and movements of the cotton rat and other rodents on the Savannah River Refuge. Journal of Mammalogy 30:133-140.
- FA, E. Y L. MORALES. 1993. Patterns of Mammalian Diversity in México. Pp. 319-361 en: Biological Diversity of México: origins and distribution (T. Rammamorthy, R. Bye, A. Lot y T. Fa, eds.). Oxford University Press. Oxford, EUA.
- FISHER, R. A. 1930. The genetical theory of natural selection. Clarendon Press. Oxford, Inglaterra.
- FLEHARTY, E. D. Y M. A. MARES. 1973. Habitat preference and spatial relations of *Sigmodon hispidus* on a remnant prairie in west-central Kansas. Southwestern Naturalist 18:21-29.

- FLEHARTY, E. D., J. R. CHOATE Y M. A. MARES. 1972. Fluctuations in population density of the hispid cotton rat: factors influencing a “crash”. *Bulletin of the Southern California Academy of Science* 71:132-138.
- FULLER, B., M. R. LEE Y L. R. MAXON. 1984. Albumin evolution in *Peromyscus* and *Sigmodon*. *Journal of Mammalogy* 65:466-473.
- GANNON, W. L., R. S. SIKES 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* 88:809-823.
- GARCÍA-ESTRADA, C., M. DE L. ROMERO-ALMARAZ Y C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ. 2002. Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous Forest of southeastern Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 85:153-168.
- GOERTZ, J. W. 1964. The Influence of Habitat Quality upon Density of Cotton Rat Populations. *Ecological Monographs* 34:359-381.
- GOERTZ, J. W. 1965. Sex, age and weight variation in cotton rats. *Journal of Mammalogy* 46:471-477.
- GOLDEN SOFTWARE. 2002. Surfer user’s guide. Golden Software, Golden, Colorado.
- GOODWIN, G. G. 1956. Seven new mammals from Mexico. *American Museum Novitates* 1791:1-10.
- GOTELLI, N. J. Y A. M. ELLISON. 2004. A primer of Ecological Statistics. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, EUA. 510 pp.
- GUERRERO, S., M. H. BADI, S. S. ZALAPA Y J. A. ARCE. 2004. Variación espacio temporal en la dieta del coyote en la costa norte de Jalisco, México. *Acta zoológica Mexicana (nueva serie)* 20:145-157.
- GUERRERO, S., M. H. BADI, S. S. ZALAPA Y A. E. FLORES. 2002. Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 86:119-137.
- HALL, E. R. 1949. A new subspecies of cotton rat, *Sigmodon hispidus*, from Michoacán, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 62:149-150.

- HALL, E. R. 1981. The mammals of North America. Segunda edición. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York 2:601-1181 +90.
- HALL, E. R. Y W. W. DALQUEST. 1963. The mammals of Veracruz. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 14:165-362.
- HAMMOND, E. L. Y R. G. ANTHONY. 2006. Mark-recapture estimates of population parameters for selected species of small mammals. Journal of Mammalogy 87:618-627.
- HAWKINS, B., R. FIELD, H. CORNELL, D. CURRIE, J. GUÉGAN, D. KAUFMAN, J. KERR, G. MITTELBACH, T. OBERDORFF, E. O'BRIEN, E. PORTER Y J. TURNER. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. Ecology 84:3105-3117.
- HAYNE, D. W. 1949. Calculation of size of home range. Journal of Mammalogy 30:1-18.
- HILTON-TAYLOR, C. 2004. 2004 IUCN red list of threatened species. IUCN, Glanz, Suiza.
- HOOPER, E. T. 1955. Notes on mammals on western Mexico. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 565:1-26.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 2006. Anuario estadístico del estado de Colima, 2006 edición. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- JETT, D. A. Y J. D. NICHOLS. 1987. A field comparison of nested grid and trapping web density estimators. Journal of Mammalogy 68:888-892.
- JOHNSON, W. E., R. K. SEALANDER, M. H. SMITH Y Y. J. KIM. 1972. Biochemical genetics of sibling species of the cotton rat (*Sigmodon*). Studies in Genetics VII, University of Texas Publications 7213:297-305.
- JUÁREZ, GÓMEZ J. R. 1992. Distribución altitudinal de roedores en la Sierra de Atoyac de Álvarez, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F., México.
- KAUFMAN, D. 1995. Diversity of new world mammals: universality of the latitudinal gradients of species and bauplans. Journal of Mammalogy 76:322-334.
- KAUFMAN, D. W. Y E. D. FLEHARTY. 1974. Habitat selection by nine species of rodents in north-central Kansas. Southwestern Naturalist 18:443-452.
- LAYNE, J. N. 1974. Ecology of small mammals in flatwoods habitat in north-central Florida, with emphasis on the cotton rat (*Sigmodon hispidus*). American Museum Novitates 2544:1-48.

- MAC NALLY, R. C. 1995. Ecological versatility and community ecology. Cambridge University Press, Nueva York, EUA.
- MATSON, J. O. Y R. H. BAKER. 1986. Mammals of Zacatecas. Special Publications, The Museum, Texas Tech University 24:1-88.
- MCCLENAGHAN, L. R., JR. Y M. S. GAINES. 1978. Reproduction in marginal populations of the hispid cotton rat (*Sigmodon hispidus*) in northeastern Kansas. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 74:1-16.
- MCCUNE, B. 2006. Nonparametric multiplicative regression for habitat modeling. <http://www.pcord.com/NPMRintro.pdf>.
- MCCUNE, B. Y M. J. MEFFORD. 2004. HyperNiche. Multiplicative habitat modeling. Version 1.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, EUA.
- MIRANDA, A. 2002a. Deforestación y fragmentación del hábitat: consecuencias ecológicas sobre la fauna de mamíferos de la selva tropical estacional en el occidente de México. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología, UNAM, México D. F., México.
- MIRANDA, A. 2002b. *Sigmodon mascotensis*. Pp. 437-438 en Historia Natural de Chamela (Noguera, F. A., J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada Avendaño, eds.). Instituto de Biología, UNAM, México.
- MORRIS, D. W. 1987. Ecological scale and habitat use. Ecology 68(2):362-369.
- MUSSER, G. G. Y M. D. CARLETON. 2005. Superfamily Muroidea. Pp. 894-1532 en Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. Tercera edición. Volumen 2. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, EUA.
- NÚÑEZ, R. 1999. Hábitos alimentarios del jaguar (*Panthera onca*, Linnaeus 1758) y del puma (*Puma concolor*, Linnaeus 1771), en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.
- O'CONNOR, R. J. 2002. The Conceptual basis of species distribution modeling: time for a paradigm shift? Pp. 25-33 en: Predicting species occurrence (M. Scott, P. J. Heglund y M. L. Morrison, eds.). Island Press, Washington, D. C., EUA.
- O'FARRELL, M. J., D. W. KAUFMAN, J. B. GENTRY Y M. H. SMITH. 1977. Reproductive patterns of some small mammals in South Carolina. Florida Scientist 40:76-84.

- ODUM, E. P. 1955. An eleven year history of a *Sigmodon* population. *Journal of Mammalogy* 36:368-378.
- PEPPERS L. L. Y R. D. BRADLEY. 2000. Cryptic species in *Sigmodon hispidus* evidence from DNA sequences. *Journal of Mammalogy* 81:332–343.
- PEPPERS L. L., D. CARROLL Y R. D. BRADLEY. 2002. Molecular systematics of the genus *Sigmodon* (Rodentia: Muridae): evidence from the mitochondrial cytochrome-*b* gene. *Journal of Mammalogy* 83:396–407.
- PETERSEN, M. K. 1973. Interactions between the cotton rats, *Sigmodon fulviventer* and *S. hispidus*. *American Midland Naturalist* 90:319-333.
- RAMÍREZ, J. Y J. C. CHÁVEZ TOVAR. 2005. *Sigmodon mascotensis*. Pp. 803-804 en Los mamíferos silvestres de México (G. Ceballos y G. Oliva, coordinadores). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México, D.F., México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., A. MARTÍNEZ Y G. URBANO. 1977. Mamíferos de la Costa Grande de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoológica* 48:243-292.
- RASCH, D. 1991. Logistic growth models and related problems. Pp. 427-447 en: *Handbook of the Logistic Distribution* (N. Balakrishnan, ed.). Marcel Dekker, Inc., Nueva York, EUA.
- RICARDEZ BARBERA, Y. M. D. 1991. Aspectos anatómicos e histológicos del aparato reproductor femenino de *Sigmodon mascotensis* (Rodentia: Muridae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F., México.
- ROHLF, F. J. Y D. E. SLICE. 1999. *BIOMstat for Windows*. Exeter Software. Setauket, Nueva York, EUA.
- ROMERO ALMARAZ, M. DE L. 1993. *Biología de Liomys pictus*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F., México.
- ROSENZWEIG, M. 1992. Species diversity gradients: we know more and less than we thought. *Journal of Mammalogy* 73:715-730.
- ROSENZWEIG, M. L. Y J. WINAKUR. 1969. Population ecology of desert rodent communities: habitats and environmental complexity. *Ecology* 50:558-572.
- RUSSELL, R. J. 1952. A new cotton rat (genus *Sigmodon*) from Morelos, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 65:81-82.

- SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, C. Y M. L. ROMERO ALMARAZ. 1995. Mastofauna silvestre del área de reserva de la Sierra de Huautla (con énfasis en la región noreste). Universidad Autónoma del Estado de Morelos y FOMES, Secretaría de Educación Pública, Cuernavaca, Morelos, México.
- SAY, T. Y G. ORD. 1825. Description of a new species of Mammalia, whereon a genus is proposed to be founded. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 4:352-356.
- SCHNELL, G. D., M. L. KENNEDY, C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, M. L. ROMERO-ALMARAZ, B. D. N. ESTEVEZ, J. A. GUERRERO, T. L. BEST, M. C. WOOTEN Y R. D. OWEN. 2008a. Habitat preference of the endemic tawny deer mouse (*Peromyscus perfulvus*), a species of conservation concern. *Southwestern Naturalist* 53:9-20.
- SCHNELL, G. D., C. J. POINDEXTER, C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, M. L. ROMERO-ALMARAZ, M. L. KENNEDY, T. L. BEST, M. C. WOOTEN Y A. PÉREZ JIMÉNEZ. 2008b. Demographic features and habitat preferences of southern pygmy mice (*Baiomys musculus*) in Colima, México. *Canadian Journal of Zoology*, in press.
- SEAGLE, S. W. 1985. Patterns of Small Mammal Microhabitat Utilization in Cedar Glade and Deciduous Forest Habitats. *Journal of Mammalogy* 66:22-35.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001. Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos. *Diario Oficial de la Federación*, Miércoles 18 de septiembre de 2002, México, 1:47-53.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio y lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, Miércoles 6 de marzo de 2002, México, 1:1-84.
- SLADE, N. A. Y R. K. SWIHART. 1983. Home range indices for the hispid cotton rat (*Sigmodon hispidus*) in northeastern Kansas. *Journal of Mammalogy* 64:580-590.
- SMITH, A. T. Y J. M. VRIEZE. 1979. Population structure of everglade rodents: responses to a patchy environment. *Journal of Mammalogy* 60:778-794.

- STANCAMPIANO, A. J. Y G. D. SCHNELL. 2004. Microhabitat affinities of small mammals in southwestern Oklahoma. *Journal of Mammalogy* 85:948-958.
- STICKEL, L. F. Y W. H. STICKEL. 1949. A *Sigmodon* and *Baiomys* population in an ungrazed and unburned Texas prairie. *Journal of Mammalogy* 30:141-150.
- STOKES, M. K., N. A. SLADE Y S. M. BLAIR. 2001. Influences on weather and moonlight on activity patterns of small mammals: a biogeographical perspective. *Canadian Journal of Zoology* 79:966-972.
- SUMMERLIN, C. T. Y J. L. WOLFE. 1973. Social influences on trap response of the cotton rat *Sigmodon hispidus*. *Ecology* 54:1156-1159.
- SYSTAT SOFTWARE. 2007. Systat 12: statistics III. Systat Software, Inc., San Jose, California.
- TOMBLIN, D. C. Y G. H. ADLER. 1998. Differences in habitat use between two morphologically similar tropical forest rodents. *Journal of Mammalogy* 79(3):953-961.
- VAN HENSBERGEN, H. J. Y S. C. MARTIN. 1993. Climatic factors affecting trapping success of some South African small mammals. *South African Wildlife Research* 23:87-94.
- VOSS, R. S. 1992. A revision of the South American species of *Sigmodon* (Mammalia: Muridae) with notes on their natural history and biogeography. *American Museum Novitates* 3050:1-56.
- WHITE, G. C. 2007. Program MARK: mark and recapture survival rate estimation. Versión 4.3, 25 de junio 2007. <http://www.cnr.colostate.edu/~gwhite/mark/m>.
- WHITE, G. C. Y BURNHAM, K. P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46(Supplement):120-138.
- ZIMMERMAN, E. G. 1970. Kariology, systematics and chromosomal evolution in the rodent genus *Sigmodon*. *Publications of the Museum, Michigan State University, Biological Series* 4:385-454.

APÉNDICE 1

TÉRMINOS ESTADÍSTICOS

Modelo lineal generalizado (MLG).—Los modelos lineales generalizados (MLG) son modificaciones de la regresión de mínimos cuadrados, que relacionan la distribución aleatoria de la variable dependiente con la parte no aleatoria a través de una función de enlace (Rasch 1991).

Función de enlace.—La función de enlace en un MLG relaciona la función de distribución con el predictor lineal y depende de la distribución de los datos.

Regresión logística.—Es un MLG para variables dependientes con distribución binomial, en que la variable Y es categórica en vez de continua, lo que permite modelar la respuesta binaria de una especie, por ejemplo presencia/ausencia (O'Connor 2002). En este modelo la relación entre las variables no es lineal, sino que la curva que mejor se ajusta a los datos tiene forma de S, razón por la cual se conoce como logística, y la cual se eleva desde un valor mínimo a una asíntota mayor. Al transformar la línea usando la función de enlace logit, la curva se convierte en una línea recta (Gotelli y Ellison 2004). La ecuación que ajusta los puntos a esta línea recta es la ecuación de regresión logística, que modela la probabilidad de un evento que ocurre en función de otro.

Kriging.—Es un método geoestadístico de interpolación espacial de puntos no observados a partir de puntos observados adyacentes. Se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón (Cressie 1993).

ρ^2 de McFadden.—Es una transformación de la razón de verosimilitud (Λ) usada con la intención de imitar el coeficiente de determinación (R^2). Puede variar de 0 a 1, y los valores altos indican resultados más significativos. Los valores de ρ^2 tienden a ser menores que los de R^2 (0.20 a 0.40 se consideran satisfactorios), pero los valores bajos no necesariamente indican un ajuste pobre del modelo (Systat Software 2007).

Regresión multiplicativa no paramétrica (RMNP).—Es un tipo de análisis de regresión en la que no se especifica un modelo global rígido (i.e. una relación que se aplica a través de todo el espacio de muestreo), sino que el modelo global puede tomar cualquier forma (McCune 2006). Además, a diferencia de las regresiones lineal y logística, tiene modelos locales (i.e. relaciones que se ajustan a cada uno de los puntos), y otorga diferentes pesos a cada punto de acuerdo a su distancia del punto blanco (McCune 2006). La función de ponderación especifica la forma en

que varían los pesos con la distancia al punto blanco y es conocida como “kernel” o “núcleo” (McCune 2006).

En este procedimiento se escoge un modelo local que especifique la forma de la función a ser usada para ajustar un valor para un punto específico en el espacio definido por las variables predictoras, así como una función de kernel o núcleo, que especifica que tan local es “local” (McCune 2006). La RMNP usa una función suavizante multiplicativa local, con una validación cruzada dejando un dato fuera (leave-one-out cross-validation, LOOCV), para estimar la variable de respuesta (Berryman y McCune 2006) y seleccionar un parámetro ponderador para la función de núcleo. A diferencia de los modelos estadísticos simplistas (e.g. regresión lineal múltiple, regresión logística, etc.) permite observar las complejas combinaciones multiplicativas de las respuestas no lineares, es decir, las interacciones entre las variables ambientales a las que responde un organismo.

APÉNDICE 2

HISTORIA Y FILOGENIA DE *SIGMODON MASCOTENSIS*

La taxonomía de *Sigmodon mascotensis* ha sido confusa, porque poco después de su descripción se incluyó como subespecie de *S. hispidus* y se describieron 6 sinónimos de *S. mascotensis* (*S. atratus*, *S. colimae*, *S. inexoratus*, *S. ischyryrus*, *S. obvelatus* y *S. tonalensis*), por lo que a continuación se da una relación histórica más detallada del género *Sigmodon* y en particular de *S. mascotensis*.

El género *Sigmodon* pertenece a la subfamilia Sigmodontinae (Carleton y Musser 1984), comprende 14 especies que habitan en América y se extienden desde cerca de los 41°N a través de la mayor parte de los Estados Unidos de Norteamérica, al sur a través de México y América Central hasta el norte de Perú y Brasil (Musser y Carleton 2005; Voss 1992). En México el género es especialmente diverso, y se encuentran 10 de las 14 especies: *S. alleni*, *S. arizonae*, *S. fulviventer*, *S. hispidus*, *S. leucotis*, *S. mascotensis*, *S. ochrognathus*, *S. planifrons*, *S. toltecus* y *S. zanjonensis* (Musser y Carleton 2005).

El género fue reconocido por Say y Ord (1825) con la descripción de *Sigmodon hispidus*. En 1897, Allen describió a *S. mascotensis* con base en dos individuos adultos (macho y hembra) de Mascota, Jalisco, y a *S. colimae* con 4 subadultos de las planicies de Colima, y aclaró que *S. mascotensis* tenía una coloración más morena y cola más larga que *S. colimae*. Bailey (1902) encontró que la diferencia física entre *S. mascotensis* y *S. hispidus* era casi inexistente, por lo que concluyó que el primero debía ser una subespecie del segundo; el mismo autor (Bailey 1902) argumentó que *S. colimae* era un sinónimo de *S. mascotensis*, y describió a *S. h. tonalensis* de Tonalá, Chiapas, que era más grande y más morena que *S. h. mascotensis*. Elliot (1903) describió a *S. inexoratus* de Ocotlán, Jalisco. Hall (1949) describió a *S. h. atratus*, y aclaró que difería de *S. h. mascotensis* en su pata posterior más corta, dorso más oscuro, cola más peluda y en algunas características craneales. Russell (1952) describió a *S. obvelatus* de Morelos, y argumentó que difería de *S. h. mascotensis* porque tenía el cuerpo más pequeño, dorso ligeramente más claro, vientre más blanco y la pata posterior más corta y de color más blanco. En el mismo artículo Russell (1952) aclaró que *S. h. atratus* era un sinónimo de *S. h. inexoratus*, y argumentó que Hall (1949) no había conocido el trabajo de Elliot (1903) cuando lo describió como nueva especie. Cuatro años más tarde, Goodwin (1956) describió a *S. h. ischyryrus* de Yautepec, Oaxaca, y aclaró

que podía distinguirse de *S. h. mascotensis* por su color más rico, menor talla y las marcas negruscas en las patas posteriores.

Gran parte de la confusión anterior se debió a que la descripción y separación de especies y subespecies se realizó con base en aspectos morfológicos, y no fue sino hasta que se diseñaron técnicas como la electroforesis, el análisis de cariotipos, y más recientemente de ADN, que se ha podido ir aclarando esta confusión. Dalby y Lillevick (1969) analizaron los patrones electroforéticos del suero sanguíneo de una muestra de *S. hispidus* representando toda su distribución. Encontraron que en la muestra se incluían 5 patrones distintos de transferinas, los cuales concordaban con la distribución zonal y la división de subespecies, pero contradecían el arreglo de las especies del género, pues para una sola especie se encontraron varios patrones de transferina (Dalby y Lillevick 1969).

Estos resultados (Dalby y Lillevick 1969) fueron consistentes con el trabajo de Zimmerman (1970), en el cual estudió el cariotipo de *S. hispidus*, y encontró 3 tipos cariológicos—el primero, del este de los Estados Unidos y el este de México, con un número de cromosomas diploides de $2n=52$ y un número fundamental $FN=52$; el segundo, del oeste de México, con $2n=28$ y $FN=26$; y el tercero, de Arizona hacia el sur a través de Sinaloa hasta Nayarit, con $2n=22/24$ y $FN=38$. Los resultados también revelaron que algunas características morfométricas agrupaban las formas de acuerdo a los tipos cariológicos, y se concluyó que los 3 tipos morfo-cariológicos debían ser separados como especies diferentes: *S. hispidus*, con $2n=52$ y $FN=52$; *S. mascotensis*, con $2n=28$ y $FN=26$; y *S. arizonae*, con $2n=22/24$ y $FN=38$ (Zimmerman 1970). En un estudio posterior se analizó el suero de la albúmina de 15 especies y subespecies de *Sigmodon* (Fuller et al. 1984); los resultados de fueron consistentes con los de Zimmerman (1970), lo que valida que *S. mascotensis* y *S. arizonae* son especies distintas de *S. hispidus*.

Zimmerman (1970) incluyó a *atratus*, *colimae*, *inexoratus* e *ischyrus* como subespecies de *S. mascotensis* con base en la similitud de sus características morfológicas y craneales. Carleton et al. (1999), revisaron especímenes de Nayarit, y concluyeron que *tonalensis* y *obvelatus* debían ser consideradas como subespecies de *S. mascotensis*, debido a sus características craneales y cromosómicas muy parecidas. Actualmente no se reconocen subespecies para ninguna especie de *Sigmodon*, y los sinónimos conocidos de *S. mascotensis* son *atratus*, *colimae*, *inexoratus*, *ischyrus*, *obvelatus* y *tonalensis* (Musser y Carleton 2005).

Respecto a la filogenia y sistemática del género, se han propuesto varios arreglos de las especies en grupos. Por ejemplo, con base en características morfológicas como la textura del pelaje, la densidad de pelo en la cola, y la visibilidad de los anillos de la cola, Bailey (1902) notó que las especies de *Sigmodon* “formaban naturalmente” dos grupos: 1) especies con la cola semi-desnuda o grupo *hispidus*, el cual incluía a *S. alleni* y a *S. hispidus* con 14 subespecies (*S. mascotensis*, se consideró una subespecie de *S. hispidus*); y 2) el grupo de cola con pelo o *fulviventer*, que incluía a *S. fulviventer*, *S. melanotis*, *S. minimus*, *S. ochrognathus*, *S. leucotis* y *S. alticola* con una subespecie.

Por otra parte, Zimmerman (1970) agrupó a las especies de acuerdo a su cariotipo en 2 grupos: 1) aquellas especies con 2n y FN altos (2n = 52; FN = 52, 64 y 66), que incluía a *S. hispidus*, *S. leucotis*, *S. alleni* y *S. ochrognathus*, y otro con 2n y FN bajos (2n = 22, 28, 29 y 30; FN = 26, 34 y 38), que incluía a *S. arizonae*, *S. mascotensis* y *S. fulviventer*, aunque los resultados no podían concretar si el arreglo era o no natural.

Elder (1980) analizó la evolución cromosómica del género y encontró que si se consideraba a *S. hispidus* como el tipo cromosómico primitivo, a pesar de las diferencias en 2n y FN, varios de los cromosomas *hispidus* ancestrales se conservan en *S. arizonae* y *S. mascotensis*, pero no comparten numerosos eventos cromosómicos, y concluye que ambas especies vienen de un ancestro común con 2n y FN intermedios. Fuller et al. (1984) encontraron que, a pesar de que hay suficiente diferencia inmunológica entre *S. hispidus*, *S. mascotensis* y *S. arizonae* como para ser consideradas especies distintas, existe poca divergencia bioquímica entre las 3, lo que indica que no son especies muy distantes y apoya lo propuesto por Elder (1980); además propone que *S. hispidus* dio origen a *S. mascotensis* y a *S. arizonae* hace 1 a 3 millones de años.

Elder y Lee (1985) compararon los cariotipos bandeados G y C de *S. ochrognathus* y *S. fulviventer* con los de *S. hispidus*, y encontraron que *S. fulviventer* es la más divergente de las ratas algodóneras, por lo que concluyeron que los dos grupos propuestos por Bailey (1902) no eran válidos, y que *S. fulviventer* debería dejarse en un grupo y las demás especies en otro. Esto fue confirmado por los hallazgos de Elder (1980) y Fuller et al. (1984), de que *S. arizonae* y *S. mascotensis* son cercanas a *S. hispidus* a la vez que *S. hispidus*, *S. alleni*, *S. ochrognathus* y *S. leucotis* forman un grupo natural por tener un cariotipo 2n=52 (Elder y Lee 1985).

Las relaciones filogenéticas también se han analizado con base en el gen del citocromo-b mitocondrial. De acuerdo con el análisis de máxima verosimilitud, se reconocen 3 clados: 1) el

grupo *hispidus* con 7 especies (*S. alleni*, *S. arizonae*, *S. hirsutus*, *S. hispidus*, *S. mascotensis*, *S. ochrognathus* y *S. toltecus*), 2) el grupo *fulviventer* con 3 especies (*S. fulviventer*, *S. leucotis* y *S. peruanus*), y 3) el grupo *alstoni* con una especie (*S. alstoni*; Peppers et al. 2002). Este análisis también apoya la idea de que *S. mascotensis* y *S. arizonae* son grupos hermanos (Peppers y Bradley 2000; Peppers et al. 2002; Carroll et al. 2005). Sin embargo, el análisis de mayor parsimonia mostró que *S. mascotensis* y *S. arizonae* son grupos hermanos, pero que la relación entre ellos y *S. hispidus* es incierta (Peppers y Bradley 2000; Carroll et al. 2005).

Por otra parte Carroll y Bradley (2005) analizaron las secuencias de ADN de los genes del beta-fibrinógeno y citocromo-*b* mitocondrial del género *Sigmodon*, y encontraron 3 grupos de especies que concuerdan con los propuestos por Peppers et al. (2002). El árbol resultante indica que *S. hispidus* es grupo hermano de un clado que contiene a *S. mascotensis* y *S. arizonae*, lo que concuerda con las conclusiones de análisis previos (Elder 1980; Fuller et al. 1984; Johnson et al. 1972; Peppers et al. 2002).