



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Biología

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UNA
COMUNIDAD DE PEQUEÑOS MAMÍFEROS
DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL,
DURANGO, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

P R E S E N T A

ELIZABETH ESPERANZA ARAGÓN PIÑA

TUTOR DE TESIS: DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA

COMITÉ TUTOR: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA,
DR. ZENON CANO SANTANA

TUTOR INVITADO: DR. JORGE IGNACIO SERVÍN MARTÍNEZ

MÉXICO, D. F.

ARBIL, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM

Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 14 de febrero de 2011, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de DOCTORA EN CIENCIAS de la alumna ARAGÓN PIÑA ELIZABETH ESPERANZA con número de cuenta **79105383** con la tesis titulada: **"Composición y estructura de una comunidad de pequeños mamíferos de la Sierra Madre Occidental, Durango, México"**, realizada bajo la dirección del **DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA:**

Presidente:	DRA. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA
Vocal:	DR. JOSE RAMÍREZ PULIDO
Secretario:	DR. JOAQUÍN ARROYO CABRALES
Suplente:	DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO
Suplente	DR. ZENÓN CANO SANTANA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 13 de abril de 2011.

M. del Coro Arizmendi
Dra. María del Coro Arizmendi
Coordinadora del Programa

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme formarme como doctora en esta Honorable Institución; por todo el apoyo recibido, el uso de las instalaciones y las facilidades otorgadas en todo momento para el desarrollo de este estudio.

Al Instituto de Ecología A.C., a los directivos durante el período del estudio, el Dr. Daniel Piñero Dalmau y el Dr. Miguel Equihua Zamora, por los permisos otorgados y el apoyo recibido para cursar algunas materias del posgrado en el Instituto de Biología de la UNAM y para realizar los tutorales, así como por todas las facilidades brindadas para el desarrollo de la tesis.

Este estudio formó parte del proyecto “Biodiversidad del Rancho El Duranguense”, que fue financiado por la CONAFOR (Expediente III-10-CABSA-0341).

Mi sincera gratitud a los miembros del Comité Tutorial:

Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza

Dra. Mercedes Isolda Luna Vega

Dr. Zenón Cano Martínez

Dr. Jorge Ignacio Servín Martínez

Por sus asesorías, empeño y dedicación en todas sus revisiones y sus acertados comentarios y críticas.

ARADECIMIENTOS PERSONALES

Al Centro de Ecología Regional, A.C., en especial al director el M.en C. Alfredo Graza Herrera, por su apoyo, pues fue parte medular para el desarrollo de este trabajo, gracias por las facilidades en el uso de un vehículo, el esfuerzo y tiempo brindados en las salidas de campo y en el desarrollo de esta investigación.

A mis maestros y comités revisores de este estudio.

Dr. Gerardo Jorge Ceballos González

Dra. Ella Vázquez Domínguez

Dr. Miguel A. Briones Salas

Dr. Víctor Sánchez Cordero

Dr. Héctor T. Arita Watanabe

Dra. Marisol Motellano Ballesteros

Dra. Kathryn Elizabeth Stoner

Dr. Rodrigo Medellín Legorreta

Por haber haberme transmitido sus experiencias y conocimientos, por sus valiosas observaciones, correcciones y evaluaciones para mejorar este trabajo.

A mis sinodales que fueron el jurado para la revisión de la tesis y mi examen de grado:

Dra. Livia Socorro León Paniagua

Dr. José Ramírez-Pulido

Dr. Joaquín Arroyo Cabrales

Dra. Ma. del Socorro González Elizondo

Dr. Zenón Cano Santana

Por sus atinadas observaciones y recomendaciones para mejorar este estudio.

Al Dr. Fernando A. Cervantes Reza, Investigador Titular y Curador de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM, por brindarme la gran oportunidad de realizar este trabajo e integrarme al Laboratorio de Mastozoología. Por sus enseñanzas y ejemplo, sobre el estudio de los mamíferos silvestres mexicanos. Por su paciencia, consejos y apoyo para que este estudio y mi posgrado finalizaran.

A los Sres. Rodrigo y Alonso Ayala Grimaud, dueños del Rancho El Duranguense y al encargado administrativo, el Sr. Issac Rafael Velázquez Escobedo, por las facilidades otorgadas, por el hospedaje y su amabilidad durante las estancias en campo.

Por su apoyo en el trabajo de campo durante los monitoreos de mamíferos pequeños y de vegetación y por su agradable compañía.

Biól. Alberto Arvizu Cervantes

Biól. Francisco Sánchez Alvarado

Biól. Sergio Raúl Gutiérrez Reyes

Biól. Alfredo Sánchez Ríos

Biól. Cynthia Patricia Sánchez Aguilar

M.en C. Daniel de León Mata

Un agradecimiento muy especial a la M.C. Yolanda Hortelano Moncada y la M.C. Julieta Vargas Cuenca, Técnicas Académicas Titulares de apoyo a la Colección Nacional de Mamíferos de México, por todas las facilidades para permitirme revisar los ejemplares de la colección. Por su amabilidad en todo momento y por su amistad.

Al las Dras. Ma. del Socorro González Elizondo y Yolanda Herrera Arrieta, investigadoras del CIIDIR IPN Durango, por el apoyo brindado en la identificación de las plantas colectadas en el rancho "El Duranguense". A la Dra. Socorro González Elizondo, encargada del Herbario en Durango, por las facilidades otorgadas para realizar las revisiones de las plantas de la colección y por su amistad.

A todos mis compañeros de la Colección Nacional de Mamíferos durante mi estancia (2005-2006), por su compañía y ser excelentes personas con una gran calidad humana, por su confianza y su amistad, por los momentos vividos y sobre todo por el apoyo incondicional que me brindaron durante la estancia en el laboratorio.

A mis padres (Esperanza y Antonio) y hermanos (Elsa, Malena, Gerardo y Toño), gracias por haberme permitido como siempre, sentirme un miembro más de la familia durante mi estancia en el Distrito Federal, porque en todo momento tuvieron tiempo para ofrecerme su apoyo, atenciones y cariño incondicionales, por ser siempre un estímulo en mi formación profesional.

A Bryan Sharp por su atinada revisión y correcciones del resumen en inglés (abstract) de este trabajo.

Por último, mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para que este trabajo llegara a su término.

DEDICATORIAS

A Dios doy gracias por su amor incondicional, por las oportunidades brindadas para lograr esta etapa en mi vida y ayudarme siempre a crecer. Por lo que soy ahora y quisiera llegar a ser en ésta y otras recónditas formas de la existencia de todo ser. Por hacer vibrar mi corazón hoy y siempre.

A mis padres, Esperanza Piña de Aragón y Antonio Aragón Rangel, por estar siempre ahí atentos a mis necesidades, su comprensión, esfuerzo y dedicación, por educarme y guiarme para hacer de mi una persona de provecho día con día. Gracias por todo el apoyo recibido, su confianza y paciencia, para que pudiese finalizar esta meta en mi vida, pero sobre todo por su amor incondicional.

A mis hermanos, Malena, Elsa, Gerardo y Toño y a mi cuñado Hernán, por su gran cariño y compañía, su confianza y por todos los momentos vividos.

A mi familia, mis hijos Claudia, Perla y Alejandro, quienes cada día se esforzaron para apoyarme para que cumpliera este logro en mi vida. Por su cariño y comprensión en todo momento, sobre todo durante mis ausencias, cuando tuve que trasladarme a estudiar al Distrito Federal, a ellos los amo con todo mi corazón y son el motor de mi existencia. A mi esposo, Alfredo Garza Herrera, por ser mi compañero y apoyarme en todo momento durante mis estudios y el desarrollo de mi tesis.

A mis amigos, compañeros y “hermanos espirituales”, por compartir los buenos y malos momentos de mi vida, por comprender mis sueños e inquietudes en la búsqueda del conocimiento y sabiduría, para poder aportar un granito de arena para lograr un mundo mejor y por hacer latente en mí nuestra relación con todo cuanto existe.

A todos y cada uno de mis maestros, por compartir sus enseñanzas y su sabiduría y por su paciencia, en especial a aquellos que me hicieron “batallar por motivos”, porque gracias a ellos he avanzado un peldaño más en mi vida profesional y personal.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
AGRADECIMIENTOS PERSONALES.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	5
3. CAPÍTULO I. Artículo científico: Estructura y organización de los ensambles de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México.....	6
4. CAPÍTULO II. Artículo científico: Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México.....	27
5. CAPÍTULO III. Relación de la heterogeneidad espacial con la estructura de la comunidad de roedores.....	45
6. DISCUSIÓN GENERAL.....	64
7. CONCLUSIONES.....	70
8. RECOMENDACIONES.....	71
LITERATURA GENERAL.....	72

Aragón-Piña, E.E. 2011. Composición y estructura de una comunidad de pequeños mamíferos de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. Tesis Doctoral. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 79 pp.

RESUMEN

Los bosques de la Sierra Madre Occidental son sitios de alta diversidad biológica, resultado de la alta heterogeneidad ambiental. No obstante, el conocimiento es escaso en cuanto a composición de especies y organización de pequeños mamíferos. El objetivo de este estudio fue evaluar si los parámetros de la comunidad de roedores están relacionados con la heterogeneidad espacial en un bosque de esta provincia. Se determinó la composición y estructura de las comunidades de roedores y de la vegetación. Para los roedores, se adicionó información descriptiva, identificando las especies para conservarse y estudiando los patrones de la organización de las comunidades, posteriormente se identificaron los factores de influencia en su organización. Estos bosques son importantes para su conservación y representan una zona de transición. Hubo nuevos registros de especies de roedores para Durango. La vegetación fue representativa de los bosques templados secos. Se registraron 520 individuos de 18 especies roedores, siendo la mayor riqueza local registrada para esta provincia. No se encontraron heterómidos y dos especies de ratas algodoneras habitaron en simpatria. Hubo tamaños corporales y gremios tróficos variados. La distribución de abundancias de especies fue log-normal y se detectó un patrón espacial no azaroso en las especie de tamaño mediano. Los valores de los parámetros de los roedores y de la vegetación fueron similares a los reportados en otras localidades de los bosques templados del norte mexicano; sólo un bosque con disturbio tuvo una densidad alta de micromamíferos. Los factores del hábitat que influyeron en la estructura del ensamblaje de roedores fueron el estrato arbóreo (época seca) y el estrato arbustivo (después de las lluvias). Las especies dominantes de roedores respondieron a sus requerimientos ecológicos. Se concluye que la heterogeneidad del hábitat en el Rancho "El Duranguense" influye en la riqueza de especies, la diversidad y la biomasa de los roedores.

Palabras clave: heterogeneidad espacial, comunidad de roedores, ensamblaje de roedores, bosque templado seco, Sierra Madre Occidental.

Aragón-Piña, E.E. 2011. Composition and community structure of small mammals in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. Doctoral Thesis. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp.

ABSTRACT

The forests of the Sierra Madre Occidental are an area high biological diversity as result of the high heterogeneity of environments. However, knowledge is scarce especially to species composition and organization of small mammals. The objective of this study was to evaluate whether different rodent community parameters are related to spatial heterogeneity in a forest in this province. I first determined composition and structure of rodent and vegetative communities. For rodents, I added descriptive information, identifying species of conservation concern, and studied organization spacial patterns. Posteriorly, I identified influential factors on rodent community organization. Results indicate that the forests of this mountain range are important for the conservation of biodiversity and represent a transition zone. I documented new records of rodent species for Durango. The vegetation was representative of dry temperate forests with three vegetation types. I registered 520 individuals of 18 species of rodents, which is the greatest richness registered for a locality in this province. Heteromyids rodents were absent and two cotton rats species occurred sympatrically. There was a wide range of body size and trophic guilds among the species in this community. Species abundance distribution followed a log-normal pattern, and I detected a non-random spatial pattern only in medium-sized species. Parameters values of rodents and vegetation were similar to those reported from other temperate forest sites in northern Mexico; only in a disturbed forest was small mammals density high. Habitat factors that significantly influenced structure of rodent assembly were tree stratum during the dry season and shrub stratum after the rainy season. The dominant rodent species respond to their ecological requirements. I conclude that habitat heterogeneity on the "El Duranguense" Ranch, affects rodent species richness, diversity and biomass.

Keywords: spatial heterogeneity, communities, assembly of rodents, temperate dry forest, Sierra Madre Occidental

1. INTRODUCCIÓN

La Sierra Madre Occidental (SMOcc) es la provincia de mayor extensión de México, se caracteriza por albergar una gran heterogeneidad ambiental, una alta diversidad de ambientes, una alta productividad, así como una gran diversidad biológica (Challenger 1998). Lo anterior es resultado de complejos procesos ecológicos, geológicos y evolutivos. Sin embargo, dentro de los bosques templados del país es la provincia de la que se cuenta con menor conocimiento en cuanto a biodiversidad y estructura de comunidades de roedores, así como sobre la organización de los ensambles de especies.

Dentro de la mastofauna del estado de Durango, los roedores son uno de los grupos mejor representados en cuanto a biodiversidad (Servín *et al.* 1995, Aragón y Garza 1999, González-Saravia 2001, Arita 2004, Aragón *et al.* en prensa) y a su vez, es un grupo indicador del estado de conservación de los hábitats. Existen algunos estudios de la mastofauna en áreas representativas del bosque templado seco, principalmente en la Reserva de la Biosfera La Michilía (ubicada al sureste del estado de Durango), así como algunos inventarios y estudios biológicos (Drake 1958, Baker 1960, Baker y Geer 1962, Webb y Baker 1962, Jones 1964, Álvarez y Polaco 1984, Álvarez y Arroyo 1990, Aguilar *et al.* 1996, Sosa *et al.* 1995, Hernández 1996, Servín *et al.* 2003). Sin embargo, el esfuerzo de muestreo ha sido limitado debido a la complejidad del área.

Entre los estudios ecológicos de importancia en el estado de Durango, cabe destacar los de poblaciones de algunas especies de pequeños mamíferos de zonas boscosas de sureste de estado realizados por Galindo (1991) y los de ecología de comunidades de pequeños mamíferos uno en el sureste de Durango (Hernández 1996) y otros en la zona del semidesierto (Grenot y Serrano 1982, Grenot 1983, Aragón y Garza 1999). Estos estudios reportan que la diversidad de las especies está en función de la heterogeneidad de los sitios, la complejidad estructural de la comunidad vegetal, las lluvias y la productividad primaria, mientras que la densidad se relaciona con la estacionalidad y la disponibilidad de los recursos (Grenot y Serrano 1982, Hernández *et al.* 2005).

Los bosques templados representan zonas de alta productividad y diversidad biológica, constituyendo zonas de alta heterogeneidad espacial (Canham *et al.* 1990, Lertzman *et al.* 1996, Tilman 1999), ya que son el resultado de diferentes factores y procesos, dentro de los cuales la diversificación de los nichos es en gran medida

proporcionada por la diversidad de la comunidad de pequeños mamíferos (Carey y Johnson 1995, Carey *et al.* 1999). En particular los bosques de la SMOcc tienen amplios gradientes ambientales, que se traducen en un mayor espectro de microambientes, nichos ecológicos y recursos disponibles, de ahí que se espera que sus comunidades sean también variadas y que tengan una alta riqueza de especies, pues al parecer incorporan especies tanto de amplia distribución como endémicas de distribución muy restringida.

Por otro lado, el entendimiento de los mecanismos que regulan la distribución y abundancia de las especies ha sido desde hace mucho tiempo uno de los retos más grandes para los ecólogos (Gleason 1926, Clements 1936, Andrewartha y Birch 1954, Hutchinson 1957, Whittaker 1975, Ricklefs 1987, Begon *et al.* 1990). Esto no es posible si se desconocen las propiedades de las comunidades biológicas, como son la composición, la estructura y la función.

La existencia de las comunidades biológicas se ha cuestionado, puesto que unos autores sugieren que no existen de manera natural y afirman que son resultado de la presencia de varias poblaciones (concepto individualista de Gleason 1926), mientras que otros autores la reconocen como un conjunto de especies con interdependencia, interacciones y propiedades emergentes (concepto holístico de Clements 1926), aunque existen más evidencias que apoyan la primera (Begon *et al.* 1990, Ricklefs y Millar 2000). En la actualidad ya no existe una corriente que trate de afirmar o rechazar estas aseveraciones debido a la complejidad en la comprensión de los sistemas, por lo que los estudios se han enfocado principalmente en la obtención de conocimiento sobre las propiedades emergentes de las comunidades, las cuales pueden medirse y servir de base para entender su estructura y funcionamiento. Además, existen pocos trabajos que explican los mecanismos que intervienen en los patrones observados y éstos aún no se conocen con precisión. Esto es difícil de evaluar dado que los sistemas biológicos son sistemas altamente complejos, en donde intervienen diversos factores, que son el resultado de la combinación de procesos ecológicos y evolutivos (Lawton 1996, Lomolino 2001).

Consecuentemente, se ha sugerido que la composición de las especies de un grupo depende principalmente del pasado evolutivo, es decir, de los eventos históricos (Graham 1988, Ricklefs 1989, Begon *et al.* 1990, Ricklefs y Schluter 1993, Ricklefs y Millar 2000), entre los que destacan las perturbaciones geológicas y la fragmentación de zonas biogeográficas, los que a su vez llegan a conducir a eventos de

especialización, de extinción y de migración (Myers y Giller 1989) y aunado a ello las restricciones fisiológicas operan a nivel regional (Connell y Slatyer 1977). Por otro lado, la capacidad de dispersión, la selección del hábitat y la tolerancia ambiental de las especies determinan los sitios en donde éstas pueden llegar a habitar (Grinnell 1917, Hutchinson 1957, Putman 1994, Belyea y Lancaster 1999), siendo las interacciones interespecíficas las que inhiben o facilitan la inclusión, persistencia y ausencia de las especies en la comunidad (Connell y Statyer 1977).

Se ha sugerido que las comunidades biológicas tienen estructura espacial no azarosa, que se hace manifiesta al presentarse algunos patrones, lo cual involucra necesariamente una respuesta o dependencia a la interacción de múltiples factores. Se han propuesto varias hipótesis en la búsqueda de patrones que expliquen como ocurre la organización de los pequeños mamíferos, como son la heterogeneidad espacial (Grant y Birney 1979, August 1983, Kotler y Brown 1988, Cramer y Willig 2002), la complejidad del hábitat (August 1983), la disponibilidad de los recursos limitantes y la productividad (Whitford 1976, Abramsky y Rosenzweig 1984, Owen 1988, Rosenzweig y Abramsky 1993), el clima (Brown y Zeng 1989), la edad de la comunidad (Graham 1986, Graham 1988) y la presencia de las especies dominantes (Brown y Munger 1985, Anderson 1992, Brady y Slade 2001), en donde se conoce que la escala de la información tiene gran importancia (Ricklefs 1987, 1989).

Se sabe que a nivel local las interacciones entre las especies llegan a tener un papel relevante e influyente en la organización de las comunidades, principalmente la competencia interespecífica (Rosenzweig y Winakur 1969, Price 1978, Rosenzweig 1973, Browsers y Brown 1982, Brown 1989, Brown y Harney 1993) y la depredación (Price 1981, Kotler 1984, 1985, Bouskila 1995). Por otro lado, las diferencias en la abundancia de especies ecológicamente similares pueden promover su coexistencia, debido posiblemente a que hay una diferente utilización de los recursos limitantes (alimento y/o refugio) (Holbrook 1979). Sin embargo, estas evidencias solo están fundamentadas en las comunidades de pequeños mamíferos de zonas áridas (Rosenzweig 1973, Browsers y Brown 1982, Brown 1989).

En particular, la hipótesis de la heterogeneidad espacial y de la complejidad estructural del hábitat como factores organizadores de las comunidades o de los ensambles de las especies de un grupo, son de gran importancia, ya que permiten explicar el incremento en la diversidad de las especies al proveer de un mayor número de nichos ecológicos disponibles por unidad espacial (Mac Arthur *et al.* 1962, Levins 1968). La

hipótesis de la heterogeneidad espacial se ha probado en 85 estudios realizados de 1960 al 2003 en distintos grupos de fauna silvestre, aunque con cierta influencia antropogénica y es aplicable a cualquier ecosistema (Tews *et al.* 2004). La mayoría de estos estudios se han realizado en desiertos, bosques tropicales y pastizales, pero no existen suficientes evidencias que permitan identificar que en los bosques templados la heterogeneidad del hábitat facilite la diversidad de especies.

Para evaluar la hipótesis de heterogeneidad espacial, los pequeños mamíferos constituyen un grupo ideal para obtener información ecológica debido a que proporcionan datos numerosos y precisos de los cambios en el corto plazo.

Además, es un grupo de gran importancia ecológica, al contribuir en el flujo de energía de los ecosistemas y el ciclo de nutrientes, son depredadores y dispersores de semillas y frutos, polinizadores, reguladores de poblaciones de insectos y sirven como alimento de diversos carnívoros (Fleming 1975, Heithaus *et al.* 1975). Indirectamente por sus hábitos alimentarios ejercen una importante influencia en las comunidades vegetales; puesto que estimulan la producción vegetal, alteran la composición florística y modifican la estructura de las comunidades de plantas y la disponibilidad de los recursos alimentarios (Ceballos y Galindo 1984). Particularmente, los roedores han sido de gran utilidad en estudios de ecología de comunidades, para el reconocimiento de patrones altitudinales y latitudinales (Rickart 2001, Sánchez-Cordero 2001), son indicadores de perturbación o calidad del hábitat y de la sustentabilidad de los bosques (Carey y Harrington 2001) y muestran patrones de distribución conforme a los tipos de vegetación presentes (Vargas y Hernández 1996, Bowman *et al.* 2001).

Por todo lo anterior, este estudio busca ofrecer una contribución al entendimiento de los factores que puedan explicar la composición y estructura de las comunidades de pequeños mamíferos de los bosques templados de la Sierra Madre Occidental (SMOCC), mismos que han sido escasamente estudiados.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Este trabajo formula la hipótesis que la riqueza de especies y la diversidad de roedores se incrementan con la heterogeneidad del hábitat, por lo que las áreas con mayor heterogeneidad del hábitat tendrán una alta diversidad y una alta riqueza de especies de roedores.

Por otro lado, el objetivo general de este estudio es identificar los factores que determinan la estructura de la comunidad de los roedores, en tres tipos de vegetación representativos del bosque templado seco de la Sierra Madre Occidental.

Los objetivos particulares son los siguientes:

- a) Caracterizar la estructura de la comunidad de roedores (abundancia relativa, riqueza de especies, diversidad, equitatividad y biomasa).
- b) Determinar la composición florística y la estructura de estas comunidades.
- c) Determinar la heterogeneidad espacial (estructura vegetal y las características físicas y ambientales del bosque), evaluando el posible efecto en la estructura de las comunidades de roedores.
- d) Desarrollar modelos matemáticos sobre la organización espacio-temporal de las comunidades de roedores.

CAPÍTULO I

Artículo científico

ARAGÓN, E., A. GARZA Y F. CERVANTES. 2009. Estructura y organización de las comunidades de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 523-542.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Estructura y organización de los ensambles de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México

Structure and organization of rodent assembles of a forest of the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico

ELIZABETH E. ARAGÓN^{1*}, ALFREDO GARZA¹ & FERNANDO A. CERVANTES²

¹ Centro de Ecología Regional, A.C. Blvd. Durango 501, Col. Valle del Sur. Durango 34120 Dgo, México

² Instituto de Biología, UNAM. Departamento de Zoología, UNAM. Apartado Postal 70-153, C.P. 04510, Coyoacán, México, D.F.

*Autor correspondiente: eapliz@hotmail.com

RESUMEN

La diversidad biológica de los bosques templados en la región de montaña denominada “Sierra Madre Occidental», México, es rica. Esta zona se encuentra en la Zona de Transición, un área biogeográficamente importante de Norteamérica caracterizada por una gran heterogeneidad ambiental local. Sin embargo, poco se conoce sobre la composición taxonómica y la organización de los mamíferos pequeños nativos y sobre la influencia de los factores ecológicos locales, en particular en tipos de vegetación diferentes. Por lo tanto, se estudió la composición de especies y la estructura de los ensambles de pequeños mamíferos de esta sierra y se proporcionó información sobre el nivel de anidamiento y la detección de patrones en su organización. El área de estudio fue el rancho “El Duranguero”, Durango, México. Se muestrearon tres tipos de vegetación diferentes (pastizales y bosques de encino-pino y pino-encino) por estación de 2005 y 2006. Los roedores fueron capturados, recapturados e identificados durante tres noches por sitio. Los resultados produjeron 520 individuos (386 capturas, 134 recapturas) de 18 especies de mamíferos pequeños (14 ratones, cuatro ardillas) de tamaños corporales diferentes, de afinidades neártica, neotropical o compartida; se encontraron endemismos y taxas en alguna categoría de riesgo de extinción. La riqueza y la equitabilidad fueron altas, la diversidad y los niveles poblacionales fueron moderados, a excepción de un bosque de encino-pino con densidad de pequeños mamíferos alta y la dominancia de alguna especie en el bosque de pino-encino, debido probablemente a perturbaciones. El patrón espacial de las especies de tamaño mediano no fue azaroso. El ensamblaje de especies no presentó anidamiento y tuvo una distribución log-normal, con cuatro especies comunes y de amplia distribución (*Peromyscus truei*, *P. maniculatus*, *Reithrodontomys montanus* y *Sigmodon leucotis*) y siete de distribución restringida. Las especies pertenecieron a gremios tróficos diferentes, como lo muestran sus preferencias alimentarias, que estuvieron compuestas por hasta dos especies dominantes por sitio. En conclusión el ensamble de mamíferos pequeños de estos bosques de la Madre Sierra es distintivo y diverso, no está estructurado al azar y la vegetación puede ser uno de los factores ecológicos que han jugado un papel evolutivo importante en su formación.

Palabras clave: bosque templado, conservación, ensamble, roedor, Sierra Madre Occidental.

ABSTRACT

Biodiversity of temperate forests in the mountain region called “Sierra Madre”, at western Mexico, is rich. This zone lies in the Transition Zone, a biogeographical important area of North America characterized by a remarkable local environmental heterogeneity. However, little is known about the taxonomic composition, and organization of the assemblage of native small mammal, and the influence of local ecological factors, particularly from different vegetation types. Therefore, we were interested in documenting the species composition and structure of the small mammal assemblages of this sierra and provide insights into the nesting level of the community and deviations from a random organization. The study area was a place named “El Duranguero” ranch, Durango, México. Three different vegetation types (grassland, and oak-pine and pine-oak forests) were sampled there during every season of 2005 to 2006. During three consecutive nights rodents of each site were captured, recaptured, and taxonomically identified. Results produced 520

individuals (386 captures, 134 recaptures) of 18 small mammal species (14 mice, four squirrels) of different body sizes that represent nearctic, neotropical, or shared affinity; endemism of taxa was found as well as taxa in some extinction risk category. Species richness and evenness were high and the diversity and population levels were moderate, although high density of small mammals highlights oak-pine forest whereas dominance of some species occurs in pine-oak forest perhaps due to disturbance. Spatial pattern of medium-size species was not at random. Assemble of species revealed a non-nested pattern and displayed a log-normal distribution, characterized by four common and widely distributed rodent species (*Peromyscus truei*, *P. maniculatus*, *Reithrodontomys montanus*, and *Sigmodon leucotis*), and seven of restricted distribution. On the other hand, several species were allocated to different trophic-niche guilds, as revealed by their reported food preferences, that were composed by up to two dominant species by site. In conclusion, the small mammal assemblage of forests of Sierra Madre is distinctive and diverse, is not structured at random and vegetation may be one of the ecological factors that have played an important evolutionary role.

Key words: assemble, conservation, rodent, Sierra Madre Occidental, temperate forest.

INTRODUCCIÓN

La Sierra Madre Occidental de México (SMOCC) constituye una provincia fisiográfica con una gran superficie, siendo el 30 % del territorio nacional y la de mayor extensión para el estado de Durango, por lo que es el primer estado forestal a nivel nacional (SEMARNAT 2009, http://www.semarnat.gob.mx/estados/durango/temas/Paginas/aprov_forestal.aspx). Esta región tiene una alta heterogeneidad ambiental, por presentar una variabilidad fisiográfica y climática diversa, que van desde sitios fríos en las cimas, los húmedos en la región suroeste, los semisecos en las partes norte y noreste (Challenger 1998), hasta los subtropicales. Estos climas son influenciados por la pendiente y la orientación de las laderas, el tipo y la profundidad del suelo. Estos atributos y la compleja historia biogeográfica (eventos del Plioceno y Pleistoceno, Challenger 1998) han dado lugar a distintas comunidades bióticas y mosaicos de vegetación en áreas relativamente pequeñas y cercanas, con una topografía accidentada.

Se ha sugerido que la SMOCC funciona como corredor biológico, que combina elementos neárticos y neotropicales facilitando la presencia de endemismos por aislamiento geográfico, en donde se favorece la especiación de plantas y animales (González 1983, Fa & Morales 1998, Ferrusquía-Villafranca 1998). Presenta una gran variedad de ambientes, resguardando una alta diversidad de mamíferos (104 especies), representando el 77 % del total estatal (135 especies, Aragón et al. en prensa). Se estima que pueden existir gran número de endemismos de mamíferos (Ceballos & Rodríguez 1993, Fa & Morales 1998,

Challenger 1998), en su mayoría roedores y murciélagos. No obstante, hay pocos estudios sobre la biodiversidad en esta cadena montañosa y poco se sabe de los factores ecológicos que influyen en los ensambles de mamíferos.

Los pequeños mamíferos reportados para la SMOCC en Durango comprenden estudios realizados al sureste del estado por Muñiz (1988) con 16 especies, 13 múridos y tres sciúridos y en la Reserva de la Biosfera de La Michilía con 11 especies, un heterómido, nueve múridos y un sciúrido (Álvarez & Polaco 1984, Sosa et al. 1995, Hernández 1996, Cuautle 2007). Mientras que para la SMOCC en Jalisco se han registrado 18 especies, tres heterómidos, 11 múridos y cuatro sciúridos (Guerrero et al. 1995, Iñiguez & Santana 2005). Las investigaciones ecológicas son escasas, solo hay trabajos poblacionales de algunas especies comunes (Galindo & Krebs 1997).

En otros bosques templados del país existe una alta riqueza de especies y densidad de roedores en altitudes intermedias (Galindo & Krebs 1997, Brown 2001, Sánchez-Cordero 2001, Mena 2004). Patrón que ha sido observado en otras zonas montañosas del mundo (Heaney 2001, Md Nord 2001, Rickart 2001, McCain 2004) y que responden tanto a procesos históricos como ecológicos que operan a escala local y regional (Ricklefs & Schluter 1993, Rickart 2001). También se conoce que la estructura del hábitat es determinante en los ciclos de vida de las especies e influyente en sus patrones de distribución y abundancia (Ceballos 1989, Galindo & Krebs 1997). Por otra parte, las zonas de montaña son valiosas a nivel de conservación, pues concentran gran cantidad de

endemismos (Patterson et al. 1998, Sánchez 2001).

Los bosques templados de Norteamérica (Canadá y Estados Unidos) representan zonas de alta productividad y diversidad biológica, debido a su alta heterogeneidad espacial (Canham et al. 1990, Lertzma et al. 1996, Tilman 1999), resultado de diferentes factores y procesos. Por lo anterior, se reporta que estos ambientes ofrecen una gran variedad de microhábitats y un intervalo amplio de microclimas, que se traduce en un mayor espectro de recursos (Kotler & Brown 1988, Carey & Johnson 1995, Carey et al. 1999). Esta información propone que los mamíferos pequeños pudieran ser indicadores de la condición de los bosques, dado que la heterogeneidad espacial promueve la diversificación de sus nichos espaciales, además de ser dispersores de semillas, esporas y propágulos de plantas, briofitas, hongos y líquenes, descomponedores de materia orgánica, reguladores de invertebrados y presas de gran número de vertebrados.

Para comprender la organización de los roedores de un sitio, además de describir la composición y estructura, una alternativa es la búsqueda de reglas de ensamblajes. Estas últimas son valiosas pues muestran patrones significativamente distintos al azar, de los cuales el uso de modelos nulos resulta ser una potente herramienta para estas valoraciones y actualmente es frecuentemente utilizada (Gotelli & Graves 1996). En los bosques templados se pueden someter a prueba para roedores las reportadas en otras zonas (desiertos, bosques mesófilos o islas), para definir aspectos del ensamblaje de las especies: a) los de mayor riqueza de especies contengan a las de menor riqueza (anidación), por diferencias (movilidad y abundancia de los depredadores), limitaciones por condiciones abióticas y por interacciones negativas como la competencia (Diamond 1975, Patterson & Brown 1991), que ocurre cuando se tiene una historia biogeográfica común, ambientes contemporáneos similares y organizaciones jerárquicas en las relaciones de nicho; b) las especies coexistan por diferencias morfológicas, como se ha reportado para el tamaño corporal y el peso (Brown & Nicoletto 1991, Arita & Figueroa 1999, Stone et al. 2000) y, c) que los ensamblajes se estructuren por

diferentes grupos funcionales (Fox 1987), que podrían conformarse en cuanto a gremios tróficos principalmente.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue definir la composición y estructura a partir de la búsqueda de patrones de los ensamblajes de roedores en un bosque de la SMOcc, con el fin de conocer la organización de las mismas. Se parte de la hipótesis de que la composición de roedores esté integrada por especies de las zonas neártica y neotropical y que su estructura se caracterizará por presentar una organización no azarosa, con una alta riqueza y diversidad de roedores. Este conocimiento sentará las bases que permitan el desarrollo futuro de acciones de conservación, uso y manejo de estos recursos faunísticos dentro de los bosques templados del norte de México, escasamente estudiados.

MÉTODOS

El estudio se realizó en el rancho "El Duranguense" que está ubicado al noroeste del estado de Durango, México, en la Sierra Madre Occidental (24°27'31" N y 104°55'55" O), con una altitud promedio de 2,500 metros sobre el nivel del mar. La topografía es accidentada, formada principalmente por lomeríos (pendientes de 25 % a 35 %), mesetas altas (pendientes de hasta 10 %), cañadas con pendientes pronunciadas (45 %) y zonas escarpadas (10 % del predio).

El clima es semifrío con lluvias en verano y precipitaciones invernales entre 5 y 10.2 % anual. La precipitación media anual varía de 800 a 1,000 mm y la temperatura promedio anual es de 5° a 12° C, con una estación seca de 6 a 7 meses de noviembre a mayo (García 1988).

Los tipos de vegetación predominantes en la SMOcc son el bosque de encino-pino y el de pino-encino en las partes más altas, principalmente en las laderas interiores de la SMOcc (González 1983). Prevalcen diversas especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, como otras arbóreas, el tásate (*Juniperus deppeana* Steud) y el madroño (*Arbutus* spp.), así como matorrales de manzanita (*Arctostaphylos pungens* Kunth) y diversas herbáceas y poáceas de los géneros *Bouteloua*, *Mulhenbergia* y *Aristida* (González et al. 1993, Aragón et al. en prensa).

“El Duranguense” consta de 10,378 ha y la tenencia de la tierra es privada. Cuenta con 20 bordos de abrevadero y 16 manantiales de agua que son utilizados por la fauna silvestre. Las actividades productivas son ecoturismo, manejo y aprovechamiento cinegético de fauna silvestre y silvícola, escasa ganadería y agricultura de autoconsumo. Este estudio forma parte de un estudio sobre el monitoreo y protección de la biodiversidad del área (Garza et al. 2005).

El muestreo de las especies de roedores se realizó en nueve parcelas georreferenciadas de 70 x 70 m² durante las cuatro estaciones del año (2005-2006), en tres tipos de vegetación con tres réplicas: bosque de encino-pino, bosque de pino-encino y pastizales (Tabla 1).

En cada parcela se colocaron 64 trampas Sherman, con una distancia entre trampas de 10 m durante tres noches, con una disposición de 8 filas por 8 columnas. Las trampas fueron cebadas con avena, esencia de vainilla y mantequilla de cacahuete.

Los animales capturados se determinaron mediante guías de campo, claves taxonómicas, experiencia personal y/o bajo la supervisión de taxónomos expertos (Hall 1981, Romero et al. 2000, Villa & Cervantes 2003). Se utilizó la técnica de captura-marcaje-recaptura (Pielou 1974, Krebs 1999), liberando a los individuos en el sitio de su captura. Los datos registrados fueron: altitud, tipo de vegetación, especie,

fecha, localidad, número de trampa, sexo, edad, peso, captura o recaptura y número de individuo. Se realizaron colectas científicas cuando la identificación de las especies en campo fue difícil, siendo catalogadas y depositadas en la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Análisis de la información

Se realizaron comparaciones entre sitios y estaciones de los siguientes aspectos:

La estructura de tallas y pesos se obtuvo a partir de la distribución de frecuencia tanto de tallas como de pesos corporales de todas las especies observadas o capturadas en los sitios. Se consideraron los valores promedio de todos los individuos adultos de la misma especie. Las especies se ubicaron de acuerdo a su distribución en los siguientes biomas (WWF Nature Serve): Sierra Madre, Desierto, Grandes Planicies y de amplia distribución, de acuerdo a la sobreposición de las superficies de distribución de cada especie. Se realizó la prueba de la regla de Hutchinson (1959), dividiendo los valores más grandes de talla entre los más pequeños.

La composición taxonómica se determinó mediante la verificación de todas las especies en campo o en colecciones, la afinidad biogeográfica de cada especie a partir de las

TABLA 1

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en tres diferentes tipos de vegetación presentes en el rancho “El Duranguense”, Municipio de Canatlán, Durango, México. Datum WGS83 Proyección de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTMs).

Geographical location of three sampling sites in the different types of vegetation in “El Duranguense” ranch, Municipio Canatlán, Durango, México. Datum WGS83 Universal Transverse projection of Mercator’s coordinates (UTMs).

Cuadro	Vegetación	Nombre del Sitio	Coordenadas(UTM)		Altitud(m)
1	Pastizal	Campo de Verano	512318.98	2700871.98	2456
2	Pastizal	Fresada	511327.88	2700769.29	2450
3	Pastizal	La Pista	512175.69	2701476.19	2487
4	Bosque de encino-pino	El Aire	511196.53	2699470.12	2515
5	Bosque de encino-pino	La Pila	512340.47	2698455.14	2554
6	Bosque de encino-pino	Nogales	511466.97	2702129.69	2486
7	Bosque de pino-encino	Casas	513635.08	2697772.71	2496
8	Bosque de pino-encino	Kosovo	510988.76	2699735.20	2513
9	Bosque de pino-encino	La Costosa	511906.49	2697074.93	2501

clasificaciones hechas por Villa & Cervantes (2003), Ceballos & Oliva (2005) e Iñiguez & Santana (2005), así como el gremio trófico clasificando a las especies en grupos por la similitud en la alimentación, conforme a las categorías propuesta por Ceballos y Navarro (1991) y la información de las especies en México (Villa & Cervantes 2003, Ceballos & Oliva 2005).

Cada especie registrada se ubicó de acuerdo a su categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana vigente (NOM-059, SEMARNAT 2001). Las categorías de acuerdo a esta norma son: peligro de extinción (distribución o tamaño poblacional disminuido drásticamente y su viabilidad biológica natural en riesgo, que coincide parcialmente a la categoría de la IUCN), amenazadas (especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, equivalente a vulnerable de la IUCN), sujetas a protección especial (especies o poblaciones que pueden llegar a encontrarse amenazadas por factores negativos a su viabilidad, requieren recuperarse y conservarse, incluyendo a las de menor riesgo para la IUCN)

La distribución de la abundancia relativa de especies en los diferentes sitios se evaluó mediante las tendencias observadas al graficar las abundancias acumuladas.

Se estimaron los parámetros del ensamble de roedores y su similitud entre los sitios de monitoreo. Para conocer la riqueza específica, diversidad y equitabilidad de los roedores en cada sitio (conteo de especies, índice de Shannon-Wiener H' e índice de Simpson, Magurran 1988), se utilizaron los programas Biodiversity Pro (ver. 2.0) y Past ver. (1.3), mientras que para estimar la abundancia relativa se utilizó el método del número mínimo de animales vivos o de enumeración (MNIV, Krebs 1966, 1999), extrapolando el valor obtenido a 1 ha. El peso total (gramos) por hectárea de los roedores se calculó por la suma de los pesos corporales de todas las capturas.

La información se analizó mediante estadística descriptiva. La variación entre los sitios de muestreo y las épocas se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA, paramétrico) o de Kruskal-Wallis no paramétrico (Zar 1996). Se efectuó un análisis de agrupamiento de la abundancia de las

especies de roedores, para determinar afinidad entre los sitios, utilizando el índice de similitud de distancias euclidianas y el método de agrupación de un solo enlace (linaje simple) mediante el programa Past ver. 1.3, Hammer et al., 2005).

El modelo nulo de coocurrencias de especies se utilizó para evaluar si el ensamble de roedores presenta una estructura azarosa o no, en cuanto a la presencia de las especies en los sitios (Stoner & Robert 1990, Gotelli & Graves 1996). Se hicieron matrices de presencia-ausencia de las especies agrupadas de tres maneras utilizando el Programa EcoSim ver. 7.0 (Gotelli & Entsminger 2004): total de roedores nocturnos, por tamaños corporales pequeños (*Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Onychomys*) y, por tamaños medianos (*Neotoma*, *Nelsonia* y *Sigmodon*).

El índice de Stone & Roberts (1990) cuantifica la cantidad promedio de coocurrencias entre todas las parejas únicas de las especies en el ensamblaje (tablero de ajedrez). Si el ensamble no está estructurado al azar el índice observado es significativamente mayor que el esperado en las simulaciones (valor C-score). Además para confirmar diferencias significativas (95 % de confianza) se calculó el efecto estandarizado (SES) = $(S^2 \text{ Observado} - \text{Promedio Simulado}) / \sigma^2 \text{ Simulado}$ en donde valores mayores a dos la confirman. Las simulaciones se corrieron con sumas fijas de hileras y columnas (suponen independencia entre las especies al momento de colonizar) y el algoritmo secuencial de intercambio, realizándose 1,000 interacciones.

Por último se calculó el grado de anidamiento del ensamble, que es una medida del orden en la cual las especies se relaciona en los sitios de un sistema, en donde si está más estructurado "se jerarquiza" (menores valores de temperatura) y evalúa el orden de desaparición de una especie en un sistema (Atmar & Patterson 1993). Esto se hizo a partir de ordenar las especies conforme a patrones jerarquizados: de mayor a menor presencia de las especies en los sitios y de mayor a menor número de sitios ocupados por las especies, con datos de presencia/ausencia en los nueve sitios y con las 15 especies registradas en los cuadros. También se realizaron corrimientos de 50 eventos al azar con el modelo nulo de Monte Carlo, con el fin de identificar las tendencias

del ordenamiento de las especies y utilizando el programa Nestedness Calculador (Atmar & Patterson 1993).

RESULTADOS

Se capturaron un total de 520 roedores (386 individuos y 134 recapturas). Las capturas promedio fueron de bajas a moderadas (de 21 a 39) y similares entre las cuatro épocas del año en los tres tipos de vegetación, al igual que las capturas totales por tipo de vegetación (de 63 a 117) (Tabla 2). No se encontraron diferencias significativas entre los tres tipos de vegetación ($F_{1,11} = 1.527$; $P = 0.2685$), ni por temporada ($F_{1,11} = 1.446$; $P = 0.3001$). La eficiencia total

de trampeo fue de 5.58 % de roedores (intervalo de 3.65 a 6.77 %) y fue similar en los tres tipos de vegetación ($F_{1,11} = 1.87$; $P = 0.2093$) y, por temporada ($F_{1,11} = 0.9722$; $P = 0.4522$, Tabla 2).

Estructura de tallas y pesos

La distribución de frecuencias del tamaño corporal de todas las especies de roedores fue casi unimodal, presentando un intervalo de 58 a 368 mm (Fig. 1A). Un primer grupo correspondió principalmente a las especies del género *Peromyscus*, de 67 a 97 mm y otro a las especies de tamaños intermedios como *Sigmodon*, *Nelsonia*, *Neotoma* y *Tamias*, de 108 a 150 mm. En ambos grupos se cumplió la

TABLA 2

Eficiencia de trampeo de los roedores en el rancho El Duranguense, Municipio de Canatlán, Durango, México. Esfuerzo de trampeo = Número de trampas por día. Eficiencia de trampeo = (Número de capturas/esfuerzo de trampeo) x 100. BQP = Bosque de Encino-Pino, BPQ = Bosque Pino-Encino, PAS = Pastizal.

Efficiency of trapping of rodents in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México. Effort = Number of traps per day. Efficiency of trapping = (Number of captures/effort of trapping) x 100. BQP = Oak-pine forest, BPQ = Pine-oak forest, PAS = Grassland.

Estación	Tipo de Vegetación	Trampas por noche	Días	Esfuerzo de trampeo	Individuos	Capturas (únicas)	Eficiencia de trampeo (%)
Primavera	PAS	64	9	576	19	14	2.43
	BQP	64	9	576	58	51	8.85
	BPQ	64	9	576	53	35	6.08
	Promedio	64	9	576	43	33	5.79
	Total	192	27	1728	130	100	5.79
Verano	PAS	64	9	576	53	43	7.47
	BQP	64	9	576	51	41	7.12
	BPQ	64	9	576	37	33	5.73
	Promedio	64	9	576	47	39	6.77
	Total	192	27	1728	141	117	6.77
Otoño	PAS	64	9	576	31	27	4.69
	BQP	64	9	576	69	44	7.64
	BPQ	64	9	576	62	35	6.08
	Promedio	64	9	576	54	35	6.13
	Total	192	27	1728	162	106	6.13
Invierno	PAS	64	9	576	31	26	4.51
	BQP	64	9	576	37	25	4.34
	BPQ	64	9	576	19	12	2.08
	Promedio	64	9	576	29	21	3.65
	Total	192	27	1728	87	63	3.65
Total general		768	108	6912	520	386	5.58

regla de Hutchinson, ya que la proporción entre la talla más grande y la más pequeña fue de 1.5 y 1.4, respectivamente. En contraste, para el peso corporal el espectro de la distribución fue amplio, con valores de 9 a 1,361 g (Fig. 1B), encontrándose gran diferencia entre la especie más pequeña (*Onychomys torridus* Coues, 1874) y la más grande (*Sciurus niger* Linnaeus, 1758). La distribución presentó un pico con cinco especies de peso similar. Los mayores pesos correspondieron a intervalos de 17 a 24 g (género *Peromyscus*), mientras que dos grupos más tuvieron hasta tres especies, las pequeñas (*Reithrodontomys*) y las intermedias (*Sigmodon* y *Tamias*).

Composición taxonómica, afinidad biogeográfica y gremio trófico

Se encontraron 18 especies de roedores (Tabla 3), pertenecientes a 10 géneros y 2 familias (Muridae y Sciuridae), siendo capturadas 15 en las trampas. Algunas especies estuvieron solo en un tipo de vegetación (Tabla 3), tres en pastizales (*Sigmodon ochrognathus* V.

Bailey, 1902, *Reithrodontomys megalotis* Baird, 1858 y *Onychomys torridus* Coues, 1874, dos en bosque de encino-pino (*Oryzomys* sp. y *Neotoma lepida* Thomas, 1983) y una en bosque de pino-encino (*Nelsonia neotomodon* Merriam, 1897). Tres especies de ardillas no fueron monitoreadas por ser de gran tamaño, pero se observaron o fueron capturadas en trampas tomahawk con un nuevo registro para Durango, la ardilla amarilla (*Sciurus niger* Linnaeus, 1758) principalmente asociada a árboles de gran tamaño (*Pinus leiophylla* Schlltdl. & Cham. y encinares), la ardilla techalote (*Sciurus nayaritensis* Allen, 1889) y el ardillón (*Spermophilus variegatus* Erxleben, 1777) principalmente en zonas rocosas.

Las especies tienen afinidad neártica (44 %), neotropical (44 %) o compartida (11 %, Tabla 3), indicando que es una zona transicional. La mayoría de las especies son herbívoras (38.9 %), algunas granívoras (22.2 %), omnívoras (22.2 %), insectívoras (5.6 %) y frugívoras (11.1 %), de acuerdo a Ceballos y Navarro (1991).

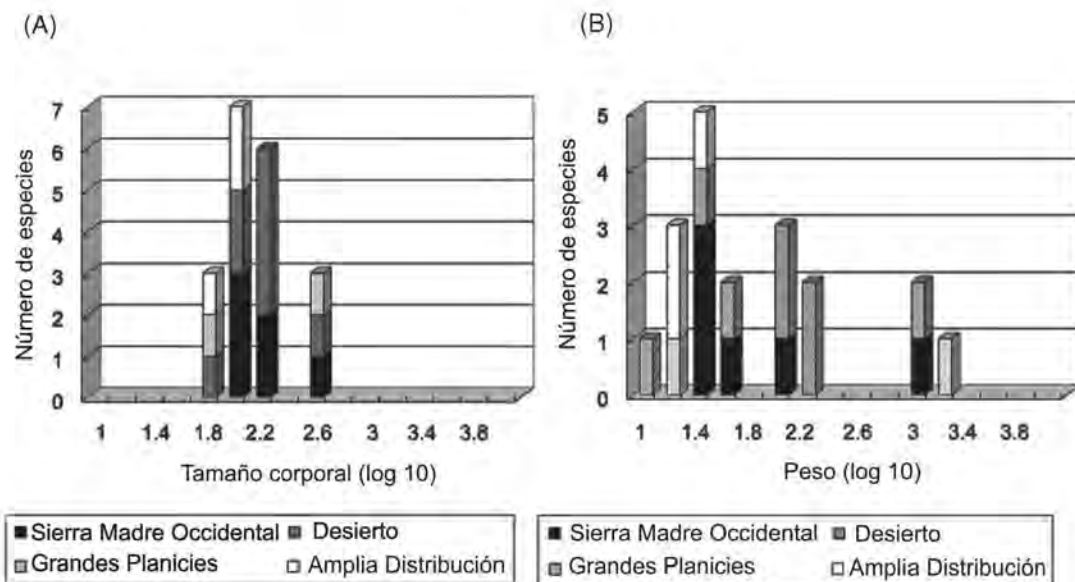


Fig. 1: Distribución de frecuencias del tamaño corporal (mm) y del peso corporal (g) de las especies de roedores de un bosque templado en el rancho "El Duranguense", Municipio de Canatlán, Durango, México por bioma.

Rodent body size (mm) and body mass size (g) frequency distributions of the temperate forest in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México by biome.

Conservación

Dos especies están en categoría de riesgo, la rata *Nelsonia neotomodon* Merriam, 1897 (protección especial y endémica de México) y la rata cambalachera (*Neotoma lepida*), que es rara y amenazada; esta última solo se encontró en un área rocosa con pendiente de bosques de pino-encino y en bosque de encino-pino. El techalote (*Sciurus nayaritensis* Allen, 1889) es una ardilla endémica de la Sierra Madre, mientras que el chichimoco (*Tamias dorsalis* Baird, 1855) es de distribución restringida a las partes altas de esta sierra, por lo que se sugiere que estas especies se incluyan dentro de las categorías de protección especial (SEMARNAT 2001) o vulnerable (de la IUCN).

Distribución de abundancias

Se presentaron pocas especies dominantes por tipo de vegetación, dos en pastizal (*Sigmodon leucotis* V. Bailey, 1902 y *S. ochrognathus* V. Bailey, 1902) y una en los bosques mixtos (*Peromyscus truei* (Shufeldt, 1885), Tabla 4).

La distribución de las especies de roedores fue variable (Tabla 4), encontrándose especies ampliamente distribuidas como *Peromyscus truei* (Shufeldt, 1885), *Reithrodontomys montanus* (Baird, 1855), *P. maniculatus* (Wagner, 1845) y *Sigmodon leucotis* V. Bailey, 1902 (ocho, siete y seis sitios; respectivamente). Otras estuvieron restringidas a un tipo de vegetación, como son *Sigmodon ochrognathus* V. Bailey, 1902,

TABLA 3

Composición, distribución y gremio trófico de los roedores en el rancho "El Duranguense", Municipio de Canatlán, Durango, México. Fr = Frugívoro, G = Granívoro, H = Herbívoro, O = Omnívoro, I = Insectívoro. Con asterisco las especies que no fueron parte del monitoreo. BQP = Bosque Encino-Pino, BPQ = Bosque Pino-Encino, PAS = Pastizal.

Composition, distribution and trophic guild of rodents in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México. Fr = Frugivorous, G = Granivorous, H = Herbivorous, O = Omnivorous, I= Insectivorous. An asterisk identifies the species that were not a part of the monitoring. BQP = Oak-pine forest, BPQ = Pine-oak forest, PAS = Grassland.

Especies	PAS	BQP	BPQ	Afinidad Biogeográfica	Gremio Trófico
Orden Rodentia					
Familia Muridae					
<i>Peromyscus truei</i> (Shufeldt, 1885)	X	X	X	Neártica y Neotropical	O
<i>Peromyscus difficilis</i> (J. A. Allen, 1891)		X	X	Neártica y Neotropical	G
<i>Peromyscus maniculatus</i> (Wagner, 1845)	X	X	X	Neártica y Neotropical	O
<i>Peromyscus boylii</i> (Baird, 1855)	X	X		Neártica	G
<i>Peromyscus leucopus</i> (Rafinesque, 1818)	X	X	X	Neártica y Neotropical	O
<i>Neotoma mexicana</i> Baird, 1855		X	X	Neártica y Neotropical	H
<i>Nelsonia neotomodon</i> Merriam, 1897			X	Neotropical	H
<i>Neotoma lepida</i> Thomas, 1893		X		Neártica	H
<i>Sigmodon leucotis</i> V. Bailey, 1902	X	X	X	Neártica y Neotropical	H
<i>Sigmodon ochrognathus</i> V. Bailey, 1902	X			Neártica	H
<i>Onychomys arenicola</i> Mearns, 1896		X	X	Neártica	I
<i>Onychomys torridus</i> Coues, 1874	X			Neártica	I
<i>Reithrodontomys megalotis</i> Baird, 1855	X			Neártica	G
<i>Reithrodontomys montanus</i> (Baird, 1855)	X	X	X	Neártica	G
Familia Sciuridae					
<i>Tamias dorsalis</i> Baird, 1855		X	X	Neártica y Neotropical	Fr
<i>Spermophilus variegates</i> (Erxleben, 1777)*		X	X	Neártica y Neotropical	H
<i>Sciurus nayaritensis</i> Allen, 1889*		X	X	Neotropical	H
<i>Sciurus niger</i> Linnaeus, 1758*		X	X	Neártica	H
18 especies	10	14	13		

Reithrodontomys megalotis Baird, 1855 y *Onychomys torridus* Coues, 1874 (pastizal), *Neotoma lepida* Thomas, 1893 (encino-pino) y *Nelsonia neotomodon* Merriam, 1897 (pino-encino). La amplitud del nicho espacial fue mayor en *Reithrodontomys montanus* (Baird, 1855), *Peromyscus maniculatus* (Wagner, 1845) y *P. truei* (Shufeldt, 1885) (recíproco de Simpson de 5.3, 5.2 y 4.7; respectivamente). El ensamble de roedores presentó un modelo de distribución de abundancias log-normal (Fig. 2), es decir, tuvo pocas especies con densidades altas y muchas de bajas densidades.

Parámetros del ensamble de roedores

La riqueza de especies de roedores en todos los sitios fue alta, con 18 especies presentes en los bosques templados estudiados de la SMOcc de Durango, pero para los análisis solo se

consideraron las especies capturadas en las trampas, es decir, 15 especies. Sin embargo, se detectó una riqueza local de baja a moderada en los diferentes sitios, con un intervalo de 3 a 8 especies anuales y de 1.5 a 4 por estación (Tabla 5, Tabla 6). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sitios (ANOVA $F_{1,35} = 1.269$, $P = 0.3001$, Tabla 5).

Por otro lado, se encontraron diferencias estadísticas en los parámetros, diversidad, equitabilidad, dominancia y densidad de roedores entre los sitios (Figs. 3). La diversidad de roedores fue alta en general, ya que en la mayoría de los casos fue superior a uno en el total anual (promedios de 0.54 a 1.65) y por temporada fueron menores (promedios de 0.28 a 1.2) (ANOVA $F_{1,35} = 2.724$, $P = 0.02432$). Se observaron diferencias significativas entre un bosque de pino-encino (Casas) y tres sitios, dos pastizales (Campo de Verano, $Q_{1,16} = 4.948$; P

TABLA 4

Capturas de roedores y amplitud del nicho espacial (Recíproco del Índice de Simpson, Krebs 1999) en el rancho El Duranguense, Municipio de Canatlán, Durango, México, en los sitios monitoreados. Se resaltan en negritas los mayores valores registrados. Frec = Frecuencia. Pastizal, 1 = Campo de Verano, 2 = Fresada, 3 = La Pista; Bosque de encino-pino, 1 = El Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales; Bosque de pino-encino, 1 = Casas, 2 = Kosovo, 3 = La Costosa.

Captures of rodents and amplitude of the spatial niche (Reciprocal of the Index of Simpson; Krebs 1999) in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México, in the sampling quadrats. The highest values recorded are shown in bold. Frec = Frequency. Grassland, 1 = Campo de Verano, 2 = Fresada, 3 = La Pista; Bosque de encino-pino, 1 = El Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales; Bosque de pino-encino, 1 = Casas, 2 = Kosovo, 3 = La Costosa.

Especies	Pastizal			Bosque de encino-pino			Bosque de pino-encino			Total	Frec	Nicho
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
<i>Peromyscus truei</i>	3	2		24	48	4	11	22	24	138	8	4.66
<i>Peromyscus difficilis</i>				3	4			3	6	16	4	3.66
<i>Peromyscus maniculatus</i>	2	2	3	2	8	7		8		32	7	5.17
<i>Peromyscus boylii</i>			1			8				9	2	1.25
<i>Peromyscus leucopus</i>			1		1	1	1			4	4	4
<i>Neotoma mexicana</i>					1					1	1	1
<i>Neotoma lepida</i>					2					2	1	1
<i>Nelsonia neotomodon</i>								2		2	1	1
<i>Sigmodon leucotis</i>	6	19	12	1				2	1	41	6	3.07
<i>Sigmodon ocrognathus</i>	10	6	5							21	3	2.74
<i>Onychomys arenicola</i>					2	1			1	4	3	2.67
<i>Onychomys torridus</i>		3								3	1	1
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	2	2	3							7	3	2.88
<i>Reithrodontomys montanus</i>	6	6	6	2	1		1	1	2	25	8	5.25
<i>Tamias dorsalis</i>				1		5			4	10	3	2.38
Total de individuos	29	40	31	33	67	26	13	38	38	315		

= 0.03702 y Pista, $Q_{1,16} = 5.414$; $P = 0.01708$) y un bosque de encino-pino (Nogales, $Q_{1,16} = 4.509$; $P = 0.07367$; Fig. 3A).

La equitatividad varió entre los sitios (anual de 0.49 a 0.91 y mensual de 0.40 a 0.95), siendo más homogénea en los tres pastizales y en un sitio de bosque de encino-pino (Nogales), con mayores valores (0.8), mientras que no lo fue para los otros bosques mixtos. Se detectaron diferencias estadísticas entre dos sitios (pastizal del Campo de Verano y bosque de pino-encino del cuadro Casas, Fig. 3B). La dominancia fue baja en general, excepto en un pinar (0.73), que fue significativamente diferente a dos pastizales (Campo de Verano y Pista) y a un encinar (Fig. 3C).

La densidad varió de 16 a 84 ind ha^{-1} en el año y un promedio estacional de 8 a 21.5 ind ha^{-1} (ANOVA $F_{1,35} = 3.186$, $P = 0.01121$). Se encontraron diferencias significativas entre un bosque de encino-pino (La Pila) y dos pastizales (Campo de Verano, $Q_{1,16} = 4.838$; $P = 0.04413$) y La Pista, $Q_{1,16} = 5.123$; $P = 0.02779$) y dos bosques de pino-encino (Casas, $Q_{1,16} = 5.123$; $P = 0.02779$ y La Costosa, $Q_{1,16} = 6.451$; $P = 0.002829$; Fig. 3D). Para la biomasa de roedores no se encontraron diferencias significativas por sitio ($F_{1,35} = 1.708$; $P = 0.1422$).

Cabe resaltar que dos sitios se diferenciaron del resto, el bosque de encino-pino denominado "La Pila" por su alta densidad, siendo un sitio que presentó vegetación secundaria y un bosque de pino-encino (Casas), por su alta dominancia y ser un sitio más expuesto a la actividad humana.

Similitud de las especies de roedores entre los sitios

Se presentaron tres grupos de acuerdo a la similitud de las abundancias de las especies por sitio (Fig. 4): a) el bosque de encino-pino (La Pila), que se separa por contener las mayores densidades y corresponden a especies de alimentación generalista u oportunista (género *Peromyscus*), b) los pastizales, que se agruparon de acuerdo a la presencia de especies herbívoras o granívoras principalmente, mismas que son típicas de estos hábitats, tales como *Sigmodon* y *Reithrodonthomys* y a las especies de amplia distribución y oportunistas como *Peromyscus* y, c) grupo que incluye los bosques mixtos de pino-encino y de encino-pino, en los que "Casas" y "Nogales" están más cercanos a sitios con presencia o actividad humana moderada.

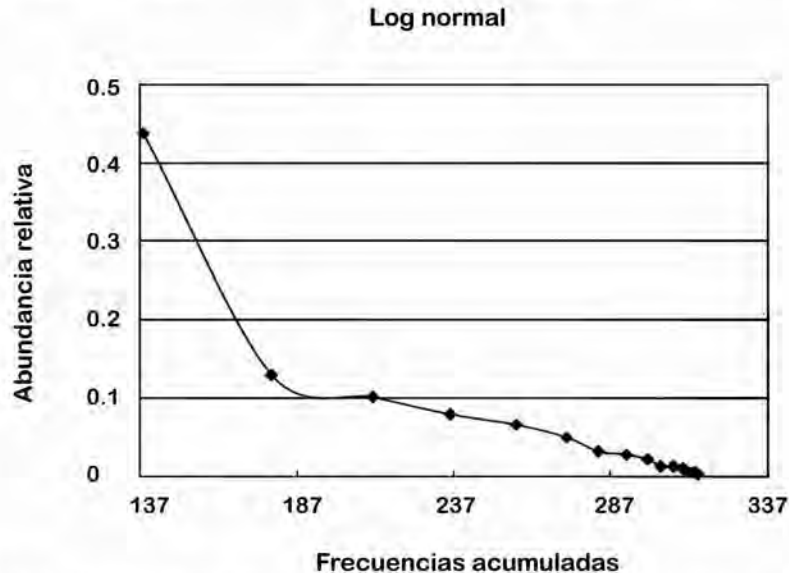


Fig. 2: Modelo de distribución de abundancias del ensamble de roedores en el rancho El Duranguense, Municipio de Canatlán, Durango, México.

Distribution model of abundances in the assemble species of rodent in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México.

Modelos

El modelo nulo mostró una estructura al azar con respecto a la presencia de todas las especies de roedores nocturnos en los sitios. Sin embargo, fue distinta del azar al agrupar las especies por distintos tamaños corporales, pues la segregación espacial ocurre de acuerdo con los diferentes gremios, principalmente en cuanto al alimento y el uso espacial. Para el índice de coocurrencia (C-score) solo en el caso de los roedores de tamaño mediano fue no azaroso (108 a 150 mm de los géneros *Neotoma*, *Nelsonia* y *Sigmodon*), el valor observado fue mayor al esperado (C-Score observado = 2.3 > C-Score esperado = 1.87, efecto estandarizado = 2.10), mientras que para los otros grupos de roedores pequeños (67 a 97 mm de los géneros *Peromyscus*, *Onychomys* y *Reithrodontomys*) fue lo contrario (C-Score observado = 3.31 < C-Score esperado = 3.3, efecto estandarizado = 0.06) y el patrón fue al azar.

El grado de anidamiento considerando todos los sitios fue de 36.29°, lo que indica un grado de estructura del ensamble moderado, considerando la escala de 1 a 100 grados (de mayor a menor estructura), donde los valores bajos indican una mayor estructuración (Fig. 5). Las tres especies más susceptibles a desaparecer de acuerdo a este estimador son, en orden decreciente, *Neotoma mexicana*, *Neotoma lepida* y *Nelsonia neotomodon*, y las menos susceptibles de desaparecer son *Reithrodontomys montanus*, *Peromyscus truei* y *P. maniculatus*. Estas especies corresponden a las de distribución más restringida en el sitio, ya que naturalmente están en bajas densidades (Ceballos y Oliva 2005). Sin embargo, los cálculos de probabilidad de 1,000 corrimientos mediante la simulación de Monte-Carlo, no permitieron encontrar diferencias estadísticas en la matriz ($P(T < 36.29^\circ) = 9.76e^{-02}$), obteniéndose un promedio de $46.4^\circ \pm 7.8^\circ$, por lo que el patrón del ensamble de roedores fue al azar o sin anidamiento.

TABLA 5

Parámetros del ensamble de especies de roedores en los sitios de muestreo en el rancho El Duranguense, Municipio de Canatlán, Durango, México. RE = riqueza específica, H' = diversidad (índice de Shannon-Wiener; Krebs 1999), E = equitabilidad, Dom = dominancia, Den = densidad (individuos ha⁻¹), Peso = peso de los roedores (g), P = probabilidad, F = valor de Fisher (ANOVA) y H = estadístico H (*Kruskal-Wallis).

Parameters of the rodent species assemblage in the sampling sites in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México. RE = species richness, H' = diversity (index of Shannon-Wiener, Krebs 1999), E = equitabilidad, Dom = dominance, Den = density (individual ha⁻¹), Peso = weight (g), P = probability, F = value of Fisher (ANOVA) and, H = statistical H (*Kruskal-Wallis).

Tipo de vegetación	Sitio	RE	H'	E	Dom	Den	Peso (g)
Pastizal	Campo de Verano	6	1.62	0.91	0.23	36.25	915
	Fresada	7	1.57	0.80	0.28	50	1073
	Pista	7	1.65	0.85	0.23	38.75	1239
	Promedio	6.67	1.61	0.85	0.25	41.67	1075.67
B. Encino-pino	El Aire	6	1.00	0.56	0.55	41.25	692
	La Pila	8	1.06	0.51	0.53	83.75	1188
	Nogales	6	1.57	0.88	0.23	32.50	621
	Promedio	6.67	1.21	0.65	0.44	52.50	833.67
B. Pino-encino	Casas	3	0.54	0.49	0.73	16.25	269
	Kosovo	6	1.25	0.70	0.39	47.50	1173
	La Costosa	6	1.17	0.65	0.44	47.50	1166
	Promedio	5	0.98	0.61	0.52	37.08	869.33
	F o H*	1.269	2.72	18.44*	17.8*	3.186	1.708
	P	0.3001	0.02432	0.018	0.0186	0.0112	0.142

TABLA 6

Parámetros del ensamble de roedores en los sitios de muestreo por épocas en el rancho El Duranguense, Municipio de Canatlán, Durango, México. RE = riqueza específica, H' = diversidad (índice de Shannon-Wiener), E = equitabilidad, Dom = dominancia, Den = densidad (individuos ha⁻¹) y Peso = peso (g). Pastizal, 1 = Campo de Verano, 2 = Fresada, 3 = La Pista; bosque de encino-pino, 1 = El Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales; bosque de pino-encino, 1 = Casas, 2 = Kosovo, 3 = La Costosa.

Parameters of rodent assemble in the sampling sites by seasons in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México. RE = species richness, H' = diversity (index of Shannon-Wiener), E = evenness, Dom = dominance, Den = density (individual ha⁻¹), Peso = weight (g), P = probability, F = value of Fisher and, H = statistical H. Grassland, 1 = Campo de Verano, 2 = Fresada, 3 = La Pista; oak-pine forest, 1 = El Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales; pine-oak forest, 1 = Casas, 2 = Kosovo, 3 = La Costosa.

Parámetro	Época	Pastizal			Bosque de encino-pino			Bosque de pino-encino		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
RE	Primavera	3	2	4	3	5	3	2	6	4
	Verano	5	6	3	5	4	3	2	4	5
	Otoño	2	2	4	2	5	4	1	3	3
	Invierno	4	4	4	2	2	3	1	1	3
Promedio		3.5	3.5	3.8	3	4	3.2	1.5	3.5	3.8
Total Anual		6	7	7	6	8	6	3	6	6
H'	Primavera	1.10	0.69	1.32	0.76	0.54	1.00	0.69	1.43	1.03
	Verano	1.52	1.51	0.97	1.23	0.82	0.96	0.41	0.94	1.04
	Otoño	0.67	0.56	1.22	0.30	1.05	1.24	0.00	0.60	0.83
	Invierno	1.22	1.09	1.33	0.38	0.69	1.01	0.00	0.00	0.87
Promedio		1.130	0.963	1.208	0.669	0.775	1.052	0.276	0.743	0.942
Total Anual		1.623	1.566	1.653	1.001	1.059	1.572	0.536	1.251	1.165
E	Primavera	1.00	1.00	0.95	0.69	0.33	0.91	1.00	0.80	0.75
	Verano	0.94	0.84	0.88	0.77	0.59	0.87	0.59	0.68	0.64
	Otoño	0.97	0.81	0.88	0.44	0.65	0.89	0.00	0.55	0.76
	Invierno	0.88	0.79	0.96	0.54	0.99	0.92	0.00	0.00	0.79
Promedio		0.95	0.86	0.92	0.61	0.64	0.90	0.40	0.51	0.73
Total Anual		0.91	0.80	0.85	0.56	0.51	0.88	0.49	0.70	0.65
Dom	Primavera	0.33	0.50	0.28	0.57	0.78	0.39	0.50	0.30	0.45
	Verano	0.24	0.27	0.41	0.39	0.57	0.43	0.76	0.52	0.50
	Otoño	0.52	0.63	0.33	0.83	0.47	0.32	1.00	0.69	0.52
	Invierno	0.36	0.42	0.28	0.78	0.50	0.39	1.00	1.00	0.50
Promedio		0.36	0.45	0.32	0.64	0.58	0.38	0.81	0.63	0.49
Total Anual		0.22	0.29	0.23	0.55	0.53	0.23	0.73	0.39	0.44
Den	Primavera	3	4	8	11	33	7	2	22	11
	Verano	12	21	9	12	22	7	7	10	16
	Otoño	10	8	9	11	20	12	7	11	16
	Invierno	10	10	6	8	11	6	2	4	6
Promedio		8.75	10.75	8	10.5	21.5	8	4.5	11.75	12.25
Total Anual		36.25	50	38.75	41.25	83.75	32.5	16.25	47.5	47.5
Peso (g)	Primavera	55	39	216	234	750	325	36	641	353
	Verano	448	748	513	383	614	282	160	407	498
	Otoño	613	626	510	231	603	275	145	376	504
	Invierno	315	407	152	148	197	208	41	78	164
Promedio		357.75	455	347.75	249	541	272.5	95.5	375.5	379.75
Total Anual		915	1073	1239	692	1188	621	269	1173	1166

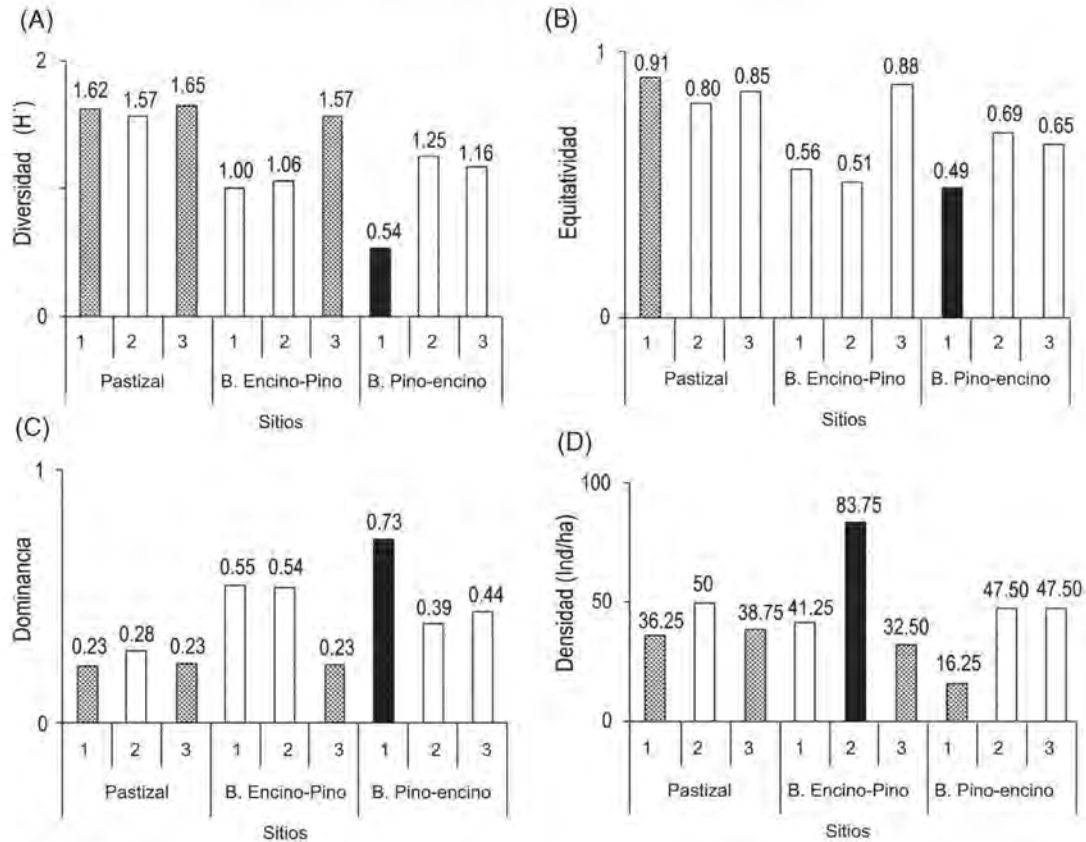


Fig. 3: Parámetros del ensamble de especies de roedores en el rancho El Duranguense, Municipio de Canatlán, Durango, México. Las barras punteadas indican diferencias estadísticas con respecto a las negras. A) Diversidad, ANOVA $F_{(1,35)} = 2.724$, $P = 0.02432$, Levene = 0.07. B) Equitabilidad, Kruskal-Wallis $H_{(1,35)} = 18.44$; $P = 0.018$. C) Dominancia, Kruskal-Wallis $H_{(1,35)} = 17.8$; $P = 0.0186$. D) Densidad, ANOVA $F_{(1,35)} = 3.186$; $P = 0.012$; Levene = 0.24.

Parameters of the assemble of rodent species in the "El Duranguense" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México. Dotted bars indicated statistical differences compared with the black bars. A) Diversity, ANOVA $F_{(1,35)} = 2.724$, $P = 0.02432$, Levene = 0.07. B) Equitabilidad, Kruskal-Wallis $H_{(1,35)} = 18.44$; $P = 0.018$. C) Dominance, Kruskal-Wallis $H_{(1,35)} = 17.8$; $P = 0.0186$. D) Density, ANOVA $F_{(1,35)} = 3.186$; $P = 0.012$; Levene = 0.24.

DISCUSIÓN

La estructura de los roedores en el rancho "El Duranguense" mostró una tendencia unimodal en el tamaño corporal de las especies, como se ha observado para los mamíferos de México (Torres et al. 1995, Arita & Figueroa 1999, Ceballos et al. 2002). Los tamaños intermedios de mamíferos fueron los más comunes, como se ha reportado en mamíferos pequeños de la Reserva de la Biosfera de El Cielo en Tamaulipas, México (Castro-Arellano 2005). La proporción de tallas corporales de las especies pequeñas y medianas correspondió a la

regla de Hutchinson, indicando indirectamente que las especies están repartidas en los sitios a fin de evitar la competencia (posiblemente por alimento). Mientras que la presencia de hasta de siete especies de roedores de tamaños similares del género *Peromyscus*, sugiere que los recursos que ofrece esta sierra son muy variados, permitiendo así su coexistencia. Lo anterior indica que existen varios elementos en el hábitat que influyen en esta característica morfológica, en donde la gran diversidad de los microambientes es debido al mosaico vegetal existente en la SMOcc (Challenger 1998).

La distribución uniforme de pesos con respecto al tamaño corporal indica que estos bosques permiten la existencia de una gran diversidad de especies. Esto coincide con lo reportado para los mamíferos pequeños de América del Norte, en donde también hay una tendencia uniforme (Brown & Nicoletto 1991), así como una gran variación en el peso corporal para este grupo en México (Arita & Figueroa 1999). Lo anterior hace suponer que esta característica morfológica favorece la coexistencia interespecífica al existir diferenciación en el nicho ocupado por las especies, como un mecanismo utilizado para minimizar la competencia.

La composición de especies fue similar a la reportada para otros sitios de la SMOcc (Hernández 1996, Muñoz 1988). Sin embargo, se detectaron nuevos registros para Durango o la SMOcc, como la rata cambalachera *Neotoma lepida*, que estaba registrada principalmente en

las zonas áridas de California y Sonora (Villa & Cervantes 2002), la ardilla amarilla *Sciurus niger*, especie relictica que estaba reportada solo para el noreste de México y este de los Estados Unidos (Patterson et al. 2005) y el ratón *Onychomys arenicola*, principalmente de las zonas semidesérticas (Villa & Cervantes 2003, Arita 2004). Con este estudio se corrobora que estas especies habitan las zonas de ecotono del altiplano mexicano y la SMOcc.

No se detectaron roedores heterómidos, a diferencia de lo encontrado en los bosques templados y tropicales del centro y sur de México (como Chiapas, Medellín 1992; Estado de México, Sánchez et al. 2001; Michoacán, Sánchez et al. 2005) o en las zonas áridas (Aragón & Garza 1999, Hernández et al. 2005, González et al. 2005) donde son frecuentes. En cambio, en la zona montañosa de la SMOcc de Jalisco solo existen tres especies de heterómidos, predominan los múridos con 11 especies y cuatro sciúridos

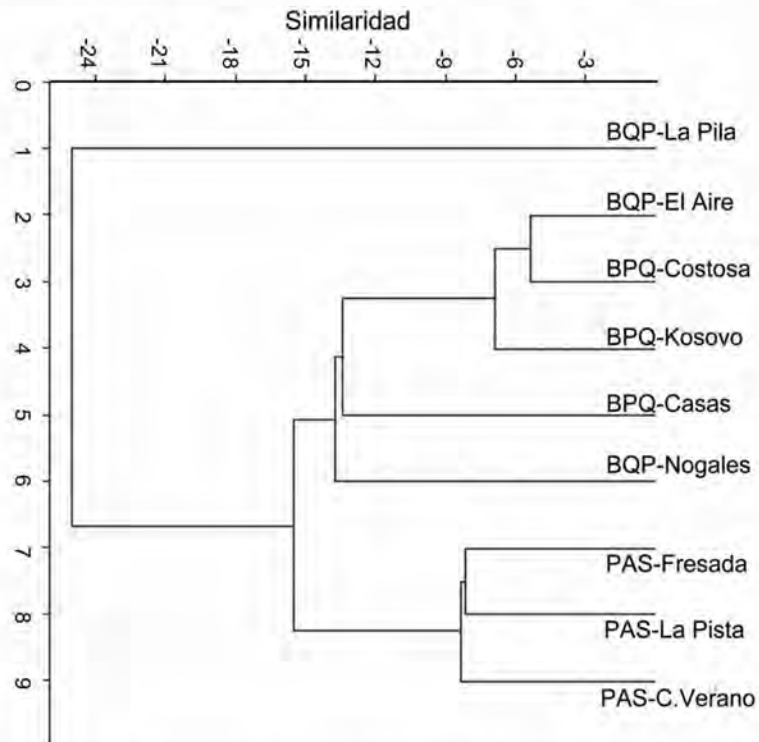


Fig. 4: Dendrograma de la similitud de la abundancia de las especies de roedores entre los sitios de muestreo del rancho El Duranguño, Municipio de Canatlán, Durango, México.

Dendrogram of the similarity of rodent species abundance among sites in "El Duranguño" ranch, Municipio Canatlán, Durango, México.

(Guerrero et al. 1995, Íñiguez & Santana 2005), mientras que solo existe una especie de mûrido en la Reserva de la Biosfera de La Michilía (*Lyomys irroratus*, Hernández 1996).

El bosque de "El Durangueno" está compuesto por roedores neárticos, neotropicales o compartidos, lo que confirma que es una zona de transición, en donde confluyen tanto vegetación de montaña como del semidesierto. Es posible que los eventos históricos produjeran aislamiento o restricción en el área de distribución de las especies (Challenger 1988, Ferrusquía-Villafranca 1998, Fa & Morales 1998), como se ha reportado en zonas montañosas de Las Filipinas, sureste de México

(Oaxaca) y Jalisco (Íñiguez & Santana 2005) y oeste de los Estados Unidos (Brown 2001), en donde se han evidenciado sucesos como dispersión histórica, extinciones y especiación.

La amplia gama de gremios tróficos de los roedores sugiere que los recursos de este bosque son variados y disponibles, permitiendo la coexistencia interespecífica por diferencias en los hábitos alimentarios y de forrajeo. Esta estrategia se presenta principalmente en sitios con gran heterogeneidad o complejidad ambiental y con vegetación en parches, como son las zonas templadas (Cramer & Willig 2002) y las zonas tropicales de México (Íñiguez & Santana 2005).

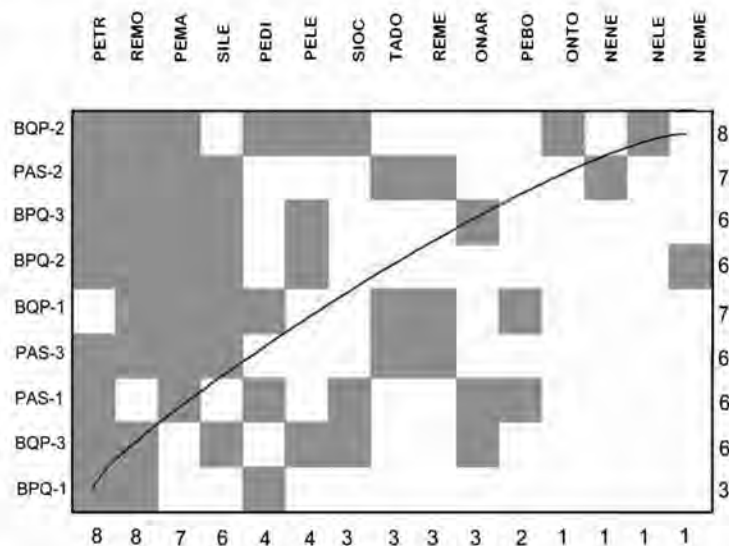


Fig 5: Patrón jerarquizado del ensamble de especies de roedores en el rancho El Durangueno, Municipio de Canatlán, Durango, México. Las especies se presentan ordenadas de menor a mayor probabilidad de extinción o desaparición de izquierda a derecha, mientras que los sitios se ordenaron de mayor a menor presencia de especies de roedores de arriba hacia abajo. Las especies son: PETR = *Peromyscus truei*, REMO = *Reithrodontomys montanus*, PEMA = *P. maniculatus*, SILE = *Sigmodon leucotis*, PEDI = *P. difficilis*, PELE = *P. leucopus*, SIOC = *Sigmodon ochognathus*, TADO = *Tamias dorsalis*, REME = *Reithrodontomys megalotis*, PEBO = *P. boylii*, ONAR = *Onychomy arenicola*, ONTO = *O. torridus*, NENE = *Nelsonia neotomodon*, NELE = *Neotoma lepida* y NEME = *Neotoma mexicana*. Pastizal, 1 = Campo de Verano, 2 = Fresada, 3 = La Pista; Bosque de encino-pino, 1 = El Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales; bosque de pino-encino, 1 = Casas, 2 = Kosovo, 3 = La Costosa.

Hierarchized pattern of the assemble of rodent species in the "El Durangueno" ranch, Municipio Canatlán, Durango, Mexico. Species appear ordered from left to right corresponding to from least to highest probability of extinction or disappearance, whereas sites were order in up-down directions corresponding to greater from hisgest to smallest number of rodents species present. The species are: PETR = *Peromyscus truei*, REMO = *Reithrodontomys montanus*, PEMA = *P. maniculatus*, SILE = *Sigmodon leucotis*, PEDI = *P. difficilis*, PELE = *P. leucopus*, SIOC = *Sigmodon ochognathus*, TADO = *Tamias dorsalis*, REME = *Reithrodontomys megalotis*, PEBO = *P. boylii*, ONAR = *Onychomy arenicola*, ONTO = *O. torridus*, NENE = *Nelsonia neotomodon*, NELE = *Neotoma lepida* y NEME = *Neotoma mexicana*. Grassland, 1 = Campo de Verano, 2 = Fresada, 3 = Pista; oak-pine forest, 1 = El Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales; pine-oak forest, 1 = Casas, 2 = Kosovo, 3 = La Costosa.

La presencia de especies en riesgo y endemismos confirma que la SMOcc es una área de importancia para la conservación de la biodiversidad, ya que se registraron especies como *Nelsonia neotomodon*, *Sciurus nayaritensis*, *Neotoma lepida* y *Tamias dorsalis*.

La existencia de hasta dos especies dominantes por su abundancia por sitio, es un patrón general que se ha registrado en bosques tropicales de los Estados Unidos (Fleming 1975) y en bosques templados de Pensilvania (Yahner 1992), en donde una especie domina en varios hábitats y tiene fuerte influencia sobre las otras especies. Esto difiere en los bosques tropicales de Chiapas, México, en donde existen pocas especies dominantes y son distintas en cada hábitat (Medellín 1992). Las especies comunes coinciden con las de amplia distribución y de mayor amplitud de nicho espacial. La distribución lognormal de las abundancias corresponde con lo registrado para la mayoría de las comunidades con mosaicos de recursos, con especies tanto generalistas como especialistas y con comunidades distribuidas en parches (Begon et al. 1990).

Los parámetros promedio de los ensambles de roedores de los estudios desarrollados para la SMOcc, indican que la alta riqueza de especies a nivel local y regional coincide con lo reportado en otros sitios altos (Brown 2001), así como en las zonas intermedias entre la parte baja de la montaña y las cimas. En particular la alta riqueza es similar a lo estimado para otros bosques de la SMOcc, en el sureste (local de 7 a 13 especies y regional hasta 16; Muñiz 1988) y para la Reserva de la Biosfera "La Michilía" (local de 1 a 7 especies y regional hasta 11; Hernández 1996, Cautle 2007) y en Jalisco (local 7 y 19 especies regionales; Iñiguez & Santana 2005). Sin embargo, la alta riqueza regional reportada en este estudio es la mayor registrada hasta el momento en esta sierra (18 especies), mientras que la riqueza para la Sierra Madre Occidental en Durango es de 25 y para toda esta cadena montañosa de 32. Por lo anterior, se concluye que esta provincia resguarda una gran riqueza de especies de roedores.

La diversidad de especies moderada, la equitabilidad mediana a alta y la baja dominancia en los diferentes tipos de vegetación (Tabla 5), fue similar a lo

encontrado en esta sierra en la Reserva de la Biosfera "La Michilía" ($H' = 0.45$ a 0.92 , $E = 0.72$ a 0.82 , $D = 0.50$ a 0.73 , Hernández 1996) y al sureste de Durango ($H' = 0.98$ a 2.00 , $E = 0.55$ a 0.87 , $D = 0.16$ a 0.52 , Muñiz 1988). La equitabilidad mayor y la dominancia baja en los pastizales demuestra que las especies están mejor repartidas. Estos valores son mayores que en otros sitios de México, en los bosques tropicales del sur ($H' = 0.02$ a 0.53 , $E = 0.08$ a 0.68 en Chiapas, Ceballos 1989, Medellín 1992, RE local = 2 a 7, $H' = 0.29$ - 0.58 en Veracruz y Tabasco, Sánchez et al. 2001) y similares para la Faja Volcánica Transmexicana ($H' = 1.41$, Michoacán, Sánchez et al. 2005).

Las densidades fueron moderadas, comparándolas con zonas aledañas a la SMOcc, la zona de ecotono entre pastizal de semidesierto y los bosques (de 54.8 ± 28.8 ind ha^{-1} a 50.61 ± 16.35 ind ha^{-1} ; Sánchez 2004), los matorrales tropicales subcaducifolios de El Mezquital, Durango (144.7 ± 47.1 ind ha^{-1} a 268.0 ± 74.3 ind ha^{-1} ; Sánchez 2004) y los pastizales y matorrales del Desierto Chihuahuense 5.87 ± 0.7 ind ha^{-1} a 23.6 ± 1.1 ind ha^{-1} ; Hernández et al. 1995, González et al. 2005).

Los sitios de bosque que destacan por valores máximos en densidad o mínima diversidad corresponden a lugares con cierto grado de perturbación, con presencia de vegetación secundaria (bosque de encino-pino "La Pila") y el otro expuesto a la actividad humana (bosque de pino-encino "Casas") Esto difiere a lo encontrado en el bosque templado de Yellowstone y en los bosques tropicales de Brasil, donde disturbios moderados causan un incremento en la riqueza de mamíferos (Taylor 1972, Stallings 1988). Sin embargo, solo estudios de experimentación en campo en zonas perturbadas y zonas conservadas podrían confirmar estas aseveraciones.

Los roedores de tamaño mediano con un patrón espacial distinto al azaroso correspondieron a cinco especies herbívoras; mientras que el patrón al azar de las especies de tamaño pequeño, correspondió a gremios tróficos variados (omnívoras, granívoras e insectívoras), siendo estas cinco y representando el 76.6 % de todos los individuos. Por lo que los patrones distintos al azar se detectaron al evaluar las especies conforme a grupos funcionales similares (gremios tróficos).

El patrón no azaroso de los roedores medianos es similar a lo reportado en estudios realizados en un gradiente altitudinal en la Reserva de la Biosfera “El Cielo” en Tamaulipas, México (Castro-Arellano 2005). Este resultado se puede explicar de varias formas, diferencias en características del hábitat en los sitios, procesos históricos o filogenéticos y/o competencia (Brooks & McLennan 1993, Lomolino 1999, Morris 1999). Sin embargo, información futura y precisa de estos aspectos permitirán entender con precisión cuál es la causa del patrón observado.

En contraste, la coexistencia de especies de tamaño pequeño debe existir por algún factor del hábitat que permite la permanencia de una amplia gama de gremios tróficos y posiblemente el uso diferencial los recursos existentes en los sitios. Por lo que estudios futuros detallados sobre la capacidad de dispersión, la historia evolutiva e información filogenética permitirán clarificar los mecanismos relacionados con su organización.

El grado de anidamiento del ensamble de los roedores y los subsecuentes modelos obtenidos no evidencia un patrón, si se considera a todas las especies de roedores. Los resultados sugieren que probablemente las especies que colonizaron después de los cambios durante el Pleistoceno presentaron alta competencia y exclusión en el pasado; posteriormente fueron adaptándose a nichos diversos en condiciones distintas, causados quizá por un aislamiento geográfico dada la compleja historia de los eventos ocurridos en la SMOcc (FERRUQUÍA-VILLAFRANCA 1978, ATMAR & PATTERSON 1993). Es probable que estos mismos eventos produjeran la gran variedad de microambientes y en la actualidad no existan patrones a nivel del ensamble de roedores, sino que ocurra a nivel de gremios o grupos funcionales a mayor escala. Lo anterior se sustenta en que algunas especies están restringidas en su distribución, dado que sus requerimientos ecológicos son más especializados, mientras que otras son de amplia distribución y abundantes.

Se concluye que la comunidad de roedores de este bosque de la Sierra Madre Occidental tiene una alta riqueza y diversidad específica, resultado de que es una zona de transición en donde confluyen especies de las zonas neártica

y neotropical, con presencia de endemismos, formando así un complejo mosaico de especies, lo que sugiere un buen estado de conservación del área.

Los resultados apoyan la hipótesis de que el ensamblaje de roedores presenta una estructura no azarosa (mayor riqueza de tallas intermedias, reparto espacial de las especies por tamaño corporal, hábitos alimentarios variados, coexistencia interespecífica de individuos pequeños por diferencias en su alimentación y segregación espacial en los de talla mediana). Esto muy probablemente es resultado de la diversidad de microambientes o heterogeneidad espacial, producto de topografía y los mosaicos vegetales que limitan la dispersión de las especies.

Por lo anterior, se sugiere realizar estudios históricos de los linajes de las especies y sobre la biogeografía histórica de esta cadena montañosa, así como incrementar los estudios ecológicos y realizar monitoreos a largo plazo en otras localidades de esta provincia, ya que son sitios de alta diversidad biológica. Este estudio representa un avance en el conocimiento sobre la organización de mamíferos pequeños en zonas templadas, que servirán de base para el uso, el manejo y la conservación de los recursos de estos bosques de la Sierra Madre Occidental.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto “Biodiversidad del rancho El Duranguense, Canatlán, Durango” financiado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Se agradece al Centro de Ecología Regional, A.C. y al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo otorgado para llevar a cabo esta investigación. Asimismo, el Instituto de Ecología, A.C. otorgó algunas facilidades para desarrollar este estudio. Así como a las personas que ayudaron para desarrollar el trabajo de campo a: Alberto Arvizu, Francisco Sánchez, Sergio Raúl Gutiérrez y Alfredo Sánchez Ríos. En especial se agradece a los Srs. Rodrigo y Alonso Ayala Grimaud, propietarios del rancho y al Sr. Issac Rafael Velázquez Escobedo, por el hospedaje y las facilidades otorgadas durante el estudio. A

Isolda Luna Vega, Katheryn Elizabeth Stoner, Héctor Arita, Rodrigo Medellín, Zenón Cano, Jorge Servín, Gerardo Ceballos, Ella Vázquez, Miguel Briones y Victor Sánchez, por las observaciones hechas para enriquecer este trabajo y el escrito.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ T & OJ POLACO (1984) Estudio de los mamíferos capturados en la Michilía, Sureste de Durango, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 28: 99-148.
- ARAGÓN EE & A GARZA (1999) Actualización del inventario de los mamíferos silvestres de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. *Acta Científica Potosina* 14: 7-25.
- ARAGÓN EE, R MUÑOZ, L HERNÁNDEZ, J LAUNDRÉ & C LÓPEZ (en prensa) Los mamíferos de Durango. Publicaciones del Gobierno del Estado de Durango, Durango, México.
- ARAGÓN EE, A GARZA, S GONZÁLEZ & I LUNA (en prensa) Estructura y composición florística de las comunidades vegetales del Rancho "El Duranguense", en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- ARITA HT (2004) Escalas y la diversidad de mamíferos de México (Proyecto P-075). Informe Técnico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. 40 pp.
- ARITA HT & F FIGUEROA (1999) Geographic patterns of body-mass diversity in mexican mammals. *Oikos* 85: 310-319.
- ATMAR W & BD PATTERSON (1993) La medida de orden y de desorden en la distribución de la especie en hábitat hecho fragmentos. *Oecología* 96: 373-382.
- BEGON MJ, L HARPER & CR TOWNSEND (1990) *Ecology: Individuals, populations and communities*. Second edition. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, United Kingdom. 1147 pp.
- BROOKS DR & DA MCLENNAN (1993) Historical ecology: Examining phylogenetic components of community evolution. En: Ricklefs RE & D Schluter (eds) *Species diversity in ecological communities*: 267-280. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- BROWN JH (2001) Mammals on mountainsides: Elevation patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography* 10: 101-109.
- BROWN JH & PF NICOLETTO (1991) Spatial scaling of species composition-body masses of North-American land mammals. *The American Naturalist* 138: 1478-1512.
- CANHAM CD, JS DENSLAW, WJ PLATT, JR RUKLE, TA SPIES et al. (1990) Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forest. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 620-631.
- CAREY AB & ML JOHNSON (1995) Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forest. *Ecological Applications* 5: 336-352.
- CAREY AB, BR LIPPKE & J SESSIONS (1999) International ecosystem management: Managed and unmanaged forest. *Wildlife Monographs* 142: 1-71.
- CASTRO-ARELLANO I (2005) Ecological patterns of the small mammal communities at El Cielo Biosphere Reserve, Tamaulipas, Mexico. Ph. Dissertation of Philosophy Texas A&M University, Texas. 137 pp.
- CEBALLOS G (1989) Population and community ecology of small mammals from tropical deciduous and arroyo forest in western Mexico. Ph. D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, Arizona. 158 pp.
- CEBALLOS G & G OLIVA (eds) (2005) Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Fondo de Cultura Económica, Distrito Federal, México. 988 pp.
- CEBALLOS G & D NAVARRO (1991) Diversity and Conservation of Mexican mammals. En: Mares MA & DJ Schmidly (eds) *Latin American Mammalogy: History, diversity and conservation*: 167-198. University of Oklahoma Press, Norman, USA.
- CEBALLOS G & P RODRÍGUEZ (1993) Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II Patrones de endemidad. En: Medellín RA & G Ceballos (eds) *Avances en el Estudio de los mamíferos de México*: 377-413. Asociación Mexicana de Mastozoología, AC. Publicación Especial No. 1, Distrito Federal, México.
- CEBALLOS G, J ARROYO-CABRALES & R MEDELLÍN (2002) Mamíferos de México. En: Ceballos G & JA Simonetti (eds) *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*: 377-413. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- CUAUTLE LM (2007) Diversidad de roedores en la Reserva de la Biosfera La Michilía en relación con la heterogeneidad ambiental a nivel macrohábitat y microhábitat. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. 85 pp.
- CHALLENGER A (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Sierra Madre, A.C., Distrito Federal, México. 847 pp.
- CRAMER MJ & MR WILLIG (2002) Habitat heterogeneity, habitat associations, and rodent species diversity in a sand-shinnery-oak landscape. *Journal of Mammalogy* 83: 743-753.
- DIAMOND JM (1975) Assembly of species communities. En: Cody ML & JM Diamond (eds) *Ecology and evolution of communities*: 342-444. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA I (1978) Distribution of Cenozoic vertebrate fauna in Middle America and problems of migration between North and South America. En: Ferrusquía-Villafranca I (ed) *Conexiones Terrestres entre Norte y Sudamérica*: 193-321. Boletín de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.
- FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA I (1998) Geología de México: una sinopsis. En: Ramamoorthy TP, R Bye, A Lot & J Fa (eds) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*: 3-108. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- FA JE & LM MORALES (1998) Patrones de diversidad de

- mamíferos de México. En: Ramamoothy TP, R Bye, A Lot & J Fa (eds) Diversidad biológica de México: orígenes y distribución: 199-226. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- FLEMING TH (1975) The role of small mammals in tropical ecosystems. En: Golley FB, K Petrusewicz & L Ryskowski (eds) Small mammals: Their productivity and population dynamics: 267-299. Cambridge University Press, Massachusetts, USA.
- FOX BJ (1987) Species assembly and the evolution of community structure. *Evolutionary Ecology* 1: 201-213.
- GALINDO C (1991) Effects of habitat and food on demographic classes and population dynamics of a habitat specialist, the rock mouse. Ph. D. Dissertation. The University of British Columbia, British Columbia, Canada. 137 pp.
- GALINDO C & CJ KREBS (1997) Habitat structure and demographic variability of a habitat specialist: The rock mouse (*Peromyscus difficilis*). *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 72-89.
- GARCÍA E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 246 pp.
- GARZA HA, EE ARAGÓN, E RIVERA, GD DE LEÓN, CP SÁNCHEZ et al. (2005) Biodiversidad del rancho "El Duranguense", Canatlán, Durango. Informe Técnico (III-10-CABSA-0341), Programa para el Desarrollo Forestal 2004, Comisión Nacional Forestal-Gobierno del Estado de Durango-Instituto de Ecología, AC. Durango, Durango, México. 88 pp.
- GONZÁLEZ ES (1983) La vegetación de Durango. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango. Cuadernos de Investigación Tecnológica 1: 1-114.
- GONZÁLEZ S, M GONZÁLEZ & A CORTÉS (1993) Vegetación de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 22: 1-104.
- GONZÁLEZ S, M GONZÁLEZ & MA MÁRQUEZ-LINARES (2007) Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés Editores-Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 219 pp.
- GONZÁLEZ A, L HERNÁNDEZ, J LAUNDRÉ, E. ARAGÓN & J LÓPEZ-PORTILLO (2005) Monitoreo de dos comunidades de roedores. En: Sánchez V & R Medellín (eds) Contribución Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa: 15-26. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO, México.
- GOTELLI NJ & GR GRAVES (1996). Null models in ecology. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 368 pp.
- GOTELLI NJ & GL ENTSMINGER (2004). EcoSim: Null models software for ecology. (V. 7.0). Acquired Intelligence and Keesey-Bear. Jericho, Vermont, USA. URL:<http://gargentsminger.com/ecosim.htm> (accedido Marzo 30, 2009).
- GUERRERO S, J TÉLLEZ & R AMPARAN (1995). Los mamíferos de Jalisco: análisis zoogeográfico. *Biotam* 6: 1-15.
- HALL ER (1981) The mammals of North America. Second edition. John Wiley & Sons, New York, USA. 1181 pp.
- HAMMER O, DA HARPER & PD RYAN (2005) PAST-Paleontological Statistics. Ver. 1.3. 66 pp.
- HEANEY LR (2001) Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: An assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology & Biogeography* 10: 15-39.
- HERNÁNDEZ A (1996) Los pequeños mamíferos como indicadores de diversidad ambiental en la Reserva de la Biosfera La Michilía, México. Informe Técnico Final. Comité MAB/UNESCO. México, Distrito Federal.
- HERNÁNDEZ L, A GONZÁLEZ, JW LAUNDRÉ, D LIGHTFOOT, EE ARAGÓN et al. (2005). Changes in rodent community structure in the Chihuahuan Desert México: Comparisons between two habitats. *Journal of Arid Environments* 60: 239-257.
- HUTCHINSON GE (1959). Homage to Santa Rosalía; or, why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist* 93: 145-159.
- ÍNIGUEZ L & E SANTANA (2005) Análisis mastofaunístico del Estado de Jalisco. En: Sánchez V & R Medellín (eds) Contribución mastozoológicas en homenaje a B Villa: 253-268. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- KOTLER BP & JS BROWN (1988) Environmental heterogeneity and the coexistence of desert rodents. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 281-307.
- KREBS JC (1966) Demographic changes in fluctuating population of *Microtus californicus*. *Ecological Monographs* 36: 239-273.
- KREBS JC (1999) Ecological methodology. Second Edition. University of British Columbia, Harper and Row, New York. 620 pp.
- LERTZMAN KP, GD SUTHERLAND, A INSELBERG & SC SAUNDERS (1996) Canopy gaps and the landscape mosaic in a coastal temperate rain forest. *Ecology* 77: 1254-1270.
- LOMOLINO MV (1999) A species based, hierarchical model of island biogeography. En: Weiher EA & PA Keddy (eds) Ecological assembly rules. Perspectives, advances, retreats: 272-310. Cambridge University Press, Cambridge.
- MAGURRAN AE (1988) Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, USA. 179 pp.
- MCCAIN CHM (2004) Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* 86: 366-372.
- MEDELLÍN RA (1992) Community ecology and conservation of mammals in Mayan tropical rainforest and abandoned agricultural fields. Ph. D. Dissertation. University of Florida, Gainesville. 332 pp.
- MENA JL (2004) Diversidad y distribución de mamíferos pequeños no voladores en un gradiente altitudinal en la vertiente del pacífico de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 84 pp.
- MORRIS DW (1999) A haunting legacy from isoclines: Mammal coexistence and the ghost of competition. *Journal of Mammalogy* 80: 375-384.
- MUÑIZ MR (1988) Estudio ecológico de roedores colectados en el sureste del Estado de Durango. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México. 76 pp.
- NOR SMD (2001) Elevational diversity patterns of small mammals on Mount Kinabalu, Malaysia. *Global Ecology and Biogeography* 10: 41-62

- PATTERSON BD & JH BROWN (1991) Regionally nested patterns of species composition in granivorous rodent assemblages. *Journal of Biogeography* 18: 395-402.
- PATTERSON BD, DF STOTZ, S SOLARI, JW FITZPATRICK & V PACHECO (1998) Contrasting patterns of elevational zonation for birds and mammals in the Andes of Southeastern Peru. *Journal of Biogeography* 25: 593-607.
- PATTERSON BD, G CEBALLOS, W SECHREST, MF TOGNETTI, T BROOKS et al. (2005) Digital distribution maps of the mammals of the western hemisphere, version 2.0. Nature Serve, Arlington, Virginia, USA.
- PIELOU EC (1974) *Population and community ecology: Principles and methods*. Gordon and Breach Science Publ., New York, USA. 424 pp.
- RICKART ER (2001) Elevational diversity gradients, biogeography, and the structure of montane mammal communities in the intermountain region of North America. *Global Ecology and Biogeography* 10: 77-100.
- RICKLEFS RE & D SCHLUTER (1993) Species diversity: Regional and historical influences. En: Ricklefs RE & D Schluter (eds) *Species diversity in ecological communities: Historical and geographical perspectives*: 350-363. University of Chicago Press., Illinois, USA.
- ROMERO ML, C SÁNCHEZ, C GARCÍA & RD OWEN (2000) *Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de capturas, preparación, preservación y estudio*. Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF. 151 pp.
- SÁNCHEZ-CORDERO V (2001) Elevational gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, México. *Global Ecology and Biogeography* 10: 63-76.
- SÁNCHEZ C, C GARCÍA & ML ROMERO (2005) Distribución y diversidad de los roedores del Estado de Michoacán y su asociación con las Regiones Fisiográficas. En: Sánchez V & R Medellín (eds) *Contribución Mastozoológicas en Homenaje a B Villa*: 451-460. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO, México.
- SÁNCHEZ C, ML ROMERO, H COLÍN & C GARCÍA (2001) Mamíferos de cuatro áreas con diferente grado de alteración en el sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana, Nueva Serie* 84: 35-48.
- SEMARNAT (2001) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección de especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo. Distrito Federal, México.
- SOSA V, M ARANDA, A HERNÁNDEZ, E ARAGÓN & J SERVÍN (1995) *Inventario de los mamíferos de las Reservas Calakmul, El Cielo, Mapimí y La Michilía. Informe Técnico*. Instituto de Ecología, A.C.- CONABIO. Distrito Federal, México. 56 pp.
- STALLINGS JR (1988) *Small mammals communities in an eastern Brazilian park*. Ph. D. Dissertation. University of Florida, Gainesville, FL. 194 pp.
- STEPHEN FC, C SÁNCHEZ, MK SHUMP, RW TESCA & GRH 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: 101-124.
- STONE L & A ROBERTS (1990) The checkerboard score and species distributions. *Oecologia* 85: 74-79.
- STONE L, T DAYAN & D SIMBERLOFF (2000) On desert rodents, favored status and unresolved issues: Scaling up and down regional assemblages and local communities. *The American Naturalist* 156: 322-328.
- TAYLOR DL (1972) Some ecological implications of forest fire control in Yellowstone Park. *Ecology* 54: 1394-1396.
- TILMAN D (1999) The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology* 80: 1455-1474.
- TORRES A, C ESQUIVEL & G CEBALLOS (1995) *Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México*. Revista Mexicana de Mastozología 1: 22-43.
- VILLA B & F CERVANTES (2003) *Los mamíferos de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Grupo Editorial Iberoamérica, Distrito Federal, México. 140 pp.
- YAHNER RH (1992) Dynamics of a small mammal community in a fragmented forest. *American Midland Naturalist* 127: 381-391.
- ZAR JH (1996) *Biostatistical analysis*. Third edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 662 pp.

Editor Asociado: Juan Carlos Torres-Mura

Recibido el 31 de marzo de 2008; aceptado el 19 de junio de 2009

4. CAPÍTULO II

Artículo científico

ARAGÓN, E., A. GARZA, S. GONZÁLEZ-ELIZONDO E ISOLDA LUNA-VEGA. 2010. Estructura y composición de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:771-787.



Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México

Structure and composition of the vegetation communities of El Duranguense Ranch, in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico

Elizabeth E. Aragón-Piña^{1*}, Alfredo Garza-Herrera¹, M. Socorro González-Elizondo² e Isolda Luna-Vega³

¹Centro de Ecología Regional, A.C. Elvía Durango 309 A, Col. Valle del Sur Durango 34120 Durango, México

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIDIIRI-PN) Durango, Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango 34220, Durango, México

³Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado postal 70-399, Coyoacán 04510 México, D.F., México

*Correspondencia: eeapiz@hotmail.com

Resumen. Se analizó la estructura y la composición florística de un bosque templado de la Sierra Madre Occidental (SMO) en el estado de Durango. El área de estudio se ubica en el rancho El Duranguense, cuya vegetación es representativa de la vertiente oriental de la SMO. El muestreo fue al azar, en puntos establecidos en 3 tipos de vegetación dominantes: bosque de encino-pino, bosque de pino-encino y pastizal. Las características estructurales de la vegetación indican que los sitios de muestreo presentan gran heterogeneidad, encontrándose hasta 26 especies en los pastizales, 31 en los bosques de encino-pino y 22 en los de pino-encino, siendo éste el estrato que presentó mayor número de especies (76 %). Los árboles tienen mediana estatura, con densidades similares a otras localidades de la sierra. Los bosques de encino-pino presentaron los valores más altos de diversidad. En los sitios censados habitan 12 especies de plantas endémicas de México, 6 de las cuales lo son para la SMO. *Psacalum cronquistiorum* B.L. Turner (Asteraceae) se localiza únicamente en Durango y 7 especies están incluidas en la Lista roja de la IUCN. Aunque no hay referencias de incendios en los bosques del área, la amplia distribución de matorrales de *Q. striatula* sugiere que éstos pueden haber ocurrido en el pasado reciente.

Palabras clave: bosque de encino, bosque de pino, pastizal, cuadrantes centrados en un punto.

Abstract. Structure and floristic composition of a temperate forest of the Sierra Madre Occidental (SMO), in the state of Durango, Mexico, were analyzed in order to characterize the different plant strata. The study area is located at El Duranguense Ranch, with vegetation representative of the eastern slopes of the SMO. The area includes 3 dominant vegetation types: oak-pine forest, pine-oak forest and grassland. Floristic composition corresponds to semidry temperate forests and in smaller proportion to humid temperate forests of northern Mexico. Structural characteristics indicate that the sites present great heterogeneity, 26 species of grasslands, 31 in the oak-pine and 22 in the pine-oak, with the stratum under which presented more species 76. The trees are medium sized and the densities are similar to other sites of this mountain range. Oak-pine forests have the highest values of diversity and were similar to those registered in other areas of the SMO. There are 12 species endemic to Mexico, from which 6 are endemic to the SMO, and *Psacalum cronquistiorum* B.L. Turner (Asteraceae) is endemic of Durango. Seven species are included in the Red list of the IUCN. Grasslands have high floristic richness, combining species typical of the grasslands of lower elevations with species of temperate forests. Although there is no reference to fires in the forests of the area, the wide distribution of *Quercus striatula* scrub may indicate disturbance attributed to fires in the recent past.

Key words: oak-pine forest, pine-oak forest, grassland, point center quarter method.

Introducción

Los bosques templados constituyen grandes reservorios de la diversidad biológica de México

Recibido: 12 mayo 2009; aceptado: 06 febrero 2010

(Mittermeier y Mittermeier, 1992). En particular, la Sierra Madre Occidental (SMO), ubicada en la región florística Mesoamericana de Montaña (Rzedowski, 1978), es una provincia florística y fisiográfica que representa el 30% del territorio de México y está considerada un importante centro de diversificación de especies de pinos y encinos, ya que en general los bosques templados de este país

contienen más del 50% de las especies de pino y el 33% de las especies de encinos del mundo (Rzedowski, 1978; González y González, 1995; Styles, 1998; Challenger, 1998; Valencia-Ávalos, 2004). En particular, los bosques de pino-encino resguardan una gran riqueza de especies de plantas, resultado de las especies del sotobosque y un alto grado de endemismo (Rzedowski, 1978; Bye, 1995; Sánchez et al., 2003).

La importancia de la SMO no sólo estriba en su alta diversidad sino también porque las especies de pinos y encinos son los árboles más representativos y de mayor interés económico en los ecosistemas de México y del mundo (Sánchez et al., 2003). Dentro de esta provincia se ubica el estado de Durango (71.5% de su superficie) que está considerado como la más importante reserva nacional forestal, generando entre el 25 y 30% de la producción maderable, con un total de 1.78 millones de m³ de madera en rollo anuales (SEMARNAT, 2009). Por otra parte, estos bosques son una fuente importante de servicios ambientales.

La SMO es una provincia de gran interés ecológico por su alta heterogeneidad ambiental, debido a que presenta una gran diversidad fisiográfica y climática; en ella existen ambientes fríos en las cimas, condiciones húmedas en las regiones occidentales y sudoccidentales y semisecas en las partes norte y noroeste (Challenger, 1998). La inclinación y la orientación de las laderas, el tipo y profundidad del suelo y la compleja historia geotectónica del área han permitido que se desarrollen distintas comunidades bióticas que producen un intrincado mosaico de vegetación dentro de áreas relativamente cercanas o pequeñas con gran variación altitudinal, por lo que se ha sugerido que podría existir un gran número de especies endémicas de plantas y animales (Challenger, 1998).

No obstante, son pocos los estudios taxonómico-ecológicos de las especies de plantas que componen los bosques templados de la SMO. Martínez (1945) describió los pinos de la sierra de Durango; Maysilles (1959), Gordon (1968), Passini (1985), Madrigal (1977), González et al. (1991, 1993), Márquez y González (1998) y González et al. (2007) analizaron la distribución de algunos pinos, la estructura y composición florística de la vegetación, así como su correlación con algunas variables físicas; los pastizales fueron estudiados por Gentry (1957) y Herrera (2001).

Sin embargo, debido a la compleja superficie y heterogeneidad de la vegetación de este macizo montañoso, se requiere la inclusión de otros sitios, en especial los que son zonas de transición de la vegetación (ecotonos), donde se entremezclan elementos del bosque templado y de zonas semiáridas.

Este trabajo tiene como objetivos caracterizar la

composición florística, detectar las especies importantes para la conservación y/o protección, así como determinar la distribución y la estructura de la vegetación de un bosque templado localizado en la Sierra Madre Occidental (SMO), en el estado de Durango.

Materiales y métodos

Área de estudio. El Rancho El Duranguense se ubica en el estado de Durango, en el municipio de Canatlán, a 54 km en línea recta de la capital del estado (24° 27'31" N y 104° 55'55" O; Fig. 1, Cuadro 1). La altitud promedio es de 2 500 m (2 400 a 2 820 m, Garza et al., 2005) y para el área muestreada entre 2 456 y 2 554 m. El predio es una propiedad privada que consta de 10 378 ha. De acuerdo con la clasificación de Köppen adaptada para México, el clima es C(b)(w_s), semifrío con lluvias en verano y precipitaciones invernales entre el 5 y el 10.2% del total anual; la precipitación media anual varía de 800 a 1 000 mm. La temperatura media anual fluctuó entre 3.5° y 21.5°C, y la precipitación media anual fue de 505 mm, monitoreada durante el estudio (2005 a 2006) con sensores *datalogger*.

El Duranguense se ubica en la provincia fisiográfica y florística Sierra Madre Occidental (Rzedowski, 1978; González et al., 2007) y forma parte de la región hidrológica prioritaria 40 Río Nazas (Arriaga et al., 2000, 2002). La fisiografía del predio está conformada principalmente por lomeríos con pendientes complejas que oscilan entre el 25% y el 35%, así como mesetas altas con pendientes uniformes de 0 a 10% (terrenos ondulados) y en menor proporción se encuentran áreas con pendientes pronunciadas, alcanzando un 45% de las consideradas como escarpadas y que representan un 10% de la superficie del predio.

Los suelos son regosoles eútricos, feozems háplicos y litosoles, todos de textura mediana, según el sistema de clasificación de la FAO-UNESCO (1974), adaptada para México por DETENAL (1972). Estos suelos son de color negro o grisáceo con un alto contenido de materia orgánica, de buena fertilidad y moderadamente ácidos. Las rocas son ígneas extrusivas ácidas, principalmente de basalto y toba riolítica, además de depósitos aluviales y coluviales. Los tipos de vegetación dominantes son los bosques de encino-pino y de pino-encino en las partes más altas, correspondiendo a los tipos de bosques existentes en la vertiente interior de la SMO de Durango (Garza et al., 2005). No existen registros de incendios forestales recientes en la zona; el último que se presentó dentro del predio fue en 1965, mientras que en predios aledaños hubo

Rancho El Duranguero, Canatlán, Durango.

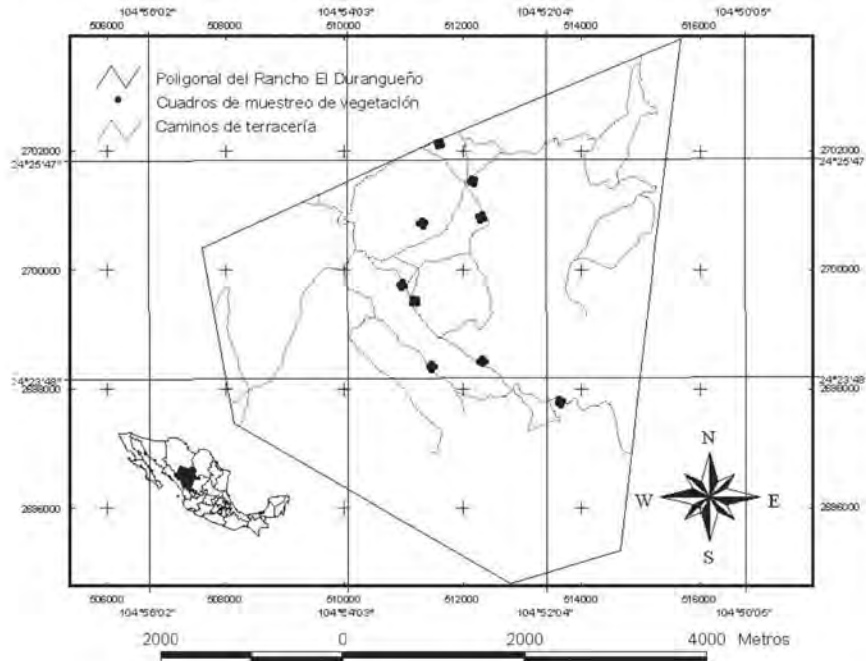


Figura 1. Ubicación del rancho El Duranguero, municipio de Canatlán, Durango; se indica la distribución de las parcelas de muestreo de la vegetación.

Cuadro 1. Ubicación y características geográficas de los sitios de muestreo en el rancho El Duranguero, municipio de Canatlán, Durango

Sitio	Coordenadas geográficas		Altitud (m smn)	Pendiente (grados)	Orientación (grados N)
PAS 1	104°53'18"O	24°25'18.228"N	2 456	0.74	60.95
PAS 2	104°52'48"O	24°25'41.195"N	2 487	9.12	245.63
PAS 3	104°52'43"O	24°25'21.539"N	2 450	4.43	159.23
BQP 1	104°53'23"O	24°24'36.000"N	2 515	2.35	322.43
BQP 2	104°52'42"O	24°24'02.988"N	2 554	0.68	341.57
BQP 3	104°53'13"O	24°26'02.472"N	2 486	3.89	159.57
BPQ 1	104°53'30"O	24°24'44.640"N	2 496	4.85	312.61
BPQ 2	104°51'56"O	24°23'40.740"N	2 513	3.68	150.95
BPQ 3	104°52'57"O	24°23'18.096"N	2 501	6.07	89.33

PAS, pastizal; BQP, bosque de encino-pino; BPQ, bosque de pino-encino.

un incendio de gran magnitud en 1997 (M.A. Osío, com. pers.).

Muestreo de campo. Se establecieron áreas generales de muestreo con base en fotografías aéreas a escala 1:20 000, considerando los rodales determinados en el plan de manejo forestal vigente (Asesoría y Servicios en Forestería, 2001). Se realizaron recorridos en campo en esas áreas y con base en la composición florística y las plantas dominantes se seleccionaron los sitios de muestreo. Se generó un mapa de localizaciones utilizando un sistema de información geográfica (ESRI, 1999) a partir de cartografía temática, un modelo digital de terreno (INEGI, 2000) y verificaciones en campo (Fig. 1). Las áreas de muestreo se describieron de acuerdo con algunas características físicas (altitud, pendiente y orientación) obtenidas a partir del modelo digital de terreno (INEGI, 2000), escala 1:250 000, con celdillas de 100 × 100 m calculadas a partir de algoritmos utilizados en ARCVIEW Ver 3.2. mediante la proyección UTM zona 13 norte y el uso de un GPS.

Los sitios seleccionados correspondieron a 3 áreas de bosque de encino-pino, 3 de pino-encino y 3 de pastizal. Cada sitio fue de 0.49 ha (70 × 70 m) con separaciones de 0.73 a 3.87 km, para lo cual se consideró la ubicación de rodales (parches homogéneos estructuralmente) y la definición de unidades fisonómico-florísticas de la vegetación. Los puntos de muestreo se preseleccionaron al azar a partir de los 49 sitios de cada parcela (separados 10 × 10 m) y el número de puntos se determinó mediante la curva de acumulación de especies (Brower y Zar, 1989). En el Cuadro 1 se muestran algunas características físicas de los sitios; los intervalos de altitud variaron de 2 450 a 2 554 m snm, la pendiente de 0.68 a 9.12° y la orientación de las laderas con respecto al norte fue de 60.95 a 341.57° (Cuadro 1). La información de campo se caracterizó de acuerdo con 3 estratos florísticos (Brower y Zar, 1989; Krebs, 1989): alto (árboles con altura mayor de 3 m), medio (plantas leñosas inferiores, árboles y arbustos menores de 3 m) y bajo (hierbas, pastos y arbustos pequeños no leñosos).

Para los estratos alto y medio se utilizó la técnica de cuadrantes centrados en un punto (Mueller Dombois y Ellenberg, 1974; Brower y Zar, 1989; Krebs, 1989). Es una modificación al método del vecino más cercano y uno de los métodos de distancia que con más frecuencia se emplean para muestrear comunidades vegetales, en particular bosques, ya que proporciona una estimación práctica y útil de la estructura. Se usa para estimar frecuencia, densidad y área basal de las especies a partir de la distancia media de 4 individuos cercanos a un punto central. No requiere la delimitación de áreas, siendo menos costoso en términos de tiempo y dificultad cuando se desean calcular densidades arbóreas en zonas de topografía accidentada, es útil, a su vez, para comunidades donde las plantas se encuentran

relativamente espaciadas, como es el caso en este estudio.

Las medidas consideradas fueron distancia entre el punto central y las plantas más cercanas de acuerdo con el diseño de muestreo, altura y cobertura de las mismas. Las especies de hierbas y pastos se cuantificaron en cuadrantes de 1 m², 10 en cada sitio de monitoreo, seleccionados al azar de las 9 áreas.

Se identificaron las plantas en los diferentes estratos, considerando fecha, localidad, sitio, punto de muestreo, especie, distancia, cobertura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. Se elaboró un pequeño manual de referencia con material fotográfico mediante observaciones y colectas de plantas en sitios aledaños a los del muestreo. El material recolectado se herborizó e identificó por taxónomos expertos del herbario CIIDIR (Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Durango) del Instituto Politécnico Nacional.

Las especies se clasificaron por familias y de acuerdo con su endemismo y situación de riesgo (SEMARNAT, 2002; IUCN, 2007) y se destacaron las indicadoras de perturbación. La distribución de las especies se obtuvo a partir de su presencia o ausencia en cada uno de los sitios, considerando los 3 estratos.

Análisis de información. Se describieron las características de la vegetación de cada uno de los sitios, estimando la cobertura relativa y la frecuencia relativa, mediante fórmulas convencionales (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Brower y Zar, 1989; Krebs, 1989; Mitchell, 2007). Se midió el DAP y la altura de los diferentes estratos. Se estimó la densidad (absoluta y relativa) por especie utilizando la fórmula propuesta por Mitchell (2007), para reducir la desviación que ocurre cuando se usa la fórmula de Cottam y Curtis (1956) y los intervalos de confianza.

La riqueza de especies se calculó por medio del conteo de las especies de plantas registradas y la diversidad, mediante el recíproco del índice de Simpson ($D = [\sum (n_i/N)^2]^{-1}$), donde n_i = abundancia de la especie i , N = número total de individuos de todas las especies), la equidad (1/D) y la dominancia (1-D, intervalo de 0 a 1) (Magurran, 1988, 2004; McAleece, 1997; Hammer et al., 2005). Para detectar las diferencias significativas en los parámetros entre los sitios se emplearon pruebas de ANOVA de 1 vía (Hammer et al., 2005). Se realizó un análisis de agrupamiento entre los sitios de muestreo de acuerdo con el valor de importancia de las especies de árboles y arbustos leñosos, empleando la medida de similitud de Bray Curtis y el método de agrupación de un solo enlace (linaje simple) o del vecino más cercano (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Biodiversity Pro ver. 2.0 McAleece, 1997; Past ver. 1.3 Hammer et al., 2005).

Resultados

Se registraron 74 especies de plantas pertenecientes a 21 familias, predominando Asteraceae, Fagaceae, Pinaceae y Poaceae (Apéndice 1). Los pastizales se ubicaron en mesetas amplias o con lomeríos suaves en la zona norte del área de estudio (10%), entre los 2 496 y 2 520 m snm, en los que se registraron 19 especies de pastos. En estos sitios se observaron pocos árboles, pero el encinillo (*Quercus striatula*) y un pino (*Pinus chihuahuana*) fueron los componentes dominantes en abundancia; otros encinos fueron escasos (PAS 1 y 3) y sólo en un pastizal se presentaron 3 especies de pino (PAS 2). Los bosques de encino-pino son la vegetación dominante en el predio (64%), principalmente en las planicies o sitios con escasa pendiente adenañas a laderas poco pronunciadas que incluyen 7 especies de encinos, además de *P. chihuahuana* (Cuadro 2), donde uno de los sitios (BQP 2) se caracterizó por la mayor riqueza de plantas arbóreas (6 especies de encino y 3 de pino), con madroño (*Arbutus* spp.) y manzanita (*Arctostaphylos pungens*); los otros 2 (BQP 1 y BQP 2) tuvieron hasta 5 especies por sitio en el estrato alto (encinos y pinos) y matorrales de manzanita y de encinillo. Estos bosques se caracterizaron por presentar incidencia frecuente de vientos y escasa materia orgánica acumulada.

Los bosques de pino-encino cubren el 11.6% del área, con 3 especies de pinos con densidades medias a altas (*P. cembroides*, *P. cooperi* y *P. chihuahuana*, Cuadro 2), 1 especie de encino dominante por sitio en el estrato alto, y matorral de madroño, encinillo y manzanita en el estrato medio. También presentaron gran riqueza de pastos y diversas especies de herbáceas, que sólo se encontraron en estas áreas, pertenecientes a los géneros *Cheilanthes*, *Dalea*, *Eryngium*, *Indigofera*, *Iostephane*, *Mandevilla*, *Notholaena*, *Psacalium*, *Stevia* y *Tagetes*. Los encinos representativos fueron *Q. arizonica* y *Q. durifolia*.

Los sitios pueden describirse también por la presencia de las especies fisonómicamente dominantes o con altos valores de importancia (Apéndices 1 y 2). En los pastizales dominaron principalmente *P. chihuahuana*, con la adición de *P. engelmannii* en uno de los sitios; en su estrato medio todos los sitios presentaron *Q. striatula*. En los bosques de encino-pino hubo variabilidad de las especies importantes; en un sitio, los encinos *Q. arizonica* y *Q. durifolia*; en otro, se sumó un pino (*P. chihuahuana*) y en un tercer sitio estuvo repartida la importancia de 3 especies con valores similares (*Q. arizonica*, *Q. durifolia* y *Q. eduardii*). Los manzanillares (*Arctostaphylos pungens*) predominaron en el estrato medio en todos los lugares. Los pinares predominaron (Apéndice 2) en los estratos alto y medio; las especies importantes fueron distintas en cada uno de

los sitios (*P. chihuahuana* y *Q. striatula*; *P. cembroides* y *Arbutus arizonica*; *P. cooperi* y *Q. striatula*).

En los muestreos se encontraron 16 especies de árboles (21.6%), 5 de arbustos (6.8%) y 53 de hierbas y pastos (71.6%, Cuadro 3) y 6 endémicas de la SMO: *Iostephane madrensis*, *Muhlenbergia flaviseta*, *P. cooperi*, *Q. durifolia*, *Q. striatula*, y *Psacalium cronquistiorum*; esta última, endémica del estado de Durango. Asimismo, se registraron 12 especies endémicas de México: *Arbutus tessellata*, *Eryngium beecheyanum*, *Festuca toluensis*, *Karimia mexicana*, *Lonicera pilosa*, *Muhlenbergia pubescens*, *Perymenium mendezii*, *Psacalium sinuatum*, *Q. conzattii*, *Q. eduardii*, *Pinus leiophylla* y *Roldana sessilifolia* (Turner y Nesom, 1998; Herrera, 2001).

En la *Lista roja* de la IUCN (2010) están incluidas 7 especies en la categoría de bajo riesgo, porque no existen datos suficientes sobre su abundancia y por su distribución restringida (sólo se encuentran en las altas montañas): *Q. depressipes*, *Q. conzattii*, *P. cembroides*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *A. xalapensis* y *Juniperus deppeana*. Por otra parte, se registraron 2 especies indicadoras de perturbación (*Arbutus arizonica* y *Aristida schiedeana*) y 2 favorecidas por los incendios y/o constantes vientos (*Q. striatula* y *A. pungens*).

Las plantas con distribución amplia en cada uno de los estratos (mayor frecuencia y presencia en los sitios muestreados, Apéndice 1) fueron: *P. chihuahuana*, *Q. durifolia* y *Q. arizonica* en el estrato alto; *Q. striatula* y *Arctostaphylos pungens* en el medio y *Muhlenbergia dubia*, *M. rigida*, *M. flaviseta* y *Heteropogon contortus* (todas Poaceae), en el bajo, además de otras especies de hierbas, como *Chaptalia runcinata*, *Karimia mexicana*, *Laennecia* sp., *Perymenium* aff. *mendezii*, *Stevia* aff. *ovata* y *Viguiera* sp.

En el estrato alto se registraron 16 especies de árboles, generalmente bajos, de 3.8 a 6.9 m, con algunos individuos hasta de 12 m. Para esta forma de crecimiento el DAP presentó valores menores de 10 cm, tanto en un pastizal (PAS 3), como en un bosque de encino-pino (BQP 2) y en 2 bosques de pino-encino (BPQ 2 y BPQ 3), mientras que en el resto de los sitios los valores fluctuaron de 14 a 45 cm. Un bosque secundario de encino-pino presentó una alta densidad de árboles bajos (BQP 2), así como un bosque de pino-encino que presentó altas densidades de plantas (BPQ 2, Cuadro 4). El estrato medio se caracterizó por presentar 5 especies de plantas con alturas generalmente menores de 1 metro. La densidad de arbustos fue alta en 2 pastizales (17 202 ind/ha en el PAS 1 y 8 042 ind/ha en PAS 3) y en 2 bosques mixtos (4 229 ind/ha en BQP 1 y 12,559 ind/ha en BPQ 3, Cuadro 4). En el estrato bajo, el porcentaje de poáceas varió de 18.1 a 70%, las herbáceas desde 2.6 hasta 32.8% y los arbustos hasta 33.3%, con alturas bajas (17.5

Cuadro 2. Estructura de la comunidad de árboles y arbustos leñosos de los sitios de muestreo en el rancho El Duranguense, municipio de Canatlán, Durango. Los valores máximos se muestran en negritas

<i>Sitios</i>	<i>RE</i>	<i>1-D</i>	<i>D</i>	<i>1/D</i>
PAS 1	2	0.50	0.5	2
PAS 2	7	0.72	0.28	3.6
PAS 3	4	0.67	0.33	3
BQP 1	6	0.78	0.22	4.5
BQP 2	11	0.79	0.21	4.8
BQP 3	8	0.83	0.17	5.9
BPQ 1	7	0.72	0.28	3.6
BPQ 2	5	0.62	0.38	2.6
BPQ 3	7	0.74	0.27	3.8
F, gl = 8	2.57	3.76	3.76	7.9
P	0.16	0.09	0.09	0.02

PAS, pastizal; BQP, bosque de encino-pino y BPQ, bosque de pino-encino. *RE*, riqueza de especies; *D*, índice de Simpson; *1-D*, dominancia; *1/D*, equidad. F, prueba F obtenida a partir de los ANOVA de una vía; P, probabilidad, gl, grados de libertad.

Cuadro 3. Riqueza de especies en los diferentes sitios y por estrato en el rancho El Duranguense, municipio de Canatlán, Durango

	<i>Pastizal</i>			<i>Bosque de encino-pino</i>			<i>Bosque de pino-encino</i>			<i>Total (%)</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Estrato alto	1	5	3	4	8	4	4	4	5	16 (21.6)
Estrato medio	1	2	1	2	6	5	3	1	3	5 (6.8)
Estrato bajo	11	19	12	13	17	8	15	15	13	53 (71.6)
Total	13	26	16	19	31	17	22	20	21	74 (100)

Cuadro 4. Alturas y densidades absolutas del estrato alto y medio de cada uno de los sitios en el Rancho El Duranguense, municipio de Canatlán, Durango

Sitios	Estrato alto			Estrato medio		Estrato bajo			
	Altura	DAP	Densidad*	Altura	Densidad*	Poáceas	Hierbas	Arbustos	Altura
	(m)	(cm)	(árboles/ha)	(m)	(arbustos/ha)	(%)	(%)	(%)	(cm)
PAS 1	12.0 ± 0.	45.0	197 (182, 1692)	0.19 ± 0.0	17202 (10243, 28048)	35.0 ± 3.5	8.8 ± 3.7	32.5 ± 3.	28.8 ± 3.3
PAS 2	4.9 ± 1.5	14.0	178 (398, 1092)	0.34 ± 0.0	3215 (2119, 4789)	26.7 ± 2.3	32.8 ± 9.07	31.7 ± 9.6	42.5 ± 1.9
PAS 3	6.1 ± 0.9	0.2	151 (129, 420)	0.25 ± 0.0	8042 (4789, 13130)	42.5 ± 16.4	28.8 ± 12.0	26.3 ± 15.	28.1 ± 1.1
BQP 1	5.4 ± 0.6	16.4	319 (210, 475)	0.44 ± 0.1	1785 (1177, 2659)	46.7 ± 6.6	31.7 ± 6.84	16.7 ± 10.	20.0 ± 2.3
BQP 2	4.2 ± 0.6	0.2	933 (615, 1390)	1.17 ± 0.1	431 (284, 642)	70.0 ± 4.7	13.3 ± 3.85	0.0 ± 0.0	28.3 ± 3.0
BQP 3	6.9 ± 0.8	15.5	563 (371, 838)	0.96 ± 0.1	480 (317, 715)	20.8 ± 7.6	14.2 ± 5.58	0.0 ± 0.0	18.7 ± 3.4
BPQ 1	10.5 ± 1.2	19.4	310 (204, 462)	0.20 ± 0.0	4229 (2787, 6300)	30.8 ± 6.7	15.3 ± 3.51	33.3 ± 11.9	17.5 ± 1.6
BPQ 2	3.8 ± 0.2	0.1	1612 (1062, 2400)	0.03 ± 0.0	1211 (1385, 12878)	36.7 ± 13.7	15.0 ± 8.74	0.0 ± 0.0	36.9 ± 7.2
BPQ 3	9.4 ± 1.0	0.2	533 (351, 794)	0.46 ± 0.0	12559 (8277, 18709)	18.1 ± 3.8	2.6 ± 0.83	23.4 ± 6.5	20.0 ± 4.3

* Entre paréntesis, intervalos de confianza. PAS, pastizal; BQP, bosque de encino-pino y BPQ, bosque de pino-encino.

a 42.5 cm, Cuadro 4), presentando 53 especies, 19 de éstas pertenecientes a Poaceae (Anexo 1). La riqueza de especies, la diversidad y la dominancia de los estratos alto y medio fue similar entre los sitios (Cuadro 2), encontrándose hasta 11 especies con valores de dominancia de 0.5 a 0.83 y de 0.17 a 0.5 de diversidad; sólo se encontró diferencia significativa en la equidad de los bosques de encino-pino (intervalo de 4.5 a 5.9) con respecto a los sitios restantes ($F = 7.9$, $P = 0.02$, gl. 8, $Q = 5.33$, $P = 0.02$).

Finalmente, el análisis de agrupamiento de los valores de importancia de las especies de plantas se consideró al 50%. Este porcentaje se seleccionó de acuerdo con los mayores valores de similitud que los pastizales presentaron entre ellos y con lo que se observó en campo. El análisis mostró la formación de 6 grupos (Fig. 2), quedando en uno de estos los pastizales, 2 bosques de encino-pino en

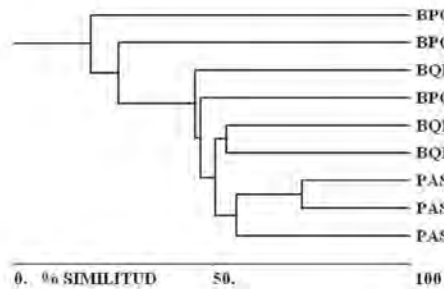


Figura 2. Dendrograma derivado del análisis de agrupamientos de los datos de valor de importancia de especies de los estratos alto y medio, utilizando la medida de similitud de Bray-Curtis y el algoritmo de linaje simple.

otro (BQP1 y BQP 3), y los sitios restantes independientes entre sí.

Discusión

El Rancho El Duranguense presenta mosaicos de vegetación en áreas cercanas, generalmente menores de 1 hectárea y gran variabilidad en cuanto a la exposición de las laderas, características comunes en la Sierra Madre Occidental (Cuadro 1, Challenger, 1998), no obstante que los intervalos de altitud y pendiente fueron reducidos.

En cuanto a la flora, se encontraron especies que ya habían sido registradas en algunos sitios de la SMO en Durango y coinciden las familias dominantes (González et al., 1993, 2007; Márquez y González, 1998). Sin embargo,

hubo diferencias en cuanto a las especies dominantes en estos sitios con respecto a los antes mencionados, que corresponden a especies de bosques templados más secos (*Q. arizonica*, *Q. durifolia*, *Q. striatula*, *P. chihuahuana*, entre otras), más afines a las zonas de transición de la vegetación de la SMO.

Los sitios muestreados fueron representativos de la vegetación dominante del rancho, permitiendo clasificarlos como bosques de encino-pino, bosques de pino-encino y pastizales naturales. En 2 de los sitios estudiados (BPQ1 y BPQ3) se presentan comunidades típicas del macizo montañoso de la SMO, mientras que todos los restantes corresponden, por su estructura y composición, a bosque bajo abierto (González et al., 2007), que muestran buen estado de conservación, donde se registraron varias especies endémicas de esta cordillera, del estado de Durango y de México (Rzedowski, 1978, 1998), representativas tanto de los bosques templados semisecos como de los templados húmedos, donde destaca *P. cooperi*. Algunas especies de pinos y de encinos están incluidas en la *Lista roja* de la IUCN y se consideran vulnerables (*P. cembroides*, *P. engelmannii*, *Q. depressipes* y *Q. conzattii*), ya que su distribución se restringe a los bosques de la SMO en México y al sur de los Estados Unidos de América (Rzedowski, 1991; Styles, 1998; NatureServe, 2007).

Se registraron escasas especies indicadoras de perturbaciones humanas, cuya presencia generalmente se asoció con la vegetación secundaria. Estas especies llegan a ser de gran importancia ecológica en estos bosques, como es el caso de *Q. striatula* y *Arctostaphylos pungens*, entre otras, cuyos frutos son el alimento preferido de muchas especies de fauna silvestre (Martínez, 1996; Morales et al., 1997; Garza et al., 1998; Garza, 2005). La presencia de madroños (*Arbutus* spp.) es un indicador de sitios abiertos y expuestos a insolación. El encinillo se presenta como dominante en algunos sitios, ya que su hábito rizomatoso lo hace resistente al fuego y a otras perturbaciones (González et al., 1993). Los suelos donde se presentaron fueron someros, algo pedregosos y con escaso afloramiento de roca madre.

Las especies dominantes y de amplia distribución correspondieron más a bosques de la vertiente oriental de la Sierra Madre y a los bosques secos expuestos a vientos en la zona de transición o ecotonal de chaparrales propios del altiplano o de valles entre la SMO. No obstante, en algunos sitios se detectaron especies arbóreas asociadas a cierto grado de humedad, como *Q. candicans* (Rzedowski, 1978). Las hierbas correspondieron tanto a los bosques templados secos como a bosques semihúmedos; se encontraron especies indicadoras de zonas inundables como *Karinya mexicana*. La mayor parte de las especies de pastos presentes fueron típicas de los pastizales naturales

en ecotonía con bosques abiertos, mientras que unas pocas (e.g. *Muhlenbergia emersleyi*, *M. flaviseta* o *M. pubescens*) corresponden a elementos de claros en bosques templados.

Las características estructurales indicaron buenas coberturas, presencia de árboles no muy altos y diámetros (DAP) variables, pero con densidades similares a otros sitios de la SMO (González et al., 1993). Posiblemente el tamaño medio del arbolado está relacionado con la existencia de suelos someros en la zona, de aproximadamente 30 cm de profundidad, lo cual no permite el desarrollo de árboles de gran tamaño (M.A. Osio, com. pers.). La existencia de encinares de tamaño mediano (*Q. durifolia*) y bajo corresponde con lo que registra Maysilles (1959). Están incluidos dentro de una franja estrecha que constituye la zona de transición entre el pastizal y el bosque.

El sotobosque es rico en especies de hierbas y pastos, principalmente de las familias Asteraceae y Poaceae y corresponde con lo registrado para algunos bosques de zonas templadas de México, con representantes de los géneros *Eryngium*, *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Penstemon*, *Salvia*, *Senecio*, *Stevia*, *Stipa* y *Tagetes* (Rzedowski, 1998; Ramamoorthy y Elliott, 1998; Challenger, 1998). Por lo anterior, la heterogeneidad de los sitios permite la presencia de mosaicos de vegetación en distancias relativamente cercanas.

La presencia de matorral de encinillo, especie de amplia distribución en El Duranguense puede ser indicador de perturbaciones recientes de baja intensidad (Osio et al., 2007) derivadas de las actividades forestales, ya que en fechas cercanas se han realizado aprovechamientos forestales a baja escala (programa de manejo autorizado desde 2001), o bien, debidas a la sequía, pues se tienen registros de sequía severa entre 1982 y 2000, o probablemente a los incendios ocurridos dentro del predio en 1965 —hubo uno de gran magnitud en 1997 en zonas aledañas—, causas que pudieron afectar pero no dañar la estructura del suelo y favorecieron la presencia de este encino. Lo anterior se deduce a partir de la información que se tiene de la especie, como resistente al fuego y de su dominancia indicadora de disturbios (González et al., 1996). Además es sabido que este arbusto se establece después del aprovechamiento forestal, de incendios, o donde ha habido una perturbación ligera, pero no donde se ha destruido la estructura del suelo (Mancinas, 2002).

La composición de los pastizales corresponde a zacates amacollados, principalmente de los géneros *Muhlenbergia*, *Heteropogon* y *Aristida* que poseen diversidad media y presentan buenas coberturas, algunas de estas características se llegan a presentar en zonas de ecotono entre pastizal de los valles y bosques de encino, al pie de monte oriental de la sierra y en pequeñas sierras aisladas (González et al., 2007). Por lo tanto, la presencia

de algunos de esos componentes florísticos y de 1 o 2 especies de árboles en estos sitios indican su carácter transicional entre los pastizales propiamente dichos y los bosques templados.

El análisis de los valores de importancia de las especies de los estratos alto y medio mostró una tendencia hacia una baja similitud entre los sitios (menores de 50%, intervalo de 1.5 a 45.7%), exceptuando los 3 pastizales, en donde este grupo se separó de los lugares restantes, presentando similitudes de alrededor del 56 al 73% entre cada pastizal (Fig. 2). Se hizo evidente que 2 bosques de pino-encino se separaron con respecto a las demás áreas, por su distinta composición y los valores de importancia de las especies: una zona conservada muy arbolada con dominancia de *P. cembroides* y *Q. arizonica* (BPQ2) y otro bosque de pino-encino (BPQ3) dominado por árboles de *P. cooperi*. Los bosques de encino-pino presentaron similitudes entre sí, siendo uno de los sitios distinto en cuanto a mayor composición, riqueza y diversidad de especies y correspondiendo a un bosque que fue explotado forestalmente hace un par de décadas, ya que la vegetación actual de ese sitio es secundaria.

Los valores de diversidad fueron similares entre todos los tipos de vegetación (Cuadro 2) y la equidad fue mayor en los bosques mixtos de encino-pino que en los otros sitios, mientras que en ambos parámetros los valores fueron similares a lo registrado para otras áreas de la SMO. Por ejemplo, en los bosques de encino-pino y pino-encino de la Reserva de la Biosfera La Michilía ($D = 0.13$ a 0.56 y 0.26 a 0.35 , $1 - D = 0.4$ a 0.85 y 0.65 a 0.81 , respectivamente; González et al., 1993). Comparado con los encinares de los bosques templados de Santa Rosa, Guanajuato, se observó cierta similitud en cuanto a la riqueza total de especies (riqueza de especies de 17 a 29; Martínez-Cruz et al., 2009), sitio que se ha registrado con influencia de actividad humana, alta riqueza de especies de encinos y presencia de especies tolerantes a la incidencia de incendios, como lo son en este estudio la manzanita (Márquez et al., 1999) y el encinillo (Mancinas, 2002).

La presencia de diferentes comunidades vegetales a manera de mosaicos a corta distancia y su composición específica, probablemente son resultado de cambios históricos y ecológicos, donde se han mezclado especies tanto de la región neártica como de la neotropical, siendo éste un sitio importante para la diversificación y la existencia de endemismos.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del proyecto "Biodiversidad

del rancho El Duranguense, Canatlán, Durango”, financiado por la CONAFOR (Expediente III-10-CABSA-0341) y coordinado por Alfredo Garza Herrera (Centro de Ecología Regional, A.C.-CERAC). Se agradece al Instituto de Ecología, A.C. (INECOL-DGO), al Centro de Ecología Regional, A.C., al CIIDIR-IPN Durango, a la Facultad de Ciencias de la UNAM y al Posgrado en Ciencias Biológicas del Instituto de Biología de la UNAM, por otorgar las facilidades y/o el apoyo para desarrollar este estudio. En especial se agradece a la doctora Yolanda Herrera Arrieta del herbario CIIDIR; asimismo, a Alberto Arvizu, Sergio Gutiérrez, Miguel Osio, Alfredo Sánchez, Gerardo Daniel de León, Cynthia P. Sánchez y Francisco Sánchez, por su apoyo en las actividades de campo. Se agradece profundamente a los señores Rodrigo y Alonso Ayala Grimaud, propietarios del rancho El Duranguense y al señor Issac Rafael Velásquez, por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de este estudio y a los árbitros anónimos que revisaron y con sus sugerencias enriquecieron este manuscrito.

Literatura citada

- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 609 p. y mapa.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 327 p. y mapa.
- Asesoría y Servicios en Forestería. 2001. Programa de manejo forestal del predio privado “El Duranguense”, Mpio. Canatlán, Dgo. Informe técnico. Durango, Durango.
- McAleece, N. 1997. Biodiversity Professional Beta., ver 2.0. The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science, Oban.
- Brower, E. J., H. J. Zar y N. C. Von Ende 1989. Field and laboratory methods for general ecology, tercera edición. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa. 237 p.
- Bye, R. 1995. Prominence of the western Sierra Madre Occidental in the biological diversity of Mexico. *In* Biodiversity and management of the Madrean Archipelago, L. DeBano, G. Gottfried, L. Hamre, C. Edminister, P. Folliott y A. Ortega (eds.). USDA Forest Service General Technical Report. RM-GTR-264. p. 19-27.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Instituto de Biología, UNAM/Agrupación Sierra Madre, México, D.F. 847 p.
- Cottam, G. y J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37:451-460.
- DETENAL (Departamento de Estudios del Territorio Nacional) 1972. Modificaciones al Sistema de Unidades FAO-UNESCO 1968, DETENAL, México, D.F.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) 1999. ArcView 3.2 GIS. Environmental Systems Research Institute, Nueva York, 340 p.
- FAO-UNESCO. 1974. Soil map of the world (1:5,000,000), vol. 1. Legend. UNESCO, Paris. 59 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, 5ª edición, Serie Libros Núm. 6. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. 90 p.
- Garza, A. 2005. Ecología del cócono silvestre en Durango, México (Aves: *Meleagris gallopavo mexicana*). Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 91 p.
- Garza, A., O. V. Martínez y E. E. Aragón. 1998. Microhistología de las especies vegetales comunes en la dieta de los herbívoros silvestres de la Sierra Madre Occidental. *Ubamari* 45:48-72.
- Garza, A., E. E. Aragón, E. Rivera, G. D. De León, C. Sánchez, R. G. González, F. A. Sánchez, C. Domínguez, A. Arvizu, S. R. Gutiérrez, M. A. Osio y A. Chávez. 2005. Biodiversidad del Rancho “El Duranguense”, Canatlán, Durango. Informe técnico (Expediente III-10-CABSA-0341), PRODEFOR 2004. Comisión Nacional Forestal/Gobierno del Estado de Durango / Instituto de Ecología, Durango, Durango. 88 p.
- Gentry, H.S. 1957. Los pastizales de Durango. Estudio ecológico, fisiográfico y florístico. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, D.F. 361 p.
- González, M., S. González y Y. Herrera. 1991. Listados florísticos de México. IX. Flora de Durango. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 167 p.
- González, S. y M. González. 1995. Los encinos de Durango, México. Memorias. III Seminario Nacional sobre utilización de encinos, Linares, Nuevo León. p. 28-33.
- González, S., M. González y A. Cortés. 1993. Vegetación de la Reserva de la Biosfera “La Michilía”, Durango, México. *Acta Botanica Mexicana* 22:1-104.
- González, S., M. González E. y M. A. Márquez L. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés / Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. 219 p.
- Gordon, A.G. 1968. Ecology of *Picea chihuahuana* Martínez. *Ecology* 49:880-896.
- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2005. PAST – Paleontological statistics, ver. 1.34. Paleontological Museum of Oslo.
- Herrera, Y. 2001. Las gramíneas de Durango. Instituto Politécnico Nacional/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 478 p.
- INEGI. 2000. Modelos digitales de terreno. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/mde/menu>.

- cfm?c=198; 15.XI.2009.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Anuario estadístico de Durango <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/default.aspx?proy=ae&edi=2008&ent=10>; 15.XI.2009.
- IUCN. 2010. Red list of threatened species. www.iucnredlist.org.
- Krebs, J.C. 1989. Ecological methodology. Harper Collins, Nueva York. 654 p.
- Madrigal, X. 1977. Características generales de la vegetación del estado de Durango. *Ciencia Forestal* 2:30-58.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Nueva Jersey. 179 p.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford. viii + 256 p.
- Mancinas, J.A. 2002. Resumen público de certificación de rancho Molinillos, S.P.R. de R.L. Certificado: SW-FM/COC-194. Informe presentado al Consejo de Manejo Forestal (Forest Stewardship Council o FSC) y de Smart Wood Program. 33 p.
- Márquez, L.M. y S. González. 1998. Composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino-encino de Durango, México. *Agrociencia* 32:413-419.
- Márquez, L.M., E. Jurado y S. González. 2006. Algunos aspectos de la biología de la manzanita (*Arctostaphylos pungens* HBK.) y su papel en el desplazamiento de los bosques templados por chaparrales. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* 9:57-64.
- Martínez, M. 1945. Las pináceas mexicanas. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 16:1-345.
- Martínez, O. V. 1996. Hábitos alimentarios y parásitos intestinales del guajolote silvestre en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango. Tesis, Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango. 67 p.
- Martínez-Cruz, J., O. Téllez y G. Ibarra-Manríquez. 2009. Estructura de los encinares de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 146-156.
- Maysilles, J.H. 1959. Floral relationships of the pine forests of western Durango, Mexico. Ph.D. Thesis. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. 165 p.
- McAleece, N. 1997. Biodiversity professional beta. Versión 2.0. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science, Oban.
- Mitchell, K. 2007. Quantitative analysis by the point-centered quarter method, ver. 2.5. <http://people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf>.
- Mittermeier, A.R. y C.G. Mittermeier. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. *In* México ante los retos de la biodiversidad, J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. p. 63-74.
- Morales G., A., A. Garza y J. C. Sotomayor. 1997. Dieta del guajolote silvestre en Durango, México. *Revista Chilena de Historia Natural* 70:403-414.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, Nueva York - Toronto. 547 p.
- NatureServe, 2007. NatureServe explorer: An online encyclopedia of life, ver. 6.2. NatureServe, Arlington, Virginia. <http://www.natureserve.org/explorer>; 8.XII.2009.
- Osio, M.A., A. Garza, E. Aragón, D. de León, R. González, A. Sánchez, S. Gutiérrez y A. Arvizu. 2007. Ejecución del proyecto para la protección de la biodiversidad del predio particular "El Duranguero", Canatlán, Durango. Expediente III-10-CABSA-0341. Informe Técnico. Centro de Ecología Regional A.C. / Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) / Consultoría en Forestaría, Durango, Durango. 89 p.
- Passini, M.F. 1985. Les forêts de *Pinus cembroides* Zucc. de la Sierra de Uruca. Réserve de la Biosphère "La Michilía" (état de Durango, Mexique). *Bulletin d'Ecologie* 16:161-168.
- Ramamoorthy, T.P. y M. Elliott. 1998. Lamiaceae de México: diversidad, distribución, endemismo y evolución. *In* Diversidad biológica de México: orígenes y distribución, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 501-526.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: Una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15:47-64.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *In* Diversidad biológica de México: orígenes y distribución, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 129-145.
- Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, D.F.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 43, México, D.F.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2009. http://www.semarnat.gob.mx/estados/durango/temas/Paginas/aprov_forestal.aspx; 8.XII.2009
- Styles, B. T. 1998. El género *Pinus*: su panorama en México. *In* Diversidad biológica de México: orígenes y distribución, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 285-408.
- Turner, B. L. y G. L. Nesom. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenazada de Asteraceae de México.

In Diversidad biológica de México: orígenes y distribución, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Loty J. Fa. (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 545-561.

Valencia-Ávalos, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75:33-53.

Apéndice 1. Presencia (1) y ausencia (0) de las 74 especies de plantas censadas en 3 tipos de vegetación en el rancho El Duranguense. El número entre paréntesis indica el número de especies por familia. 1, 2 y 3 indican cada uno de los 3 sitios por tipo de vegetación.

Especie	Pastizal			Bosque <i>Quercus-Pinus</i>			Bosque <i>Pinus-Quercus</i>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ADIANTACEAE (3)									
<i>Cheilanthes</i> sp.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cheilanthes</i> sp. 2	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Notholaena sinuata</i> (Lag. ex Sw) Kaulf.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AMARYLLIDACEAE (1)									
<i>Polianthes</i> aff. <i>nelsonii</i> Rose	0	0	0	1	0	0	0	0	0
APOCYNACEAE (1)									
<i>Mandevilla foliosa</i> Hemsl.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ASTERACEAE (15)									
<i>Chaptalia runcinata</i> Kunth	0	1	0	1	0	0	1	0	0
<i>Erigeron</i> sp.	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Iostephane madrensis</i> (S. Watson) Strother	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Laennecia</i> sp.	1	1	1	1	0	0	0	0	1
<i>Perymenium</i> aff. <i>mendezii</i> DC.	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Psacalium cronquistiorum</i> B.L. Turner	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. sinuatum</i> (Cerv.) H. Rob. et Brettell	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>Roldana sessilifolia</i> (Hook et Arn.) H. Rob. et Brettell	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Stevia</i> aff. <i>ovata</i> Willd.	1	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>S. porphyrea</i> McVaugh	0	0	0	0	1	1	0	1	0
<i>S. serrata</i> Cav.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tagetes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Viguiera</i> sp.	0	1	0	0	1	0	1	0	1
<i>Xanthocephalum wrightii</i> (A. Gray) A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Xanthocephalum</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0
CAMPANULACEAE (1)									
<i>Lobelia irasuensis</i> Planch. et Oerst.	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Apéndice 1. Continúa.

<i>Especie</i>	<i>Pastizal</i>			<i>Bosque Quercus-Pinus</i>			<i>Bosque Pinus-Quercus</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
CAPRIFOLIACEAE (1)									
<i>Lonicera pilosa</i> (Kunth) Willd.	0	0	0	0	1	1	0	0	0
CISTACEAE (1)									
<i>Helianthemum glomeratum</i> (Lag.) Lag.	0	0	0	0	1	0	0	1	0
COMMELINACEAE (1)									
<i>Commelina</i> sp.	1	1	0	1	1	0	0	0	0
CONVOLVULACEAE (1)									
<i>Evolvulus rotundifolius</i> Hallier F.	0	0	0	0	0	1	0	0	0
CUPRESSACEAE (1)									
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CYPERACEAE (1)									
<i>Karinia mexicana</i> (Britton) Reznicek et McVaugh	1	0	1	1	0	0	1	0	0
ERICACEAE (4)									
<i>Arbutus arizonica</i> (A. Gray) Sarg.	0	0	0	0	1	1	0	1	0
<i>A. tessellata</i> Sorensen	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>A. xalapensis</i> var. <i>bicolor</i> Kunth	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	0	1	0	1	1	1	1	0	1
FABACEAE (2)									
<i>Indigofera</i> aff. <i>montana</i> Rose	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Dalea pectinata</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	1
FAGACEAE (9)									
<i>Quercus</i> aff. <i>candicans</i> Née	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Q.</i> aff. <i>depressipes</i> Trel.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Q. arizonica</i> Sarg.	0	1	0	1	1	1	0	1	0
<i>Q. conzattii</i> Trel.	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Q. durifolia</i> Seeman	0	1	0	1	1	1	1	0	1
<i>Q. eduardii</i> Trel.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Q. grisea</i> Liebm.	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Q. hartwegii</i> Benth.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Q. striatula</i> Trel.	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Apéndice 1. Continúa.

<i>Especie</i>	<i>Pastizal</i>			<i>Bosque Quercus-Pinus</i>			<i>Bosque Pinus-Quercus</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
GERANIACEAE (1)									
<i>Geranium</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	1	0
LAMIACEAE (1)									
<i>Salvia nana</i> Kunth.	0	0	0	0	0	1	0	0	1
LILIACEAE (1)									
<i>Calochortus</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PINACEAE (6)									
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	0	1	1	0	1	0	0	1	0
<i>P. chihuahuana</i> Engelm.	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>P. cooperi</i> C.E. Blanco	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. cooperi</i> var. <i>ornelasi</i> C.E. Blanco et Martínez	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. engelmannii</i> Carrière	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>P. leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
POACEAE (19)									
<i>Achmantherum eminens</i> (Cav.) Barkworth	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Agrostis</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aristida schiedeana</i> Trin. et Rupr.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aristida</i> sp.	0	1	0	0	1	0	0	0	1
<i>Blepharoneuron tricholepis</i> (Torr.) Nash.	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Festuca tolucensis</i> Kunth	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Beauv. ex Roem et Schult.	1	1	0	1	0	0	1	0	1
<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	0	0	1	1	0	0	1	0	1
<i>Muhlenbergia dubia</i> E. Fourn.	1	0	1	1	1	0	1	0	1
<i>M. emersleyi</i> Vasey	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. flaviseta</i> Scribn.	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>M. montana</i> (Nutt.) Hitchc.	0	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>M. pubescens</i> (Kunth) Hitchc.	0	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>M. rigida</i> (Kunth) Trin.	1	1	1	1	0	0	1	1	1
<i>Muhlenbergia</i> sp.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Muhlenbergia</i> sp.6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	0	0	0	0	1	1	1	1	0
<i>Schizachyrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Trisetum kochianum</i> Hern. Torres	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SCROPHULARIACEAE (2)									
<i>Agalinis peduncularis</i> Pennell	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penstemon</i> aff. <i>apateticus</i> Straw	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Apéndice 1. Continúa.

<i>Especie</i>	<i>Pastizal</i>			<i>Bosque Quercus-Pinus</i>			<i>Bosque Pinus-Quercus</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
UMBELLIFERAE (2)									
<i>Eryngium beecheyanum</i> Hook. f. et Arn.	0	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>E. carlinae</i> Delar.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	12	26	16	19	31	17	22	21	20

Apéndice 2. Densidad absoluta y relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y valores de importancia de las especies de plantas en los 9 cuadrados muestreados en el rancho El Duranguense. *DA*, densidad absoluta; *DR*, densidad relativa; *CR*, cobertura relativa; *FR*, frecuencia relativa y *VI*, valor de importancia.

<i>Especie</i>	<i>DA (Ind/ha)</i>	<i>DR (%)</i>	<i>CR (%)</i>	<i>FR (%)</i>	<i>VI</i>
Estrato alto					
PAS1 <i>Pinus chihuahuana</i>	197	100	100	100	300
PAS2 <i>Pinus chihuahuana</i>	35.67	20	84.82	20	124.82
<i>Quercus durifolia</i>	35.67	20	6.92	20	46.92
<i>P. engelmannii</i>	35.67	20	3.9	20	43.9
<i>P. cembroides</i>	35.67	20	3.9	20	43.9
<i>Q. arizonica</i>	35.67	20	0.47	20	40.47
PAS3 <i>Pinus chihuahuana</i>	56.7	37.5	51.25	25	113.75
<i>P. cembroides</i>	37.8	25	27.7	25	77.7
<i>P. engelmannii</i>	56.7	37.5	21.05	50	108.55
BQP1. <i>Quercus arizonica</i>	83	45.83	68.93	41.67	156.43
<i>Q. durifolia</i>	60	33.33	30.85	33.33	97.51
<i>Pinus engelmannii</i>	30	16.67	0.19	16.67	33.53
<i>P. chihuahuana</i>	8	4.17	0.02	8.33	12.52
BQP2 <i>Quercus eduardii</i>	194.44	20.83	27.92	13.64	62.39
<i>Q. arizonica</i>	155.55	16.67	18.12	18.18	52.97
<i>Q. durifolia</i>	155.55	16.67	16.3	18.18	51.15
<i>Q. hartwegii</i>	116.67	12.5	10.99	13.64	37.13

Apéndice 2. Continúa.

	<i>Especie</i>	<i>DA</i> (Ind/ha)	<i>DR</i> (%)	<i>CR</i> (%)	<i>FR</i> (%)	<i>VI</i>
	<i>Q. conzattii</i>	77.77	8.33	10.72	9.09	28.14
	<i>Arbutus xalapensis</i>	77.77	8.33	6.1	9.09	23.52
	<i>Q. striatula</i>	38.89	4.17	5.23	4.55	13.95
	<i>A. arizonica</i>	38.89	4.17	4.54	4.55	13.26
Estrato alto						
	<i>Pinus cembroides</i>	38.89	4.17	0.07	4.55	8.79
	<i>P. chihuahuana</i>	38.89	4.17	0.01	4.55	8.73
BQP3	<i>Quercus durifolia</i>	257.93	45.93	58.88	33.33	138.14
	<i>Q. arizonica</i>	164.14	29.17	20.61	26.67	76.45
	<i>Pinus chihuahuana</i>	117.24	20.83	14.8	33.33	68.96
	<i>Q. grisea</i>	23.45	4.17	5.71	6.67	16.55
BPQ1	<i>Pinus chihuahuana</i>	193.63	62.5	81.62	40	184.12
	<i>Quercus durifolia</i>	51.64	16.67	18.17	26.67	61.51
	<i>P. cooperi</i>	25.82	8.33	0.2	13.33	21.86
	<i>P. cooperi</i> var. <i>ornelasi</i>	38.73	12.5	0.01	20	32.51
BPQ2	<i>Pinus cembroides</i>	1209	75	83.14	50	208.14
	<i>Quercus arizonica</i>	269	16.67	16.86	33.33	66.86
	<i>Juniperus deppeana</i>	67	4.17	0.09	8.33	12.59
	<i>P. chihuahuana</i>	67	4.17	0.01	8.33	12.51
BPQ3	<i>Pinus cooperi</i>	467	87.5	99.69	66.67	253.86
	<i>Quercus conzattii</i>	22	4.17	0.23	11.11	15.51
	<i>P. cooperi</i> var. <i>ornelasi</i>	22	4.17	0.05	11.11	15.33
	<i>Q. durifolia</i>	22	4.17	0.04	11.11	15.32
Estrato medio						
PAS1	<i>Quercus striatula</i>	17202	100	100	100	300
PAS2	<i>Quercus striatula</i>	3081	95.83	96.29	85.71	277.83
	<i>Arctostaphylos pungens</i>	134	4.17	3.71	14.29	22.17
PAS3	<i>Quercus striatula</i>	8042	100	100	100	300
BQP1	<i>Arctostaphylos pungens</i>	1339	86.28	37.5	25	148.78
	<i>Quercus striatula</i>	446	13.72	62.5	75	151.22
BQP2	<i>Arctostaphylos pungens</i>	359	83.33	75.71	66.67	225.71
	<i>Arbutus arizonica</i>	36	8.33	23.5	11.11	42.94

Apéndice 2. Continúa.

	<i>Especie</i>	<i>DA</i> (Ind/ha)	<i>DR</i> (%)	<i>CR</i> (%)	<i>FR</i> (%)	<i>VI</i>
	<i>Lonicera pilosa</i>	18	4.17	0.54	11.11	15.82
	<i>A. xalapensis</i>	18	4.17	0.26	11.11	15.54
BQP3	<i>Arctostaphylos pungens</i>	280	58.33	62.36	18.18	138.87
	<i>Arbutus arizonica</i>	80	16.67	35.18	54.55	106.4
	<i>Lonicera pilosa</i>	20	4.17	1.36	9.09	14.62
	<i>Quercus strianula</i>	100	20.83	1.1	18.18	40.11
	<i>Especie</i>	<i>DA</i> (Ind/ha)	<i>DR</i> (%)	<i>CR</i> (%)	<i>FR</i> (%)	<i>VI</i>
Estrato medio						
BPQ1	<i>Quercus strianula</i>	3700	87.5	83.4	75	245.9
	<i>Arctostaphylos pungens</i>	352	8.3	14.24	12.5	35.04
	<i>Arbutus tessellata</i>	177	4.17	2.36	12.5	19.03
BPQ2	<i>Arbutus arizonica</i>	1211	100	100	100	300
BPQ3	<i>Quercus depressipes</i>	2616	20.83	45.33	25	91.16
	<i>Arctostaphylos pungens</i>	3140	25	43.76	25	93.76
	<i>Q. strianula</i>	6803	54.17	10.94	50	115.11

5. CAPÍTULO III

Relación de la heterogeneidad espacial con la estructura de la comunidad de roedores.

RELACIÓN DE LA HETEROGENEIDAD ESPACIAL CON LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE ROEDORES

Los bosques templados presentan ambientes heterogéneos debido a que tienen gran variedad de microclimas, un alto espectro de recursos disponibles y ofrece un gran número de refugios (August 1983). A la variación en el plano horizontal del hábitat se le denomina “heterogeneidad” (August 1983), término que se entiende como cualquier forma de variación en el ambiente, incluyendo los componentes físicos y los bióticos, que pueden aparecer como patrones espaciales o temporales y ser fijos o dinámicos (Ostfeld *et al.* 1997).

Hipotéticamente los sitios heterogéneos presentan una mayor cantidad de nichos por unidad de espacio (Mac Arthur *et al.* 1962), los cuales se encuentran distribuidos en mosaicos dentro del hábitat. Así, la vegetación se diversifica contribuyendo al establecimiento de diversas comunidades biológicas (Begon *et al.* 1996) y permitiendo un incremento en la diversidad animal (Givnish 1982, Rosenzweig y Abramsky 1993). De esta manera, la variabilidad vegetal llega a determinar en el tiempo y en el espacio los ensambles locales faunísticos (Anthony *et al.* 1981), en donde las especies tienden a explotar distintos recursos (por diferenciación ecológica) y hay una mayor riqueza de especies que presentan especialización por diferentes hábitats, así como por competencia o depredación (Cramer y Willig 2002).

La relación entre la estructura del hábitat y la estructura de las comunidades es de gran interés ecológico, de ahí que se ha intentado determinar la relación entre la diversidad de las especies y la heterogeneidad de la vegetación en algunos grupos faunísticos (August 1983). Diversos estudios han documentado que el aumento en la heterogeneidad del hábitat incrementa la diversidad de especies en variadas comunidades faunísticas (Tews *et al.* 2004). Éstos incluyen algunos trabajos de roedores en zonas desérticas (Kerley 1992) y pastizales (Ceballos *et al.* 1999), pero existen pocos estudios realizados en bosques templados, pues la mayoría han sido en bosques tropicales, en donde las relaciones encontradas entre las variables han sido muy diversas, tanto positivas (Horvath *et al.* 2001, Ecke *et al.* 2002, Moser *et al.* 2002, Williams *et al.* 2002), negativas (August 1983, Williams y Marsh 1998, Sullivan *et al.* 2000, Sullivan y Sullivan 2001) o sin existencia de relaciones (Heaney 2001), por lo que los patrones no son claros. También se infiere que la organización de los ensambles de roedores puede responder a respuestas demográficas y de

comportamiento de las especies comunes (Cramer y Willig 2002, Grant y Birney 1979, Hall y Willing 1994, Tews *et al.* 2004).

Además, el estudio de la organización de las comunidades de los roedores es importante, ya que como grupos claves son indicadores de la biodiversidad (Villarreal *et al.* 2004) y potencialmente de la heterogeneidad de un sitio (Hernández 1996), debido principalmente a que son abundantes, sus gremios están bien definidos (Fávila y Halfpeter 1997), son sensibles a los cambios ambientales (Romero *et al.* 2000) y son fáciles de capturar.

Por otro lado, en ambientes heterogéneos como los bosques, la estacionalidad marcada de los recursos indudablemente debe ser un factor de gran influencia en la estructuración de las comunidades y ensambles, tal como se ha reportado para plantas que están asociadas a los roedores (Cramer y Willig 2002) y en cuyo caso se esperan tres tipos de respuestas (Waide *et al.* 1999, Aguirre 2004): 1) a baja disponibilidad de recursos, pocas especies dominan y son tolerantes al estrés, 2) a disponibilidad intermedia las abundancias relativas son equivalentes (desempeño óptimo) y 3) a alta disponibilidad existen pocas especies dominantes que son las más competitivas. Hay algunos estudios en roedores en bosques tropicales donde se ha visto que la estacionalidad influye en las características del hábitat, lo cual trae como consecuencia cambios en el comportamiento poblacional, reproducción, alimentación, desplazamientos y migración de los roedores (August 1983). Sin embargo, en un bosque templado no se encontró relación alguna entre la disponibilidad de alimento y la organización de las comunidades de roedores (Galindo y Krebs 1997).

Existen pocos estudios a nivel mundial que muestran una relación positiva entre la heterogeneidad espacial y la diversidad de las especies de fauna, ya que hay gran variabilidad en los estudios, pues generalmente dependen del gremio estudiado, la definición y medidas de la estructura de la vegetación a considerar y la escala espacio-temporal del estudio (Tews *et al.* 2004) y en cuanto a pequeños mamíferos en bosques templados en general son muy escasos. En México se conocen algunos estudios sobre la ecología de las comunidades de pequeños mamíferos de bosques tropicales y templados (Ceballos 1989, Medellín 1992, Arita 1993, Iñiguez y Santana 1993, Mares y Ernest 1995, Cuautle 2007), en donde se ha mostrado que la comunidad de mamíferos no voladores parece depender más de la heterogeneidad o complejidad, que de los factores climáticos (Arita 1993). En particular para bosques del sur de México (Chiapas) existe una relación positiva entre la riqueza y la distribución

de especies de roedores y algunas variables del microhábitat (Horváth *et al.* 2001), mientras que en la Sierra del Ajusco (centro de México), se observó que la densidad de cuatro especies de roedores dominantes responden a variables ambientales (Sánchez y Canela 1991). Existe sólo un estudio en los bosques del norte mexicano, donde se reporta que la riqueza y la cobertura del estrato herbáceo, así como las características del suelo se correlacionaron positivamente con la diversidad de roedores (Cuautle 2007).

Del compendio de estos estudios surge la hipótesis de que las comunidades de roedores que se desarrollan en los bosques templados del Norte de México serán ricas y diversas debido a la presencia de mosaicos vegetales y a las características estructurales del hábitat de la Sierra Madre Occidental. Esto como resultado de la gran heterogeneidad espacial y su compleja historia evolutiva (Challenger 1998). Además, es probable que la mayor diversidad en estas áreas sea resultado de una interacción sinérgica de los diferentes mecanismos que operan, aunque todavía están poco conocidos (Huston 1994, Brown 1995, Rosenzweig 1995).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la relación de la heterogeneidad del hábitat mediante diferentes factores de la estructura vegetal, climáticos y físicos sobre algunos parámetros estructurales de la comunidad de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental.

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en el Rancho “El Duranguense”, ubicado al NE del Estado de Durango, municipio de Canatlán, a 54 Km al norte de la capital del Estado (24° 27' 31" norte y 104° 55' 55" oeste, Figura 1). El predio consta de 10,378 ha y el tipo de tenencia de la tierra es privado. Presenta una topografía abrupta o accidentada, con cañadas profundas típicas de la Sierra Madre Occidental. Cuenta con una altitud promedio de 2,500 msnm, oscilando entre los 2,400 y los 3,000 metros. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano ($C(w_0)$ y $C(w_1)$), con una temperatura media anual de 14 a 18 °C y con una estación seca de 6 a 7 meses (noviembre a mayo) (García 2004). Las precipitaciones pluviales varían de 500 a 700 mm anuales. El Duranguense cuenta con 20 embalses o bordos de abrevadero para el ganado vacuno, que son utilizados también por la fauna silvestre y cuenta con 16 manantiales de agua que permiten avvicinar la fauna.

Rancho El Duranguense, Canatlán, Durango.

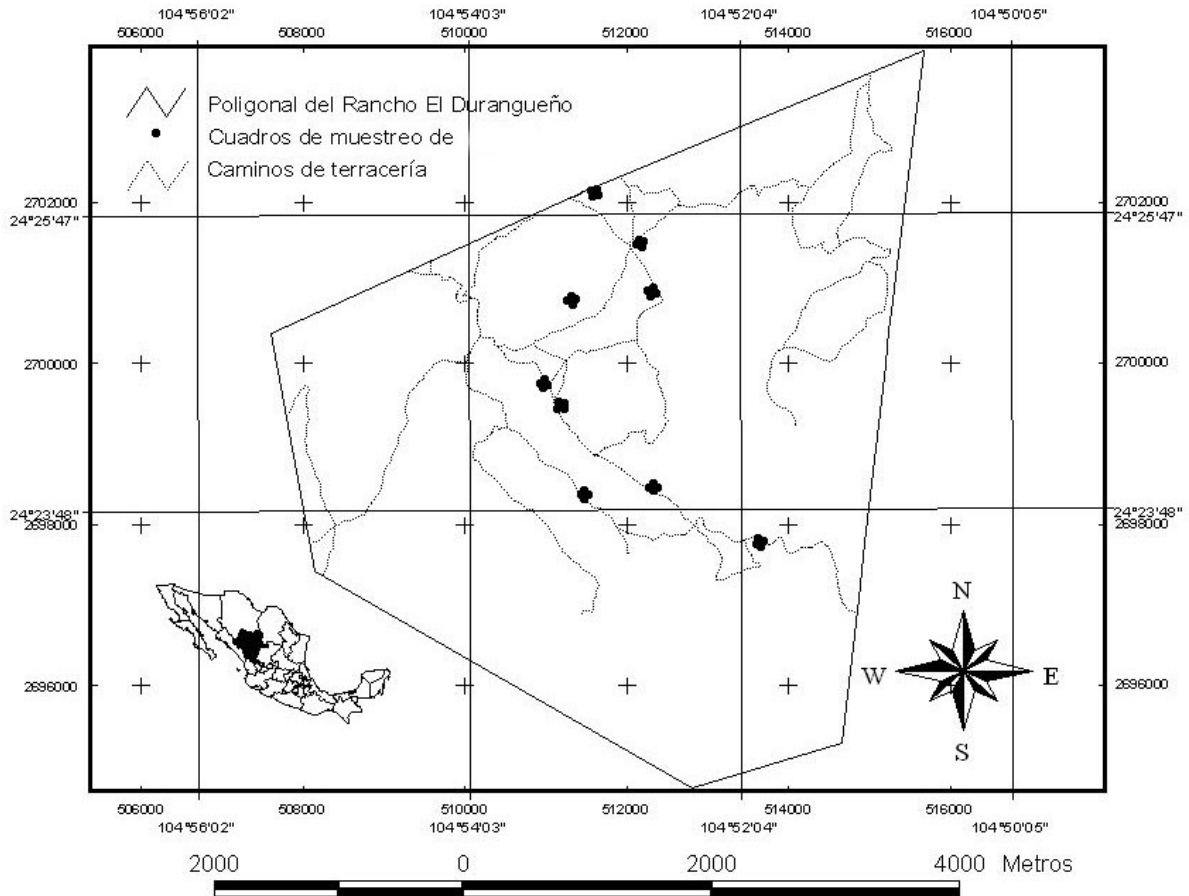


Figura 1. Área de estudio, Rancho “El Duranguense”, Canatlán, Durango.

El tipo de vegetación dominante es el bosque de encino-pino y el de pino-encino en las partes más altas, que corresponde a la vertiente interior de la Sierra Madre Occidental. Los tipos de vegetación predominantes en el Rancho El Duranguense son el bosque de encino-pino (64%) y el de pino-encino en las partes más altas (11.6 %) y los pastizales naturales (10%) en mesas amplias o lomeríos, registrándose 74 especies de plantas de 21 familias, de las cuales predominaron las Asteraceae, Fagaceae, Pinaceae y Poaceae (Aragón *et al.* 2010). Prevalcen diversas especies de árboles y arbustos (*Pinus chihuahuana*, *P. cembroides*, *P. engelmannii*, *P. cooperi*, *Quercus arizonica*, *Q. durifolia*, *Q. eduardii*, *Q. striatula*, *Arctostaphylos pungens* y *Arbutus arizonica*) y diversas hierbas de los géneros *Muhlenbergia*, *Chelianthes*, *Dalea*, *Eryngium*, *Indigofera*, *Iostephane*, *Mandevilla*, *Notholaena*, *Pscadium*, *Stevia* y *Tagetes* (Aragón *et al.* 2010).

METODOLOGÍA

El diseño del muestreo se hizo considerando 12 variables del hábitat (físicas y biológicas) y climáticas que pueden influir en la organización de los roedores en nueve sitios de manera estacional de 2005 a 2006, las cuales se evaluaron para definir las relaciones existentes entre los parámetros de los roedores y de la estructura del hábitat y fueron las siguientes (Figura 2):



Figura 2. Factores incluidos para el análisis de la estructura de la comunidad de roedores del Rancho “El Duranguero”, Canatlán, Durango.

Factores físicos. Las características físicas del área se obtuvieron utilizando los datos de campo y a partir de un modelo digital de terreno generada por la Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad (CONABIO)-Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)- Instituto Nacional de Ecología (INE). Éstas fueron registradas en todos de los sitios de muestreo: altitud, pendiente, exposición y tipo de vegetación, obtenidas en campo por medio del uso de un geoposicionador Garmin y mediante un sistema de información geográfico (ESRI 1999). Los valores de la pendiente y orientación se extrajeron de las capas reticulares hacia la base de datos de sitios mediante el procedimiento Extract Z values y se derivaron en forma de capas reticulares a partir de un modelo digital de terreno con celdillas de 100 x 100 m, utilizando los procedimientos Derive Slope y Derive Aspect de Arc View 3.2. Los refugios se cuantificaron mediante el conteo de madrigueras, hoyos y troncos caídos dentro de círculos de 1 m² en 30 puntos al azar por sitio, definidos previos al muestreo en campo.

Factores climáticos. Se utilizaron tres sensores Datalogger para registrar la temperatura ambiente y la precipitación pluvial automatizada en los tres tipos de vegetación dominantes: bosque de encino-pino, bosque de pino-encino y pastizal durante las diferentes épocas del año. Se establecieron las relaciones entre los parámetros calculando sus promedios por tipo de vegetación.

Factores bióticos. Para la vegetación se consideraron las variables de riqueza específica, densidad, diversidad, equitatividad, cobertura y altura del estrato alto y medio, porcentajes de pastos, hierbas y arbustos y altura del estrato bajo. Para los roedores las variables riqueza, densidad, diversidad, equitatividad, biomasa y refugios, estimadas anual y estacionalmente de la comunidad de roedores como de las especies comunes (métodos detallados en los Capítulos I y II de esta tesis).

Análisis de datos

En cada sitio se estimó la riqueza de especies, la densidad, la diversidad (índice de Shannon-Wiener y Simpson) y la equitatividad de roedores y la vegetación (Krebs 1999, Magurran 2004), empleando el programa Biodiversity Profesional ver. 2.0. En el caso de las plantas se tomó la altura mediante un clisímetro y la cobertura se calculó por medio de un densiómetro, a partir del muestreo en campo (Brower y Zar 1997). Se utilizó un análisis multivariado de correspondencias canónico (CANOCO) para determinar los factores (físicos, biológicos y ambientales) que influyen en la estructura de los roedores (diferentes parámetros), el cual es el recomendable para comprender el efecto espacial en el análisis de dichos parámetros relacionando datos multivariados.

Posteriormente, mediante regresiones lineales (simples y múltiples) se estimó la relación entre las variables predictoras, factores físicos (pendiente, altitud), climáticos (temperatura y precipitación) y bióticos (vegetación: riqueza específica, densidad, dominancia, diversidad, equitatividad, cobertura y altura del estrato alto y medio, porcentajes de pastos, hierbas y arbustos y altura del estrato bajo) y las variables de respuesta (parámetros de la comunidad de roedores y de las especies comunes). Estos análisis permitieron obtener los modelos que mejor predicen las tendencias en los cambios (Programa STATISTICA 6.0). Se consideraron y explicaron los factores de la estructura vegetal que se relacionaron con la estructura de la comunidad de los roedores.

Por último se realizó un análisis de componentes principales de la densidad de las especies de roedores y de las plantas arbustivas y arbóreas para identificar las asociaciones entre ellas.

RESULTADOS

Se estimaron los valores de todas las variables consideradas en este estudio (físicas, climáticas, de la estructura de la vegetación y de la comunidad de los roedores) para detectar las relaciones existentes entre ellas (factores físicos, Anexo 1; factores climáticos, Anexo 2; factores biológicos, parámetros de las comunidades vegetales, Anexo 3 y de la comunidad de los roedores estacionales y anual Anexos 4 y 5).

En cuanto a los factores climáticos sólo se encontró que la riqueza de especies de roedores dependió positivamente de la temperatura mínima (intervalos de -0.3 a 10.3°C), es decir, a mayores temperaturas mínimas hubo una mayor riqueza de especies de acuerdo al modelo obtenido:

$$\text{Riqueza de roedores} = 2.49 + 0.206 * \text{Temperatura mínima} \quad (R = 0.66, P = 0.02).$$

En cambio, para los factores biológicos se registraron algunas relaciones entre variables de la vegetación y de los roedores como sigue:

El análisis anual solo mostró una relación positiva entre la densidad de los roedores y la riqueza de los árboles y el porcentaje de pastos, obteniéndose el siguiente modelo multivariado:

$$\text{Densidad de roedores} = 18.80 + (0.700 * \text{Riqueza de árboles}) + (0.168 * \% \text{pastos}), \\ R=0.83, R^2=0.68, F=6.45, P=0.03.$$

En cambio, los análisis estacionales mostraron algunas relaciones entre los diferentes parámetros de la comunidad de los roedores y de diversos factores estructurales de la vegetación (Cuadro 1), como se muestra a continuación:

En primavera la riqueza de roedores varió positivamente conforme a la densidad de árboles y negativamente con el porcentaje de arbustos bajos. La diversidad de roedores dependió de la equitatividad de los arbustos medios para la estimación con el índice de Shannon y con la riqueza de árboles al evaluarla con el índice de Simpson. La densidad de roedores fluctuó positivamente con la riqueza de especies y la densidad de los árboles y con la altitud y, negativamente con el porcentaje de arbustos

bajos. La biomasa de todos los roedores varió positivamente con la densidad de los árboles y su altitud y negativamente con el porcentaje de los arbustos bajos.

Cuadro 1. Modelos multivariados derivados de los análisis de correspondencias canónico y regresiones múltiples, sobre las relaciones encontradas entre los parámetros de la comunidad de roedores con los de la vegetación en nueve sitios de muestreo. Diversidad H' = diversidad del índice de Shannon y Diversidad D = diversidad del índice de Simpson. P = probabilidad, R = coeficiente de correlación, R² = Coeficiente de determinación y F = Prueba de Fisher.

ROEDORES	R	R²	F	P	Modelo
Primavera					
Riqueza	0.81	0.66	5.93	0.04	Y = 2.76+0.72*densidad de árboles-0.12*%arbustos bajos.
Diversidad H'	0.86	0.74	19.43	0.003	Y = 0.048+0.857*equitatividad de arbustos medios.
Diversidad D	0.86	0.75	8.76	0.02	Y = 0.45+0.60*riqueza de árboles
Densidad	0.94	0.88	7.07	0.04	Y = -305.77+0.26*riqueza de árboles+0.37densidad de árboles-0.07*arbustos bajos+0.38*altitud.
Biomasa	0.96	0.91	18	0.004	Y = -7019.7+0.39*densidad de árboles-0.32*%arbustos bajos+0.36*altitud.
Otoño					
Densidad	0.82	0.67	6.02	0.04	Y = -150.9+0.45*cobertura de arbustos +0.49*altitud.
Invierno					
Riqueza	0.70	0.49	6.65	0.04	Y = 1.49+0.698*refugios.
Densidad	0.69	0.48	6.52	0.04	Y = 3.40+0.695*cobertura de arbustos medios.
Biomasa	0.88	0.77	10.27	0.01	Y = 5137.47+0.64*cobertura de arbustos medios-0.57*altitud

En verano no se encontraron relaciones y en otoño la densidad de roedores dependió de la cobertura de los arbustos y de la altitud.

Por otro lado, en invierno la riqueza de roedores dependió positivamente del número de los refugios. La densidad de roedores dependió positivamente de la cobertura de los arbustos medios. La biomasa de los roedores dependió positivamente de la cobertura de los arbustos medios y negativamente conforme a la altitud.

Debido a que la densidad de la comunidad de los roedores fue el parámetro que presentó mayor número de relaciones con los factores estructurales de la vegetación, se decidió hacer un análisis de regresión lineal múltiple, entre la densidad de las

especies comunes de roedores y las especies de plantas arbóreas y arbustivas, resultando lo siguiente (Cuadro 2):

Cuadro 2. Relación entre los parámetros de la comunidad vegetal y densidad de las especies comunes de roedores en nueve sitios de muestreo. P = probabilidad, R = coeficiente de correlación, R² = Coeficiente de determinación, F = Prueba de Fisher.

ROEDORES	Densidad	R	R ²	F	Pr	Modelo
<i>Peromyscus truei</i>	138	0.93	0.90	7.50	0.04	Y = -1345.20 +0.02*riqueza de árboles -0.11*%pastos +0.80*altitud +0.35*densidad de roedores
<i>Peromyscus maniculatus</i>	32	0.93	0.87	6.53	0.04	Y = 2.8 +0.39*densidad de árboles - 0.05*densidad de arbustos - 0.36%arbustos
<i>Sigmodon leucotis</i>	41	0.87	0.76	9.40	0.01	Y = -2.31- 0.53*cobertura de árboles +0.51*altura de hierbas y pastos
<i>Sigmodon ochrognathus</i>	21	0.89	0.79	6.32	0.04	Y = 128.15 -0.04*cobertura de arboles-0.34*altitud +0.63*refugios
<i>Reithrodontomys montanus</i>	25	0.99	0.99	29.65	0.03	Y = -10.86 -1.5*cobertura de árboles +0.97*riqueza de arbustos+0.77*altitud + 0.99*refugios

Peromyscus truei dependió positivamente de la riqueza de árboles, la altitud y la densidad de roedores y negativamente al porcentaje de pastos. *P. maniculatus* estuvo asociado positivamente con la densidad de árboles y negativamente con el estrato arbustivo. *Sigmodon leucotis* dependió principalmente de la altura de hierbas y pastos, prefiriendo las zonas con poca cobertura arbórea, mientras que *Sigmodon ochrognathus* dependió positivamente del número de los refugios en los sitios y presentó una relación negativa con la cobertura arbórea y la altitud. Es importante resaltar que sólo en esta región de ecotono estas dos últimas especies mencionadas se encuentran en simpatria. *Reithrodontomys montanus* estuvo relacionada positivamente con la riqueza de arbustos, la altitud y el número de refugios y negativamente con la cobertura arbórea. En resumen, los parámetros de la estructura del hábitat que influyen en la densidad de las especies comunes responden primordialmente al uso del espacio en el hábitat, muy probablemente conforme a los requerimientos de cada una de ellas (alimento, espacio y refugio).

El análisis de componentes principales hizo evidente la presencia de diferentes ensamblajes de las especies comunes de roedores en el Rancho El Duranguense, unos se asociaron a los pastizales y otros a los bosques de encino-pino y de pino-encino,

encontrándose una mayor heterogeneidad en los bosques, con una varianza en los dos primeros componentes del 56 % (37 y 19 % respectivamente, Figura 3).

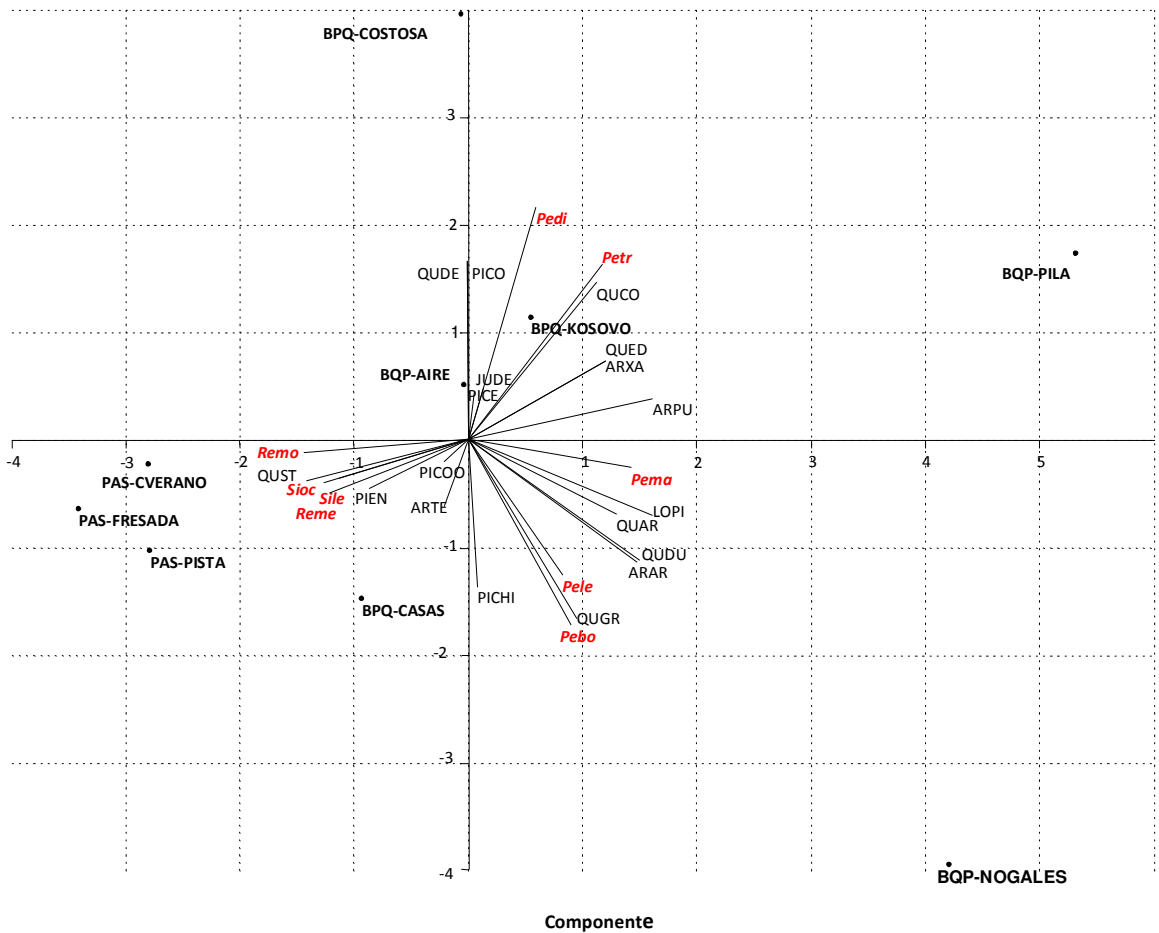


Figura 3. Análisis de componentes principales de los sitios de muestreo. Especies de roedores y plantas. Los dos primeros componentes representaron el 56 % (37 y 19 %, respectivamente) de la varianza observada.

ARAR	<i>Arbutus arizonica</i>	PICE	<i>Pinus cembroides</i>	QUCO	<i>Quercus conzattii</i>
ARPU	<i>Arctostaphylos pungens</i>	PICHI	<i>Pinus chihuahuana</i>	QUDE	<i>Quercus aff. depressipes</i>
ARTE	<i>Arbutus tessellata</i>	PICO	<i>Pinus cooperi</i>	QUDU	<i>Quercus durifolia</i>
ARXA	<i>Arbutus xalapensis var. bicolor</i>	PICOO	<i>Pinus cooperi var. ornelasi</i>	QUED	<i>Quercus eduardii</i>
JUDE	<i>Juniperus deppeana</i>	PIEN	<i>Pinus engelmannii</i>	QUGR	<i>Quercus grisea</i>
LOPI	<i>Lonicera pilosa</i>	QUAR	<i>Quercus arizonica</i>	QUST	<i>Quercus striatula</i>
Pebo	<i>Peromyscus boylii</i>	Pema	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Remo	<i>Reithrodontomys montanus</i>
Pedi	<i>Peromyscus difficilis</i>	Petr	<i>Peromyscus truei</i>	Sile	<i>Sigmodon leucotis</i>
Pele	<i>Peromyscus leucopus</i>	Reme	<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Sioc	<i>Sigmodon ochrognathus</i>

Particularmente, el género *Peromyscus* mostró una segregación de las especies hacia algún tipo de asociación vegetal o planta y sitio, de acuerdo a su distribución en el espacio: *Peromyscus truei* se asoció con especies de encino y un madroño (*Quercus conzattii*, *Q. eduardii* y *Arbutus xalapensis*); *Peromyscus maniculatus* se relacionó con otros árboles (*Quercus arizonica*, *Q. durifolia*, *Arbutus arizonica*, *Lonicera pilosa*) y arbustos de manzanita (*Arctostaphylos pungens*); *Peromyscus difficilis* se asoció con árboles de pinos y de táscate (*Pinus cooperi*, *Juniperus deppeana* y *Pinus cembroides*) y por último, *P. leucopus*-*P. boylii* se relacionaron con árboles de encino y pino (*Q. grisea* y *P. chihuahuana*). En cambio, *Reithrodontomys megalotis*, *R. montanus* y *Sigmodon leucotis* y *S. ochrognathus* estuvieron en sitios abiertos de pastizales, asociadas principalmente al encino enano (*Quercus striatula*) y al pino real (*Pinus engelmannii*), aunque también llegaron a habitar en los bosque de pino y encino pero en bajas densidades.

DISCUSIÓN

Los factores climáticos parecen no influir en la estructuración de las comunidades de roedores de este bosque de la SMOcc, ya que solo hubo relación de la riqueza de especies de roedores con la temperatura mínima en los intervalos estudiados. En cambio, se tienen reportes en los bosques de la Sierra del Ajusco (sur de México), donde la densidad de cuatro especies de roedores respondió a algunas variables ambientales (Sánchez y Canela 1991).

El parámetro que se relacionó más frecuentemente con la estructura de la vegetación fue la densidad total de roedores, con respecto a la densidad y a la riqueza de especies de árboles y a la cobertura de los arbustos. Esto coincide con algunos estudios que muestran que la composición y abundancia de la comunidad o la densidad de algunas especies de roedores está relacionada con la cobertura vegetal en diversas latitudes (Rosenzweig y Winakur 1969, Ostfeld 1985; Bonaventura y Kravetz 1989, Morrison *et al.* 2002,), como en los bosques de Argentina en donde se menciona que la densidad de roedores está significativamente relacionada con la cobertura vegetal durante el invierno (Altrichte *et al.* 2001, 2004), tal como se observó en este estudio. También se tienen reportes de que la abundancia de roedores es mayor en una comunidad arbustiva densa y diversa (Windberg 1998), aunque no está suficientemente documentada para la mayoría de los ambientes boscosos de Norteamérica, pues en algunos casos se ha visto que no existe un patrón (Tews *et al.* 2004).

La relación entre la riqueza de especies de roedores y la densidad arbórea o el número de los refugios no está reportada, sugiriendo que la riqueza es mayor conforme se incrementa la cantidad de nichos por unidad de espacio (Mac Arthur *et al.* 1962). Esto es distinto a lo encontrado en otros bosques de Suecia, en donde la cobertura vegetal es el factor de mayor influencia (Ecke *et al.* 2002). En particular para bosques del sur de México existe una relación entre la riqueza y la heterogeneidad del hábitat en un bosque de pino-encino en Chiapas (Horváth *et al.* 2001).

La diversidad de roedores estimada con el índice de Shannon dependió de la equitatividad de los arbustos de tamaño mediano, lo que sugiere que a mayor reparto de los arbustos en los sitios se presentaron mayores valores de diversidad, lo cual no estaba reportado y difiere a lo encontrado en un bosque de pino-encino del sureste de la Sierra Madre Occidental (Cuautle 2007), donde la riqueza de hierbas se relacionó con este parámetro. La diversidad de roedores estimada con el índice de Simpson dependió de la riqueza de los árboles, lo cual no estaba reportado.

La biomasa de la comunidad de roedores dependió en primavera de la densidad arbórea y de la altitud, mientras que en invierno de la cobertura de los arbustos de tamaño medio, lo cual probablemente está relacionado con el comportamiento de las especies, ya que éstas tienen que desplazarse más para la búsqueda de alimento durante la época seca (primavera), mientras que las mayores coberturas de los arbustos registradas después de las lluvias, implican un aumento en los recursos disponibles en el hábitat en cuanto a alimento y sitios de refugio durante el invierno. En cambio, en verano y otoño estas relaciones no son evidentes posiblemente debido a los eventos reproductivos, pues aunque se ha reportado que estas especies se reproducen todo el año, tienen un pico máximo de reproducción de finales de la primavera hasta principios del otoño (Arvizu 2008).

En resumen, los factores de la estructura del hábitat que influyeron en las comunidades de roedores variaron estacionalmente, en donde el estrato arbóreo resultó ser de importancia durante primavera, mientras que en otoño e invierno lo es el arbustivo. Por lo que se infiere que en la primavera que corresponde a la época seca, es cuando las especies de roedores requieren realizar mayores movimientos en la búsqueda de alimento; mientras que después de las lluvias (en otoño e invierno) el estrato arbustivo es importante porque alcanza sus mayores coberturas y alturas proporcionando una mayor abundancia y disponibilidad de recursos (alimento, sitios de nidificación o refugios como protección contra la depredación), tal como se ha reportado para los roedores (Getz 1965, Birney *et al.* 1976, Belk *et al.* 1988). Estos

elementos resultan ser requerimientos de importancia para que algunas especies de vertebrados puedan completar sus ciclos de vida (Birney *et al.* 1976, Galindo-Leal y Krebs 1997) y dado que hay gran cantidad de mosaicos de vegetación y marcada estacionalidad en los bosques de la Sierra Madre Occidental, es posible que se desarrollen estas variantes.

Las relaciones encontradas entre las especies dominantes con algunos parámetros estructurales de la vegetación, confirman que responden principalmente a respuestas de comportamiento espacial de las especies, tal como se había sugerido anteriormente (Cramer y Willig 2002, Grant y Birney 1979, Hall y Willing 1994, Tews *et al.* 2004), pero no estaba documentado con datos de campo.

El análisis de componentes principales, hizo evidente la presencia de varios grupos de ensambles de roedores, por asociaciones con alguna o algunas especies de plantas. Esto concuerda con el reportado en la literatura, ya que las especies de *Peromyscus* encontradas en este estudio generalmente habitan en los bosques de pino y encino, en donde la mayoría de estas especies son generalistas u oportunistas (Ceballos y Navarro 1991) ya que consumen desde bellotas, semillas de coníferas, flores, frutos, hojas, granos y hasta hierbas y, algunas especies como *P. maniculatus*, están asociadas a sitios con presencia de vegetación secundaria o vegetación resistente a perturbaciones (Chávez 2005, Chávez y Ceballos 2005, Chávez y Espinosa 2005, Espinoza y Chávez 2005, Ramírez-Pulido *et al.* 2005). Por lo anterior este grupo ha logrado diversificar la utilización del espacio, especializándose gracias a la gran variedad vegetal presente en estos bosques.

Reithrodontomys megalotis y *R. montanus* y las especies de ratas aldoneras (*Sigmodon leucotis* y *S. ochrognathus*) se asociaron a los sitios abiertos de pastizales, correspondiendo al ensamble de especies granívoras y herbívoras respectivamente, que llegan a consumir diversas semillas de pastos y partes verdes de arbustos (Ceballos y Navarro 1991, Ramírez y Chávez 2005, Ramírez *et al.* 2005, Sánchez y Oliva 2005, Téllez y Sánchez 2005).

Por lo anterior, las asociaciones encontradas entre estos roedores y vegetación responden en gran parte a cubrir los requerimientos ecológicos de las especies o los ensambles de los roedores, principalmente con respecto a los hábitos alimentarios y el uso del espacio de las especies. Por ejemplo, las especies de plantas del género *Quercus* proveen de hábitat y son fuente de alimento para los roedores (Valencia 2004), mientras que los frutos de la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) pueden ser

consumidos por una gran variedad de mamíferos que incluyen a los roedores (Márquez *et al.* 2006). Por lo tanto, la observación de los resultados muestran que las asociaciones de las especies de roedores con ciertas especies de plantas y sitios ocurren de tal manera que se reparten el microhábitat para poder coexistir, aún cuando sus tamaños corporales son muy similares, como es el caso del género *Peromyscus*, en donde se encontraron varias especies en un mismo tipo de vegetación, lo cual indica indirectamente que los recursos que ofrece este bosque son diversos, dados por la presencia de mosaicos de vegetación.

Se concluye que la heterogeneidad del hábitat del Rancho “El Duranguense”, en cuanto a algunos factores de la estructura vegetal (estrato arbóreo y arbustivo) y la composición vegetal, tienen efectos en la riqueza de especies, así como sobre la diversidad y la biomasa de los roedores. Asimismo, existen cambios estacionales en cuanto a la organización de las comunidades de mamíferos pequeños que responden a variantes del comportamiento durante sus ciclos anuales para cubrir sus diferentes requerimientos (principalmente de alimento y refugios).

Anexo 1

Factores físicos del hábitat de los sitios de muestreo que se consideraron del Rancho "El Duranguense". PAS = Pastizal, BQP = Bosque de encino-pino, BPQ = Bosque de pino-encino.

VEGETACIÓN	SITIO	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	ALTITUD	REFUGIOS
PAS	C. Verano	0.74	60.95	2456	61
PAS	Fresada	4.43	159.23	2450	44
PAS	La Pista	9.12	245.63	2487	63
BQP	El Aire	2.35	322.43	2515	11
BQP	La Pila	0.68	341.57	2554	21
BQP	Nogales	3.89	159.57	2486	13
BPQ	Casas	4.85	312.61	2496	10
BPQ	Kosovo	3.68	150.95	2513	29
BPQ	La Costosa	6.07	89.33	2501	13

Anexo 2

Datos del monitoreo de las estaciones climatológicas durante 2005-2006 y los ensambles de los roedores.

Temp max= Temperatura máxima promedio, Temp min = Temperatura mínima y Pp = Precipitación promedio registrada y los valores promedio de los parámetros de los ensambles de roedores (RE = Riqueza de especies, Den = Densidad, H' = Diversidad índice Shannon-Weiner, S = Diversidad Simpson, E = Equitatividad) del Rancho "El Duranguense" durante 2005-2006.

SITO	Temp Max	Temp Min	Pp	RE	Den	S	H'	E	Biomasa
Pastizal									
primavera	24.74	4.88	17.4	3.0	5.0	0.37	1.04	0.98	103.3
Verano	22.60	9.55	325.7	4.7	14.0	0.30	1.33	0.89	569.7
Otoño	19.83	0.78	16.8	2.7	9.0	0.49	0.82	0.89	583.0
Invierno	18.49	-0.31	13.5	4.0	8.7	0.35	1.21	0.88	291.3
Bosque de encino-pino									
primavera	23.21	6.31	0	3.7	17.0	0.58	0.77	0.65	436.3
Verano	21.41	10.33	294.6	4.0	13.7	0.46	1.00	0.74	426.3
Otoño	19.71	3.58	6.1	3.7	14.3	0.54	0.86	0.66	369.7
Invierno	17.57	2.21	14.3	2.3	8.3	0.56	0.69	0.82	184.3
Bosque de pino-encino									
primavera	22.64	2.26	0	4.0	11.7	0.42	1.05	0.85	343.3
Verano	21.62	10.33	300.7	3.7	11.0	0.59	0.80	0.64	355.0
Otoño	20.14	-0.32	7.4	2.3	11.3	0.74	0.48	0.43	341.7
Invierno	18.52	-1.97	18.7	1.7	4.0	0.83	0.29	0.26	94.3

Anexo 3.

Parámetros de las comunidades de la vegetación en los sitios de muestreo del Rancho “El Duranguense”. PAS = Pastizal (1 = Campo de verano, 2 = Fresada, 3 = Pista), BQP = Bosque de encino-pino (1 = Aire, 2 = La Pila, 3 = Nogales) y BPQ = Bosque de pino-encino (1 = Casas, 2 = Kosovo y 3 = Costosa). RE = Riqueza de especies, DEN = Densidad ind/ha), H' = Índice de diversidad de Shannon-Weiner, E = Equitatividad, D = Índice de Simpson, 1/D = Recíproco del Índice de Simpson. Cob = Cobertura (en porcentaje el estrato alto y en metros estratos medio y bajo), Alt = Altura (en metros). DAP = Diámetro a la altura del pecho (en cm), Den = Densidad ind/hectárea.

Factores bióticos	PAS1	PAS2	PAS3	BQP1	BQP2	BQP3	BPQ1	BPQ2	BPQ3
Estrato alto									
RE	1	5	3	4	8	4	4	4	4
DEN	156	190	147	168	1225	604	396	1650	447
H'	0.002	1.62	1.08	1.2	1.99	1.17	1.06	0.78	0.46
E	0	1	0.99	0.86	0.77	0.85	0.77	0.56	0.33
D	1	0.2	0.34	0.34	0.18	0.34	0.42	0.59	0.8
1/D	1	4.9	2.9	3	5.8	2.9	2.4	1.7	1
Cob	2.1	2.6	6.2	19.3	72.4	79	36.3	47.2	59
Alt	12	4.9	6.06	5.37	4.2	6.9	10.52	3.79	9.38
DAP	45	14	0.2	16.4	0.2	15.5	19.4	0.1	0.2
Den	156	190	147	168	1225	604	396	1650	447
Estrato medio									
RE	1	2	1	2	6	5	3	1	3
DEN	22153	3600	8704	3006	400	488	8038	1189	16649
H'	0.02	0.17	0.02	0.52	0.57	1.19	0.46	0.05	1.03
E	0	0.25	0	0.76	0.41	0.74	0.42	0	0.94
D	1	0.92	1	0.66	0.74	0.39	0.77	1	0.38
1/D	1	1.1	1	1.5	1.3	2.6	1.3	1	1.6
Cob	0.48	1.31	0.6	0.77	1.14	0.99	0.35	0	0.52
Alt	0.19	0.34	0.25	0.44	1.17	0.96	0.2	0.03	0.36
Den	22152	3600	8704	3006	400	489	8038	1189	16649
Estrato bajo									
RE	11	19	12	13	17	8	15	15	13
Altura h y p	28.75	42.5	28.12	20	28.33	18.67	17.5	36.92	20
% Poáceas	35	26.7	42.5	46.7	70	20.8	30.8	36.7	18.1
% Herbáceas	8.8	32.8	28.8	31.7	13.3	14.2	15.3	15	2.6
% Arbustivas	32.5	31.7	26.3	16.7	0	0	33.3	0	23.4
Alt	0.28	.43	0.28	0.20	0.28	.19	0.18	0.37	0.20

Anexo 4.

Parámetros de la comunidad de roedores en todos los sitios de muestreo por épocas en el Rancho El Duranguero, Municipio de Canatlán, Durango, México: RE = Riqueza específica, H' = diversidad (índice de Shannon-Wiener), D= diversidad (índice de Simpson), E = equitatividad, Dom = dominancia. Den = densidad (individuos/ha) y P = peso (gr).

Pastizal, 1 = Campo de verano, 2 = Fresada, 3 = Pista; bosque de encino-pino, 4 = Aire, 5 = La Pila, 6 = Nogales y bosque de pino-encino, 7 = Casas, 8 = Kosovo y 9 = Costosa.

Parámetro	Epoca	Pastizal			Boque encino-pino			Bosque pino-encino		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RE	Primavera	3	2	4	3	5	3	2	6	4
	Verano	5	6	3	5	4	3	2	4	5
	Otoño	2	2	4	2	5	4	1	3	3
	Invierno	4	4	4	2	2	3	1	1	3
Promedio		3.5	3.5	3.8	3	4	3.2	1.5	3.5	3.8
Total Anual		6	7	7	6	8	6	3	6	6
H'	Primavera	1.10	0.69	1.32	0.76	0.54	1.00	0.69	1.43	1.03
	Verano	1.52	1.51	0.97	1.23	0.82	0.96	0.41	0.94	1.04
	Otoño	0.67	0.56	1.22	0.30	1.05	1.24	0.00	0.60	0.83
	Invierno	1.22	1.09	1.33	0.38	0.69	1.01	0.00	0.00	0.87
Promedio		1.130	0.963	1.208	0.669	0.775	1.052	0.276	0.743	0.942
Total Anual		1.623	1.566	1.653	1.001	1.059	1.572	0.536	1.251	1.165
E	Primavera	1.00	1.00	0.95	0.69	0.33	0.91	1.00	0.80	0.75
	Verano	0.94	0.84	0.88	0.77	0.59	0.87	0.59	0.68	0.64
	Otoño	0.97	0.81	0.88	0.44	0.65	0.89	0.00	0.55	0.76
	Invierno	0.88	0.79	0.96	0.54	0.99	0.92	0.00	0.00	0.79
Promedio		0.95	0.86	0.92	0.61	0.64	0.90	0.40	0.51	0.73
Total Anual		0.91	0.80	0.85	0.56	0.51	0.88	0.49	0.70	0.65
Dom	Primavera	0.33	0.50	0.28	0.57	0.78	0.39	0.50	0.30	0.45
	Verano	0.24	0.27	0.41	0.39	0.57	0.43	0.76	0.52	0.50
	Otoño	0.52	0.63	0.33	0.83	0.47	0.32	1.00	0.69	0.52
	Invierno	0.36	0.42	0.28	0.78	0.50	0.39	1.00	1.00	0.50
Promedio		0.36	0.45	0.32	0.64	0.58	0.38	0.81	0.63	0.49
Total Anual		0.22	0.29	0.23	0.55	0.53	0.23	0.73	0.39	0.44
Den	Primavera	3	4	8	11	33	7	2	22	11
	Verano	12	21	9	12	22	7	7	10	16
	Otoño	10	8	9	11	20	12	7	11	16
	Invierno	10	10	6	8	11	6	2	4	6
Promedio		8.75	10.75	8	10.5	21.5	8	4.5	11.75	12.25
Total Anual		36.25	50	38.75	41.25	83.75	32.5	16.25	47.5	47.5
D	Primavera	0.67	0.50	0.72	0.43	0.22	0.61	0.50	0.70	0.55
	Verano	0	0.73	0.59	0.61	0.43	0.57	0.24	0.48	0.50
	Otoño	0.48	0.38	0.67	0.17	0.53	0.68	0.00	0.31	0.48
	Invierno	0.66	0.58	0.72	0.22	0.50	0.61	0.00	0.00	0.50
Promedio		0.45	0.5463	0.6751	0.3563	0.42098	0.61883	0.18623	0.37308	0.50553
Peso	Primavera	55	39	216	234	750	325	36	641	353
	Verano	448	748	513	383	614	282	160	407	498
	Otoño	613	626	510	231	603	275	145	376	504
	Invierno	315	407	152	148	197	208	41	78	164
Promedio		357.75	455	347.75	249	541	272.5	95.5	375.5	379.75
Total Anual		915	1073	1239	692	1188	621	269	1173	1166

Anexo 5

Parámetros anuales de la comunidad de los roedores en los sitios de muestreo: H' = diversidad (índice de Shannon-Wiener), E = Equitatividad, Dom = Dominancia, Den = densidad (individuos extrapolados a una hectárea) y P = Peso (gramos).

TIPO DE VEGETACIÓN	SITIO	RE	H'	E	Dom	Den	P
PASTIZAL	C. VERANO	6	1.62	0.91	0.23	36.25	915
	FRESADA	7	1.57	0.80	0.28	50	1073
	PISTA	7	1.65	0.85	0.23	38.75	1239
	Promedio	6.67	1.61	0.85	0.25	41.67	1075.67
B. ENCINO-PINO	AIRE	6	1.00	0.56	0.55	41.25	692
	PILA	8	1.06	0.51	0.53	83.75	1188
	NOGALES	6	1.57	0.88	0.23	32.50	621
	Promedio	6.67	1.21	0.65	0.44	52.50	833.67
B. PINO-ENCINO	CASAS	3	0.54	0.49	0.73	16.25	269
	KOSOVO	6	1.25	0.70	0.39	47.50	1173
	COSTOSA	6	1.17	0.65	0.44	47.50	1166
	Promedio	5	0.98	0.61	0.52	37.08	869.33

6. DISCUSIÓN GENERAL

La Sierra Madre Occidental es sin duda una de las provincias biogeográficas que alberga una alta diversidad biológica (Mittermeier y Mittermeier 1992, Challenger 1998), dadas sus características topográficas, evolutivas y la gran heterogeneidad ambiental existente, lo cual ha permitido la presencia de diversas comunidades y el desarrollo de ensamblajes faunísticos variados. La composición de especies en este bosque templado de la Sierra Madre Occidental en cuanto a pequeños mamíferos y a la vegetación, fue similar al reportado para los bosques del sureste de Durango (Muñiz 1988, González *et al.* 1993, Hernández 1996, Íñiguez y Santana 2005, Cuautle 2007), aunque se adicionaron otras especies. La similitudes y las diferencias encontradas para los roedores se pueden deber a que los estudios que se han realizado son similares o análogos en cuanto a sus componentes vegetales.

La presencia de escasas especies comunes por tipo de vegetación, tal como se ha reportado en otras localidades de esta provincia (Álvarez y Polaco 1984), es un indicador indirecto de que existe un tipo de respuesta donde a alta disponibilidad de recursos vegetales existen pocas especies predominantes y son las más competitivas (Aguirre 2004, Waide *et al.* 1999); esto último se fundamenta en que estas especies también fueron de amplia distribución en la zona de estudio.

Por otro lado, es probable que eventos del pasado causaron un aislamiento o restricciones en las áreas de distribución de algunas especies (Challenger 1988, Fa y Morales 1988, Ferrusquía-Villafranca 1988, Ceballos *et al.* 2010), como se ha reportado en los bosques occidentales de Jalisco (Íñiguez y Santana 2005), ya que se detectaron especies de ardillas con distribución relictual o restringida, tal como la ardilla amarilla *Sciurus niger* y el techalote *Sciurus nayaritensis* (Ceballos *et al.* 2010), además de otras especies como *Neotoma mexicana*, *N. lepida* y *Nelsonia neotomodon*.

Este estudio incluye nuevos registros de especie para el estado de Durango, la ardilla amarilla *Sciurus nayaritensis*, la rata cambalachera *Neotoma lepida* y el ratón *Onychomys arenicola*, por lo que se amplía el área de distribución de estas especies y se confirma que estos taxones habitan en las zonas transicionales de la SMOcc con la zona semidesértica del Altiplano Mexicano.

La vegetación en el sitio de estudio se presentó a manera de mosaicos, generalmente en distancias relativamente cercanas, resultado de la gran heterogeneidad espacial

presente en estos bosques de la Sierra Madre Occidental. Los suelos fueron someros, algo pedregosos, con escaso afloramiento de roca madre y reducida acumulación de hojarasca (Garza *et al.* 2005), que es característico de los bosques templados secos de esta provincia. Los tipos de vegetación identificados fueron los bosques de encino-pino, los bosques de pino-encino y los pastizales naturales, siendo el sotobosque rico en especies de hierbas, principalmente de las familias Asteraceae y Poaceae, que corresponde con lo registrado para algunos bosques de las zonas templadas de México, con representantes de los géneros *Eryngium*, *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Penstemon*, *Salvia*, *Senecio*, *Stevia*, *Stipa* y *Tagetes* (Challenger 1998, Rzedowski 1998, Ramamoorthy y Elliott 1998, Ramamoorthy *et al.* 1998, Aragón *et al.* 2010). Las especies de plantas que prevalecieron fueron las típicas de estos bosques templados, aunque las especies dominantes variaron por sitio, correspondiendo algunas de ellas a especies de ambientes más secos a los reportados para otras localidades (*Pinus chihuahuana*, *Quercus durifolia*, *Q. arizonica*, *Q. striatula*, *Arctostaphylos pungens*, *Muhlenbergia dubia*, *M. rigida*, *M. flaviseta* y *Heteropogon contortus*), indicando que estas zonas corresponden a bosques más secos.

Por otra parte, se registraron endemismos para México y para la Sierra Madre Occidental (12 de plantas, *Arbutus tessellata*, *Eryngium beecheyanum*, *Festuca tolucensis*, *Karinia mexicana*, *Lonicera pilosa*, *Muhlenbergia pubescens*, *Perymenium mendezii*, *Psacalium sinuatum*, *Quercus konzattii*, *Q. eduardii*, *Pinus leiophylla* y *Roldana sessilifolia* y dos de roedores, *Nelsonia neotomodon* y *Sciurus nayaritensis*). Asimismo, un número importante de especies requieren conservarse, siete de plantas que se encuentran en la lista roja de la UICN por ser de distribución restringida (*Quercus depressipes*, *Q. konzattii*, *P. cembroides*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *A. xalapensis* y *Juniperus deppeana*) y cuatro de roedores incluidas en la NOM-059 (*Nelsonia neotomodon*, *Sciurus nayaritensis* y *Neotoma lepida*). Además *Tamias dorsalis*, que aunque esta última no se incluye en la Norma Mexicana debe ser considerada como tal, por ser exclusiva de las partes altas de montañas teniendo una distribución restringida (Ceballos *et al.* 2010). Por lo anterior, los bosques de este estudio resultaron ser áreas importantes para la conservación de la biodiversidad, ya que se detectaron endemismos y especies de plantas y de roedores en alguna categoría de riesgo, características propias de zonas de ecotono o de transición.

La alta riqueza de especies de roedores en este bosque corresponde a lo reportado para las zonas intermedias entre la parte baja de la montaña y las cimas, en donde se tienen los mayores valores de riqueza, siendo sitios de alta heterogeneidad ambiental

con gran variedad de macro y microhábitats (Brown 2001). Este bosque es el sitio con mayor riqueza de especies de roedores reportados hasta el momento para la Provincia de la Sierra Madre Occidental (generalmente menores de 16 en el sureste de Durango, en Jalisco y en Chihuahua (Álvarez y Polaco 1984, Hernández 1996, Iñiguez y Santana 2005, García-Mendoza 2006, Cuautle 2007), pues se detectaron 18 especies pertenecientes a ocho géneros y dos familias de Muridae y Sciuridae, por lo que es un sitio importante en cuanto a biodiversidad. La carencia de especies de abazones o heterómidos, corresponde a lo reportado para los bosques del occidente de México, en donde existe una marcada reducción de especies para este grupo (Iñiguez y Santana 2005, García-Mendoza 2006).

La presencia de dos especies de ratas algodóneras en simpatria ya estaba registrada en áreas cercanas dentro del municipio de Cantlán (Baker y Greer 1962), lo cual se atribuye a que este bosque corresponde a una zona de transición en donde confluyen elementos de los bosques templados secos y del semidesierto (Aragón *et al.* 2010). También es un límite en el área de distribución de algunas especies, por ejemplo de las ratas algodóneras, ya que en otras localidades una de las especies se asocia principalmente a las partes altas boscosas, mientras que la otra a las partes bajas de la sierra (Ramírez y Chávez 2002, Ramírez *et al.* 2002).

Además, las especies de roedores registradas fueron de afinidades neártica, neotropical o compartida, lo cual corrobora nuevamente que es una zona transicional (bosque y semidesierto). La gran variedad en los gremios tróficos de las especies de micromamíferos sugiere que los recursos existentes en el área son diversos, permitiendo la coexistencia interespecífica, estrategia que se ha observado en sitios de alta heterogeneidad o de vegetación en parches del occidente mexicano (Cramer y Willig 2002, Iñiguez y Santana 2005).

Es importante señalar que hubo algunos sitios con vegetación secundaria, los cuales se caracterizaron por tener una alta abundancia de especies de roedores y por presentar especies arbustivas indicadoras de perturbación (*Arbutus arizonica* y *Aristida schiedeana*), otras resistentes a la insolación y al fuego (el madroño, *Arbutus*; el encinillo, *Quercus striatula* y la manzanita, *Arctostaphylos pungens*). El encinillo se sabe que es una especie que coloniza rápidamente, inhibiendo el crecimiento de otro tipo de asociación vegetal, por lo que modifica la cobertura vegetal del sotobosque y puede llegar a interferir en la obtención de alimento o cobertura por la fauna silvestre (González *et al.* 1993). En contraste, la manzanita llega a ser un alimento preferido e

importante para la fauna silvestre en general (Martínez 1996, Morales *et al.* 1997, Garza *et al.* 1998, Garza *et al.* 2005). Las perturbaciones naturales, como los incendios, pueden llegar a ser una fuente importante de variabilidad espacial y temporal en la composición de las especies (Fa y Sánchez-Cordero 1993) y son reconocidos como elementos claves para mantener la diversidad vegetal de una comunidad (Pickett y White 1997). Es posible que ciertas actividades antropogénicas (posiblemente ganadería o forestal) pudieran llegar a facilitar la entrada de especies generalistas y oportunistas de plantas y mamíferos pequeños, teniendo como respuesta inicial un aumento en la riqueza y abundancia de las especies, como se observó en este estudio.

Por otro lado, las especies presentaron tallas corporales distintas (distribución casi unimodal y respondiendo a la regla de Hutchinson (1957), tal como se ha reportado para este grupo en Norteamérica (Brown y Nicoletto 1991), lo que sería de esperar para reducir o evitar la competencia entre especies a nivel local (probablemente por alimento y espacio). Los registros sobre la amplia gama de pesos observada en los ensambles de roedores, tal como se ha reportado para este grupo (Arita y Figueroa 1999) y la coexistencia de varias especies de pesos similares en un sitio, sugiere que estos bosques sostienen una gran variedad de especies. Lo anterior es una respuesta que permite la coexistencia interespecífica, dada la gran variedad de hábitats presentes en la Sierra Madre Occidental (Challenger 1998). La presencia tanto de especies generalistas como de especialistas sugiere que el sitio ofrece una significativa cantidad de recursos, tal como se ha registrado en otros estudios (Challenger 1998).

En las comunidades de los roedores, la diversidad media a alta es comparable con otros sitios de ambientes similares de montaña (Hernández 1996, Muñiz 1988, Sánchez *et al.* 2005, Cuautle 2007) y los valores son mayores que los reportados para las zonas tropicales (Ceballos 1989, Medellín 1992, Sánchez *et al.* 2001). La equitatividad es alta comparativamente con otros bosques (Hernández 1996, Muñiz 1988) y las especies estuvieron mejor repartidas en los pastizales. Las densidades fueron moderadas, siendo similares a las reportadas para otras zonas de ecotono (Sánchez *et al.* 2005) y sólo el sitio con vegetación secundaria presentó una mayor densidad de roedores.

En las comunidades vegetales los valores de diversidad fueron similares en todos los tipos de vegetación estudiados a nivel de microambiente o local y la equitatividad fue

mayor en los bosques mixtos de encino-pino que en los otros sitios, siendo ambos parámetros similares a lo registrado para otras áreas de la SMOcc (González *et al.* 1993). Se observó que el sitio con presencia de vegetación secundaria fue el que presentó mayores valores de densidad, lo que sugiere que a perturbaciones moderadas existe una respuesta similar de incremento en la densidad en los dos grupos biológicos (plantas y mamíferos pequeños).

Los roedores de tamaño corporal mediano no presentaron patrones espaciales al azar y correspondieron a los ensambles de especies herbívoras. En cambio, las especies de tamaños pequeños fueron las que se diferenciaron en sus gremios tróficos y se distribuyeron al azar. Esto demuestra que existe una selección del hábitat de las especies con ciertos atributos (gremios tróficos, tamaños corporales y posiblemente sustrato o refugios). Las especies de tamaños intermedios, tales como los géneros *Sigmodon*, *Neotoma* y *Nelsonia* pudieran llegar a presentar un cierto grado de competencia por recursos alimentarios, puesto que son especies herbívoras a menos que el alimento sea abundante en las zonas. Por lo anterior, se deduce que hubo una diferenciación por grupos funcionales (principalmente por alimento y espacio) en los ensambles de los roedores, en donde las especies estuvieron repartidas de acuerdo a sus tamaños corporales, la vegetación y su categoría trófica.

Los factores de la estructura del hábitat que influyen en las comunidades de pequeños mamíferos sólo fueron evidentes al analizarse estacionalmente, en donde la mayoría de las relaciones ocurrieron durante la primavera. La riqueza y densidad del arbolado resultó ser influyente en algunos atributos de las comunidades de roedores (riqueza, diversidad, densidad y biomasa), aunque otros atributos de los arbustos también se relacionaron, tales como la equitatividad y sus porcentajes. Esto puede deberse a que esta estación corresponde a la época seca, en donde existe una reducción considerable de los recursos disponibles y por tanto son evidentes los atributos importantes para las comunidades de roedores.

En cambio, durante y después de las lluvias de verano, en el que la presencia de partes verdes, frutos y semillas es importante, no se detectaron relaciones de dependencia posiblemente porque las especies no requieren tener grandes movimientos y por lo tanto, se reduce la captura de individuos en las trampas durante estas épocas.

En otoño la cobertura de los arbustos se relacionó con la densidad de roedores y en invierno el porcentaje y la cobertura de los arbustos influyó en la riqueza de especies de roedores y la cobertura de arbustos medianos en la biomasa de los roedores. Esto se atribuye a que las dos últimas épocas del año son cuando comienza a disminuir la abundancia de los recursos para los pequeños mamíferos y los arbustos probablemente les brindan alimentación y cobertura para refugiarse, tal como se ha reportado para los roedores (Getz 1965, Birney *et al.* 1976, Belk *et al.* 1988).

Los factores que influyen en las comunidades de roedores son resultado principalmente de los hábitos alimentarios, de los sitios de refugio y de reproducción de las especies que componen los ensamblajes, por lo que las dos especies comunes del género *Peromyscus* se relacionaron con el estrato arbóreo principalmente. Del género *Sigmodon* una especie dependió de la altura de las hierbas y pastos, mientras que la otra dependió de los refugios, prefiriendo bajas altitudes y *Reithodontomys montanus* de los arbustos principalmente. Los parámetros de la estructura del hábitat que influyen en las especies comunes respondieron primordialmente al uso del espacio en el hábitat de acuerdo a los requerimientos de cada una de ellas (por ejemplo, alimento, espacio y refugio).

Este estudio muestra la presencia de una comunidad de roedores rica y diversa, en donde existen diferentes factores de la estructura del hábitat, principalmente de la vegetación, que afecta la organización y la distribución de las comunidades de micromamíferos, tal como se había sido sugerido en otros estudios, pero que no estaba confirmado con datos de campo.

7. CONCLUSIONES

Los resultados corroboran la hipótesis de que la heterogeneidad del hábitat incrementa la riqueza de especies y la diversidad de los roedores. Esto se hizo evidente durante los análisis por temporada, como una respuesta de los roedores a la marcada estacionalidad en estos ecosistemas templados, en donde fue posible obtener modelos predictores sobre estas relaciones.

Como se ha sugerido en otras investigaciones, la composición de las comunidades de roedores varió de acuerdo a los mosaicos de la vegetación, indicando que este bosque templado ha permitido el establecimiento y la permanencia de ensambles de roedores de diversas afinidades biogeográficas, gremios tróficos, tamaños y tallas, particularmente en estas zonas de ecotono de esta provincia, las cuales han sido escasamente estudiadas.

Se registraron ensambles de roedores que se distribuyeron al azar, mientras que otros no, evitando así el solapamiento. Este hallazgo es valioso, ya que dada la gran diversidad de ambientes presentes en la Sierra Madre Occidental, las especies han llegado a desarrollar distintas respuestas en el uso del espacio con la finalidad de permanecer y reproducirse a lo largo del tiempo.

8. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar un mayor número de estudios sobre la ecología de comunidades de pequeños roedores en otras localidades de la Sierra Madre Occidental, con la finalidad de definir con mayor precisión los patrones presentes en toda la cordillera.

Adicionalmente, los bosques de esta provincia resguardan una alta riqueza de especies de roedores, gran cantidad endemismos y especies que requieren de conservarse de plantas y roedores, además de que los bosques tienen un buen estado de conservación. Por lo anterior, deben promoverse estudios específicos que generen un mayor conocimiento sobre estas especies y ampliarse en otras localidades afines, promoviendo así la conservación de la diversidad biológica de la SMOcc.

También se recomienda realizar experimentos de campo de las especies de ratas algoneras que habitan en simpatria, para determinar con precisión la coexistencia o posible competencia entre ellas.

La alta riqueza y densidad de especies de roedores en sitios con presencia de vegetación secundaria parece corresponder a perturbaciones moderadas por incendios en el pasado, por lo que se recomienda realizar experimentos de campo que evalúen este supuesto.

Finalmente, el desarrollo de este tipo de estudios en otras áreas con características similares, favorecen el incremento de conocimiento de las especies y los ecosistemas boscosos en México, lo que permite potencializarlas como áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad, sin menoscabo a las especies emblemáticas o tradicionales. La biodiversidad de las zonas de montaña, provee de buenos elementos para su conservación en sí, dada la gran actividad forestal existente en ellas, pero la validación mediante estudios como este garantiza que se dé a través de bases científicas sólidas.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Abramsky, Z. y M.L. Rosenzweig. 1984. Tilman's predicted productivity diversity relationship shown by desert rodents. *Nature* 309:150-151.
- Aguilar, B.C., R. Miranda y S.G. Salazar. 1996. Estudio de fauna silvestre de la región forestal El Salto, Dgo. Informe Técnico. Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto, Dgo., A.C. El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.
- Aguirre, E.C. 2004. Diversidad, productividad y heterogeneidad ambiental en un bosque tropical caducifolio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Altrichter, M., M. Kufner, L. Giraudo, G. Gavier, D. Tamburini, A. Calabrese, M. Sironi y L. Arguello. 2001. Comunidades de micromamíferos de bosque serrano y pastizal de altura de la Reserva la Quebrada, Córdoba, Argentina. *Vida Silvestre Neotropical* 10:58-81.
- Altrichter, M., M. Kufner, L. Giraudo, G. Gavier, D. Tamburini, M. Sironi y L. Arguello. 2004. Comunidades de micromamíferos de bosque serrano y pastizal de altura en la Sierra Chica, Córdoba, Argentina. *Ecología Aplicada* 3:123-127.
- Álvarez, T. y J. Arroyo-Cabrales. 1990. Cálculos de captura, densidad y ámbito hogareño de tres especies de roedores en un área de influencia humana en el sureste de Durango, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 33:185-210.
- Andersen, A.N. 1992. Regulation of momentary diversity by dominant species in exceptionally rich communities of a Australian seasonal tropics. *The American Naturalist* 140:401-420.
- Andrewartha, H.G. y L.C. Birch 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press. Chicago, Illinois. 782 pp.
- Anthony, J.R., L.J. Niles y J.D. Spring. 1981. Small-mammals associations in forested and old-field habitat- a quantitative comparison. *Ecology* 62:955-963.
- Aragón, E.E., A. Garza, S. González e I. Luna. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del Rancho "El Duranguense" en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:771-787.
- Arita, H.T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. En: Pp. 108-128. Medellín, R.A. y G. Ceballos (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México. Asociación Mexicana de Mastozoología. Publicaciones Especiales 1. México, D.F. 464 pp.

- Arvizu, A. 2008. Distribución y abundancia de los roedores del predio “El Duranguense”, Canatlán, Durango. Informe final de servicio social. Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D.F. 63 pp.
- August, P.V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64:1495-1507.
- Baker, R.H. 1960. Mammals of the Guadiana lava field, Durango, México. *Publications of the Museum of Michigan State University* 1:303-328.
- Baker, R.H. y J.K. Greer. 1962. Mammals of the Mexican State of Durango. *Publications of the Museum of Michigan State University. Biological Series.* 154 pp.
- Belk M., D. Smith y J. Lawson. 1988. Use and partitioning of montane habitat by small mammals. *Journal of Mammalogy* 69:688-695.
- Belyea, L.R. y J. Lancaster. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos* 86:402-416.
- Birney E., W. Grant y D. Bird. 1976. Importance of vegetative cover to cycles of *Microtus* populations. *Ecology* 57:1043-1051.
- Bonaventura, S. y F. Kravetz. 1989. Relación roedor vegetación: Importancia de la disponibilidad de cobertura verde para *Akodon azarae* durante el invierno. *Physis (Buenos Aires), Secc. C* 47:1-5.
- Bouskila, A. 1995. Interactions between predation risk and competition: a field study of kangaroo rats and snakes. *Ecology* 76:165–178.
- Bowman, J. G. Forbes y T. Dilworth. 2001. Landscape context and small mammals abundance in a managed forest. *Forest Ecology and Management* 140:249-225.
- Brady, M.L. y N.A. Slade. 2001. Diversity of a grassland rodent community at varying temporal scales: the role of ecologically dominant species. *Journal of Mammalogy* 82:974-983.
- Brower, J. E. y J.H. Zar. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology, 4^a ed. McGraw-Hill. Companies, Inc., Boston. MA, 273 pp.
- Browers, M.A. y J.H. Brown. 1982. Body size and coexistence in desert rodents: change or community structure? *Ecology* 63:391-4000.
- Brown, J.H. 1989. Desert rodent community structure: a test of four mechanisms of coexistence. *Ecological Monographs* 59:1–20.
- Brown, J.H. 1995. Macroecology. University of Chicago Press. Chicago, Illinois.
- Brown, J. H. y A. Harney. 1993. Population and community ecology of heteromyid rodents in temperate habitats. In: Pp. 618-652. Genoways, H.H. y J.H. Brown

- (eds.). Biology of the Heteromyidae. American Society of Mammalogists, Utah, USA.
- Brown, J.H. y J.C. Munger. 1985. Experimental manipulation of a desert rodent community: food addition and special removal. *Ecology* 66:1545-1563.
- Brown, J.H. y Z. Zeng. 1989. Comparative population ecology of eleven species of rodents in the Chihuahuan Desert. *Ecology* 70:1507-1525.
- Carey, A.B. y C.A. Harrington. 2001. Small mammals in young forest: implications for management for sustainability. *Forest Ecology and Management* 154:289-309.
- Ceballos, G.G. y C.L. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Editorial Limusa. México, D.F. 299 pp.
- Ceballos, G.G., J. Pacheco y R. List. 1999. Influence of prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*) on habitat heterogeneity and mammalian diversity in Mexico. *Journal of Arid Environments* 41:161-172.
- Ceballos, G.G., J. Arroyo-Cabrales y E. Ponce. 2010. Effect of Pleistocene environmental changes on the distribution and community structure of the mammalian fauna of Mexico. *Quaternary Research* 73:464-473.
- Chávez T., J.C. 2005. *Peromyscus truei* (Shufeldt, 1885). En: Pp. 773-774. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Chávez T., J.C. y G. Ceballos. 2005. *Peromyscus difficilis* (J. A. Allen, 1891). En: Pp. 729-730. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Chávez, C.B. y L.A. Espinosa. 2005. *Peromyscus leucopus* Rafinesque, 1818. En: Pp. 744-745. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Clements, F.E. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology* 24:252-284.
- Connell, J.H y R.O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111:1119-1144.
- Drake, J.J. 1958. The Brush mouse *Peromyscus boylii* in Southern Durango. En: Pp. 97-132. Publications of the Museum Michigan State University, Biological Series. Michigan State University Library, East Lansing, Michigan, USA.
- Ecke, F., O. Lofgren y D. Sorlin. 2002. Population dynamics of small mammals in relation to forest age and structural habitat factors in northern Sweden. *Journal of Applied Ecology* 39:781-792.

- Espinoza A., L.A. y C.B. Chávez T. 2005. *Peromyscus boylii* (Baird, 1855). En: Pp. 723-724. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Fa, J. y V. Sánchez-Cordero. 1993. Effect of fire on a Mexican high-altitude grassland small mammals community. *Journal of Zoology* 230:343-347.
- Fávila, M. y G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community. *Journal of Zoology* 230:343-347.
- García-Mendoza, D. 2006. Los mamíferos de la región de Norogachi, Alta Sierra Tarahumara, Chihuahua, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. D.F. 130 pp.
- Getz L. 1965. Humidities in voles runways. *Ecology* 46:548-550.
- Givnish, T.J. 1982. On adaptive significance of leaf height in forest herbs. *The American Naturalist* 120:353-381.
- Gleason, H.A. 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53:7-26.
- González-Saravia, L.F. 2001. Afinidades biogeográficas y distribución de los roedores del Estado de Durango, México. Tesis profesional. Escuela de Biología, Universidad de las Américas en Puebla. UDLA. Puebla, Puebla.
- Graham, A. 1988. Factores históricos de la diversidad biológica de México. En: Pp. 109-127. Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.). Diversidad biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 792 pp.
- Graham, R.W. 1986. Response of mammalian communities to environmental change during the late Quaternary. En: Pp. 300-311. Diamond, J. y T.J. Case (eds.). Community Ecology. Harper y Row, Nueva York. 665 pp.
- Grant, W.E. y E.C. Birney. 1979. Small mammal community structure in North American grasslands. *Journal of Mammalogy* 60:23-36.
- Grenot, C. (Ed.). 1983. Desierto Chihuahuense. Fauna del Bolsón de Mapimí. Departamento de Zonas Áridas – INECOL. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. 63 pp.
- Grenot, C. y V. Serrano. 1982. Distribution spatiale et structure des communautés de petit vertébrés du Désert de Chihuahua. *Compt. Rend. Soc. Biogéographie* 58:159-191.
- Grinnell, J. 1917. Field test of theories concerning distributional control. *The American Naturalist* 51:115-128.

- Hall, D.L. y M.R. Willing. 1994. Mammalian species composition, diversity, and succession in conservation reserve program grasslands. *The Southwestern Naturalist* 39:1–10.
- Heithaus, E.R., T.H. Fleming y P.A. Opler. 1975. Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology* 56:841-854.
- Holbrook, S.J. 1979. Habitat utilization, competitive interactions, and coexistence of three species of cricetine rodents in east-central Arizona. *Ecology* 60:758-769.
- Horvath A., I.J. March y J.H.D. Wolf. 2001. Rodent diversity and land use in Montebello, Chiapas, Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36:169-176.
- Huston, M.A. 1994. Biological Diversity: The Coexistence of species on Changing Land-scapes. Cambridge University Press. New York, New York. 681 pp.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology* 22:415-427.
- lniguez, L.I. y E. Santana. 1993. Patrones de distribución y riqueza de especies de los mamíferos del occidente de México. En: Pp. 65-86. Medellín, R.A. y G. Ceballos (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México. *Asoc. Mex. Mastozoología. Pub. Esp. 1*. México, D.F. 464 pp.
- Jones, J.K., Jr. 1964. Additional records of mammals from Durango, Mexico. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 66:750-753.
- Kerley, G.I.H. 1992. Ecological correlates of small mammal community structure in the semiarid Karoo, South Africa. *Journal of Zoology* 227:17–27.
- Kotler, B.P. 1984. Risk of predation and the structure of desert rodent communities. *Ecology* 65:689-701.
- Kotler, B.P. 1985. Owl predation on desert rodents which differ in morphology and behavior. *Journal of Mammalogy* 66:824-828.
- Lawton, J.H. 1996. Patterns in ecology. *Oikos* 75:145-147.
- Levins, R. 1968. Evolution in changing environments. Princeton University Press. Princeton. Nueva Jersey, New York. 120 pp.
- Lomolino, M.V. 2001. Elevational gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10:3-13.
- MacArthur, R.H. y J.W. MacArthur y J. Peer. 1962. On bird species diversity. II. Prediction of bird census from habitat measurements. *The American Naturalist* 96:167-174.

- Mares, M.A. y K.A. Ernest. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. *Journal of Mammalogy* 76:750–768.
- Morrison M.L., A.J. Kuenzi, C.F. Brown y D.E. Swann. 2002. Habitat use and abundance trends of rodents in southeastern Arizona. *The Southwestern Naturalist* 47:519-526.
- Moser, B.W., M.J. Pipas, G.W. Witmer y R.M. Engeman. 2002. Small mammal use of hybrid poplar plantations relative to stand age. *Northwest Science* 76:158–165.
- Myers, A.A. y P.S. Giller. 1989. Analytical biogeography an integrated approach to the study of animal and plant distribution. Chapman y Hall, Londres. Reino Unido.
- Ostfeld, R.S. 1985. Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *The American Naturalist* 126:1-15.
- Ostfeld, R.S., S.T.A. Pickett, M. Shachak, y G.E. Likens. 1997. Defining the scientific issues. En: Pp. 3-10. Pickett, S.T.A., R.S. Ostfeld, M. Shachak y G.E. Likens (eds.). *The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystems, and Biodiversity*. Chapman y Hall, Inc. New York, New York. 466 pp.
- Owen, J.G. 1988. On productivity as a predictor of rodent and carnivore diversity. *Ecology* 69:1161-1165.
- Pickett, S. y P. White. 1997. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. Nueva York, Nueva York.
- Price, M.V. 1978. The role of microhabitat in structuring desert rodent communities. *Ecology* 59:910–921.
- Price, M.V. 1981. Body size and patch choice in desert rodents: a model for searching predator. *Bulletin of the Ecological Society of America* 62:109.
- Putnam, R.J. 1994. *Community Ecology*. Chapman and Hall. London, Reino Unido 178 pp.
- Ramírez, J. y J.C. Chávez. 2005. *Sigmodon ochrognathus* Bailey, 1902. En: Pp. 805-806. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Ramírez, J., J.C. Chávez y G. Oliva. 2005. *Sigmodon leucotis* Bailey, 1902. En: Pp. 801-803. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Ramírez-Pulido, J., A. Sánchez, U. Aguilera y A. Castro-Campillo. 2005. *Peromyscus maniculatus* (Wagner, 1845). En: Pp. 748-750. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.

- Ricklefs, R.E. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- Ricklefs, R.E. 1989. Speciations and diversity: the integration of local and regional processes. En: Pp. 599-622. Otte, D. y J.A. Endler (eds.). Speciation and its consequences. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 679 pp.
- Ricklefs, R.E. y G.L. Millar. 2000. Ecology. Fourth Ed. Kilt Freeman Press. Nueva York, N.Y. 822 pp.
- Rosenzweig, M.L. 1973. Habitat selection experiments with a pair of coexisting heteromyid rodent species. *Ecology* 54:111–117.
- Rosenzweig, M.L. 1995. Species Diversity in Space and Time. Cambridge University Press. Cambridge, Nueva York. 436 pp.
- Rosenzweig, M. y J. Winakur. 1969. Population ecology of desert rodent communities: Habitats and environmental complexity. *Ecology* 50:558-752.
- Rosenzweig, M.L. y Z. Abramsky. 1993. How are diversity and productivity related?. En: Pp. 52-65. Ricklefs, R.E. y D. Schuller (eds.). Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives. University of Chicago Press. Chicago, Illinois. 414 pp.
- Sánchez, O. y G. Oliva. 2005. *Reithrodontomys megalotis* (Baird, 1858). En: Pp. 784-785. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.
- Sánchez-Cordero, V. y M. Canela-Rojo. 1991. Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del Eje Neovolcánico Transversal mexicano. *Anales Instituto de Biología. UNAM. Serie Zoología* 62:319-340.
- Servín, J., E. Chacón, C. Huxley y N. Alonso-Pérez. 1995. Los mamíferos del Estado de Durango, México. Informe Técnico. Instituto de Ecología A.C.-CONABIO. México, D.F. 47 pp.
- Servín, J., E. Chacón, N. Alonso-Pérez y C. Huxley. 2003. New records of mammals from Durango, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 48:136-138.
- Sullivan, T.P. y D.S. Sullivan. 2001. Influence of variable retention harvests on forest ecosystems. II. Diversity and population dynamics of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 38:1234–1252.
- Sullivan, T.P., D.S. Sullivan y P.M.F. Lindgren. 2000. Small mammals and stand structure in young pine, seed-tree, and old-growth forest, southwest Canada. *Ecological Applications* 10:1367–1383.
- Télez G., G. y O. Sánchez. 2005. *Reithrodontomys montanus* (Baird, 1855). En: Pp. 787-788. Ceballos, G. y G. Oliva (Coordinadores). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México, D.F. 986 pp.

- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M.C. Wichmann, M. Schwager y F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79–92.
- Tilman, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80(5): 1455–1474.
- Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-75.
- Vargas, J.A. y A. Hernández. 2001. Distribución altitudinal de la mastofauna de la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana. N.S.* 82:83-109.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umana. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Waide, R.B., M.R. Willing, C.F. Steiner, G.G. Mittelbach, L. Gough, S.I. Dodson, G.P. Juday y R. Parmenter. 1999. The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30:257-300.
- Webb, R.G. y R. Baker. 1962. Terrestrial Vertebrates of the Pueblo Nuevo area of Southwestern, Mexico. *The American Midland Naturalist* 68:325-333.
- Whitford, W.G. 1976. Temporal fluctuation in density and diversity of desert rodent populations. *Journal of Mammalogy* 57:351-369.
- Whittaker, R.H. 1975. *Communities and Ecosystems*, MacMillan Publishing Corporation. Nueva York, Nueva York. 385 pp.
- Williams, S.E. y H. Marsh. 1998. Changes in small mammal assemblage structure across a rain forest open forest ecotone. *Journal of Tropical Ecology* 14:187–198.
- Williams, S.E., H. Marsh y J. Winter. 2002. Spatial scale, species diversity, and habitat structure: Small mammals in Australian tropical rain forest. *Ecology* 83:1317–1329.
- Windberg L.A. 1998. Population trends and habitat associations of rodents in southern Texas. *American Midland Naturalist* 140:153-160.