



Universidad Nacional Autónoma
de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Comparación de la estructura y
composición de comunidades de mamíferos
pequeños entre una zona de Pino-zacatonal
en México y una de Bosque Boreal en
Canadá.

Que para obtener el título de BIÓLOGO
presenta:

Mónica Isabel Chávez Bustos

Asesor:

Ph D. Frank Fensom Mallory
Laurentian University

Los Reyes Iztacala, Edo. Méx. 2006



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.

Agradecimientos y Dedicatoria

A quienes han dedicado su vida a darme vida: Isabel y Alejandro

A mis hermosas hermanas: Alejandra, Rosa y Marcela

A toda mi maravillosa familia y muy especialmente a Verena Gerber Stump.

A mis más grandes amigos: Gema, Mony, Chava y Miguel

To my buddies: Matt, Jhonny, Catherine, Amelie, Cristina, Paulina, and José.

A la Universidad Laurentiana y la bella Canadá

A los miembros del jurado que contribuyeron con sus sugerencias a mejorar en forma significativa este trabajo: Dra. Juana Alba, Biol. Leticia Espinoza, M. en C. Rodolfo García y M. en C. Vanny Cuevas.

Y si no me vas a anotar, con mucho cariño para ti.

“ Si pude ver más allá es porque subí en hombros de gigantes”

Galileo Galilei

Dr. Frank F. Mallory
Laurentian University



Dra. Catalina Chávez Tapia
FES-Iztacala UNAM



Mi más grande admiración y mi más profundo respeto. Gracias.

CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
ÁREAS DE ESTUDIO	7
Ajusco, México	7
Ontario, Canadá	8
OBJETIVOS	11
Objetivo General	11
Objetivos Particulares	11
METODOS	12
RESULTADOS	14
Riqueza de especies	14
Medidas somáticas	15
Densidad poblacional	27
Estructura de las comunidades	29
Composición de especies	35
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	46



RESUMEN

Se llevó a cabo una comparación de la estructura y composición de una comunidad de mamíferos pequeños entre un Bosque de Pino-zacatonal en México y un Bosque Boreal en Canadá. Los datos para México fueron tomados de los muestreos de la Dra. Chávez en 2004. Para el muestreo en Bosque Boreal se utilizaron 178 trampas “Sherman” en transectos paralelos cebados con crema de cacahuete. Se comparó riqueza, masa corporal, densidad, estructura de la comunidad y composición de especies. Para Pino-zacatonal se registraron ocho especies siendo *Neotomodon alstoni* la más abundante, para Bosque Boreal se registraron diez y la más abundante fue *Clethrionomys gapperi*. La masa corporal promedio fue de 91g. Las densidades obtenidas indican que ambas comunidades se mantiene estables. Las especies omnívoras predominan en ambas comunidades, comparten hábitos carnívoros y la herbivoría resulta exclusiva de Pino-zacatonal. Los sistemas depredador/presa son muy similares. *Peromyscus maniculatus* es compartida para ambos Bosques.



INTRODUCCIÓN

La descripción de la biosfera se fundamenta en comparar ecosistemas y evaluar las semejanzas o diferencias de sus partes homólogas (Margalef, 1995). La vegetación del bosque cubre alrededor de una tercera parte de la superficie de la tierra, este ecosistema incluye a todos los organismos vivientes de bosque y se extiende verticalmente desde la parte más alta del dosel a las capas más bajas del suelo afectados por los procesos bióticos, la comunidad está determinada por la distribución y la diversidad de especies en el paisaje (Waring y Schleisinger, 1985).

Una comunidad esta definida como una colección de poblaciones animales y plantas que interactúan directa o indirectamente en un área (Smith y Smith, 2001), y no solo se caracteriza por su variedad única de plantas y animales, sino también por las complejas interacciones que suceden entre los organismos y por los efectos que tiene el ambiente físico sobre la biota; en este contexto las estructuras y procesos dinámicos de las comunidades son la suma de los destinos de todos los organismos que las integran por lo tanto, el papel de cada organismo dentro de la comunidad depende de las interacciones de éste con los otros miembros de la comunidad y con su ambiente físico (Vaughan, 1986).

Esta se puede organizar en virtud de las interacciones bióticas que operan en ella: competencia, depredación y simbiosis. La competencia entre plantas, herbívoros y carnívoros controla la diversidad y la abundancia de especies en una comunidad, mientras que la depredación da lugar a su organización en cadenas alimentarias.

Las comunidades existen naturalmente en ensambles de poblaciones de animales y plantas que viven en el mismo ambiente e interactúan en diferentes formas (Smith y Smith, 2001). Estas interacciones pueden ser directas o



indirectas y la estructura de la comunidad proviene de toda la variedad de interacciones entre las especies y las poblaciones y crean así las propiedades emergentes de la comunidad (Begon *et al.* 1996). El rol jugado por los pequeños mamíferos como consumidores en el flujo de energía dentro de los ecosistemas naturales es muy importante en las comunidades (Golley, 1975).

Dentro del grupo de mamíferos pequeños, los roedores representan casi una tercera parte del total de las especies, la mayoría son herbívoros u omnívoros de gran abundancia en casi todos los ecosistemas del mundo. Constituyen un nivel importante de consumidores primarios dentro de las pirámide tróficas que caracterizan a las comunidades y tienen un papel relevante en el mantenimiento de la diversidad y estructura animal y vegetal de las comunidades (Chávez, 1982).

Desde un enfoque macroecológico resulta interesante elaborar estudios sobre comunidades de mamíferos pequeños a escala de bioma, y es por esto que se llevará a cabo una comparación de la estructura y composición de la comunidad de roedores entre un Bosque de Pino-zacatonal en la Sierra del Ajusco, México y un Bosque Boreal en Ontario Canadá, donde las coníferas representan la vegetación predominante para ambas regiones.

El Bosque Boreal es la región natural más grande de Ontario y la región forestal más grande en Canadá (Eder, 2002), geográficamente es también parte de la ecozona "Boreal Shield" (Escudo Boreal). El término de ecozona se define como un área donde los organismos y sus ambientes físicos perduran como un sistema, la mayoría de los elementos utilizados para determinar una ecozona lo son la forma del paisaje, el suelo, el agua, la vegetación y el clima (Wiken, 1986).

En el Bosque Boreal la nieve se presenta nueve meses al año y en el verano la temperatura raramente se levanta por encima de los 25°C. Los lagos prístinos



y los ríos adicionan increíble belleza al Bosque Boreal. En esta región se encuentran varios minerales incluyendo cobre, zinc, plomo, níquel y uranio.

La privilegiada posición geográfica de México le permite tener una ubicación intermedia entre las faunas de regiones tropicales y las de regiones neárticas. Las altas montañas y la alta Altiplanicie Central del norte de México, tienen condiciones climáticas de afinidad norteña con la concomitante presencia de especies neárticas de plantas y animales (Villa 2003) . La geografía y el clima de México han dado como resultado la formación de ocho zonas biológicas principales, en general estas reflejan la clase de fauna que ocupa una región en particular. Es importante resaltar la Canadiense y la Hudsoniana en las que se desarrollan los Bosques Templados.

La Zona Canadiense

Está bien delimitada en lugares donde la altitud es lo suficientemente grande para que ocurra. En el Eje Neovolcánico Transversal, en torno al Valle de México, varía entre los 3,000 y los 3,800 m de altitud. Las plantas características son abetos, pinos, encinos, zacatón y otros pastos.

La Zona Hudsoniana

Se limita a una estrecha faja cerca de la parte alta de las montañas más elevadas, generalmente entre los 3, 000 y 4,000 m de altitud. Todos los abetos y los pinos de la Zona Canadiense se llegan a achaparrar o a desaparecer, pero en algunos lugares otros pinos como *Pinus hartwegii* parecen ser característicos de ésta zona, como el Eje Volcánico Transversal, donde el zacatón y otras gramíneas cubren gran parte del suelo (Villa, 2003).

Los roedores forman un grupo diverso y presentan más géneros con afinidades neárticas. Las ardillas (Familia Sciuridae), tienen afinidades septentrionales, hay ardillas arborícolas en Sudamérica, pero la familia es primariamente



norteña. La Familia Muridae que agrupa a las ratas y ratones de campo son mayormente de origen neártico (Villa, 2003).

Aranda 2003, señala que la fauna mastozoológica del Eje Neovolcánico presenta el 73% de especies de origen neártico (*Sorex arizonae*, *Scalopus aquaticus*, y representantes de *Microtus*, *Neotomodon* y *Peromyscus* por ejemplo) y el 19% de origen neotropical (como *Orthogeomys*); el 8% son especies endémicas de la región (*Romerolagus diazi*, *Xenomys nelsoni* entre otros).

Los rasgos estructurales relevantes en el funcionamiento de las comunidades animales pueden ser divididos en cuatro categorías: composición taxonómica, diversidad de especies, abundancia relativa, biomasa y densidad (Stoddart, 1979). Estas son variables de gran importancia en la evaluación de las relaciones funcionales y estructurales de los mamíferos pequeños en los ecosistemas.

Existen teorías que explican la diferencia de diversidades en mamíferos pequeños; McKinney (1990) establece la Teoría de Velocidad de Difusión y la Teoría de Adecuación Energética, por otro lado, las especies competidoras en un mismo hábitat practican diferentes estrategias de supervivencia, a las que su poder de supervivencia se basa en su gran capacidad de multiplicación y suelen ir ligadas a una vida breve son llamadas estrategias *r*; el tipo opuesto, las estrategias *K*, que son más eficientes en vez de tener una rápida proliferación (Margalef 1974).



ANTECEDENTES

La primera referencia citada para el área de estudio pertenece a Villa (1953) quien realizó un inventario sobre los mamíferos silvestres del Valle de México.

En cuanto a la estructura de la comunidad se tienen algunos estudios realizados con diferentes especies de roedores del Ajusco que abordan aspectos alimentarios, descripción de microhábitat, demografía y de reproducción, entre estos podemos citar los de Davis (1946), Villa (1953), Rojas (1984), Williams (1984), Ramírez (1986), Prieto (1988), Chávez (1988), Sánchez, Rojas y Chávez (1989), Chávez y Gallardo (1993) y Álvarez, T. (1993). Y trabajos sobre densidad poblacional se tiene a los de Vázquez (1980) y Canela (1981).

Entre otros estudios sobre la estructura de comunidades de roedores en zonas tropicales y desérticas se tiene a los de Espino (2001) y Zarza (2001).

En Bosque Boreales en Canadá se han elaborado diversos trabajos como los de Hillis y Mallory (1989), en los que se llevó a cabo un estudio de sistemas depredador presa en el ecotono tundra/bosque boreal, DeGraaf (1990) analizó la distribución de mamíferos pequeños en cuatro bosques en el norte de New England y Richens (1984) evaluó las afinidades en número y hábitat de pequeños mamíferos en el noreste de Maine.

Se han realizado estudios sobre los efectos de la reforestación y el clareamiento en bosques sobre las comunidades de pequeños mamíferos en Ontario, entre estos se tienen los trabajos de Marttel (1977) y Parker (1989).

Recientemente Sullivan (2005) estableció una comparación a nivel de ensamblés de pequeños mamíferos en dos comunidades de Bosque Boreal en Canadá.



ÁREAS DE ESTUDIO

Cerro Del Ajusco México

El Cerro del Ajusco, se localiza a los 19° 13' 05" latitud norte y 99° 14' 05" longitud oeste, está ubicada al suroeste del Distrito Federal en la Delegación Tlalpan, a una altitud de 2 850 m.s.n.m. El clima de la región se clasifica como C(w₁) (w) (b'(i')), templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano, precipitación invernal menor al 5%, con poca oscilación térmica. La temperatura media mensual es de 15.1°C y la precipitación anual de 840.7mm., la temperatura del mes más frío fluctúa entre -3 y 18°C y la del mes más caliente entre 6.5 y 22°C. El periodo húmedo se presenta de mayo a octubre y el seco de noviembre a abril (Chávez, 1982).

El Cerro del Ajusco forma parte de la Cordillera Neovolcánica de México, pertenece a la Formación Chichinautzin originada durante el Plioceno y caracterizada por derrames de roca basáltica. El área de estudio presenta suelo rocoso poco accidentado asociado a los zacatonales y el suelo de escasa profundidad con textura migajon-arenosa en relación al estrato arbóreo (Chávez, 1982).

La vegetación dominante es un Bosque de coníferas, con altura máxima de 8 a 10 m, compuesto principalmente por *Pinus montezumae*, *Pinus hartewii*, *Pinus patula* y *Pinus radiata* en el estrato arbóreo, y zacatonales de gramíneas amacolladas como *Muhlenbergia macroura* y *Stipa ichu*; además de especies herbáceas y arbustivas como *Baccharis glutinosa*, *Sisyrinchium angustifolium* y *Gnaphalium americana* en sotobosque (Rzedowzki, 1978).



Ontario, Canadá

El área de estudio en Canadá se localiza a los 49° 18' latitud norte y a los 85° 29' longitud oeste, aproximadamente a 100 km al norte de Sudbury, Ontario, en un Bosque Boreal maduro (Dent, 1985).

Presenta 4 meses de periodos invernales de diciembre a marzo con una temperatura por debajo de la congelación y cuatro meses de verano (de mayo a agosto) cuando la temperatura está alrededor de 20°C. La topografía es de poca a moderadamente ondulada en el oeste y más rugosa y quebrada en la parte del este. Está formada por roca sólida perteneciente al Precámbrico representada por granitos y gneis con conglomerados locales y areniscas, en la parte central y en la porción sur los suelos son gravas y areniscas de origen fluvial y glaciofluvial, en las inclinaciones los suelos son caracterizados por podzol humoférricos y las depresiones por suelos orgánicos (Rowe, 1977).

En esta investigación fueron muestreadas una comunidad forestal de "Jack pine" (*Pinus banksiana*) y una comunidad de "Sedge meadow" (Ciénaga Boreal) ambas pertenecientes a Bosque Boreal.

La vegetación es dominada principalmente por coníferas, sin embargo existe una mezcla de árboles como *Betula papyrifera* y sus variedades, "trembling aspen" (*Populus tremuloides*) y álamo (*Populus balsamifera*), estas dos especies juegan un papel importante en las zonas de transición. Otras especies importantes son el "tamark" (*Larix laricina*), el pino rojo (*Pinus resinosa*), el abeto amarillo (*Betula lutea*), el maple de azúcar (*Acer saccharum*) y el cedro blanco (*Thuja occidentalis*). El bosque de Jack pine (*Pinus banksiana*) tiene además una capa de arbustos como el "green alder" (*Alnus viridis*) y el helecho dulce (*Comptonia peregrina*) y en el suelo del bosque encontramos mora azul (*Vaccinium angustifolium*), la "bunch berry" (*Cornus canadensis*) así como numerosos hongos y líquenes (Farrar, 1995). Hay una gran variedad de árboles caídos y se observa el crecimiento de picea blanca (*Picea glauca*).



En el hábitat de Ciénaga Boreal (Sedge meadow) existe una inundación del área que previene el crecimiento de árboles mayores (Keddy, 2002). La Ciénaga Boreal es dominada por “sedges” del género *Carex* y varias especies de pastos. Están repartidas numerosas herbáceas como el cinco en rama ó quinquelfolio (*Potentilla palustris*) y la hierba mala del norte (*Lycopus uniflorus*), existen también especies acuáticas como el esparganio flotante (*Sparganium fluctuans*), arbustos de la familia Ericacea y Saliacea así como varias especies de *Sphagnum* (Sullivan 2005).



Figura 1. Mapa de localización del Ajusco, México



Figura 2. Mapa de localización de Ontario Canadá.



OBJETIVOS

Objetivo General

Comparar la estructura y composición de las comunidades de mamíferos pequeños pertenecientes a un Bosque de Pino- zacatonal del Cerro del Ajusco México y Bosque Boreal en Ontario Canadá.

Objetivos Particulares

Contrastar entre los dos hábitats variables de importancia para la evaluación de las relaciones funcionales y estructurales de los mamíferos pequeños:

1. Riqueza de especies de pequeños mamíferos
2. Masa corporal
3. Densidad poblacional
4. Estructura de la comunidad
5. Composición de especies



METODOS

Los datos del Cerro del Ajusco forman parte de los muestreos realizados con animales vivos por la Dra. Chávez durante el 2004, con un área total cubierta de 1.7 ha, utilizando trampas tipo “Sherman” cebadas con avena y vainilla se utilizaron únicamente los datos de verano para fines de comparación con el muestreo realizado en Bosque Boreal.

Para la obtención de los datos sobre los pequeños mamíferos del Bosque Boreal en Canadá durante el verano de 2005 se determinaron dos tipos de comunidades la comunidad de “Jack pine” (*Pinus banksiana*) y la comunidad de Ciénaga Boreal (Sedge meadow, *Carex* sp) ambas pertenecientes al Bosque Boreal, en la primera se realizaron tres muestreos y para la segunda se llevaron a cabo dos, para fines de análisis se agruparon en un solo muestreo. Se utilizaron 178 trampas tipo Sherman para animales vivos colocadas en transectos paralelos con una distancia de 1m. entre cada trampa, usando como cebo crema de cacahuete. El área total cubierta en Bosque Boreal fue de 0.2160 ha. Se consideró un periodo de cuatro días de trampeo por estación. Los animales capturados en Bosque Boreal fueron sacrificados para la realización de trabajos paralelos en el laboratorio.

Para este estudio, de los ejemplares capturados se consideraron las medidas somáticas de longitud total (LT) en milímetros y peso corporal (P) en gramos, para establecer las condiciones de actividad reproductiva en el caso de los machos se determinó el tamaño y la posición de los testículos (abdominales, inguinales y escrotados), para las hembras estado de preñez, lactancia y vagina perforada. Con base en estos indicadores, los organismos fueron agrupados en adultos, subadultos o juveniles (Chávez y Gallardo, 1993).

La densidad de las poblaciones se determinó como número de animales por área total muestreada y se indica con número de organismos por hectárea. La riqueza de especies será calculada como número de especies por hábitat. Para



finés de comparación entre los datos obtenidos en este estudio y los datos reportados por otros autores.

Se compararon y analizaron las características del hábitat de los diferentes sitios de muestreo, los ensamblajes, atributos, riqueza, masa corporal, densidad, estructura y composición de especies.



RESULTADOS

1. Riqueza de especies

PINO-ZACATONAL

Del muestreo en pino-zacatonal en Ajusco México, fueron colectados 81 organismos representados por 8 especies de las cuales; 64 corresponden a *Neotomodon alstoni*, 1 a *Peromyscus maniculatus*, 12 a *Reithrodontomys megalotis*, 4 a *Microtus mexicanus*, 1 a *Peromyscus melanotis*, 1 a *Rattus rattus*, 1 a *Mus musculus* y por último 1 a *Sorex sausseri*.

BOSQUE BOREAL

En la dos comunidades "Jack pine" y en "Ciénaga Boreal" en Canadá, un total de 34 individuos representados por 10 especies fueron capturados en el área. De estos, 11 corresponden a *Clethrionomys gapperi*, 3 a *Peromyscus maniculatus*, 5 a *Microtus pennsylvanicus*, 4 a *Sorex cinereus*, 4 a *Blarina brevicauda*, 2 a *Glaucomys sabrinus*, 2 a *Tamiasciurus hudsonicus*, 1 a *Napaeozapus insignis*, 1 a *Peromyscus leucopus*, finalmente 1 a *Sorex palustris*.

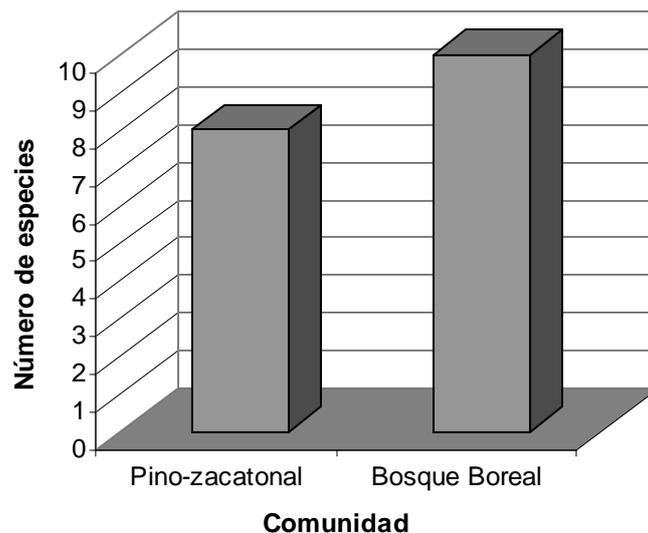


Figura 3. Número de especies encontradas en Bosque Boreal y Pino-zacatonal.



2. Medidas somáticas

Masa corporal

La figura 4 indica que las masas corporales en el Bosque de Pino-zacatonal se encuentran repartidas entre los 10 y 40 gramos para la mayoría de las especies y se observa claramente que *Rattus rattus* rebasa este rango siendo la especie de mayor masa corporal por encima de los 200 gramos.

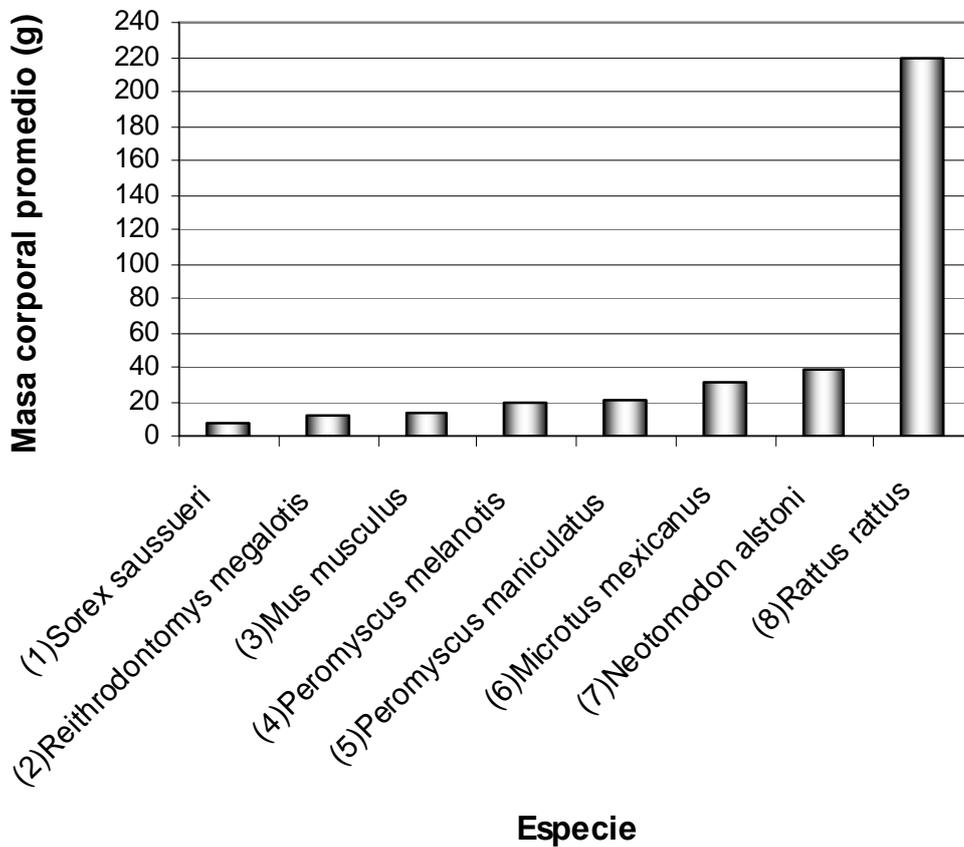


Figura 4. Masa corporal en gramos de las especies de pequeños mamíferos encontradas en Pino-zacatonal.



En la gráfica se observan las diferencias interespecíficas de pesos promedio entre las especies encontradas en el Bosque de Pino-zacatonal. Entre *Sorex saussueri* y *Reithrodontomys megalotis* (1 y 2) existe una diferencia de 3.5 gr, entre *R. megalotis* y *Mus musculus* (2 y 3) la diferencia es de 1.5 gr, *M. musculus* y *Peromyscus melanotis* (3 y 4) mantienen una diferencia de 6.25 gr, *P. melanotis* y *Peromyscus maniculatus* (4 y 5) difieren en 2.01 gr, entre *P. maniculatus* y *Microtus mexicanus* la diferencia de pesos es de 9.61gr , *M. mexicanus* y *Neotomodon alstoni* tienen 6.92 gr de diferencia y finalmente *N. alstoni* y *Rattus rattus* con la mayor diferencia de 182.21 gramos (Figura 5).

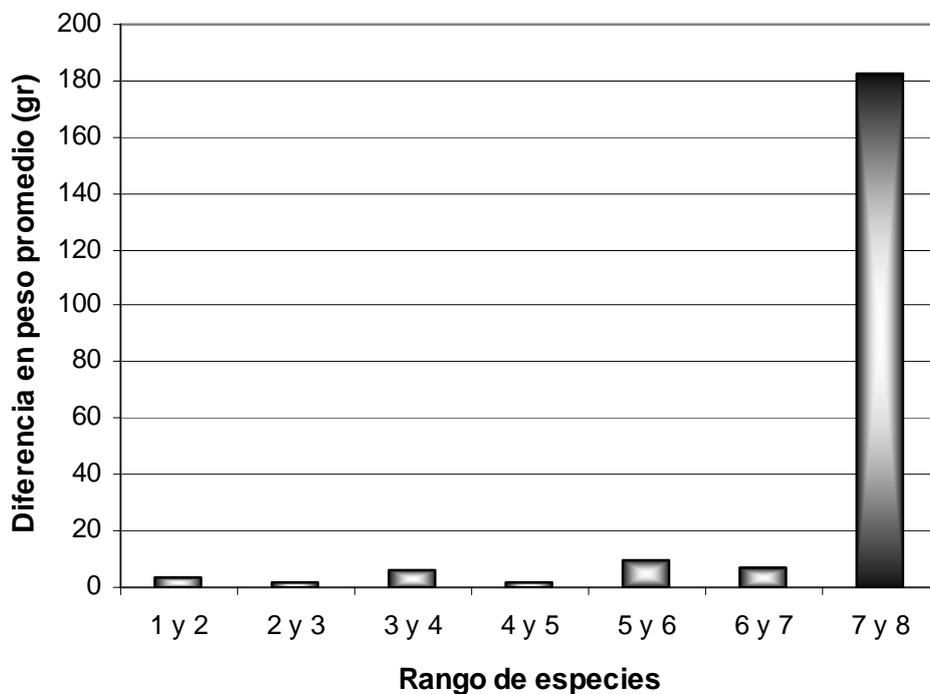


Figura 5. Diferencias interespecíficas en peso corporal en gramos entre las especies encontradas en la comunidad de Pino-zacatonal.



La masa corporal de las especies encontradas en la comunidad de Jack pine se presentan en la figura 6, *Sorex cinereus* es la especie con menor masa corporal, *Peromyscus maniculatus*, *Clethrionomys gapperi*, *Blarina brevicauda* y *Microtus pennsylvanicus* mantienen masas alrededor de 15 a 35 gr., mientras que los representantes de la familia Sciuridae, *Glaucomys sabrinus* y *Tamiasciurus hudsonicus* llegaron casi a los 100 gr. o rebasaron los 180 gr. respectivamente.

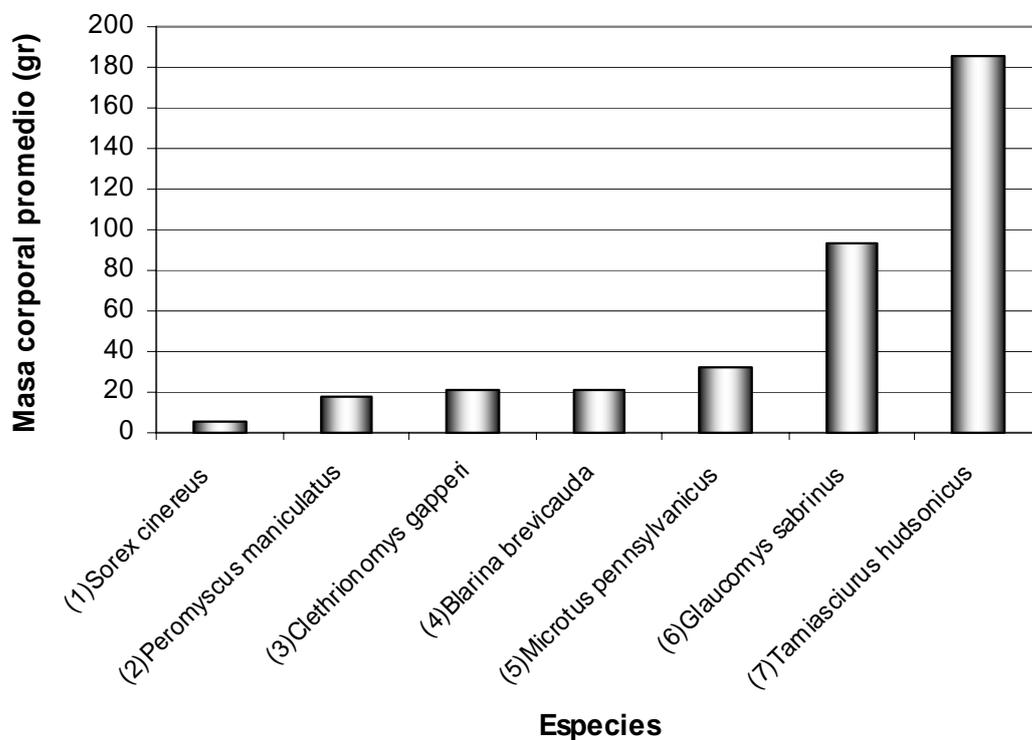


Figura 6. Masa corporal de las especies de los mamíferos pequeños encontradas en Bosque Boreal, comunidad de "Jack pine".



En la figura 7 son presentadas las diferencias interespecíficas en gramos del promedio en peso corporal de las especies encontradas en la comunidad de Jack pine. Entre *Sorex cinereus* y *Peromyscus maniculatus* (1 y 2) la diferencia es de 11.47 g, entre *P. maniculatus* y *Clethrionomys gapperi* (2 y 3) es solo de 3.39 g. La menor diferencia es encontrada entre *C. gapperi* y *Blarina brevicauda* (3 y 4) con 0.14 g. Entre *Blarina* y *Microtus pennsylvanicus* (4 y 5) hay una diferencia de 11g. Las mayores diferencias las tienen *M. Pennsylvanicus* y *Glaucomys sabrinus* (5 y 6) con 61 g y *G. sabrinus* y *Tamiasciurus hudsonicus* (6 y 7) con 93 gramos.

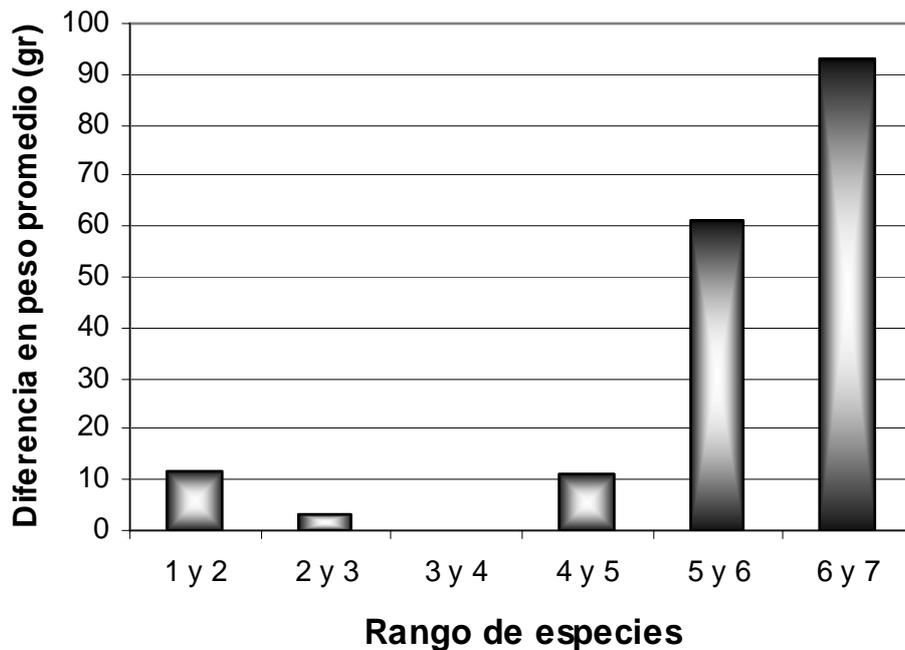


Figura 7. Diferencias interespecíficas en peso corporal entre las especies encontradas en la comunidad de Jack Pine.



Al igual que la comunidad de Jack pine, para la comunidad de Ciénaga Boreal, *Sorex cinereus* continúa siendo la especie representante de menor masa corporal, *Sorex palustris*, *Napaeozapus insignis*, *Blarina brevicauda*, *Peromyscus leucopus*, *Microtus pennsylvanicus* y *Clethrionomys gapperi* se ubican con pesos de los 15 a los 38 gramos, *Tamiasciurus hudsonicus* se encuentra nuevamente como la especie de mayor masa corporal (Figura 8).

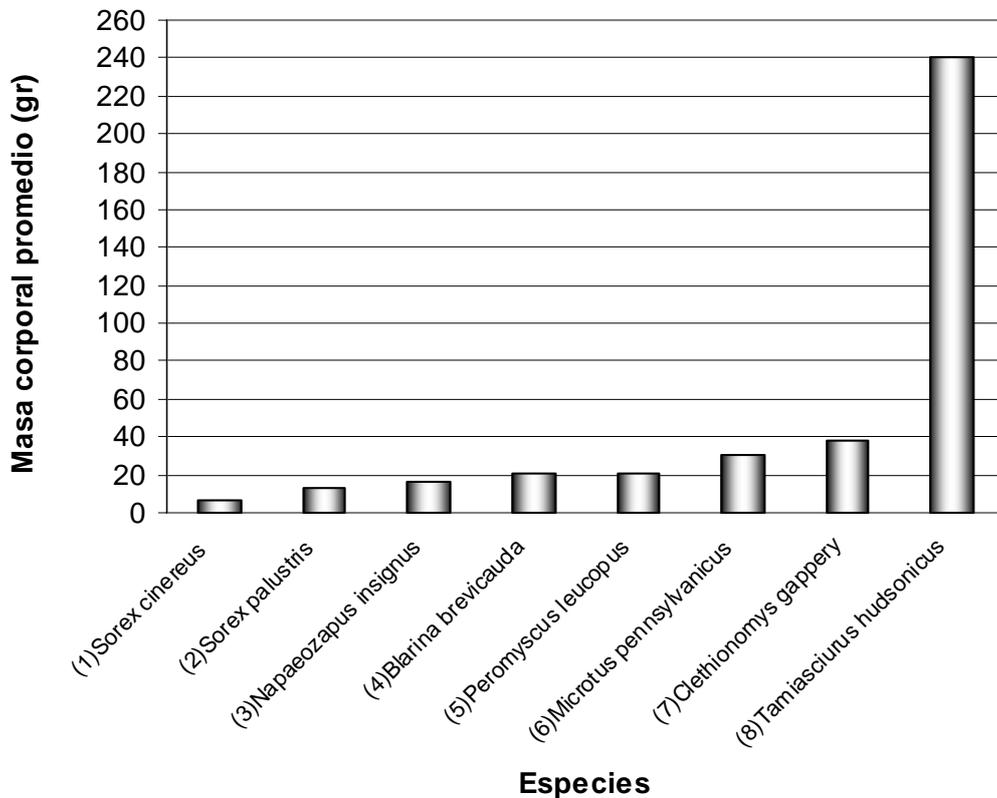


Figura 8. Masa corporal promedio en gramos de las especies de mamíferos pequeños encontrados en Bosque Boreal en la comunidad de Ciénaga Boreal.



Se observan las diferencias de las especies en Sedge meadow (Figura 9). Entre *Sorex cinereus* y *Sorex palustris* (1 y 2) existe una diferencia de 7 gr, entre *S. palustris* y *Napaeozapus insignis* (2 y 3) 3.32 gr y con una diferencia de 4.68 gr están *N. insignis* y *Blarina brevicauda* (3 y 4). No existe diferencia entre *B. brevicauda* y *Peromyscus maniculatus* (4 y 5). *P. maniculatus* y *Microtus pennsylvanicus* (5 y 6) mantiene una diferencia de 9 gr, *M. pennsylvanicus* y *Clethrionomys gapperi* (6 y 7) difieren de 8.5 gr y finalmente entre *C. gapperi* y *Tamiasciurus hudsonicus* difieren de 201.5 gr.

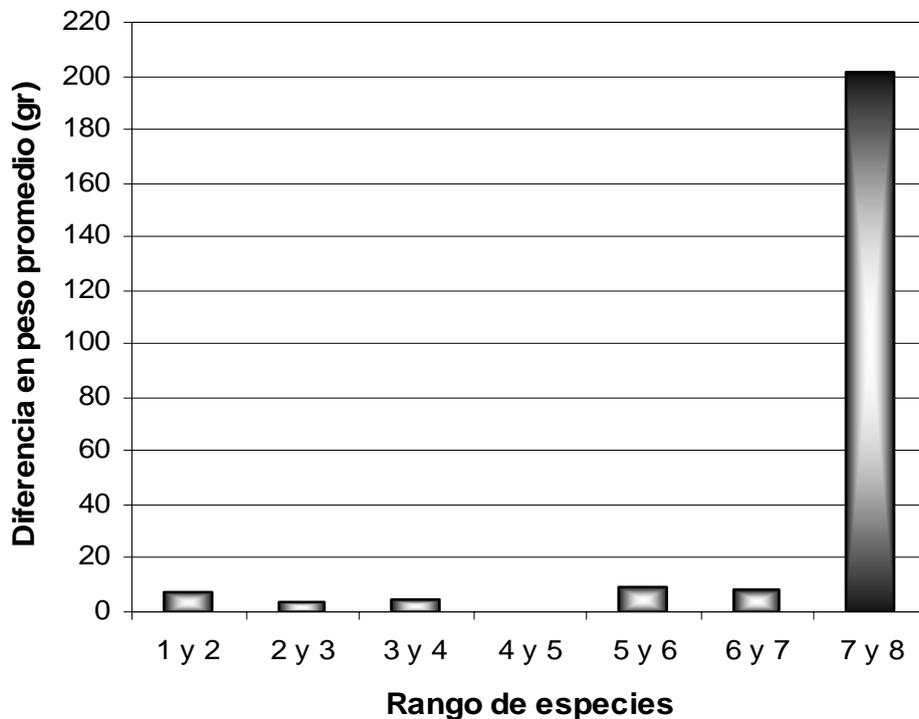


Figura 9. Diferencias interespecíficas en peso corporal entre las especies encontradas en la comunidad de Ciénaga Boreal.



Longitud total

Para la comunidad de Pino-zacatonal en la figura 10, se observa que la especie de menor talla es *Sorex saussurei*. *Microtus mexicanus*, *Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus melanotis*, *Peromyscus maniculatus*, *Mus musculus* mantienen diferencias de longitud alrededor de 6 mm entre ellos; *Neotomodon alstoni* dista de las especies anteriores con una diferencia de casi 50 mm y con la mayor longitud se presenta *Rattus rattus* con 320 mm.

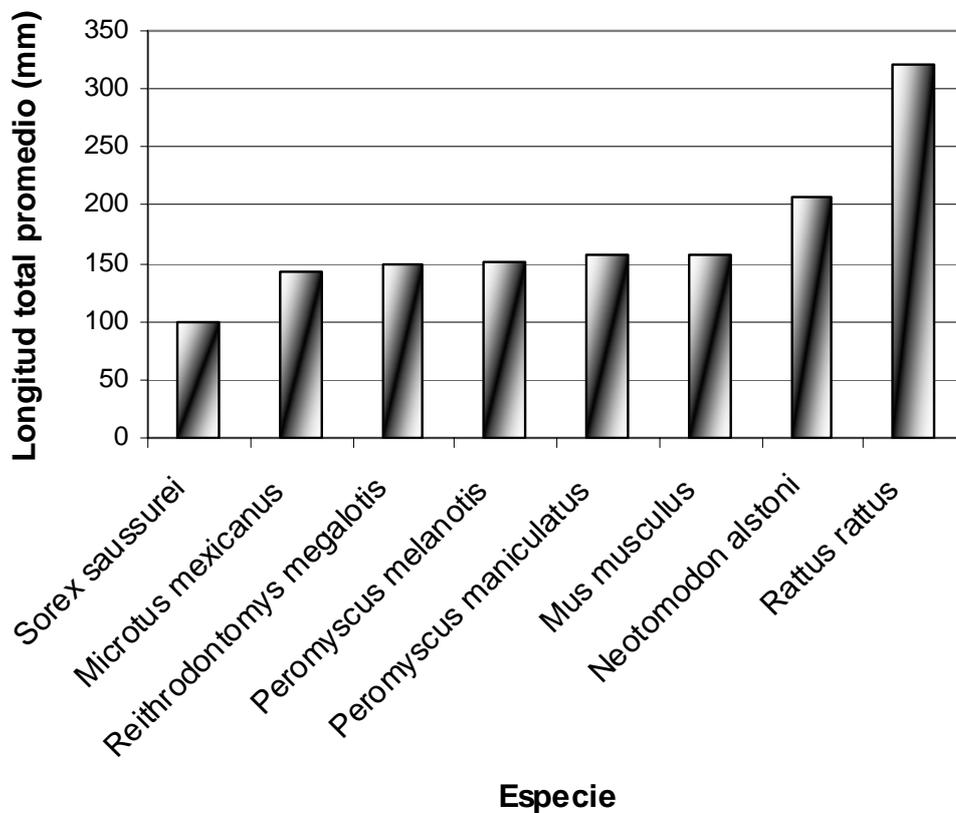


Figura 10. Longitud total de las especies de pequeños mamíferos encontradas en Pino-zacatonal.



Para la comunidad de Jack pine en la Figura 11 se muestran las longitudes totales de las especies de mamíferos pequeños; *Sorex cinereus* y *Blarina brevicauda* presentan tallas de menos de 100 mm. *Clethrionomys gapperi*, *Microtus pennsylvanicus* y *Peromyscus maniculatus* mantienen diferencias menores a 10 mm. *Glaucomys sabrinus* y *Tamiasciurus hudsonicus* presentan una longitud total de entre 250 y 300 mm.

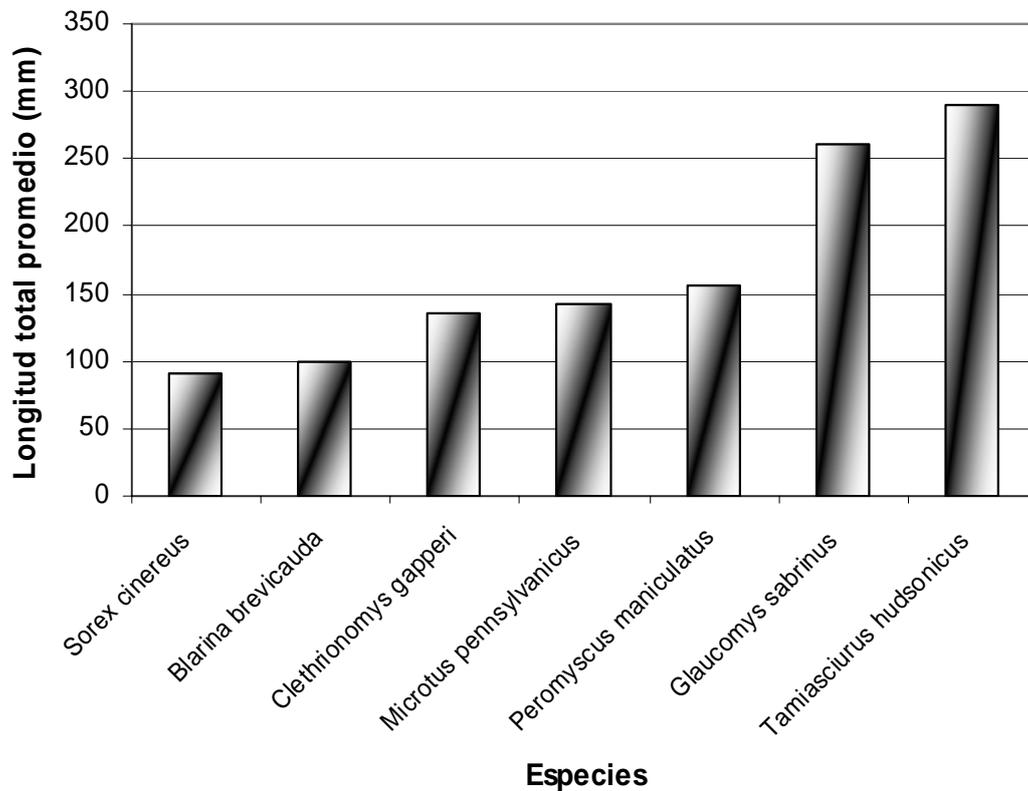


Figura 11. Longitud total en mm de las especies de pequeños mamíferos encontradas en Bosque Boreal, Jack pine.



En la Figura 12 se presentan las longitudes totales de los organismos encontrados en la comunidad de Ciénaga Boreal, la especie de menor longitud son *Sorex cinereus* y *Blarina brevicauda* con menos de 100 mm; *Clethrionomys gapperi*, *Microtus pennsylvanicus*, *Sorex palustris*, *Peromyscus leucopus* y *Napaeozapus insignis* presentan tallas alrededor de 150 mm y 200 mm, mientras que en *Tamiasciurus hudsonicus* se registra la mayor talla de 340 mm.

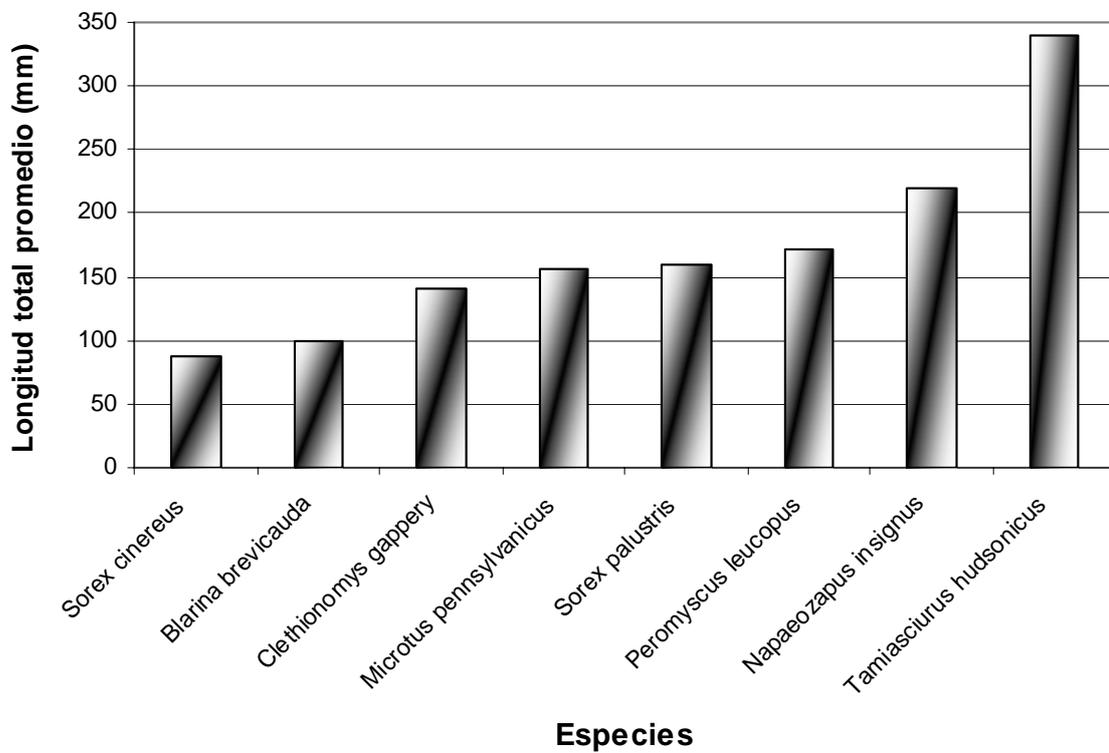


Figura 12. Longitud total en mm de las especies de mamíferos pequeños encontradas en Bosque Boreal, Ciénaga Boreal.



Cola vertebral

En la Figura 13 se observa la variación de longitudes de cola vertebral en los mamíferos pequeños encontrados en el Bosque de Pino-zacatonal en Ajusco, México. *Microtus mexicanus* y *Sorex saussueri* son las especies de menor longitud; *Peromyscus melanotis* y *Peromyscus maniculatus* presentan diferencias menores a 6 mm; mientras que para *Mus musculus* y *Reithrodontomys megalotis* se registra 80 mm y 81 mm respectivamente; *Neotomodon alstoni* presenta una longitud de 92 mm, siendo *Rattus rattus* la de mayor longitud registrando 150 mm.

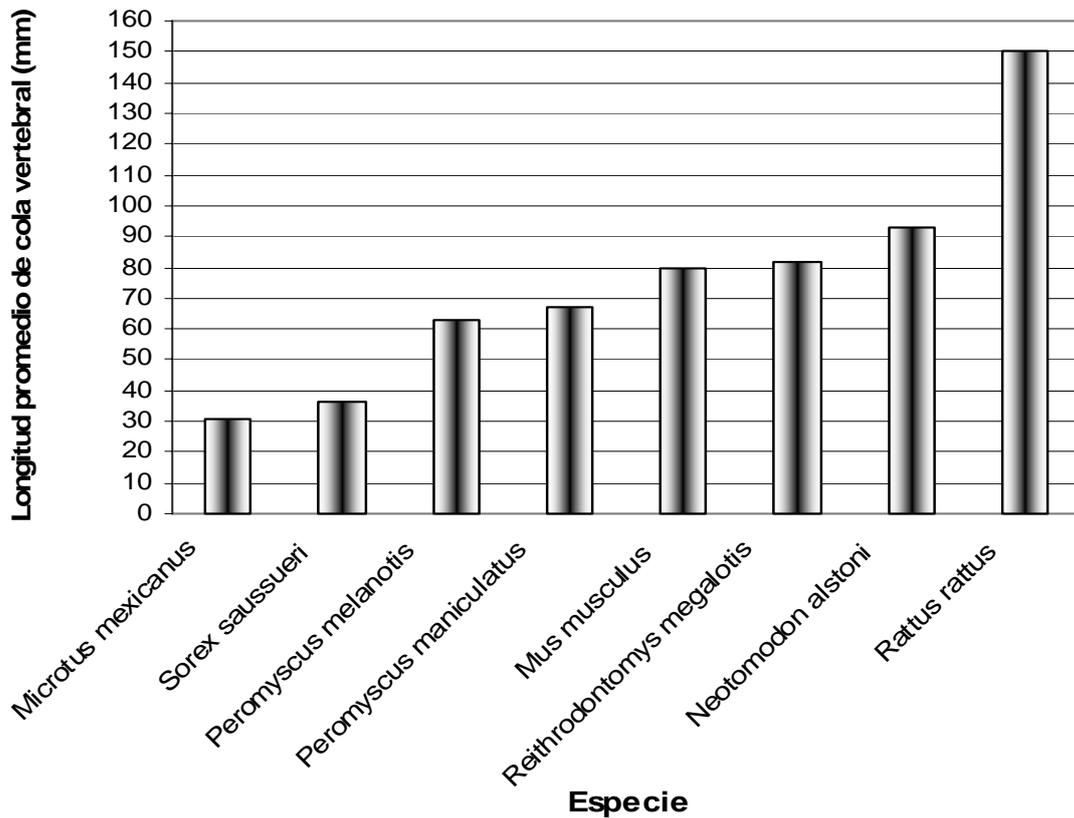


Figura 13. Longitud de cola vertebral en mamíferos pequeños de bosque de Pino-zacatonal en Ajusco México.



Existe una marcada diferencia en las longitudes de la cola vertebral de los mamíferos pequeños de la comunidad de Jack pine (Figura 14), *Blarina brevicauda* presenta la menor longitud con 26 mm siendo, *Sorex cinereus* y *Clethrionomys gapperi* apenas muestran 3 mm milímetros de diferencia mientras que entre *Microtus pennsylvanicus*, *Peromyscus maniculatus*, presentan diferencias de hasta 20 mm entre ellas y con las longitudes mayores *Tamiasciurus hudsonicus* y *Glaucomys sabrinus* con 140 mm y 160 mm.

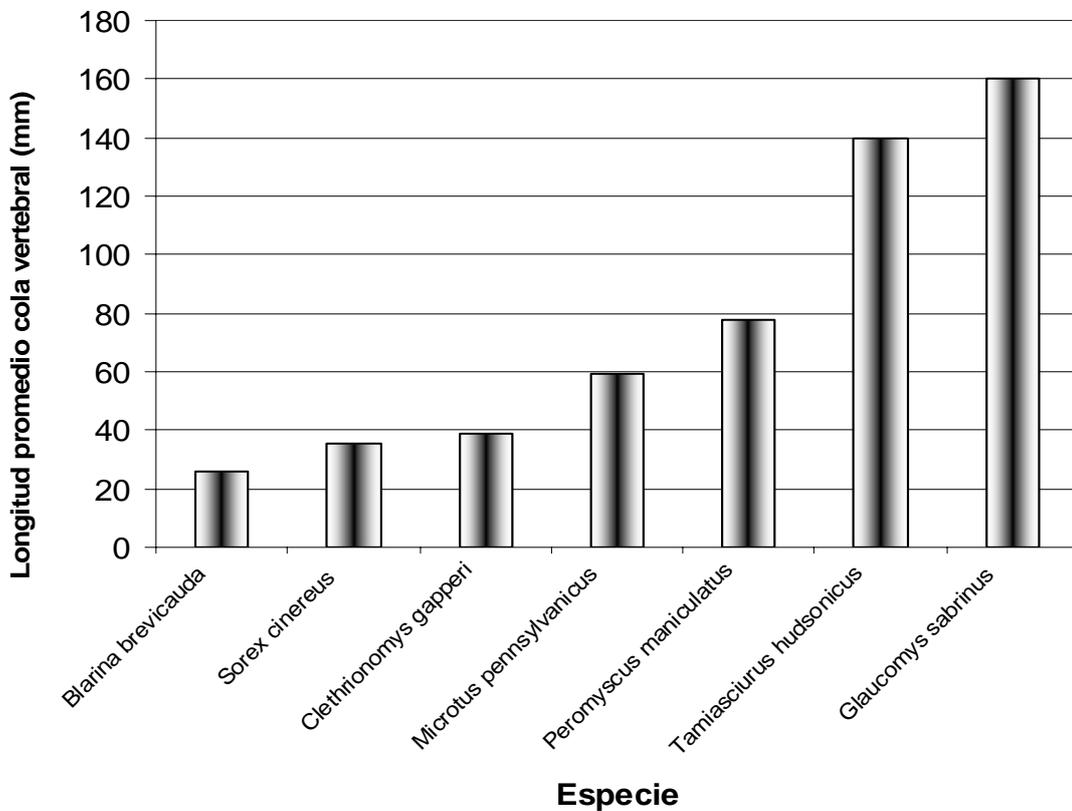


Figura 14. Longitud de cola vertebral en mamíferos pequeños de Bosque Boreal en la comunidad de Jack pine.



En la comunidad de Ciénaga Boreal, la especie *Blarina brevicauda* es la que presenta una longitud de cola menor de 20 mm, por su parte *Clethrionomys gapperi*, *Microtus pennsylvanicus* y *Sorex cinereus* tienen longitudes de alrededor de 50 mm, mientras que *Sorex palustris* y *Peromyscus leucopus* se registra con 80 y 90 mm respectivamente. *Napaeozapus insignis* y *Tamiasciurus hudsonicus* presentan la mayor longitud de cola vertebral de 130 y 139 mm respectivamente (Figura 15).

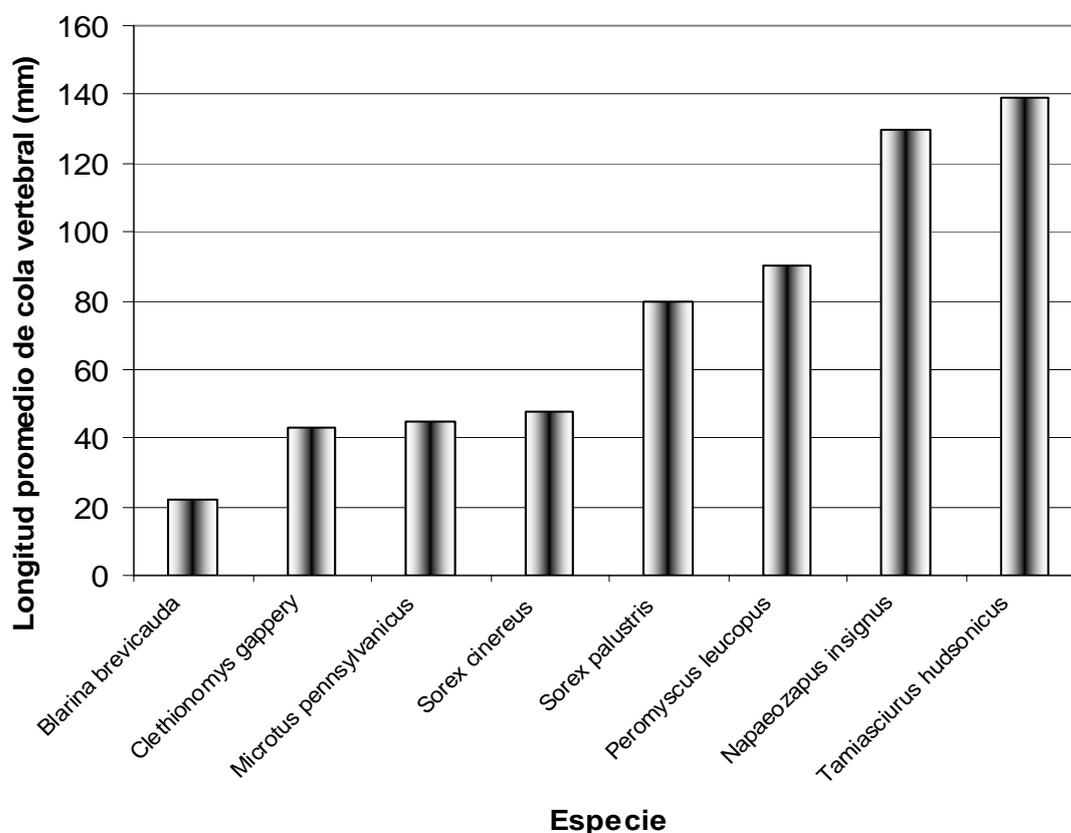


Figura 15. Longitud de cola vertebral en mamíferos pequeños de bosque boreal en la comunidad de Ciénaga Boreal.



3. Densidad poblacional

En la comunidad de Pino-zacatonal *Neotomodon alstoni* presenta 42.35 individuos/ha, *Reithrodontomys megalotis* 7.64 individuos/ha mientras que *Peromyscus maniculatus* y *Microtus mexicanus* mostraron una densidad de 2.35 individuos /ha. y con *Peromyscus melanotis*, *Rattus rattus* *Mus musculus* y *Sorex saussueri* presentan 0.58 individuos/ha respectivamente.

Para la comunidad de Jack pine la especie dominante fue *Clethrionomys gapperi* con una densidad de 37 individuos/ha, *Peromyscus maniculatus*, *Sorex cinereus* y *Blarina brevicauda* de 13.8 individuos/ha, *Glaucomys sabrinus* con 9.25 individuos/ha y finalmente con la menor densidad se encuentran *Microtus pennsylvanicus* y *Tamiasciurus hudsonicus* con 4.26 individuos/ha.

Para la comunidad de Ciénaga Boreal, *Microtus pennsylvanicus* presenta una densidad de 18.5 individuos /ha, en esta comunidad *Clethrionomys gapperi* solo presenta 9.25 individuos/ha. *Napaeozapus insignis*, *Peromyscus leucopus*, *Tamiasciurus hudsonicus*, *Sorex cinereus*, *Blarina brevicauda* y *Sorex palustris* muestran solo 4.26 individuos /ha.



Cuadro 1. Densidad de especies del Bosque de Pino-zacatonal en Ajusco, México.

Especie	Datos obtenidos en esta investigación Individuos/Hectárea	Rango referido por otros autores* Individuos/Hectárea
<i>Neotomodon alstoni</i>	42.35	97 (Canela, 1981)
<i>Peromyscus maniculatus</i>	2.35	1-25/ha
<i>Microtus mexicanus</i>	2.35	9-81 (Vázquez, 1980)
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	7.64	60/ha
<i>Peromyscus melanotis</i>	0.58	No hay reportes
<i>Rattus rattus</i>	0.58	
<i>Mus musculus</i>	0.58	
<i>Sorex saussueri</i>	0.58	

Cuadro 2. Densidad de especies del Bosque Boreal en Ontario Canadá.

Especie	Datos obtenidos en esta investigación Individuos/Hectárea	Rango referido por otros autores* Individuos/Hectárea
<i>Clethrionomys gapperi</i>	18	2-74
<i>Peromyscus maniculatus</i>	13.8	1-25
<i>Microtus pennsylvanicus</i>	4.26	37-117
<i>Glaucomyssabrinus</i>	9.25	10
<i>Sorex cinereus</i>	13.8	7-10
<i>Blarina brevicauda</i>	13.8	3-30
<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	4.26	0.7-4.6
<i>Peromyscus leucopus</i>	4.26	5.1-38.0
<i>Napaeozapus insignis</i>	4.26	7.5
<i>Sorex palustris</i>	4.26	1-13

* Los rangos de densidad fueron obtenidos de Mammalian Species No. 14, 146, 159, 167, 242, 247, 261, 229 y 296 y de Mammals of de World, Vol. 1 y 2.



4. Estructura de las comunidades

En los cuadros 3, 4 y 5 se indica la actividad, biomasa, dieta y principales depredadores de las especies que constituyen los diferentes ensambles de las áreas estudiadas así como origen y familia a la que éstas pertenecen.

En el cuadro 6 y 7 es presentada la estructura de la vegetación en el Bosque de Pino-zacatonal y en el Bosque Boreal organizada en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo con la vegetación representativa de cada localidad.



Cuadro 3. Estructura y composición de la comunidad de Bosque de Pino-zacatonal.

Familia	Especie	Origen	Actividad	Peso corporal promedio (g)	Alimento	Depredador
Soricidae	<i>Sorex saussueri</i>	Neártico	Diurna y nocturna Fosorial	6	Insectívora Himenópteros, coleópteros, dípteros y ortópteros. Semillas, vegetales, otras musarañas y ratones.	Lechuzas, comadrejas, lince y otros mamíferos carnívoros y algunas víboras.
Muridae	<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Neotropical	Nocturno Fosorial	11.5±4.2	Omnívora Semillas aunque también consumen material vegetal y larvas de lepidópteros.	Lince, comadrejas, zorrillos, aves rapaces, nocturnas y víboras.
	<i>Mus musculus</i>	Invasora	Diurnos y nocturnos	13	Cualquier tipo de comida humana, vegetales, semillas, raíces, hojas, tallos, goma y jabón.	<i>Canis familiaris</i> y Gato doméstico
	<i>Peromyscus melanotis</i>	Neotropical	Crepuscular Fosorial	19.25±3.8	Son de hábitos herbívoros, aunque también se alimenta de insectos.	Carnívoros y aves rapaces
	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Neártico	Nocturnos Fosorial	21.26±4.47	Vegetación verde, insectos, semillas y varias clases de frutas incluyendo las de varios cactus, especialmente las de tunas y pequeños pájaros.	Víbora de cascabel, lechuzas, búhos, coyote, lince, comadrejas y tejones.
	<i>Microtus mexicanus</i>	Neotropical	Diurnos y nocturnos Fosoriales	30.87±6.49	Herbívora Se alimentan de material vegetal: flores y semillas.	<i>Bassariscus astutus</i> , Coyotes, lince, búhos, lechuzas y víboras de cascabel
	<i>Neotomodon alstoni</i>	Neotropical	Nocturnos Fosoriales	37.79 ±8.04	Omnívoro Hojas, tallos, semillas, frutos, hongos y artrópodos.	<i>Nasua narica</i> (Coatí)
	<i>Rattus rattus</i>	Invasora	Diurnos y nocturno	220	Una gran cantidad de alimento, granos, frutas y carne.	<i>Canis familiaris</i> y gato doméstico.

Fuente: Álvarez, 1993; Aranda, 2000; Canela, 1981; Ceballos, 1981; Chávez, 1984; Prieto, 1988; Ramírez, 1986; Rojas, 1984; Villa, 2003;



Cuadro 4. Estructura y composición de la comunidad de Bosque Boreal, Comunidad de Jack pine (*Pinus banksiana*).

Familia	Especie	Origen	Actividad	Peso corporal promedio (g)	Alimento	Depredador
Soricidae	<i>Sorex cinereus</i>	Neártico	Diurna y nocturna. Fosorial	6±0.81	Insectívora Babosas, caracoles, crías de ratón, carroña y ocasionalmente algo de vegetación.	Víboras, búhos, águilas, zarigüeyas, zorras, lince, comadreja y zorrillos
	<i>Blarina brevicauda</i>	Neártico	Diurna y nocturna Fosorial	21±2.5	Insectívora Insectos y algunos invertebrados suaves	Zorras. Lince, víboras (<i>Elaphe obsoleta</i>), búhos (<i>Strix varia</i>) y zorrillos (<i>Spilogale putorius</i>)
Muridae	<i>Clethrionomys gapperi</i>	Neártico	Diurna	20.86±8.5	Omnívora Insectos, semillas, frutos y nueces.	Mapache (<i>Procyon lotor</i>)
	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Neártico	Nocturna	17.47	Omnívora Cerezas y otras bayas, polluelos y huevos	Lobo (<i>Canis lupus</i>)
	<i>Microtus pennsylvanicus</i>	Neártico	Diurna y nocturna	32±9.06	Omnívora Pastos, semillas, insectos, granos, semillas y bulbos	Víboras, águilas, búhos, comadrejas, zorras y <i>Mustela vison</i>
Sciuridae	<i>Glaucomys sabrinus</i>	Neártico	Diurna Arborícola	93	Omnívoro Líquenes, hongos, bayas, semillas y capullos, algunos artrópodos y polluelos y nueces	<i>Martes pennanti</i> . Víboras, lince, coyotes, lobos.
	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	Neártico	Diurna Arborícola	186	Omnívora Semillas de coníferas, flores, bayas, hongos, huevos, polluelos, insectos y algunas crías de ardilla.	Rapaces (<i>Buteo jamaicensis</i>), zorra roja (<i>Vulpes vulpes</i>), y águila Bald (<i>Haliaeetus leucocephalus</i>), <i>Martes americana</i> y <i>Lynx lynx</i> .

Fuente: Eder, 20002; George, 1986; Hall, 1981; Lawrence, 1981; Merrit, 1981; Nowak, 1983; Webster, 1982 y Wells-Gosling, 1984.



Cuadro 5. Estructura y composición de la comunidad de Bosque Boreal, Comunidad Ciénaga Boreal.

Familia	Especie	Origen	Actividad	Peso promedio corporal (g)	Alimento	Depredador
Soricidae	<i>Sorex cinereus</i>	Neártico	Diurna y nocturna. Fosorial	6	Insectívora Babosas, caracoles, crías de ratón, carroña y ocasionalmente algo de vegetación.	Víboras, búhos, águilas, zarigüeyas, zorras, lince, comadreja y zorrillos
	<i>Blarina brevicauda</i>	Neártico	Diurna y nocturna. Fosorial	21±2.5	Insectívora Insectos y algunos invertebrados suaves	Zorras. Lince, víboras (<i>Elaphe obsoleta</i>), búhos (<i>Strix varia</i>) y zorrillos (<i>Spilogale putorius</i>)
	<i>Sorex palustris</i>	Neártico	Diurna y nocturna. Fosorial	13	Insectívora Insectos acuáticos, arañas, caracoles y otros invertebrados y pequeños peces.	Víboras, búhos, águilas, zarigüeyas, zorras, lince, comadreja y zorrillos
Muridae	<i>Peromyscus leucopus</i>	Neártico	Nocturno Arborícola	21	Omnívora Insectos, semillas, plantas, bayas y nueces.	Zorrillo (<i>Sphilogale putorius</i>), víbora de cascabel (<i>Crótalos horridus</i>), búho (<i>Otus asio</i>), comadreja (<i>Mustela frenata</i>) y lince (<i>Lynx rufus</i>).
	<i>Microtus pennsylvanicus</i>	Neártico	Diurno y nocturno. Fosorial	30±9.06	Omnívora Pastos, semillas, insectos, granos, semillas y bulbos	Víboras, águilas, búhos, comadrejas, zorras y Armiños (<i>Mustela vison</i>)
	<i>Clethrionomys gapperi</i>	Neártico	Diurno y nocturno Fosorial	38.5	Omnívora Insectos, semillas, frutos y nueces.	Mapache (<i>Procyon lotor</i>)
Zapodidae	<i>Napaeozapus insignis</i>	Neártico	Nocturno	16.32	Omnívora Semillas, hongos, plantas e insectos.	Víbora de cascabel (<i>Crotalus horridus</i>), búho (<i>Otus asio</i>), y lince
Sciuridae	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	Neártico	Diurna Arborícola	240	Omnívora Semillas de coníferas, flores, bayas, hongos, huevos, polluelos, insectos y algunas crías de ardilla	Víboras, lince (<i>Lynx rufus</i>), coyotes (<i>Canis latrans</i>), lobos (<i>Canis lupus</i>).

Fuente: Alden, 1985; Beneski, 1987; Eder, 20002; George, 1986; Hall, 1981; Lawrence, 1981; Merrit, 1981; Nowak, 1983; 1984 y Whitaker, 1972.



Cuadro 6. Estructura de la vegetación característica de Bosque de Pino-zacatonal.

	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
PINO-ZACATONAL	<ul style="list-style-type: none">▪ <i>Pinus montezumae</i> Familia Pinaceae. De 20-30 m de alto.▪ <i>Pinus hartewii</i> Familia Pinaceae. 15 a 30 metros de altura▪ <i>Pinus patula</i> Familia Pinaceae. 35-40 de altura.▪ <i>Pinus radiata</i> Familia Pinaceae. 15-30 m de altura.	<ul style="list-style-type: none">▪ <i>Muhlenbergia macroura</i> Familia Gramínea. 1 m de diámetro; tallos de 1-1.5 m de longitud▪ <i>Stipa ichi</i> Familia Poaceae. Herbácea de hasta 1.2 m de altura	<ul style="list-style-type: none">▪ <i>Baccharis glutinosa</i> Familia Compositae. 25 cm▪ <i>Sistyrinchium angustifolium</i> Familia Iridaceae. 10- 50 cm▪ <i>Gnaphalium americanum</i> Familia Compositae 10-40 cm de altura

Fuente: Rzedowski, 1978; Rojas, M. 1984.



Cuadro 7. Estructura de la vegetación característica de Bosque Boreal.

	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
JACK PINE (<i>Pinus Banksinana</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Pinus banksiana</i> Family Pinaceae, 21 m altura. La semillas son comidas por ardillas, roedores. ▪ <i>Betula papyrifera</i> Family Betulaceae. 20 a 30 m. Ratones y musarañas se alimentan de sus semillas. ▪ <i>Populus tremuloides</i> Family Salicaceae, 6 a 30 m ▪ <i>Populus balsamifera</i> Familia Salicaceae ▪ <i>Larix laricina</i> ▪ <i>Pinus resinosa</i> Family Pinaceae , Height of 20 a 25m. Stands provide cover, nesting sites, and food for many species of birds and mammals, Mice and chipmunks feed on the seeds. ▪ <i>Betula lutea</i> Family Salicaceae 30m. Eaten by mammals. ▪ <i>Acer sacarum</i> ▪ <i>Thuja occidentalis</i> Familia Cupressaceae. 15 metros de altura 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Comptonia peregrina</i> Familia Myriaceae. 3 a 5 m altura 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Vaccinium angustifolium</i> Familia Ericaceae. 5 a 60cm. Es alimento para mamíferos, y varias especies de ratones y ardillas. ▪ <i>Cornus canadensis</i> Familia Cornaceae. 10cm a 20cm. Alimento para mamíferos. ▪ ♦<i>Vaccinium myrtilloides</i>. Familia Ericaceae. 10 a 90cm. Su fruta es comida por los ratones.
CIÉNAGA BOREAL (<i>Carex sp</i>)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Carex sp</i> Family Cyperaceae Fam. Ericacea Fam. Saliacea 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Potentilla palustris</i> Familia Rosaceae ▪ <i>Lycopus uniflorus</i> ▪ <i>Sparganium fluctuans</i> <i>Sphagnum</i>

Fuente: Farrar, 1995; Sullivan, 2005



5. Composición de especies por estructura trófica de las comunidades

En el cuadro 8 se observa la estructura trófica de las tres comunidades estudiadas. Se observa una predominancia de especies omnívoras tanto para Bosque Boreal como para el Bosque de Pino-zacatonal. Las especies insectívoras se presentan como una minoría, sin embargo, en las tres comunidades está presente éste hábito, en contraste con esto, únicamente el Bosque de pino-zacatonal posee el nivel de herbivoría aún por encima del nivel insectívoro.

Cuadro 8. Estructura trófica de las comunidades

NIVEL TRÓFICO	Jack pine	Ciénaga Boreal	Pino-zacatonal
Insectívoro	28.57%	37.5%	12.5%
Herbívoro	0%	0%	25%
Omnívoro	71.42%	62.5%	62.5%



DISCUSIÓN

Se sabe que existen biomas en el mundo donde el número de especies varía dependiendo de la complejidad del ambiente (Stoddart, 1979); así como no existen dos especies estructuralmente idénticas, tampoco existen dos en el aspecto funcional o con las mismas necesidades ambientales.

García (2004), menciona que la riqueza de especies en los mamíferos terrestres incrementa de norte a sur en el norte del hemisferio, hay más especies en un Bosque tropical que en un Bosque templado, sin embargo, al comparar ecosistemas similares como lo son el Bosque de Pino-zacatonal en México y Bosque Boreal de Canadá, ambos Bosques templados, se esperaría que la diversidad sea similar o cercana. En este estudio la diferencia en el número de especies entre el Bosque de Pino-zacatonal y el Bosque Boreal puede estar relacionado con diferentes niveles de perturbación y/o uso. Es de suponerse que en un hábitat con el nivel de perturbación como lo presenta el Bosque de Pino-zacatonal la diversidad de especies sea menor que en el Bosque Boreal. Canadá como país de primer mundo dispone de especial cuidado en la protección de sus áreas naturales, contrariamente a México, donde los espacios naturales son invadidos por la deforestación y la urbanización, situación que por un lado obliga a las especies a abandonar su hábitat y por otro favorece la aparición de especies invasoras que compiten por los recursos ya existentes con las especies autóctonas.

En el Bosque Boreal destaca la presencia de coníferas de los géneros *Pinus*, *Betula*, *Populus*, *Acer* y *Cupresus* en contraste con la dominancia del género *Pinus* en el Ajusco. En general la vegetación mostró una altura promedio de 30 m, con un estrato arbustivo de 1 a 3 m en promedio y una capa herbácea de flores y bayas. Por lo anterior las características de estructura y fisonomía de la vegetación determinan la distribución y abundancia de los mamíferos pequeños al estar asociados con recursos críticos tales como alimento y refugio.



Una comunidad puede describirse con base en cualquiera de los atributos estudiados y el número de especies es uno de los descriptores más simples de una ésta. Cuando la diversidad de roedores es baja, las especies presentes utilizan los recursos disponibles de acuerdo a su capacidad de adaptación, estableciéndose de esta manera una fuente de selección para subdividir los recursos limitados (Chávez, 1988). En un sistema balanceado de poblaciones estables, las comunidades de plantas y animales coexisten aparentemente y sin cambios significativos. El número de especies encontradas en ambos hábitats se encuentran dentro del rango referido para ambientes similares.

La estructura de la comunidad involucra las formas en que las especies se relacionan entre sí estableciendo ciertos patrones, uno de ellos es el observado en masa corporal. Las gráficas de masa corporal muestran las diferencias entre los valores extremos de las comunidades estudiadas, la mayoría de las especies se ubican en un rango de 10 a 40 g. Entre una especie y la que le sigue en mayor masa corporal los valores fluctúan entre 0 y 10 g lo que indica una gran cantidad de especies pequeñas en comparación con el número de especies de más de 40 g.

Sullivan (2005) refiere tres diferentes teorías que podrían explicar el porqué de la mayor diversidad dentro de los mamíferos pequeños. De acuerdo con la Teoría de la "Velocidad de Difusión" (Random difusión model) (McKinney, 1990), el tamaño de la estructura de los ensambles de los mamíferos se establece como una creación de la velocidad de la especiación y la extinción con limitaciones sobre la talla mínima en términos de demandas metabólicas y la alta proporción superficie-área-volumen. La Teoría del Modelo de Adecuación Energética (The Energetic Fitness Model) (Brown, *et. al.*, 1996) propone que las tallas relativamente pequeñas son óptimas en términos de dieta energética donde la adecuación significa poder reproductivo, esto es, la conversión de energía del ambiente a las crías. Finalmente la última teoría utiliza un mosaico de elementos con los que se ejemplifica el hecho de que las taxas con una biomasa pequeña tienen una tasa alta de diversidad debido a su gran capacidad de subdividir el ambiente.



Al parecer las tres teorías consideran que en la naturaleza el tamaño no es una limitante, sino todo lo contrario, esto podría ser una ventaja y más aún una estrategia de supervivencia. Reforzando lo anterior Brown *et al.* (1996) sugieren que la masa óptima en los pequeños mamíferos es de 100 g. En este estudio, el promedio de peso de los roedores en ambas comunidades fue de 91 gramos.

La limitación de alimento y las interacciones con otras especies son aspectos a considerar en la regulación de las poblaciones, de estas depende la densidad poblacional. Los rangos de densidad de cada una de las especies de Bosque Boreal y Bosque de Pino-zacatonal, citadas por otros autores, concuerdan con las densidades registradas en este estudio. Para Bosque Boreal, *Clethrionomys gapperi* se reporta con una densidad de 2-74 individuos/ha, en este estudio se determinó 18/ha, para *Peromyscus maniculatus* de 1-25/ha, obteniendo un registro 13.8/ha, *Microtus pennsylvanicus* sin embargo, mostró un valor bajo de 4.26/ha a pesar de referir densidades de 31-117/ha. *Glaucomys sabrinus* presenta una densidad de 10/ha acorde con el resultado de 9.25/ha en este estudio; *Sorex cinereus* mostró una densidad mayor a la citada de 7-10/ha con 13.8/ha; *Blarina brevicauda* se ubicó con 13.8/ha dentro del rango señalado de 3-30/ha. *Tamiasciurus hudsonicus* tiene una densidad de 0.7-4.6/ha y con una diferencia mínima aparece con 4.6/ha; *Napaeozapus insignis* muestra una densidad de 7.5/ha y para este estudio presenta un valor de 4.26/ha. La densidad de *Peromyscus leucopus* oscila entre 5.1-38.9/ha, obteniéndose en esta muestra 4.62/ha, finalmente *Sorex palustris* con una densidad referida de 1-13/ha en este trabajo presenta 4.26/ha. *Neotomodon alstoni* muestra una variación de 97 individuos/ha en verano y 17 en invierno, en este estudio presenta una densidad de 42.35/ha. En este estudio se encontró a *Microtus mexicanus* con 2.35/ha mientras que se reportan densidades de entre 9 y 81 individuos por hectárea.

La evidencia sugiere que ambas comunidades se mantienen estables en cuanto a un número óptimo de individuos para cada área. Especies con tasas de multiplicación elevadas, que aprovechan rápidamente un “espacio vacío”,



adaptadas a condiciones cambiantes en el tiempo y el espacio, practican la estrategia *r* (Margalef, 1974) es decir, su poder de competencia se basa en su gran capacidad de multiplicación que suele estar ligada a una vida breve. Las estrategias *K* están adaptadas a resistir con pocos recursos y más eficientes que capaces de una rápida proliferación.

La mayor parte de los individuos capturados en el Bosque de Pino-zacatonal fueron adultos mientras que en Bosque Boreal existe un sesgo por edades en el que se incluyen adultos, subadultos y juveniles.

Un buen número de estudios sostienen la idea de que la elección de dieta en mamíferos pequeños responde a la abundancia relativa de alimento (Stoddart, 1979), según los hábitos alimentarios de las especies encontradas, estas se pueden agrupar en herbívoras, carnívoras y omnívoras .

Las especies de hábitos herbívoros parecen sólo existir en el Bosque de Pino-zacatonal; sus preferencias consisten en raíces, tallos, hojas, brotes, frutos y semillas. De las especies típicas Eje Neovolcánico *Neotomodon alstoni* es una especie endémica que ha sido registrada en vegetación donde ocurren asociaciones de Zacatonal con Bosque de Pino (Chávez, 1988). Son activos durante la noche y junto con *Peromyscus maniculatus* son la especie más abundantes en su área. *N. alstoni* es la especie más conservadora energéticamente hablando, y esto se atribuye a su éxito reproductivo en un medio limitado en cuanto a la disponibilidad de alimento (Prieto, 1988). El hábitat de *Microtus mexicanus* está constituido principalmente por áreas con abundancia de herbáceas o gramíneas, generalmente está asociada condiciones de escasa humedad (Chávez, 1988). *Microtus mexicanus* es agresivo pero comparado con *Clethrionomys gapperi* parece lento, dócil y fácil de capturar (Walker, 1983).

La ecología del género *Microtus* está íntimamente vinculada a los pastizales. *Microtus*, siendo un mamífero pequeño está restringido por la continua necesidad de alimento, espacio, agua y protección del ambiente incluyendo la



depredación. Son varias las especies de *Microtus* distribuidas en Norte América, ello indica una relativa exitosa adaptación en los ecosistemas de Norte América. El sistema masticatorio y el sistema digestivo son adaptaciones relacionadas con la capacidad *Microtus* a comer pastos hierbas y cereales (Hall, 1981), ambas especies de *Microtus* encontradas en Bosque boreal y Bosque de Pino-zacatonal, *M. pennsylvanicus* y *M. mexicanus*, mantienen una dieta similar alimentándose de semillas granos y pastos, lo que las coloca en un nivel trófico de herbivoría. *Reithrodontomys megalotis* vive en diversas condiciones y al parecer son más abundantes en zonas de zacatón cercanas al agua (Ceballos, 1989) y Webster 1982 señala que es más abundante en época de lluvias cuando la vegetación es más densa. *Peromyscus melanotis* y *R. megalotis* son especies con un requerimiento energético alto y altas tasas de fecundidad. *P. melanotis* es de las pocas especies del género *Peromyscus* abundantes en páramos de altura (Ceballos, 1989) y al igual que *P. maniculatus* habita en Pastizales, Praderas y Bosques. *P. melanotis* y *P. maniculatus* son alopatricos, el primero se localiza en los Bosques de las altas montañas y Páramos de altura, mientras que *P. maniculatus* utiliza Bosques más bajos, se ha reportado que coexiste con *Neotomodon alstoni* (Walter, 1988; Williams y Ramírez Pulido, 1985).

El éxito de las especies omnívoras consiste en su plasticidad de hábitos alimentarios comen semillas, frutas, verduras, raíces, hojas, tallos, moluscos, aves y artrópodos incluyendo larvas y adultos (Lepidoptera, Coleoptera, Orthoptera y Arachnida). Es importante destacar el patrón observado en *Peromyscus maniculatus* ya que pocas especies pueden tolerar diferentes condiciones: áreas alpinas, Bosque Boreal, Pastizales, Desiertos y áreas tropicales. El carácter oportunista de *P. maniculatus* refleja una gran amplitud de *items* alimentarios, por lo tanto una mayor adaptabilidad y una amplia distribución, razón por la cual, esta especie fue encontrada tanto en Bosque de Pino-zacatonal como en Bosque Boreal. Su presencia durante los periodos de otoño, invierno y primavera, sugieren la selectividad del terreno en condiciones de menor humedad (Chávez, 1988), aunque también puede encontrarse



durante el verano lo que indica que esta especie es capaz de soportar diversas condiciones climáticas.

Rattus rattus y *Mus musculus* especies omnívoras oportunistas se pueden asociar la presencia de asentamientos humanos y a la alteración del ambiente dentro Bosque de Pino-zacatonal. Se consideran especies invasoras y compiten con las especies autóctonas por los recursos, destruyen el hábitat y alteran el funcionamiento de la comunidad.

C. gapperi es una especie omnívora e intolerante, de acuerdo con Merritt (1981), *Microtus pennsylvanicus* puede ser inhibido por *C. gapperi* en la colonización de pastizales en época de crías, ya que en esa época *C. gapperi* se torna muy agresivo, esto es de mayo a junio, en otras épocas pueden coexistir. Existen especies que pueden restringir o favorecer la presencia de otra, un ejemplo de esto es el caso de *Microtus pennsylvanicus* el cual parece estar inversamente relacionado al número de *Blarina brevicauda* (Lawrence, 1981), por otro lado la densidad de *Blarina brevicauda*, un insectívoro fosorial, puede correlacionarse negativamente con *Sorex cinereus* y correlacionarse positivamente con *Peromyscus leucopus*.

P. leucopus usa hábitats arborícolas para minimizar la competencia con *Blarina*. Las hembras y los machos de *Peromyscus leucopus* forman parejas que viven juntas (Walter, 1988). Según datos de Alden (1985) las poblaciones norteñas presentan altas densidades mientras que en Bosques maduros, pastizales y coníferas presentan bajas densidades. Su cola está adaptada para llevar una vida semi-arborícola. En comparación con *P. maniculatus*, *P. leucopus* presenta una amplia flexibilidad de alimento, según Alden (1985) no hay evidencia de que la agresión fuera un factor determinante en la segregación del hábitat entre *P. leucopus* y *C. gapperi*.

Napaeozapus insignis habita en pastizales inundados y pantanos de *Sphagnum*. Es por esto que sólo lo encontremos en la Ciénaga Boreal



considerando la utilización del hábitat *Peromyscus maniculatus* parece competir con *Napaeozapus insignis* y debido a la conducta agresiva de *Clethrionomys gapperi* es posible que haya patrones de distribución local entre *C. gapperi* y *N. insignis*.

En cuanto a mamíferos pequeños de arborícolas únicamente existen dos representantes del género *Glaucomys*, una de ellas es *G. volans* en México y *G. sabrinus* en Norte América (Kalker, 1988 ; Wells-Gosling, 1984) esta especie fue encontrada en el Bosque Boreal. *Tamiasciurus hudsonicus* es un habitante característico de Bosques de Coníferas o de Bosques Mixtos, es principalmente diurna pero puede aparecer en noches de luna (Walter, 1988). Ya que es una especie arborícola solo fue encontrada en la comunidad de Jack pine y no en la Ciénaga Boreal. En este contexto, la longitud de la cola juega un papel importante en los hábitos de las especies ya que está relacionada con la capacidad de mantener el equilibrio para andar en los árboles, especialmete para las ardillas, mientras que las especies con una longitud de cola menor son terrestres.

Las especies insectívoras del género *Sorex* son importantes en el control de las poblaciones de insectos, su voracidad con respecto a los invertebrados ayuda a mantener el equilibrio natural de las comunidades, están activas día y noche buscando insectos y otros invertebrados como Lepidópteros, Ortópteros, Coleópteros, Quilópodos, Diplópodos, Moluscos, Anélidos, Arácnidos. La mayoría está asociada a pastizales inundados y zonas arbustivas (Beneski, 1987), lo que explica la presencia de *Sorex saussueri* en el Bosque de Pino-zacatonal.

De acuerdo con Beneski (1987) *Sorex palustris* es raramente encontrada lejos del agua lo que concuerda con su registro en la Ciénaga Boreal. En general para *Sorex*, el ámbito hogareño no es muy grande y constituye la superficie que utilizan para alimentarse, reproducirse y escapar de sus enemigos (Ceballos, 1984). *Blarina brevicauda* es agresiva y se ha reportado que ataca desde



conejos pequeños hasta víboras de 30 cm (Eder, 2002) y como ya se mencionó mantiene una estrecha relación con *Peromyscus leucopus* y *Sorex cinereus*. En general son especies que se mantienen activas tanto diurna como nocturnamente.

Un aspecto importante en el estudio de las comunidades es la depredación, de acuerdo a García (2004), Lagomorfa, Perisodáctila, Artiodáctila y Rodentia son los órdenes que constituyen las presas primarias en las cadenas alimentarias de los sistemas depredador/presa en el hemisferio norte. Las comunidades de mamíferos pequeños consideradas en esta investigación sugieren tener agentes depredadores muy similares.

En el Bosque Boreal los posibles depredadores pueden ser *Canis latrans*, *C. domesticus*, *Vulpes vulpes*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Mustela erminea*, *M. frenata*, *M. vison*, *Mephiitis Mephiitis*, *Procyon lotor*, *Didelphis virginiana*, *Felis catus* y *Lynx rufus* son los principales carnívoros depredadores; *Aegolius acadicus*, *Asio olas*, *A. flameas*, *Bubo virginianus*, *Otis asia*, *Strix varia*, *Buteo lagopus*, *Circus cyaneus* y *Falco sparverius* son las especies de rapaces que se alimentan de mamíferos pequeños y serpientes como *Nerodia sp*, *Aglaistrodon contortri*, *Pituophis melanoleucus* *Crotalus horridus*, *C. triseriatus*, *Thamnophis ordinoides*, *Natrix sipedon* y *Crotaline sp*.

En el Bosque de Pino-zacatonal destacan las especies carnívoras depredadoras que probablemente por su tipo de dieta sean depredadores de mamíferos pequeños, entre ellas están *Canis latrans*, *Nasua nasua*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Lynx rufus*, *Mustela frenata*, *Procyon lotor*, *Mephiitis macroura*, *Conepatus mesoleucus* y *Spilogale putorius* así como una gran cantidad de serpientes (*Crotalus triseriatus*, *C. horridus*) y de aves rapaces como búhos y halcones. Los sistemas depredador/presa encontrados en cada uno de los hábitats sugiere que las relaciones tróficas son similares.

Cabe señalar que una característica importante del Bosque templado es la diversidad de especies animales (Úrsidos, cérvidos, prociónidos, cánidos,



mustélidos) y especies que ocupan nichos ecológicos equivalentes en el sur. La evidencia mostrada en este trabajo sugiere que las comunidades no son unidades discretas en el ambiente donde las especies comienzan y terminan en un mismo punto en el espacio (Hipótesis del continuo de Gleason y Ramenski) sino que existe un gradiente continuo en la distribución de las especies, aún cuando haya cambios abruptos en las condiciones ambientales donde también se establecen relaciones con los hábitats adyacentes y, cada especie se distribuye acorde a sus propias características genéticas, fisiológicas, históricas, ciclos de vida y su relación con el medio abiótico, y pertenece a "X" comunidad según el resultado de las interacciones con otras especies, por ello las comunidades no tiene límites espaciales (Margalef, 1974).



CONCLUSIONES

El Bosque de Pino-zacatonal en México y el Bosque Boreal en Canadá comparten condiciones climáticas similares al ser hábitats templados. Poseen características estructurales y fisonómicas que determinan la distribución y abundancia de mamíferos pequeños.

Para el Bosque de Pino-zacatonal se registraron ocho especies de las cuales *Neotomodon alstoni* fue la más abundante, mientras que para el Bosque Boreal se registraron diez especies y la más abundante fue *Clethrionomys gapperi*.

La masa corporal promedio de los mamíferos pequeños estudiados es de 91 gramos el tamaño no es una limitante, más aún es una ventaja y una estrategia de supervivencia.

Las densidades obtenidas en los muestreos indican que ambas comunidades se mantiene estables en cuanto al número de individuos.

Según hábitos alimentarios de las especies encontradas se agruparon en herbívoras, carnívoras y omnívoras, siendo éste último el hábito predominante. Las especies omnívoras predominan en los dos Bosques, ambas localidades comparten hábitos carnívoros y la herbivoría resulta exclusiva del Bosque de Pino-zacatonal.

Peromyscus maniculatus refleja una gran amplitud de ítems alimentarios y una gran tolerancia a diferentes condiciones, plasticidad que le permite ser una especie compartida en los de Pino-zacatonal y Bosques Boreal.

Las comunidades de mamíferos pequeños de ambos Bosques poseen sistemas depredador/presa muy similares donde carnívoros, aves rapaces y serpientes parecen fungir como principales agentes depredadores. Los artrópodos, moluscos y anélidos representan ítems de importancia como presas en la cadena alimentaria de los mamíferos pequeños estudiados.



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alden, J; D. Huckaby y B. Ormiston. 1985. *Peromyscus leucopus*. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists 247:1-10
- Álvarez, T. y E. Mayo-Aceves. 1993. Contribución al conocimiento de los hábitos del ratón de los volcanes, *Neotomodon alstoni* (Merriam, 1984). Acta Zoológica Mexicana 59:1-51
- Aranda, M. Los mamíferos de la Sierra del Ajusco. Comisión coordinadora para el desarrollo de la agricultura del Distrito Federal. Departamento del Distrito Federal. 75p.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los grandes y medianos mamíferos de México. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz, México. 209p.
- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1996. Ecology: Individual Populations and Communities. Clackwell Science Press, Oxford.
- Beneski, J. and D. Stinson. 1987. *Sorex palustris*. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists 159:1-8
- Burt, M and A. Goossenheider. 1964. A field Guide to the Mammals. 2ª.ed. The Riberside Press. Canbridge, USA. 245p.
- Brown, J.H., M.L. Taper & Marquet. 1996. Darwinian fitness and reproductive power: reply to Kozlowski. The American Naturalist 147: 1092-1097
- Canela, M. 1981. Ámbito hogareño del ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* (Rodentia: Cricetinae) en la Sierra del Ajusco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Ceballos, G. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Limusa. México. 299p.
- Chávez, C. 1982. Diversidad y comportamiento poblacional de una comunidad de roedores de la sierra del Ajusco, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Chávez, C. y Gallardo, R. 1993. Demografía y Reproducción de *Neotomodon alstoni* en la Sierra del Ajusco, México. Avances en el



Estudio de los Mamíferos de México. (Medellín, R.A. y G. Ceballos eds.)
Vol. 1. Asociación Mexicana de Mastozoológia.

- Davis, W.B. y L.A. Follansbee. 1946. The mexican volcano mouse *Neotomodon*. J. Mammal. 26 (4):401-411
- Dent, J. 1985. Historical & Grafical Atlas. The Aldine Press. Great Britain. 120p
- DeGraaf, R. 1990. Small mammal habitat associations in poletimber and sawtimber stands of four forest cover types. Forest Service, Holdsworth Hall. University of Massachussetts.
- Eder, T. 2002. Mammals of Ontario. Lone Pine Publishing. Canadá. 213p.
- Espino, O. 2001. Estudio de los ensambles de roedores de Zapotitlan Salinas, Puebla. Tesis de Licenciaturas. FES Iztacala, UNAM. México.
- Farrar, J.L. 1995. Trees of Canada. Ftizher and Whiteside Limited, Markham. Canada. 502p.
- García, N. 2004. Terrestrial Mammalian Predator/Prey Systems of the Nortern Hemisphere. Tesis de Maestría. Laurentian University Sudbury, Ontario Canadá.
- George, S; J. Choate y H. Geenowaya. 1986. Blarina brevicauda. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists 261:1-9
- Golley, D. 1975. Small mammals: Their productivity and polpulation dynamycs. Cambridge University Press. Great Britain. 124p.
- Hall, R. 1981. The mammals of North America. 2ª.ed. library of Congreso Cataloging in Publication Data. EUA. 1180p.
- Hillis, T.L. y F.F. Mallory. 1989. Interrelationship of snow depth to primary and secondary predator/prey systems in the tundra/boreal ecotone of the Keewatin/Manitoba region. Musk-Ox 37: 137-143.
- Keddy, P.A. 2002. Wetland Ecology: principles and conservation. Cambidge University Press. Cambridge. 125p.
- Krebs, C. 1998. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution an Abundance. Harper and Row, Publishers, INC. New York. 725p.



- Lawrence, M. 1981. *Microtus pennsylvanicus*. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists 159:1-8
- McKinney, M.L. 1990. Trends in body size evolution. Pp. 75-118, in *Evolutionary Trends*. edited by K.J. McNamara. University of Arizona Press, Tucson
- Margalef, R. 1995. *Ecología*. Omega. Barcelona. 598p.
- Marttel, A. 1977. Changes in Small Mammal Populations after clearcutting of Northern Ontario Black Spruce Forest. *Canadian Field Naturalist*. 91:41-46.
- Merrit, J. 1981. *Clethrionomys gapperi*. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists 146:1-9
- Nowak, R and J. Paradiso. 1983. *Walker's Mammals of the World*. Vol. 1 4ed. The Johns Hopkins University Press.
- Nowak, R and J. Paradiso. 1983. *Walker's Mammals of the World*. Vol. 2 4ed. The Johns Hopkins University Press.
- Parker, G.R. 1989, Effects of reforestation upon small mammals communities in New Brunswick. *Canadian Field Naturalist*. 103(4):509-519.
- Prieto, M. 1988. Hábitos alimenticios y reproductivos de tres especies de roedores cricetidos: *Neotomodon alstoni*, *Peromyscus maniculatus* y *Reithrodontomys megalotis*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México
- Ramírez, C.J. 1986. Investigación sobre el crecimiento del Ratón de los Volcanes (*Neotomodon alstoni*) silvestre y nacido en laboratorio (F1). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Richens, V. 1984. Number and habitat affinities of small mammals in northwest Maine. *Canadian Field-Naturalist*. 88:191-196
- Rojas, M. 1984. Descripción del microhábitat de cinco especies de ratones en la Sierra del Ajusco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Rowe, J. 1977. *Forest Regions of Canada*. Department of Fisheries and the Environment Canadian Forestry Service. Ottawa, Canada. 172p
- Rzedowzki, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432p



- Sánchez, H.C., Rojas, A. y Chávez, C. 1989. Fluctuación poblacional de *Neotomodon alstoni alstoni* (Rodentia:Cricetinae) en la Sierra del Ajusco, México. Ecología Urbana, (Gio Argáez, R., R. Hernández Sáenz, eds.) Museo Nacional de Historia Natural. México. Pág. 105-112
- Smith, R.L. y Smith, T. M. 2001. Ecology and Field Biology. 6ta. ed. Benjamin Cummings Inc. Montreal. 237p
- Stoddart, D. 1979. Ecology of small mammals. Chapman and Hall Press. London. 386p
- Sullivan, S. 2005. A comparison of species richness and diversity in the small mammal assemblages in mature and immature Jack Pine communities. Tesis Licenciatura. Laurentian University. On. Canadá.
- Toledo, V. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y desarrollo. 81(14):17-30
- Villa, B. 2003. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamérica. Instituto de Biología. UNAM. México. 140pp
- Vaughan, T. 1984. Mamíferos. 3ª ed. Interamericana. México. 589p.
- Vázquez, L. 1980. Contribución al conocimiento del área de actividad, densidad de la población y actividad reproductiva de *Microtus mexicanus* (Rodentia: Microtinae) en la Sierra del Ajusco México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Waring, R. y Scheleisinger, W. 1985. Forest Ecosystems, concepts and management. Academic Press, INC. Toronto. 340p.
- Webster, D y J. Knox. *Reithrodontomys megalotis*. 1982. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists 167:1-5
- Wells-Gosling, N. y L. Heaney. *Glaucomys sabrinus*. 1984. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists. 229:1-4
- Wiken, E. 1986. Terrestrial Ecozones of Canada. Environment Canada. Ecological Land Classification Series No. 19. Ottawa, Canada.
- Whitaker, J; R. Wrigley. 1972. *Napaeozapus insignis*. Mammalian Species by The American Society of Mammalogists. 14:1-6
- William, L; J. Ramírez-Pulido y R, Baker. *Peromyscus alstoni*. Mammalian Species by the American Society of Mammalogist 242:1-4



- Zarza, V. 2001. Estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en diversos hábitats en la selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciaturas. FES Iztacala, UNAM. México.