

00343



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**COMPARACION ENTRE LA ESTRUCTURA  
MORFOMETRICA Y LA ESTRUCTURA  
TROFICA DE UNA COMUNIDAD DE  
ROEDORES DEL BOSQUE MESOFILO EN  
OMILTEMI, GUERRERO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**( BIOLOGIA ANIMAL )**

**P R E S E N T A**

**CLAUDIA BALLESTEROS BARRERA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. FERNANDO A. CERVANTES**

**MEXICO, D. F. 2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

---

## DEDICATORIA

Ha sido tiempo de cambios, síntesis y esfuerzo fértil, aunque en esos días no lo percibí con esas cualidades. Hice descubrimientos asombrosos, puliendo valores viejos. He aprendido con torpeza a intentar separar el grano de la paja y sobre todo, me di cuenta que lo andado es nada, uno siempre está en el inicio, no en el fin de los caminos. Pude constatar que del éxito se aprende poco, las mejores esencias, y los destellos de sabiduría se desprenden del fracaso, trucándose en trofeo valioso. Fue una travesía acompañada de libros, películas, discos y gente muy recomendable, muriendo, renaciendo y sacudiendo el polvo de territorios que ya no son parte de mi paisaje.

Dedico no sólo este trabajo, sino cada uno de los actos de mi vida a ese gran faro que a fuerza de un amor infinito no permite naufragio alguno, mis padres y mis hermanos.

Roy Alexander, mi rayito de luz,  
con tu llegada has inundado mi vida  
de una felicidad inimaginable.

Eli, Tomás y Ceci, ustedes han dado  
a la palabra amistad un significado único,  
más allá del tiempo y la distancia  
Gracias por su amor, confianza y  
apoyo incondicional.

A tí abuelita Lupe, que eres mi  
ángel de la guarda.

---

---

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi tutor, el Doctor Fernando Cevantes por su confianza, apoyo y los sabios consejos que durante toda mi estancia en el Instituto de Biología me brindó. A los miembros de mi Comité tutorial, el Doctor Pablo Corcuera y la Maestra Livia León por sus acertados comentarios, su tiempo y ayuda. Gracias Livia por tu maravillosa amistad. A los doctores Catalina Chávez, Héctor Arita, Gerardo Herrera y Manuel Castillo por sus valiosas aportaciones que ayudaron a que este trabajo resultara más claro y completo.

A Oswaldo Hernández por su gran ayuda y apoyo, y sobretodo por estar aquí, conmigo. A los amigos y personas queridas que colaboraron en este proyecto, les tengo en el corazón y agradezco todo lo que hicieron para que resultara en buen término. Ena Mata, Oswaldo, Tomás Martínez, Arturo Casasola, Alejandro Montiel e Isidro, gracias mil por su ayuda en el campo y por forjar momentos inolvidables de Omiltemi. Al Doctor Fausto Méndez por su amistad y apoyo.

Gratitud a quien gratitud merece, Gerardo López, Antonio Santos, y Manuel Castillo, gracias por transmitirme su gran sabiduría, y sus conocimientos, pero sobre todo gracias por su valiosa amistad y por todas las experiencias compartidas.

Gracias a los maestros Maru Fraile, Alejandra Quintanar y Jorge por su amistad y ayuda con las malvadas plantas. A los maestros Salvador Gaona y Gilberto Hernández por su apoyo y complicidad. Roselia Tinoco, Judith López y Lupita Sánchez, gracias por su amistad y por ser el sector mastozoológico de múltiples aventuras.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros de la Colección, a Julieta Vargas, Mario Castañeda, Iztel Baca, Ireliá y con especial cariño a Yolanda

---

Hortelano y Gloria Portales. A todas las personas del poblado de Omiltemi, a Pimi, Belli, Ofe y sus hermanas gracias por su colaboración y cordialidad.

Este trabajo se llevó a cabo en la Colección Nacional de Mamíferos, del Instituto de Biología, UNAM, gracias a las becas de posgrado otorgadas por CONACYT y la DGEP.

Pido disculpas por aquellos que injustamente dejé sin mencionar, ando escasa de memoria y con mucha información sin clasificar.

---

**CONTENIDO**

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE CUADROS .....	viii
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO .....	9
MÉTODOS .....	9
Área de estudio .....	9
Muestreo .....	11
Análisis morfométrico craneal .....	12
Determinación de edades .....	12
Toma de medidas morfométricas craneales .....	13
Análisis estadísticos .....	15
Análisis de contenido estomacal .....	17
Análisis estadísticos .....	18
Análisis de correlación .....	19
RESULTADOS .....	21
Estructura morfométrica .....	21
Estructura trófica .....	24
Análisis de correlación .....	27

---

DISCUSIÓN .....	27
Descripción de la comunidad .....	27
Estructura morfométrica y trófica .....	28
Interpretación de la variables craneales funcionales con respecto a la dieta .....	36
 CONCLUSIONES .....	 43
 RECOMENDACIONES .....	 44
 LITERATURA CITADA .....	 45
 FIGURAS .....	 56
 CUADROS .....	 70
 APÉNDICE I .....	 91
 APÉNDICE II .....	 98

---



---

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Diferencias de los cráneos y patrones de coronas dentales entre roedores. A) Cráneo del heterómido *Liomys irroratus*. b) Patrón de coronas dentales. c) Cráneo del múrido *Megadontomys thomasi*. D) Patrón de coronas dentales. .... 57
- Figura 2.- Mapa de ubicación del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Guerrero, México. .... 58
- Figura 3.- Diagrama ombrotérmico de la estación Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México, donde se muestran los promedios mensuales de precipitación y temperatura. .... 59
- Figura 4.- Diversidad de vegetación del bosque mesófilo de montaña en la Cañada de Agua Fría en Omiltemi, Guerrero. .... 60
- Figura 5.- Ilustración de las medidas craneales y mandibulares tomadas para el análisis de la estructura morfométrica de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. .... 61
- Figura 6.- Ilustración de los componentes funcionales calculados para el análisis de la estructura morfométrica de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. .... 62
- Figura 7.- Cráneo de roedor donde se muestran las medidas requeridas para el cálculo del factor de estiramiento del músculo masetero (FEM). .... 63
- Figura 8 - Vista lateral de mandíbula de roedor donde se ilustran las medidas y ángulos usados en el cálculo de la eficiencia del músculo temporal (Z) .. 64



- 
- Figura 9 - Proyección tridimensional de los valores individuales para las medidas morfométricas craneales de las ocho especies de roedores de Omiltemi, a partir del análisis de funciones discriminantes. .... 65
- Figura 10.- Proyección bidimensional de los valores individuales para las medidas morfométricas craneales de seis especies de roedores de Omiltemi, a partir del análisis de discriminantes. .... 66
- Figura 11.- Gráfica tridimensional de las primeras tres funciones discriminantes (FDI, FD II y FD III) para el análisis de alimentación de las ocho especies de roedores. .... 67
- Figura 12.- Proyección de las funciones discriminantes I, II y III (FDI, FDI, FDI) de las variables de alimentación para las seis especies de roedores de Omiltemi, Guerrero, México. .... 68
- Figuras 13 - Diversidad en tamaños y formas de A) cráneos de ejemplares adultos de las ocho especies de roedores que habitan el bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. B) de mandíbulas de las mismas especies. .... 69

---

---

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1 - Número de ejemplares de cada especie de roedor que se utilizaron para los estudios de contenido estomacal y de morfometría. ....	71
Cuadro 2.- Valores de las medias y desviaciones estándar para cada una de las variables morfométricas craneales funcionales tomadas para el análisis de morfometría craneal. ....	72
Cuadro 3.- Resultados del análisis discriminante con los datos de las medidas craneales funcionales de ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. ....	75
Cuadro 4 - Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de morfometría. ....	76
Cuadro 5.- Coeficientes estandarizados para las tres primeras funciones discriminantes con las medidas craneales funcionales. ....	77
Cuadro 6.- Matriz de clasificación de los especímenes pertenecientes a ocho especies de roedores tomadas como grupos <i>a priori</i> , con los datos morfométricos craneales. ....	78
Cuadro 7.- Matriz de distancias de Mahalanobis ( $D^2$ ) calculadas con las variables morfométricas craneales y las variables tróficas. ....	79
Cuadro 8.- Prueba de funciones del análisis discriminante con los datos morfométricos craneales para seis especies de roedores. ....	80



---

Cuadro 9.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de morfometría craneal con seis especies de roedores .....	81
Cuadro 10.- Coeficientes estandarizados para las tres primeras funciones discriminantes de las variables morfométricas craneales de seis especies de roedores. ....	82
Cuadro 11.- Categorías alimentarias y porcentajes de frecuencia de ocurrencia del contenido estomacal de los roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. ....	83
Cuadro 12.- Resultados del análisis discriminante con los datos del contenido estomacal de las ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. ....	84
Cuadro 13.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de alimentación de las ocho especies de roedores .....	85
Cuadro 14.- Coeficientes estandarizados de las categorías alimentarias utilizadas en el análisis discriminante de la dieta de los roedores de Omiltemi. ....	86
Cuadro 15.- Matriz de clasificación de los especímenes de las ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero, tomadas como grupos <i>a priori</i> , con los datos de alimentación. ....	87
Cuadro 16.- Prueba de funciones del análisis discriminante con los datos de dieta para seis especies de roedores. ....	88

---

Cuadro 17.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de alimentación con seis especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. .... 89

Cuadro 18.- Propiedades, físicas del alimento, forma de ser procesado, especies de roedores que lo consumen, así como las características morfológicas que poseen para poder reducirlo a partículas más pequeñas. .... 90

## RESUMEN

Diversos estudios han establecido que la morfología de los organismos refleja aspectos de su ecología. El presente estudio proporciona información sobre la forma en que está estructurada la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Ormitemi, Guerrero, a nivel de su morfometría craneal y del tipo de alimento que consumen. Asimismo, se analiza si existe una correlación entre la morfometría y la dieta. Para ello, se examinaron 21 medidas craneales relacionadas con el proceso de alimentación, así como el contenido estomacal de los ejemplares colectados en la zona. Por medio de análisis estadísticos se encontró que la comunidad está compuesta en general, por tres tipos morfológicos funcionales los cuales están correlacionados con las categorías que se generaron a partir de la dieta. Estos grupos son: 1) El granívoro constituido por *Liomys irroratus*, que posee músculos temporal y masetero pequeños, fuerza de mordida baja, dentario corto y robusto, y molares de tamaño intermedio. 2) El herbívoro, integrado por *Neotoma mexicana*, que presenta músculos temporal y masetero grandes, mordida fuerte, dentario largo y delgado, y molares anchos, y 3) El omnívoro, compuesto por *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi* y *Reithrodontomys sumichrasti* cuyos músculos temporal y masetero son de tamaño intermedio, mordida de potencia intermedia, así como molares de tamaño intermedio a pequeño.

## INTRODUCCIÓN

La forma de los seres vivos, sus estructuras y la manera en que éstas funcionan son temas que han interesado al hombre desde la antigüedad. El que cada planta o animal posea una forma, dimensión y propiedades mecánicas propias que le permiten existir y que al mismo tiempo lo diferencian del resto de los organismos, ha llevado a los biólogos a desarrollar una serie de disciplinas como la morfología, la sistemática, la fisiología, la ecología, y la evolución, entre muchas otras, con el fin de estudiar estas características.

Una de las ideas surgida a partir de este interés es el que la morfología de los organismos refleja la forma en que viven. De hecho, parte del pensamiento de

## RESUMEN

Diversos estudios han establecido que la morfología de los organismos refleja aspectos de su ecología. El presente estudio proporciona información sobre la forma en que está estructurada la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Ormitemi, Guerrero, a nivel de su morfometría craneal y del tipo de alimento que consumen. Asimismo, se analiza si existe una correlación entre la morfometría y la dieta. Para ello, se examinaron 21 medidas craneales relacionadas con el proceso de alimentación, así como el contenido estomacal de los ejemplares colectados en la zona. Por medio de análisis estadísticos se encontró que la comunidad está compuesta en general, por tres tipos morfológicos funcionales los cuales están correlacionados con las categorías que se generaron a partir de la dieta. Estos grupos son: 1) El granívoro constituido por *Liomys irroratus*, que posee músculos temporal y masetero pequeños, fuerza de mordida baja, dentario corto y robusto, y molares de tamaño intermedio. 2) El herbívoro, integrado por *Neotoma mexicana*, que presenta músculos temporal y masetero grandes, mordida fuerte, dentario largo y delgado, y molares anchos, y 3) El omnívoro, compuesto por *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi* y *Reithrodontomys sumichrasti* cuyos músculos temporal y masetero son de tamaño intermedio, mordida de potencia intermedia, así como molares de tamaño intermedio a pequeño.

## INTRODUCCIÓN

La forma de los seres vivos, sus estructuras y la manera en que éstas funcionan son temas que han interesado al hombre desde la antigüedad. El que cada planta o animal posea una forma, dimensión y propiedades mecánicas propias que le permiten existir y que al mismo tiempo lo diferencian del resto de los organismos, ha llevado a los biólogos a desarrollar una serie de disciplinas como la morfología, la sistemática, la fisiología, la ecología, y la evolución, entre muchas otras, con el fin de estudiar estas características.

Una de las ideas surgida a partir de este interés es el que la morfología de los organismos refleja la forma en que viven. De hecho, parte del pensamiento de

Darwin (1859) era la existencia de una relación muy cercana entre las estructuras de las especies y su ecología, es decir, que las diferencias morfológicas de alguna manera son un indicador de las diferencias ecológicas.

Escuelas como la morfología evolutiva, la morfología funcional y la biomecánica se basan en el hecho de que la forma de los organismos es el producto del proceso evolutivo. Así, las estructuras que los conforman han sido seleccionadas en relación con el ambiente a fin de efectuar todas las funciones que les son distintivas.

La ecomorfología surge forlamente en 1948 como un híbrido de las escuelas antes mencionadas y se define como el estudio de las relaciones entre la morfología de un organismo y su ambiente (Wainwright y Reilly, 1994). Este concepto se fundamenta en la premisa de que el fenotipo provee información útil acerca de la relación organismo-ambiente, debido a que el diseño del organismo afecta su ecología al determinar los límites de su funcionamiento y habilidades para el uso de los recursos. Los objetivos que persiguen los estudios ecomorfológicos básicamente son: 1) Estimar las relaciones ecológicas entre las especies a partir de sus posiciones en el espacio morfológico, 2) Medir la correlación entre la morfología y la ecología como medio para validar el primer punto y 3) Inferir las relaciones funcionales entre la morfología y la ecología (Ricklefs y Miles, 1994).

Los trabajos ecomorfológicos no fueron muy comunes sino hasta los

---

1970 's, década en que empezaron a realizarse estudios sobre las limitaciones que el ambiente impone a los organismos y cómo éstas se expresan en su morfología y ecología (Frazzetta, 1970; Karr y James, Lack , 1971).

Recientemente, sin embargo, el interés en este campo se ha incrementado, dando como resultado su aplicación en estudios filogenéticos, de estructura de comunidades y evolutivos, entre otros. Estos trabajos han llegado a la formulación de conclusiones como: 1) Especies que difieren en el uso del hábitat generalmente también difieren morfológica y conductualmente, contrariamente a especies que usan de forma similar el hábitat que presentan morfología y conducta similar, 2) Diferencias en la morfología se traducen en diferencias en capacidades funcionales (Beuttell y Losos, 1999).

La radiación de los tipos de alimentación, así como el hecho de que la morfología pueda estar correlacionada con la elección de cierto tipo de alimento o de la forma de conseguirlo, permiten analizar los cambios en las estructuras morfológicas relacionadas con la adquisición o procesamiento del alimento. Por ejemplo, dentro de algunas familias de aves, las especies pueden ser separadas morfológicamente, de manera que los grupos obtenidos reflejan diferencias ecológicas existentes entre ellos. Dentro de palomas que habitan en bosques tropicales, las especies que se alimentan en el suelo son pequeñas y poseen alas cortas, así como longitudes de tarso cortos en comparación con las que se alimentan entre la vegetación (Karr y James, 1975).



En un estudio realizado con dos especies simpátricas de peces, *Brevoortia gunteri* y *B. patronus*, se encontró que, aunque en general son morfológicamente similares, difieren en el número de branquiespínulas que presentan en su aparato branquial. Estas diferencias mostraron estar correlacionadas con el tipo de alimento que consumen. *B. patronus* posee un número significativamente mayor de branquiespínulas que *B. gunteri*, lo que le permite filtrar y retener partículas más pequeñas de plancton como algas unicelulares. Por otra parte, *B. gunteri* se alimenta preferentemente de zooplancton que está constituido por partículas de mayor tamaño (Castillo-Rivera et al., 1996).

En vertebrados, algunos caracteres craneales y dentarios permiten inferir los hábitos alimentarios de los organismos, ya que son en estas estructuras donde se encuentran localizadas las herramientas necesarias para procesar la comida. Por ello, los cambios en sus formas y tamaños son importantes en el estudio de la relación morfología-dieta.

Los mamíferos como grupo, a diferencia de otros vertebrados, presentan un aparato masticador con un número mayor de especializaciones que les permite no sólo asir el alimento y tragarlo casi entero, sino cortarlo, molerlo o machacarlo. El papel principal de la dentición en los mamíferos es convertir el material alimentario en piezas lo suficientemente pequeñas para ser digeridas apropiadamente (Vaughan, 1986)

En los estudios realizados con mamíferos que han buscado la correlación morfología craneal-dieta, se han encontrado patrones distintivos entre la forma y

función del cráneo y la alimentación. Por ejemplo, en murciélagos se ha visto que aquellos que son carnívoros presentan cráneos alargados, la cresta sagital desarrollada, volúmenes cerebrales y músculos temporales grandes. Especies con cráneos anchos, músculos maseteros grandes y dentarios robustos se alimentan de insectos de exoesqueleto duro, mientras que los frugívoros muestran un rostro ancho, caninos pequeños y molares con bordes labiales distintivos (Freeman, 1979, 1981, 1984, 1988, 1995).

En marsupiales de la familia Didelphidae, se encontró que las especies que consumen fruta y artrópodos de cubierta quitinosa dura poseen músculos maseteros grandes, cráneos anchos y dientes reducidos. Los que poseen rostros anchos y dientes grandes se alimentan de crustáceos y peces (Medellín, 1991).

En el caso de los roedores, su propio nombre define la acción de sus incisivos, roer. Sin embargo, su dentadura exhibe una división del trabajo entre los incisivos y los molares, unos cortan y los otros muelen el alimento. A pesar de que la forma de los molares, la posición de la apófisis angular mandibular y el origen del músculo masetero son caracteres importantes en la determinación taxonómica del grupo, pocos son los trabajos que han centrado su atención en aspectos de biomecánica, morfología funcional o ecomorfología.

Entre estos estudios se pueden citar los realizados en roedores del género *Peromyscus*, los cuales muestran que existe una correlación entre ciertas características morfológicas y el lugar donde obtienen el alimento. Se ha establecido que las especies que poseen patas traseras grandes, colas largas y

mayor número de tubérculos plantares, pueden trepar con mayor facilidad en los árboles y alimentarse en ellos (Dice, 1940; Horner, 1954; Layne, 1970; Smart, 1978). En cuanto a estudios en biomecánica se encuentran los que han descrito los patrones de movimientos transversos y laterales de los músculos masetero y pterigoideo de la mandíbula durante el proceso de masticación en la rata *Rattus norvegicus* (Hiiemae, 1971; Hiiemae y Houston, 1971).

Diversos trabajos ecomorfológicos se han interesado en el estudio de las comunidades de organismos. Las diferentes concepciones de comunidad, son consecuencia de los distintos objetivos de los estudios, no obstante, el punto central de todas ellas, es la ocurrencia de individuos de diversas especies en el tiempo y espacio (Krebs, 1978, Begon et al., 1986). En términos generales, el enfoque que los biólogos han dado al concepto de comunidad ha girado en dos sentidos, por una parte se ha mostrado interés en las relaciones de flujo de energía, y por otra se ha centrado en las relaciones taxonómicas o estructurales. Al hablar de estructura biológica de una comunidad, se refiere a la composición, abundancia y a las relaciones entre las especies.

Una comunidad puede mostrar un amplio espectro en diversidad de tamaños y formas de las especies que la integran, así como de estrategias para explotar los recursos disponibles para coexistir. Algunos autores han asumido que la posición ecológica de las especies es reflejada por su morfología, y han usado comparaciones morfológicas entre las especies como un indicador de sus relaciones ecológicas. De tal manera, una comunidad puede ser estudiada con

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

base en su estructura morfológica (los patrones de forma o función de las especies que la constituyen) y en su estructura trófica (tipo de alimento que consumen). Al determinar ambas estructuras es posible analizar si existe una correlación entre ellas.

El bosque mesófilo de Omiltemi ubicado en el estado de Guerrero, México, presenta una comunidad de roedores compuesta por ocho especies pertenecientes a dos familias, la Heteromyidae y la Muridae. Dentro de la familia Heteromyidae se encuentran *Liomys irroratus* y *L. pictus*; mientras de la familia Muridae están *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Megadontomys thomasi* (Jiménez-Almaráz y León-Paniagua, 1993).

Las diferencias morfológicas existentes en estos roedores generalmente corresponden con los grupos taxonómicos a los que pertenecen, es decir, los miembros de un mismo grupo taxonómico se parecen más entre sí que entre los de otro grupo. Por ejemplo, los roedores del género *Liomys* se caracterizan por poseer abazones en las mejillas, bulas timpánicas grandes, dientes molariformes con crecimiento continuo y patrón de corona simplificado como en las tuzas (Geomyidae; fig. 1a y b), así como extremidades posteriores considerablemente más grandes que las anteriores (Williams et al., 1993). Los ratones la familia Muridae presentan cola larga y estructura de las extremidades de tipo general. La forma del cráneo es variable, pero el foramen infraorbital siempre está arriba de la

---

placa cigomática, el patrón básico de las cúspides de los molares son más complejas e incluye crestas transversales (Fig. 1c y d), (Vaughan, 1986).

En cuanto a las preferencias del hábitat y de alimentación también existen diferencias entre las especies, *Liomys irroratus* es un granívoro terrestre, y se le encuentra en lugares donde la vegetación no es densa y los árboles no son altos (Genoways, 1973). Los *Peromyscus* son omnívoros y prefieren sitios de abundante vegetación y árboles de distintas alturas, pueden ser terrestres o arborícolas.

Las diferencias tanto en la morfología como en los hábitos alimentarios de las especies de roedores que habitan este bosque hacen que surjan distintas interrogantes sobre la forma de vida, tipo de alimento y características funcionales. El presente estudio intenta responder las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias estadísticamente significativas en la morfología craneal funcional, y en los hábitos alimentarios de las especies de roedores presentes en el bosque mesófilo de Omiltemi? Si es así ¿Existe una correlación entre la morfología craneal funcional y el tipo de alimento consumido?

Por lo tanto, la hipótesis de trabajo es que existe una correlación entre los patrones de dieta y los patrones morfológicos funcionales de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero.

## OBJETIVO

Describir la estructura trófica y la estructura morfométrica funcional de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero, y analizar si existe una correlación entre ellas.

## MÉTODOS

### Área de estudio

Los sitios de colecta elegidos para la realización del presente estudio fueron las cañadas de La Perra y de Agua Fría, las cuáles se caracterizan por su tipo de vegetación, el bosque mesófilo de montaña. Ambos lugares se localizan en el Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Guerrero, México.

El Parque Omiltemi está ubicado en la parte central del estado de Guerrero, entre los paralelos  $17^{\circ} 35'39''$  y  $17^{\circ} 30'23''$  de latitud Norte, y  $99^{\circ} 38'46''$  y  $99^{\circ} 44'09''$  de longitud Oeste, aproximadamente a 15 km de la ciudad de Chilpancingo, y posee una superficie aproximada de 3,613 ha (Fig. 2). Inmerso dentro del parque se encuentra el poblado de Omiltemi, con una población de aproximadamente 70 habitantes (León-Paniagua y Luna, 1993).

El parque se extiende sobre una cuenca dentro de la Sierra Madre del Sur, que se caracteriza por estar rodeada de montañas que alcanzan los 2,750 m de altitud. En él prevalece una configuración accidentada ya que su altitud oscila entre los 1,800 m en la parte Suroeste y 2,800 m en el Norte y Sur del área (Luna, 1993). Aunque se encuentra dentro de la zona intertropical, debido a esta altitud,

## OBJETIVO

Describir la estructura trófica y la estructura morfométrica funcional de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero, y analizar si existe una correlación entre ellas.

## MÉTODOS

### Área de estudio

Los sitios de colecta elegidos para la realización del presente estudio fueron las cañadas de La Perra y de Agua Fría, las cuáles se caracterizan por su tipo de vegetación, el bosque mesófilo de montaña. Ambos lugares se localizan en el Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Guerrero, México.

El Parque Omiltemi está ubicado en la parte central del estado de Guerrero, entre los paralelos  $17^{\circ} 35'39''$  y  $17^{\circ} 30'23''$  de latitud Norte, y  $99^{\circ} 38'46''$  y  $99^{\circ} 44'09''$  de longitud Oeste, aproximadamente a 15 km de la ciudad de Chilpancingo, y posee una superficie aproximada de 3,613 ha (Fig. 2). Inmerso dentro del parque se encuentra el poblado de Omiltemi, con una población de aproximadamente 70 habitantes (León-Paniagua y Luna, 1993).

El parque se extiende sobre una cuenca dentro de la Sierra Madre del Sur, que se caracteriza por estar rodeada de montañas que alcanzan los 2,750 m de altitud. En él prevalece una configuración accidentada ya que su altitud oscila entre los 1,800 m en la parte Suroeste y 2,800 m en el Norte y Sur del área (Luna, 1993). Aunque se encuentra dentro de la zona intertropical, debido a esta altitud,

---

presenta un clima templado subhúmedo del tipo C(w2) (w) big (el más húmedo de los subhúmedos), con lluvias en verano. Los meses que comprenden la época de lluvias van de mayo a octubre, siendo el mes de agosto el de mayor precipitación con un valor superior a los 250 mm. Durante la estación de secas (de noviembre a abril), el porcentaje de lluvia invernal es menor a 5% con respecto a la total anual (Fig. 3). La temperatura anual oscila entre los  $-3^{\circ}$  y  $22^{\circ}\text{C}$  (Luis, 1993).

En términos generales, en el Parque Omiltemi, se presentan cuatro tipos de vegetación: bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosque de encino. Estos tipos de vegetación no tienen límites discretos en el parque, sino que se entremezclan. El bosque mesófilo de montaña se encuentra en lugares donde se presenta la mayor humedad como son las cañadas y los terrenos de pendiente pronunciada. Entre las barrancas y las cañadas más importantes se pueden mencionar la de Potrerillos, localizada en la parte Noreste de la región, y al Oeste las cañadas de la Perra y la de Agua Fría (Fig. 4), ésta última la más importante de la zona (Luna, 1993). La distribución del bosque mesófilo se encuentra en el intervalo altitudinal de 2,200 a 2,600 m s.n.m.

Fisonómicamente, el bosque mesófilo es un bosque sombrío que está conformado por árboles que alcanzan tallas hasta de 40 m de altura (*Abies* u *oyamel*, *Quercus* o encino y el *Cupressus* o cedro blanco), por un estrato arbustivo de 4 m de altura (*Fuschia thymifoli* y *Eupatorium* sp.), un estrato herbáceo (*Ternstroemia pringlei* y *Miconia oligotricha*) y abundantes epífitas (musgos, líquenes, helechos y plantas vasculares). En estos bosques no existe



una dominancia clara de alguna especie vegetal en particular, por lo que hay una diversidad muy alta (García-Rendón, 1993).

### **Muestreo**

Se realizaron dos salidas de campo, en las cuales se colectó durante un total de 30 días (septiembre y octubre de 1998). Diariamente se colocaron 250 trampas, 50 de tipo "Sherman" en los árboles y 200 en el suelo (100 de tipo "Sherman" y 100 de golpe "Museum Special"). A ambos tipos de trampas se les aplicó esencia de vainilla con un atomizador con el fin de atraer a los roedores. Las trampas en los árboles se ubicaron a diferentes alturas (desde 1 hasta 5 m) tanto en las ramas como en los troncos. La colocación de las trampas se inició a las 17:00 h y la revisión de las mismas a las 7:30 h de la mañana siguiente.

A todos los individuos colectados se les registraron los siguientes datos: sitio de captura, número de identificación, masa corporal, longitud total, longitud de cola, pata y oreja, sexo y condición reproductora. Inmediatamente se procedió a la disección, separación del tracto digestivo de cada animal, y la fijación de éste en una solución de formol, ácido acético, alcohol y agua destilada (FAA). La piel y el esqueleto fueron preparados de forma convencional para ejemplares de colección. Una vez en la Colección Nacional de Mamíferos (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México), se llevó a cabo su identificación por medio de los procedimientos convencionales (Hall y Kelson, 1959), y se determinó su nomenclatura taxonómica de acuerdo con Wilson y Reeder (1993).

Con el fin de tener material de referencia para el análisis de contenido estomacal, se realizó simultáneamente a la colecta de los roedores la colecta de plantas, hongos e insectos. Las ramas de plantas con hojas y flores fueron prensadas, los frutos, semillas y hongos se preservaron en FAA (Gaviño y Juárez, 1995). En lo que respecta a los insectos se utilizaron trampas tipo Malaise, trampas de luz, frascos para insectos rastrosos, así como colecta a mano (Borror et al., 1989).

### **Análisis morfométrico craneal**

#### **Determinación de edades**

Para el análisis morfométrico, la muestra incluyó tanto a los individuos obtenidos durante las salidas de campo, como ejemplares de las mismas localidades depositados en colecciones (Colección Nacional de Mamíferos y Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", UNAM).

A todos los roedores se les determinó la edad usando los criterios de Hoffmeister (1951) que se basan en el grado de desgaste de las cúspides dentales de los molares superiores.

**EDAD 1.** Incluye a aquellos individuos en los cuales M3 aún está dentro del alveólo o recientemente ha brotado y no muestra desgaste.

**EDAD 2.** Incluye a los individuos en los que el M3 está desgastado, excepto en las cúspides labiales y el ángulo reentrante es evidente. Los M1 y M2 muestran poco o ningún desgaste.

**EDAD 3.** Incluye a los individuos en los que M3 está desgastado, pero las cúspides linguales de M1 y M2 muestran poco desgaste y las cúspides labiales no están desgastadas, tres ángulos reentrantes son evidentes en el M1 y M2, y el ángulo reentrante en el M3 se observa incompleto.

**EDAD 4.** Incluye a los individuos en los que las cúspides linguales están desgastadas y las labiales muestran desgaste considerable. En el M2 sólo son evidentes dos ángulos reentrantes. El tercer ángulo reentrante se ve incompleto o totalmente desgastado. Dos o tres ángulos reentrantes completos son evidentes en el M1.

**EDAD 5.** Incluye a los individuos en los que las cúspides están lisas por el desgaste y dos de los tres ángulos reentrantes en el M1 y M2 se observan incompletos o, incluso ya no se observan.

De todos los individuos revisados para el presente trabajo, sólo se tomaron en consideración roedores adultos de ambos sexos. La edad adulta en roedores corresponde con las categorías de edad 4 y 5 (Cornely et al., 1981; Hooper, 1957; Martínez-Coronel et al., 1991; Xia y Millar, 1986).

### **Toma de medidas morfométricas craneales**

El cráneo está compuesto por estructuras extremadamente complejas, por lo que sólo se pueden seleccionar un número pequeño de caracteres de todos los posibles. En este trabajo se eligieron componentes y variables funcionales en lugar de variables taxonómicas, ya que se desea conocer la importancia de la

---

morfología a nivel de función y no de sistemática. El concepto de componente craneal funcional se basa en el hecho de que el cráneo está constituido en forma general por el cráneo cerebral y el cráneo facial. El cráneo cerebral o neurocráneo a su vez lo forman la caja craneana y las cápsulas de los sentidos (órbitas y bulas timpánicas). El cráneo facial o esplanocráneo consiste en el aparato de la mandíbula. Los principales componentes funcionales del cráneo pueden ser subdivididos en variables funcionales como por ejemplo, los dientes, la musculatura de la mandíbula, el punto de unión entre cráneo y mandíbula entre otros (Radinsky, 1985).

Los componentes funcionales incluidos en el presente trabajo fueron tomados de Radinsky (1981) y Santos-Moreno (1998) y las variables con significado biomecánico o funcional a partir de los trabajos ecomorfológicos de Carraway (1996), Freeman (1979), Herring et al. (1974) y Medellín (1991). Se midieron 57 caracteres por individuo adulto con vernier digital a un nivel de precisión de 0.01 mm, tomando la medida del lado derecho del cráneo y mandíbula a fin de evitar efectos de asimetría. Las medidas se encuentran listadas en el Apéndice I y en las figuras 5 y 6. De estas medidas tan sólo 21 fueron incluidas en los análisis estadísticos, las restantes fueron usadas tan sólo para el cálculo de las medidas y componentes funcionales.

### **Análisis Estadísticos**

A las medidas morfométricas tomadas que incluyen áreas, volúmenes y segundos momentos de palanca, se les transformó obteniendo la raíz cuadrada, cúbica y cuarta respectivamente, para normalizar sus valores (Radinsky, 1981). Para controlar el efecto del tamaño, se utilizaron proporciones obtenidas a partir de la división del valor original de cada variable entre el valor de la longitud mayor del cráneo (Medellín, 1991). Debido a que el uso de proporciones ha sido controversial, éstas proporciones fueron transformadas por medio del logaritmo base 10 (Blackith y Reyment, 1971; Hill, 1978).

Se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) como una herramienta exploratoria tanto con los datos obtenidos a partir del uso de las proporciones, como con los datos sólo transformados con logaritmo a fin de observar el comportamiento de los grupos asignados (especies), y para corroborar que el factor tamaño fue removido de las variables por medio del uso de las proporciones. Cuando se corre este análisis y el componente principal I muestra valores altos y positivos, entonces puede ser interpretado como un componente de tamaño, de forma inversa, cuando los valores poseen signos positivos y negativos, entonces se identifica como variación de forma (Blackith y Reyment, 1971; Bookstein et al., 1985). El ACP es un método que maximiza las distancias totales entre los grupos, analiza varianzas y busca patrones, es útil debido a que reduce la dimensionalidad.

Asimismo, se aplicó un Análisis de Discriminantes (AD) con las proporciones obtenidas a fin de determinar: 1) Si existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables funcionales de las especies de roedores y 2) Identificar las variables funcionales más importantes en la diferenciación de los grupos.

El AD es un método de clasificación que permite asignar observaciones a grupos y es aplicable a problemas en los cuales se usan datos multidimensionales para caracterizar relaciones morfológicas o ecológicas entre dos o más grupos. El propósito de esta técnica es combinar las diferentes variables discriminatorias (en este caso las variables morfométricas) en un número reducido de funciones que maximizan las diferencias entre los grupos (variables clasificatorias, en este trabajo las especies de roedores)

El AD posee ventajas sobre otras técnicas multivariadas. Proporciona varios criterios con los cuales determinar las diferencias entre grupos como la lambda de Wilks ( $\lambda$ ) y la distancia de Mahalanobis ( $D^2$ ). Ofrece una solución gráfica con la cual se visualiza con mayor claridad estas diferencias. Asimismo genera una matriz de clasificación, la cual contiene información sobre el porcentaje de casos correctamente clasificados.

Las diferencias entre los grupos fueron medidas directamente utilizando la  $\lambda$ , la cual representa la proporción entre las sumas de cuadrados dentro de los grupos y la suma de cuadrados totales. Un valor cercano a 1.0 indica que no hay separación y un valor cercano a 0.0 que existe una separación perfecta (Castillo-

Rivera, 2001). La  $D^2$  se usó en este trabajo como una medida de la distancia entre los centroides de los grupos, es decir, la distancia multidimensional promedio que separa a cada especie de roedor con relación a cada una de las otras especies. Para ello se calcularon las  $D^2$  entre cada par de especies. Sólo el análisis de las  $D^2$  se realizó exclusivamente con los ejemplares colectados en el campo, el resto de los análisis incluyeron a los ejemplares de colecciones.

La importancia que cada variable incluida tuvo en la separación morfométrica de las especies se evaluó por medio de los coeficientes o pesos estandarizados. Por ejemplo, un valor bajo de coeficiente de una variable indica que la misma es irrelevante en la determinación de la relación, mientras que un coeficiente alto muestra que esa variable es importante en la separación de los grupos.

### **Análisis de Contenido Estomacal**

Se analizó el contenido estomacal a un total de 61 roedores adultos: *Liomys irroratus* (5), *Megadontomys thomasi* (10), *Neotoma mexicana* (1), *Oryzomys alfaroi* (6), *Peromyscus aztecus* (13), *P. levipes* (6), *P. megalops* (13) y *Reithrodontomys sumichrasti* (7). El procesamiento del contenido estomacal se realizó de acuerdo con Matamoros (1990). La forma de realizar dicho proceso se encuentra explicado en el Anexo II.

Para este trabajo se determinaron las siguientes categorías alimentarias:

- 1) Material vegetativo (hojas, tallos y flores de las plantas).
- 2) Polen.
- 3) Hongos.
- 4) Semillas.
- 5) Frutos.
- 6) Artrópodos duros (aquellos de exoesqueleto muy esclerosado como coleópteros, arácnidos y larvas de mariposas).
- 7) Artrópodos blandos (de exoesqueleto blando o sin él, como larvas de coleópteros, dípteros y lepidópteros adultos).
- 8) Otros (material no identificado).

De cada contenido estomacal se prepararon 10 laminillas, y se observaron al azar 10 campos por laminilla (haciendo un total de 100 campos por estómago) utilizando un microscopio compuesto Zeiss (10x). Se determinó el número de ocurrencias y el porcentaje de frecuencia de ocurrencia para cada una de las categorías alimentarias encontradas (Batzli y Pítelka, 1971; Korschgen, 1980). El procesamiento de las laminillas de referencia se llevó a cabo siguiendo a Hansson (1970).

### **Análisis Estadísticos**

Al igual que con los datos de morfometría, a los porcentajes de ocurrencia de las categorías alimentarias se les aplicó un AD, debido a que las comparaciones



entre las dietas son en sí mismas un problema multivariado, y por las ventajas de esta técnica ya mencionadas en la parte de análisis estadísticos de la morfometría. Para ello se usaron como variables discriminatorias los porcentajes de cada una de las categorías de alimentación, las cuales fueron transformadas aplicándoles el arcoseno, y como variables clasificatorias las especies de roedores.

Los objetivos de usar el AD fueron determinar 1) Si existen diferencias estadísticamente significativas entre la alimentación de las especies analizadas, y 2) Identificar las categorías alimentarias más importantes en la diferenciación de las dietas de las especies.

Asimismo se usó la lambda de Wilks para evaluar la significancia de la distinción entre grupos y se calculó la distancia de Mahalanobis que separa a cada par de especies en el espacio trófico.

Todos los análisis estadísticos y las gráficas bidimensionales se realizaron por medio del paquete para PC, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS; Norusis, 1986). Las gráficas tridimensionales fueron generadas con el paquete Statistica (StatSoft, 1984).

### **Análisis de correlación entre morfometría y dieta.**

Para medir cuantitativamente la asociación entre las variables morfométricas de los roedores y su tipo de alimentación, se llevó a cabo la Prueba de Mantel. Algunos autores utilizan la prueba de correlación simple para

comparar directamente dos matrices de distancia, sin embargo existe el problema de la falta de independencia entre los elementos de cada matriz (Dietz, 1983).

La Prueba de Mantel se utiliza para evaluar si dos tipos de matrices de distancia están correlacionadas o no. Se basa en obtener una aproximación de la prueba estadística (Z) bajo la hipótesis nula de que no existe asociación entre las matrices de distancia comparadas. La significancia de esta prueba puede ser evaluada por permutaciones al azar de los elementos de una de las matrices, mientras que los elementos de la otra matriz se mantienen fijos (Manly, 1986). El estadístico de Mantel puede ser expresado en forma estandarizada, el cual es equivalente al coeficiente de correlación de Pearson que toma valores entre +1 a -1, o bien como Z, en cuyo caso si dos distancias están correlacionadas entonces el valor de la Z observada será mayor al valor de la Z obtenida al azar. Para el número de permutaciones al azar de los datos, Jackson y Somers (1989) recomiendan usar al menos 10,000 para asegurar que la probabilidad estimada sea estable.

Para evaluar la correlación entre las distancias morfométricas y tróficas por medio de la Prueba de Mantel, se usaron las matrices de distancia de Mahalanobis. La Prueba se realizó por medio del paquete estadístico "Mantel, versión 1.14" (Cavalcanti, 2001).

## RESULTADOS

Se colectaron un total de 132 ejemplares pertenecientes a nueve especies de roedores: *Liomys irroratus* (6), *Megadontomys thomasi* (12), *Neotoma mexicana* (1), *Nyctomys sumichrasti* (1), *Oryzomys alfaroi* (21), *Peromyscus aztecus* (22), *P. levipes* (15), *P. megalops* (43) y *Reithrodontomys sumichrasti* (11). De éstos, 129 fueron atrapados en trampas colocadas en el suelo y tan sólo tres individuos en los árboles, los cuales correspondieron a las especies *P. aztecus*, *P. megalops* y *R. sumichrasti*. El ejemplar de *N. sumichrasti* no se incluyó en los análisis debido a que fue identificado como juvenil.

Al determinar la edad de los roedores, 61 individuos correspondieron a la categoría adulto, por lo que fueron considerados tanto en el análisis de contenido estomacal como en el análisis morfométrico craneal. Sin embargo, la muestra de este último análisis aumentó a 174 individuos, al incluir a los ejemplares adultos depositados en colecciones (Cuadro 1).

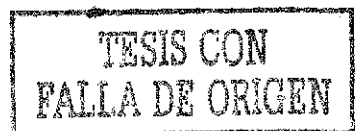
### Estructura morfométrica.

Las medias y las desviaciones estándar de las medidas morfométricas tomadas se pueden ver en el Cuadro 2. El ACP llevado a cabo con las variables a las que no se les dividió entre el tamaño del cráneo, mostró en el primer componente coeficientes altos y con signos positivos, lo cual indica que el tamaño es el principal factor que influye, mientras que en el ACP de proporciones existen tanto signos positivos como negativos, sugiriendo con esto que el factor tamaño

ha sido removido.

Para las variables morfométricas con proporciones, el análisis discriminante (AD) mostró ser significativo para todas las funciones generadas ( $\lambda < 1$ ,  $P < 0.05$ ; Cuadro 3). Las primeras tres funciones explicaron el 93.1% de la variación total (Cuadro 4). Dentro de las variables que están altamente correlacionadas con signo positivo en la primera función discriminante (FD I, Cuadro 5) se encuentran características relacionadas con la fuerza de mordida: los volúmenes de los músculos masetero (VMM) y temporal (VMT), las longitudes cóndilo-angular (LCONANG), cóndilo-coronoides (LCONCOR), y del dentario (LODEN), el índice del momento de brazo de palanca (IMBP), así como los componentes funcionales: el área de almacenamiento del bolo (AALBO) y el área ocular (AROC). Con carga negativa está la sección transversal de la mandíbula (STM)

En las funciones II y III (FD II y FD III) los coeficientes de las variables que explican la mayor variación muestran signo positivo, mientras que las variables con signo negativo tienen poca importancia en estas funciones. Estas variables corresponden a elementos dentarios y de fuerza de mordida. En la FD II, se encuentra el componente funcional área masticatoria (AMAS), las áreas de los molares superiores (AMOLS) e inferiores (AMOLINF), el alto del cóndilo por arriba de la hilera de dientes (ACONHDD), la eficiencia de los mecanismos del temporal (Z); así como el factor de estiramiento del músculo masetero (FEM) para la FD III (Cuadro 5).



La gráfica de las funciones I, II y III muestra que la distribución de las especies en el espacio morfométrico exhibe un patrón de tres grupos (Fig. 9). Es decir, las especies *L. irroratus* y *N. mexicana* están bien separadas, sin embargo, las seis especies restantes (*P. aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *M. thomasi*, *O. alfaroi* y *R. sumichrasti*) se encuentran colocadas muy cercanas unas de otras, por lo que es difícil distinguirlas. En la figura 9, se observa que *N. mexicana* se encuentra ubicada en los extremos positivos de las tres funciones. *L. irroratus* en el extremo negativo de la FDI e intermedio en los ejes II y III. El tercer grupo se encuentra situado en los valores intermedios positivos en FDI e intermedios a negativos en FD II-III.

A pesar de que en la gráfica no es posible distinguir a todas las especies como grupos independientes, la tabla de clasificación muestra que la asignación por especie *a priori* de los ejemplares fue correcta de acuerdo con los datos morfológicos funcionales, ya que el 100% de los ejemplares estuvieron en el grupo designado (Cuadro 6).

De acuerdo a las distancias de Mahalanobis (Cuadro 7), éstas dejan ver que las especies más alejadas entre sí son *L. irroratus* del grupo de las seis especies, siguiendo *L. irroratus* de *N. mexicana*. La distancia entre las especies del tercer grupo varía de la más grande entre *M. thomasi* y *R. sumichrasti*, a la distancia más corta entre *P. aztecus* y *P. levipes*.

Asimismo se corrió un AD de las seis especies más cercanas, es decir, sin *L. irroratus* ni *N. mexicana*, con el fin de detectar mejor la separación entre las

mismas. En dicho análisis las cinco primeras funciones resultaron ser significativas (Cuadro 8) y las tres primeras explicaron el 88.82 % de la variación total (Cuadro 9). Las variables con mayor peso en la primera función fueron índice del momento de palanca (IMBP), la longitud cóndilo-coronoide (LONCOR), la longitud cóndilo-angular (LONANG), la sección transversal de la mandíbula (STM), la longitud del dentario (LODEN) y el ancho del cigomático (ANCI), que separan a *M. thomasi*, *P. megalops* con los valores más altos, *P. aztecus* y *P. levipes* se encuentran muy juntos y con valores intermedios, y *R. sumichrasti* y *O. alfaroi* con los valores más bajos. En el FDII se separan por el área de almacenamiento del bolo alimenticio (AALBO), *O. alfaroi* en el extremo positivo del eje, *P. aztecus* y *P. levipes* nuevamente juntos en la parte media y *R. sumichrasti* y *M. thomasi* en el extremo negativo. En la FD III *P. levipes* presenta valores pequeños de eficiencia de los mecanismos del temporal (Z), mientras que para *P. aztecus* son altos e intermedios para el resto de las especies (Fig. 10, Cuadro 10)

### Estructura trófica

Los resultados obtenidos de las proporciones en porcentajes de los diferentes tipos de alimento consumidos por los roedores se encuentran sintetizados en el Cuadro 11. En dicho cuadro se puede observar que *L. irroratus* es la especie que mayor consumo de semillas presenta, *N. mexicana* se alimentó de material vegetativo, *M. thomasi* tiene entre parte importante de su dieta artrópodos duros en particular de orugas, *O. alfaroi* de artrópodos duros y material

vegetativo, *P. aztecus* de artrópodos duros y blandos, *P. megalops* consume una buena cantidad de frutos en comparación al resto de las especies y *R. sumichrasti* de artrópodos blandos y material vegetal.

En el análisis de funciones discriminantes del contenido estomacal de los roedores, las primeras tres funciones resultaron ser significativas ( $\lambda = 0.32$ ,  $P < 0.001$ ; Cuadro 12). Estas funciones explicaron el 98.9% de la variación total de la muestra. La primera función discriminante contribuyó con el 85.9%, las funciones dos y tres con el 10.3% y 2.7% respectivamente (Cuadro 13). Las categorías alimentarias más importantes en la discriminación de los grupos fueron semillas y artrópodos duros (ARTDUR) para la primera función, material vegetal (M\_VEG\_) para la segunda, frutos y artrópodos duros y blandos (ARTBLA) para la tercera (Cuadro 14).

La representación gráfica de los valores de estas funciones permite distinguir tres grupos (Fig. 11). Uno formado por *L. irroratus*, el cual consume gran cantidad de semillas, poca cantidad de material vegetal y moderada de artrópodos duros; un segundo grupo por *N. mexicana* que posee valores altos para material vegetal, nulos para semillas, bajos para artrópodos duros, y el tercer grupo integrado por un conglomerado de las especies restantes (*P. aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *M. thomasi*, *O. alfaroi* y *R. sumichrasti*) que consumen toda una variedad de alimentos. Dentro de este conglomerado se puede observar una ligera tendencia de *P. megalops* a consumir artrópodos duros y frutos, así como poco material vegetal; *M. thomasi* ingiere artrópodos duros y poco material

vegetativo, el resto de las especies consumen una cantidad moderada de material vegetativo y artrópodos duros, así como poco o nada de frutos.

Los resultados de la discriminación clasificatoria fueron que los grupos *a priori* designados, esto es por especie, no corresponden a los grupos generados con base en la dieta (Cuadro 15), excepto *N. mexicana* y *L. irroratus* que son grupos perfectamente distinguibles y bien clasificados. Sin embargo, el resto de las especies no se identificaron como grupos definidos, sino que mostraron un traslape entre ellos.

Respecto a la distancia entre los grupos utilizando el estadístico de Mahalanobis ( $D^2$ ) se tiene que las especies más lejanas entre sí son *L. irroratus* de *N. mexicana*, seguidas de *L. irroratus* con el grupo conformado por las seis especies antes mencionadas, y *N. mexicana* del mismo grupo. Dentro del grupo de las seis especies las distancias van desde las más grandes entre *P. megalops* y *R. sumichrasti* a las más cercanas entre *P. aztecus* y *M. thomasi* (Cuadro 7).

Con el fin de tener una separación más clara entre estas seis especies, se corrió un AD con los datos de alimentación únicamente con ellas. No se incluyeron los datos de *L. irroratus* y *N. mexicana* ya que sus diferencias con este tercer grupo son tan grandes que quizá pudieran oscurecer las tendencias entre las especies más cercanas. Sin embargo, basados en los resultados del análisis, aunque las primeras dos funciones discriminantes fueron significativas (Cuadro 16), y explicaron el 90.3% de la variación total (Cuadro 17), no se obtuvo una discriminación más fina de las especies. Esto se observa en la gráfica



tridimensional generada a partir de las tres primeras funciones discriminantes (Fig. 12).

### **Correlación entre estructura morfométrica y estructura trófica**

Los resultados obtenidos a partir de la Prueba de Mantel muestran que existe una alta asociación entre las distancias morfométricas y tróficas ( $r = 0.8177$ ;  $P < 0.001$ ). El 99% de las  $r$  obtenidas al azar fueron menores a la  $r$  calculada, por lo que la correlación o concordancia entre ambas distancias es significativamente más alta que al azar con un 99% de confianza.

## **DISCUSIÓN**

### **Descripción de la comunidad**

La ecología de comunidades intenta identificar los patrones que caracterizan a los grupos naturales de especies, comprender cuál es su causa, así como explicar el comportamiento y la estructura de la comunidades (Weins, 1992). En este sentido, el bosque mesófilo de Omiltemi (BMO) presenta un hábitat heterogéneo y complejo, compuesto por una gran diversidad de plantas y de estratos vegetales, lo cual permite la coexistencia de nueve especies de roedores. Este número está dentro de los intervalos reportados para comunidades de bosque mesófilo del país, que varían entre 5 y 10 especies. (Ponce, 1991; Rickart, 1977; Robertson, 1975)

tridimensional generada a partir de las tres primeras funciones discriminantes (Fig. 12).

### **Correlación entre estructura morfométrica y estructura trófica**

Los resultados obtenidos a partir de la Prueba de Mantel muestran que existe una alta asociación entre las distancias morfométricas y tróficas ( $r = 0.8177$ ;  $P < 0.001$ ). El 99% de las  $r$  obtenidas al azar fueron menores a la  $r$  calculada, por lo que la correlación o concordancia entre ambas distancias es significativamente más alta que al azar con un 99% de confianza.

## **DISCUSIÓN**

### **Descripción de la comunidad**

La ecología de comunidades intenta identificar los patrones que caracterizan a los grupos naturales de especies, comprender cuál es su causa, así como explicar el comportamiento y la estructura de la comunidades (Weins, 1992). En este sentido, el bosque mesófilo de Omiltemi (BMO) presenta un hábitat heterogéneo y complejo, compuesto por una gran diversidad de plantas y de estratos vegetales, lo cual permite la coexistencia de nueve especies de roedores. Este número está dentro de los intervalos reportados para comunidades de bosque mesófilo del país, que varían entre 5 y 10 especies. (Ponce, 1991; Rickart, 1977; Robertson, 1975)

Al revisar los listados de las especies de roedores colectadas anteriormente en la zona (Jiménez-Almaráz y León-Paniagua, 1993), se encuentra que *R. sumichrasti* y *N. sumichrasti* son registradas por primera vez para el BMO. Asimismo la captura de *N. sumichrasti* es la primera para el Estado de Guerrero, ampliándose con esto su distribución.

### **Estructura morfométrica y trófica**

Si bien es importante conocer la riqueza y abundancia de especies en una comunidad, no sólo estos parámetros ayudan a entender la relación de las especies y su ambiente. Algunos autores han asumido que la posición ecológica de las especies es reflejada por su morfología y han usado comparaciones morfológicas entre las mismas como un indicador de sus relaciones ecológicas (Findley, 1976; Findley y Black, 1978).

Al estudiar la estructura morfométrica de la comunidad de roedores del BMO, se hace evidente que existe una gran diversidad de tallas y formas. Desde los roedores de tamaño grande como *N. mexicana* hasta los pequeños como *R. sumichrasti*, y otros más presentan tamaños intermedios y similares entre sí como *P. megalops* y *P. aztecus*; *M. thomasi* y *L. irroratus* (Cuadro 2, Figs. 13 A y B).

El tamaño de los organismos puede ser en sí mismo un factor importante en la segregación de los nichos y del reparto de recursos incluyendo los espacios morfométrico y trófico. Con respecto a la estructura de las comunidades se ha

discutido si animales que difieren en tamaño, consumen alimentos también de distinto tamaño, reduciendo así la competencia por el alimento.

De hecho diversos estudios (Gittleman, 1985; Hespenheide, 1971; Schuller y Grant, 1984) han llevado a las siguientes generalizaciones: 1) El tamaño de la presa es directamente proporcional al tamaño del depredador 2) Depredadores grandes consumen presas de un amplio rango de tamaños y de un tamaño promedio mayor que los depredadores chicos. Se ha visto que aves frugívoras con una apertura mandibular grande se alimentan de frutos cuyo rango de tamaño va de grandes a pequeños, mientras que las aves con apertura mandibular más estrecha consumen frutos de un tamaño promedio menor (Wheelwright, 1985).

Con respecto a los roedores de Omiltemi, se podría pensar que por simple diferencia en talla, *N. mexicana* y *R. sumichrasti* se alimenten de elementos distintos. En el caso de *P. megalops* y *P. aztecus*, que son de tamaño muy parecido, esta segregación alimentaria podría no ser muy clara. Sin embargo, no sólo la talla sino gran número de factores como la forma y la función de las estructuras craneales entre otras, pueden permitir el acceso a distintos tipos de alimento.

El objetivo de este trabajo fue precisamente el evidenciar la importancia de los caracteres funcionales más que el tamaño de los organismos y su relación con el alimento que consumen las especies. Por ello la elección de las medidas morfométricas se realizó con base en cuestiones funcionales, es decir, aquellas que tienen importancia para la adquisición y procesamiento del alimento.

La ecomorfología intenta integrar las características morfológicas con aspectos ecológicos. Varios autores han inferido esa relación de forma un tanto indirecta al analizar sólo la morfología de los organismos dándole una interpretación ecológica, sin embargo otros han tratado de obtenerla en forma cuantitativa, analizando también los factores ecológicos. Muchos estudios han encontrado una fuerte correlación entre la morfología y aspectos ecológicos como la alimentación, la locomoción. El resultado obtenido en este trabajo muestra que existe una alta correlación entre la morfometría de las especies de roedores y el tipo de alimento que consumen. Esto se corrobora a partir de la comparación entre las distancias de Mahalanobis morfométricas y tróficas existentes entre cada par de especies, ya que se tiene que son similares ( $r = 0.8177$ ;  $P < 0.001$ ). Este valor está acorde con los resultados de coeficiente de correlación de diversos estudios donde comparan la morfología y la alimentación. Smartt (1978) encuentra una alta correlación ( $r = 0.9$ ) entre las estructuras morfométrica y trófica de tres especies de *Peromyscus*. En algunos peces como *Creagrutus brevipinnis* el coeficiente de correlación entre la longitud estándar-largo del intestino y la herbivoría o carnivoría es de 0.6 (Wikramanayake, 1990); en tanto que en *Brevortia gunteri*, el número de branquiespínulas por milímetro, y el porcentaje de fitoplancton en la dieta están asociadas con una  $r = 0.7$  (Castillo-Rivera, et al. 1996).

La correlación se hace evidente al observar los resultados obtenidos a partir de la distribución de las especies en el espacio morfológico y en el espacio

trófico. Dichas especies conformaron de manera general tres diseños morfológicos funcionales: 1) *L. irroratus* que posee músculos temporal y masetero pequeños, fuerza de mordida baja, dentario corto y robusto, y molares de tamaño intermedio 2) *N. mexicana*, presenta músculos temporal y masetero grandes, mordida fuerte, dentario largo y delgado, y molares anchos, y 3) el grupo compuesto por *P. aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *M. thomasi*, *O. alfaroi* y *R. sumichrasti* cuyos músculos temporal y masetero son de tamaño intermedio, mordida de potencia intermedia, y molares de tamaño intermedio a pequeño. Estos grupos corresponden con los encontrados en el espacio trófico a partir del AD de alimentación.

Este análisis encontró que a nivel de la estructura trófica, si bien ninguna de las especies de roedores consume exclusivamente un sólo tipo de alimento, existen categorías alimentarias que las caracterizan. Se puede decir entonces, que dentro de la comunidad existe un reparto de alimento debido a la presencia de por lo menos tres grupos alimentarios. 1) Los granívoros, constituidos por *L. irroratus*, que consume una gran proporción de semillas. 2) Los herbívoros, representados por *N. mexicana*, cuya dieta se compone principalmente de las partes vegetativas de las plantas más que de ramas, flores o frutos. 3) Los omnívoros, que están integrados por el resto de las especies (*M. thomasi*, *O. alfaroi*, *P. aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, y *R. sumichrasti*), ya que en su dieta se encuentran además de material vegetal, artrópodos, frutos, y hongos, entre otros. Esto muestra la diversidad de alimentos que pueden consumir los

roedores, ya que hasta hace unas décadas se asumía que eran solamente herbívoros, y más tarde se les catalogaba sólo como omnívoros de manera general (Landry, 1970), sin evidenciar las diferencias existentes entre los mismos.

Sin embargo, al analizar lo que ocurre dentro del grupo de los omnívoros, tanto en el espacio trófico como morfométrico, se tienen resultados que no coinciden. En los resultados del AD de morfometría se encontró que las especies omnívoras forman entidades funcionales distintas. Con esto se puede decir, que aún entre las especies que constituyen este grupo existen patrones morfométricos funcionales que las caracterizan. Lo cual apoya la idea de que dentro de cada gremio existente en una comunidad, especies que poseen un tamaño de cuerpo similar rara vez coexisten, o bien deben existir variaciones morfológicas, en los patrones de actividad o de conducta alimenticia suficientes para evitar la competencia (Cody y Mooney, 1978), una de estas variaciones puede ser la funcionalidad del cráneo en el procesamiento del alimento.

Con respecto a la estructura trófica no se pudieron detectar diferencias en la dieta de las especies omnívoras, sino que el grupo se mantuvo como una sola entidad. Sin embargo, al observar los porcentajes de las categorías alimentarias consumidas por los roedores se encuentran ciertas tendencias. Como se puede ver en el Cuadro 11, destaca *P. megalops* por alimentarse de frutos, y *M. thomasi* por su consumo de artrópodos duros, en particular de orugas. Esto, aunado al hecho de que morfométricamente existen diferencias funcionales entre estas

especies, puede dar indicios de que incluso entre los omnívoros puede existir un reparto del alimento.

El concepto de reparto de recurso implica cualquier diferencia sustancial en el uso de los recursos entre las especies (Toft, 1985), lo cual les permite a dichas especies coexistir. De acuerdo con Pianka (1969) son tres las dimensiones generales a lo largo de las cuales las especies se pueden segregar: tiempo, hábitat y alimento. Es deseable analizar las posibles combinaciones entre estas dimensiones: 1) Tipo de alimento y hábitat. Existe la tendencia en las especies que coexisten de alimentarse de items diferentes. 2) Tipo de alimento y tiempo. Esto significa una separación en la hora del día o la época del año en que se alimentan por lo que puede haber una separación del tipo de alimento. 3) Hábitat y microhábitat. Es posible que las especies se alimenten en el mismo sitio a nivel horizontal pero no vertical, es decir, algunos en el piso y otros en los árboles. 4) Tipo de alimento y categoría de alimento. Se puede ser por ejemplo, insectívoro, pero variar en el taxón y tamaño del insecto (Schoener, 1974).

El no haber encontrado una separación más clara entre los omnívoros a nivel trófico pudo deberse a que no se analizaron las dimensiones mencionadas, o bien quizá el alimento no es un factor importante en la diferenciación de estos roedores. No obstante, pueden existir otros factores que evitaron esta diferenciación de tipo de alimento. Posiblemente las categorías alimentarias utilizadas fueron muy amplias y se requiere un análisis más detallado tomando en



consideración distintos niveles como taxonómico, dureza del alimento o lugar donde se encuentra disponible.

Aún cuando no se realizó un estudio detallado a nivel taxonómico del alimento consumido, en forma general, algunos estudios sobre la dieta de roedores coinciden con los resultados obtenidos aquí. Se ha registrado que los heterómidos, incluyendo a *L. irroratus* consumen semillas como parte primordial de su dieta (Reichman y Price, 1993). *N. mexicana* se alimenta principalmente de plantas, en particular del follaje más que de flores, frutos o partes del tronco o tallos, aunque pueden incluir en su dieta invertebrados, semillas y hongos (Cornely y Baker, 1986; Findley, 1987) y los *Peromyscus* toda una diversidad de alimentos. Por ejemplo, Vázquez et al (1993) encontró que la dieta de *P. aztecus* estuvo dominada por dicotiledóneas, consumiendo frutos (51.4%), hojas (21.5%) y semillas (20.7%). Sin embargo, no existen más trabajos de dieta de las especies de roedores trabajadas en este estudio.

También es de tomarse en consideración el lugar donde los roedores obtienen su alimento, Smartt (1978), encontró que a lo largo del año, 55% del alimento de *Peromyscus truei* estuvo asociado a árboles, mientras que para *P. levipes* el 40% y para *P. leucopus* sólo el 21%. Otro factor que tal vez afectó la distinción entre la dieta de los omnívoros, pudo ser que el muestreo fue realizado únicamente en una estación del año, al finalizar la época de lluvias, pudiendo variar el tipo de alimento consumido a lo largo del año. En los bosques húmedos algunos frutos, especialmente los pequeños, están disponibles todo el año, pero

en la época de lluvia los insectos son muy abundantes (Robertson, 1975), de hecho en Omiltemi, los meses de mayo a diciembre es donde se encuentra la floración de la mayoría de las plantas y de agosto a noviembre donde mayor número de mariposas hay, ya que se pueden encontrar hasta 100 especies (Luis y Lorente, 1993)

En la época de secas, donde el alimento resulta ser escaso, las dietas entre los roedores tienden a diferenciarse más que en época de abundancia de alimento. En un estudio realizado en el bosque mesófilo de Manatlán, Jalisco, se encontró que la dieta de *Peromyscus aztecus* y de *Reithrodontomys fulvescens* mostraban una sobreposición alta en la estación lluviosa (77.6%), en tanto que el traslape fue bajo (35.2%) en la estación seca (Vázquez et al., 1999-2000).

Debido a que los estudios de morfología funcional del cráneo toman en consideración variables que calculan la fuerza de mordida, el conocer las propiedades físicas y la dureza del alimento que consumen las especies, puede brindar un mayor sentido a la interpretación de la relación morfología craneal y dieta, así como mostrar una mejor separación entre la dieta de las especies. En un estudio donde se ha relacionado la morfología dentaria de los mamíferos con las propiedades físicas del alimento se realizó la siguiente clasificación de alimentos según sus propiedades mecánicas. Las semillas se encuentran dentro del tipo de alimento duro-quebradizo, el cual se rompe con facilidad. El material vegetal puede ser de tipo blando, dureza moderada y alta resistencia, o bien de alta resistencia, tipo fibroso cuya dureza es variable. Los insectos pueden poseer

exoesqueleto quitinoso y ser de tipo duro-quebradizo, de tipo suave si el exoesqueleto no es muy duro, o bien de tipo turgente en algunos tipos de larvas, las cuales son de dureza baja y resistencia variable. Los frutos se clasifican como tipo turgente si son carnosos o de tipo fibroso si la piel es dura (Hiiemae, 2000).

### **Interpretación de las variables craneales funcionales con respecto a la dieta.**

La ecomorfología es una herramienta integral que permite inferir patrones e interpretar procesos. En este sentido, se puede decir que el estudio de la morfología craneal funcional de los roedores, puede reflejar el tipo de alimento que consumen. Con base en ambos estudios (trófico y morfométrico) se pueden inferir patrones como se muestra en el Cuadro 18, en donde se relacionan las propiedades del alimento consumido con respecto a las características morfométricas funcionales requeridas para su procesamiento.

Las medidas que se seleccionaron para este trabajo reflejan aspectos funcionales significativos de la morfología craneal. Para comprender mejor el significado funcional de estas variables, es necesario conocer cómo actúan durante el proceso de alimentación.

Dentro del morfotipo y grupo alimentario de los granívoros, *L. irroratus* posee músculos temporal y masetero pequeños, tal característica hace que no tenga una mordida fuerte. Esto quizá esté relacionado con el hecho que las

semillas por su consistencia dura-quebradiza requieren una mordida no muy fuerte para romperlas y procesarlas.

Además los heterómidos presentan una masticación propinal que durante el cierre de la mandíbula hace que los dientes inferiores se muevan anteriormente contra los superiores. Este movimiento es producido por los músculos masetero y pterigoides, por lo que posiblemente no muelan tanto el alimento como sería el caso de un herbívoro. Los heterómidos no poseen movimientos transversos de la mandíbula en contraste con los miomorfos (Brylsky, 1983).

En el extremo opuesto se encuentra el morfotipo y gremio de los herbívoros con *N. mexicana*, cuyos volúmenes de ambos músculos son grandes. Esto le permite tener no sólo una mordida fuerte para cortar elementos vegetales de distinto grado de dureza, sino también movimientos de la mandíbula laterales para la molienda de alimento de tipo fibroso. El poseer una mordida potente es de importancia para los animales que se alimentan de plantas, ya que la celulosa tiene un impacto de resistencia muy alto de  $76.8 \text{ kg/cm}^2$ , en comparación por ejemplo de los huesos que es de  $2.2 \text{ kg/cm}^2$  (Rosenber y Kinsey, 1976). Esta resistencia se refiere a la cantidad de energía requerida para romper el material por unidad de volumen. Los pastos con sus altos niveles de fibras requieren altas presiones para ser masticadas eficientemente (Sansón, 1985).

El morfotipo de los omnívoros muestra una gradación en el tamaño de los músculos, sin embargo, nunca llegan a ser tan pequeños como en *Liomys*. Esto les permite tener diferentes tipos de movimientos mandibulares, así como de

fuerza de mordida a fin de procesar el alimento, el cual puede variar en cuanto a su dureza. *R. sumichrasti* y *P. magalops* son los que presentan los músculos más pequeños y se alimentan de elementos de tipo turgente, como frutos carnosos o insectos suaves, por lo que requieren poca fuerza. *P. aztecus* y *M. thomasi* con los valores más altos para este grupo se alimentan de artrópodos duros. El alimentarse de artrópodos de consistencia dura requiere una fuerza moderada de la mandíbula. El impacto de resistencia de la cutícula de insectos como escarabajos es de  $23 \text{ kg/cm}^2$ . Freeman (1979) describió modificaciones de la mandíbula y de los músculos asociados a ella de murciélagos insectívoros. Encontró que aquellos que se alimentaban de insectos blandos como palomillas poseen características que los proveen de poca fuerza en la mandíbula, mientras que los que se alimentaban de escarabajos generaban mayor fuerza.

Se ha sugerido que la fuerza de la mordida puede ser aumentada al incrementar las ventajas mecánicas de la palanca de la mandíbula. La apófisis coronoides provee el brazo de palanca para el músculo temporal y la longitud cóndilo-coronoides (LONCONCOR) refleja el momento del brazo de dicho músculo. Lo mismo ocurre para la longitud cóndilo-angular (LONCONANG) con el músculo masetero.

El masetero es el principal músculo masticatorio en los herbívoros. Un momento de brazo del masetero grande sugiere que la morfología está correlacionada con la eficiencia en moler el alimento, generalmente material vegetal, mientras que un momento del brazo del temporal grande es característico

de los carnívoros. La mayor LONCONANG la posee *N. mexicana*, lo que corrobora el que pueda machacar las plantas, varía en los omnívoros que ingieren algunas plantas en su dieta, y es pequeña en *L. irroratus*, en el cual casi no se encuentra material vegetal. El índice del momento de palanca (IMBP) es la suma de ambos momentos (temporal y masetero), por lo que puede ser visto como el momento total. Los resultados en el espacio multivariado de este índice coinciden con los obtenidos solo tomando en cuenta esta variable.

Otra característica con significado funcional es la altura del cóndilo por encima de la hilera mandibular de dientes (ACONHDD). Se ha dicho que su posición afecta las ventajas mecánicas de los músculos masetero y temporal. En los carnívoros cuando el cóndilo es bajo y el coronoides alto, el momento del brazo del músculo temporal es grande. Un cóndilo no elevado permite una mordida amplia y poderosa. En los herbívoros donde el cóndilo es elevado, el momento del masetero es grande y éste controla la molienda del alimento. Un cóndilo elevado provee una presión de mordida uniforme a lo largo de la hilera de dientes y causa que los dientes inferiores se aproximen a los superiores de forma oblicua, esto hace que el alimento gire a medida que se va triturando (Freeman, 1979). Nuevamente se encuentra que es *N. mexicana* quien posee el cóndilo más elevado, seguido de *L. irroratus*, *M. thomasi* y *P. aztecus*. El que presenta el cóndilo más bajo es *R. sumichrasti*.

La longitud y robustez del dentario (LODEN y STM) también están implicadas en el tipo de alimento consumido. Un dentario corto y robusto como el

de *L. irroratus* sugiere un aumento en la potencia de la mordida y a causa de esto el dentario es fuerte a fin de soportar la presión ejercida para poder quebrar la cubierta de las semillas. En forma inversa el dentario de *N. mexicana* es largo pero poco robusto.

El área de los molares superiores e inferiores es importante ya que está relacionada con la habilidad para la molienda del alimento. Los carnívoros, insectívoros y herbívoros difieren grandemente en esta característica, los primeros poseen áreas molares pequeñas, los insectívoros intermedias, mientras que los herbívoros que requieren moler las grandes cantidades de plantas que ingieren (Freeman, 1984). El alimento de *N. mexicana* rico en celulosa y fibras, es molido en sus anchos molares. Los omnívoros vuelven a mostrar la gradación en tamaño, desde moderado en *P. aztecus*, *M. thomasi* y *O. alfaroi*, hasta pequeño en *P. megalops* y *R. sumichrasti*. En *L. irroratus* son de tamaño medio lo que le permite moler y triturar el alimento no fibroso.

El factor de estiramiento del masetero (FEM) y la eficiencia de los mecanismos del temporal (Z), son dos índices que dan una idea del tamaño de los músculos y la apertura mandibular, y se extrapolan con la fuerza generada. FEM es un índice que muestra que tanto se puede abrir la boca y esto está correlacionado con la fuerza de mordida, por ejemplo, cuando el ángulo de apertura mandibular es grande, como en el caso de los depredadores, el masetero se contrae activamente; en los herbívoros el ángulo de apertura es agudo y la fuerza generada es considerablemente menor (Herring y Herring,

1974). El factor (Z) también provee un índice para calcular la fuerza de la mordida pero con relación al temporal. Carraway (1996) estudió la potencia de mordida en la musaraña *Sorex trowbridgii*, y encontró que la fuerza de la mordida se incrementaba con la edad así como la dieta que variaba de alimentos blandos en jóvenes a duros en adultos. Los mayores valores de ambos índices son para *N. mexicana*, con lo que vuelve a corroborar el hecho de poseer una mordida potente, intermedios para *L. irroratus* y en los omnívoros, van de intermedios a bajos. Sin embargo, en cuanto a la apertura mandibular (Cuadro 2) *Liomys* posee el mayor ángulo de apertura, con lo que no sólo tiene más fuerza, sino que puede tener acceso a alimentos de tamaño variable, *P. levipes* es el de menor apertura mandibular.

El presentar áreas de almacenamiento del bolo alimenticio grandes puede estar relacionado con el hecho de ingerir grandes cantidades de alimento, o bien el poder transportarlo. Quizá el que *L. irroratus* tenga un área pequeña puede deberse a que como heterómido presenta abazones en los cuales almacena las semillas, pudiéndolas comer en cualquier momento.

Se ha sugerido (Radinsky, 1981) que el tener áreas oculares grandes es una adaptación para aumentar la visión. Al ser animales nocturnos, los roedores requieren de una visión aguda. El área de la región ocular (AROC) puede reflejar las habilidades visuales, así la especie con ojos más grandes es *N. mexicana*, y con los más pequeños *R. sumichrasti*. Todas estas características y su relación con el alimento se encuentran resumidas en el Cuadro 18.



Hacer una descripción más detallada de la morfología de los omnívoros con respecto su dieta resulta un tanto complicado debido a la falta de información detallada sobre su alimentación, sin embargo se pueden realizar algunas inferencias. *M. thomasi* posee un dentario corto, pero robusto, una fuerza de mordida potente por ello es factble que se alimente de items duros, al igual que *P. megalops*. En el caso opuesto se encuentran *R. sumichrasti* y *O. alfaroi* quienes con un dentario largo y delgado y poca fuerza quizá coman insectos y partes de plantas suaves.

No obstante, el resultado obtenido en este trabajo sobre la correlación entre la morfología y la dieta de las especies de roedores puede surgir el cuestionamiento si la relación entre un morfotipo específico y su dieta es producto de adaptaciones al ambiente o bien debido a sus relaciones filogenéticas. En este sentido, el método comparativo podría resultar una buena herramienta al incluir no solo caracteres morfológicos y ecológicos, sino también la filogenia de los grupos (Cheveraud et al., 1985). En el caso de la comunidad de roedores de Omiltemi, se encontró que las especies más cercanas filogenéticamente son *P. aztecus* y *P. levipes*, son las más cercanas también en morfología funcional, sin embargo, *N. mexicana* se encuentra tan alejada de los roedores omnívoros como *L. irroratus*, a pesar de que pertenece a la misma familia que éstos.

## CONCLUSIONES

El presente estudio permitió contestar las preguntas planteadas, al encontrar diferencias significativas entre la morfometría de los roedores de la comunidad de bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. Dichas diferencias fueron evidenciadas con la distinción de tres grupos funcionales: *L. irroratus*, *N. mexicana*, y el grupo compuesto por *P. aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *M. thomasi*, *O. alfaroi* y *R. sumichrasti*. Asimismo dentro de la estructura trófica de la comunidad se obtuvieron diferencias entre las especies, las cuales se agruparon en granívoros (*L. irroratus*), herbívoros (*N. mexicana*) y omnívoros (el resto de las especies).

Entre la forma y función de las estructuras craneales y los hábitos alimentarios de los roedores de la comunidad se encontró que existe una correlación significativa, que se refleja no sólo en la concordancia de las distancias morfométricas y de alimentación entre las especies, sino con la explicación que las variables funcionales pueden dar al procesamiento del alimento debido a sus características físicas

## RECOMENDACIONES

Con la realización del presente estudio se vio que los estudios ecomorfológicos requieren una serie de elementos que deben ser tomados en cuenta con el fin de obtener resultados que reflejen el aspecto funcional de las

estructuras y su relación con el ambiente. A continuación se enumerarán las que se consideran más importantes:

- Llevar a cabo estudios similares en distintas comunidades con el fin de comparar resultados.
- Analizar el ciclo anual con respecto a la alimentación y ver si varían las preferencias a lo largo del año.
- Realizar estudios experimentales, donde se aborden cuestiones como la fuerza de mordida ejercida por los organismos, la preferencia alimentaria, tomado diferentes parámetros de la comida como dureza, calidad nutricional, lugar donde se encuentra el alimento, etc.

## CONCLUSIONES

El presente estudio permitió contestar las preguntas planteadas, al encontrar diferencias significativas entre la morfometría de los roedores de la comunidad de bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. Dichas diferencias fueron evidenciadas con la distinción de tres grupos funcionales: *L. irroratus*, *N. mexicana*, y el grupo compuesto por *P. aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops*, *M. thomasi*, *O. alfaroi* y *R. sumichrasti*. Asimismo dentro de la estructura trófica de la comunidad se obtuvieron diferencias entre las especies, las cuales se agruparon en granívoros (*L. irroratus*), herbívoros (*N. mexicana*) y omnívoros (el resto de las especies).

Entre la forma y función de las estructuras craneales y los hábitos alimentarios de los roedores de la comunidad se encontró que existe una correlación significativa, que se refleja no sólo en la concordancia de las distancias morfométricas y de alimentación entre las especies, sino con la explicación que las variables funcionales pueden dar al procesamiento del alimento debido a sus características físicas

## RECOMENDACIONES

Con la realización del presente estudio se vio que los estudios ecomorfológicos requieren una serie de elementos que deben ser tomados en cuenta con el fin de obtener resultados que reflejen el aspecto funcional de las

estructuras y su relación con el ambiente. A continuación se enumerarán las que se consideran más importantes:

- Llevar a cabo estudios similares en distintas comunidades con el fin de comparar resultados.
- Analizar el ciclo anual con respecto a la alimentación y ver si varían las preferencias a lo largo del año.
- Realizar estudios experimentales, donde se aborden cuestiones como la fuerza de mordida ejercida por los organismos, la preferencia alimentaria, tomado diferentes parámetros de la comida como dureza, calidad nutricional, lugar donde se encuentra el alimento, etc.

---

**LITERATURA CITADA**

- Batzli, G. O. y F. A. Pitelka. 1971. Condition and diet of cyclin population of the California vole *Microtus californicus*. *Journal of Mammalogy* 52: 151-163.
- Begon, H. J., Harper, J. L. y C. R. Townsend. 1990. *Ecology, Individuals, populations and Communities*. Blackwell Scientific, Cambridge.
- Beuttell, K. y J. B. Losos. 1999. Ecological morphology of caribbean anoles. *Herpetological Monographs* 13: 1-28.
- Blackith, R. E. y R. A. Reyment. 1971. *Multivariate morphometrics*. Academic Press. Londres.
- Bookstein, F. L., Chernoff, B., Elder, R. L., Humphries, J. Jr , Smith, G. R. , y R. E. Strauss. 1985. *Morphometrics in evolutionary biology*. Special Publication of the Academy National of Science, Filadelfia.
- Borror, J. D., Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects*. Saunders College, Filadelfia.
- Brylsky, P. 1993. The evolutionary morphology of Heteromyids. Pp. 357-385 *In*: *Biology of the Heteromyidae* (H. H. Genoways y J. H. Brown, eds.). The American Society of Mammalogist. Special Publication No. 10.

Carraway, L. N., 1996. A search for age-related changes in bite force and diet in shrews. *American Midland Naturalist* 135: 231-240.

Castillo-Rivera M., 2001. Biología trófica de especies de peces dominantes en ecosistemas estuarinos del Golfo de México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F.

Castillo-Rivera M., Kobelkowsky, A. y V. Zamayoa. 1996. Food resource partitioning and trophic morphology of *Brevoortia gunteri* and *B. patronus*. *Journal of Fish Biology* 49: 1102-1111.

Cavalcanti, M. J. 2001. Test for association between two symmetric distances matrices with permutation iterations, versión 1.14. Departamento de Geologia e Paleontologia. Museu Nacional do Rio de Janeiro, Brasil.

Cody, M. y L. Mooney. 1978. Convergence versus no convergence in Mediterranean climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9: 265-321.

Cornely, J. E., Schmidly, D. J, Genoways. H. H. y R. J. Baker. 1981. Mice of the genus *Peromyscus* in Guadalupe Mountains National Park, Texas. Occasional Paper The Museum Texas Tech University 74: 1-35.

Cornely, J. E y R. J. Baker. 1986. *Neotoma mexicana*. *Mammalian Species* 262: 1-7.

- Cheveraud, J. M., Down, M.M. y W. Leutenegger. 1985. The quantitative assessment of phylogenetic constraints in comparative analyses: sexual dimorphism in body weights among primates. *Evolution* 39: 1335-1351.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species*. John Murray, Londres.
- Dice, L. R. 1940. Ecologic and genetic variability within species of *Peromyscus*. *American Naturalist* 74: 212-221.
- Dietz, J. E. 1983. Permutation test for association between two distance matrices. *Systematic Zoology* 32(1): 21-26.
- Dwyer, C. M. y H. Kaiser. 1997. Relationship between skull form and prey selection in the Thamnophiine snake Genera *Nerodia* and *Regina*. *Journal of Herpetology* 31(4): 463-475.
- Findley, J. S. 1976. The structure of bat communities. *American Naturalist* 110: 129-139.
- Findley, J. S. 1987. *The Natural History of New Mexico Mammals*. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Findley, J. S. y H. Black, 1978. Morphological and dietary structuring of a Zambia insectivorous bat community *Ecology* 64: 625-630.
- Freeman, P. W. 1979. Specialized insectivory: Beetle-eating and moth-eating molossid bats. *Journal of Mammalogy* 60(3):467-479



- Freeman, P. W. 1981. Correspondence of food habits and morphology in insectivorous bats. *Journal of Mammalogy* 62(1):166-173
- Freeman, P. W. 1984. Functional cranial analysis of large animalivorous bats (Microchiroptera). *Biological Journal of Linnean Society* 21:387-408.
- Freeman, P. W. 1988. Frugivorous and animalivorous bats (Microchiroptera): Dental and cranial adaptations. *Biological Journal of Linnean Society* 33:249-272.
- Freeman, P. W. 1995. Nectarivorous feeding mechanisms in bats. *Biological Journal of Linnean Society* 56: 439-463.
- García-Rendón, M. 1993. Vegetación. Pp: 39-58, *In: Historia natural del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero* (I Luna y J. Llorente, eds. ). UNAM, México, D. F., 588 pp
- Gaviño de la Torre, G. y C. Juárez. 1995. Técnicas selectas de laboratorio y campo. Ed. Limusa, México.
- Genoways, H. H. 1973. Systematics and evolutionary relationships of Spiny Pocket Mice, Genus *Liomys*. Special Publications The Museum Texas Tech University 5 1-368
- Glitterman, J. L. 1985. Carnivore body size, ecological and taxonomic correlates. *Oecologia* 67: 540-554.



- Hall, E. R. y K. R. Kelson. 1959. *Mammals of North America*. Nueva York.
- Hansson, L. 1970. Methods of morphological diet microanalysis in rodents. *Oikos* 21:2-266.
- Hansson, L. 1970. Methods of morphological diet microanalysis in rodents. *Oikos* 21:2-266.
- Hespeheide, H. A. 1971. Food preference and the extent of overlap in some insectivorous birds, with special reference to Tyrannidae. *Ibis* 113: 59-72
- Herring, S. W. y S. E. Herring. 1974. The superficial maseter and gape in mammals. *American Naturalist* 108: 561-576
- Hiiemae, K., 1971. The structure and function of the jaw muscles in the rat (*Rattus norvegicus* L ). III. The mechanics of the muscles. *Zoological Journal of Linnean Society* 50: 111-132.
- Hiiemae, K., y W. J. B. Houston. 1971. The structure and function of the jaw muscles in the rat (*Rattus norvegicus* L.). I. Their anatomy and internal architecture. *Zoological Journal of Linnean Society* 50: 111-132.
- Hiiemae, K. M. 2000. Feeding in Mammals. Pp. 411-448 *In*: Feeding, form, function, and evolution in tetrapod vertebrates (K. Schwenk, ed.). Academic Press.

- Hill, M. On Ratios A response to Atchley, Gaskins, and Anderson. *Systematic Zoology* 27: 61-62.
- Hoffmeister, D. F. 1951. A taxonomic and evolutionary study of the pinon mouse *Peromyscus truei*. *Illinois Biological Monograph* 21: 1-104.
- Hooper, E. T. 1957. Dental patterns in mice of the genus *Peromyscus*. *Museum of Zoology, University of Michigan*
- Horner, B. E. 1954. Arboreal adaptations of *Peromyscus* with special reference to use of tail. *Contribution of Laboratory of Vertebrate Biology, University of Michigan* 61: 1-84.
- Jackson, D. A. y K. M. Somers. 1989. Are probabilities estimates from the permutation model of Mantel's test stable? *Canadian Journal of Zoology* 67: 766-769.
- Jiménez-Almaráz, T. y L. León-Paniagua. 1993. Mamíferos. Pp: 503-549 *In: Historia natural del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero* (I. Luna y J. Llorente, eds.). UNAM, México, D. F.
- Karr, J. R. 1975. Production, energy pathways, and community diversity in forest birds. Pp: 161-176, *In Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research* (F. B. Golley y E. Medina, eds ). Springer-Verlag, Nueva York.

Karr, J. R. y F. C. James. 1975. Eco-morphological configurations and convergent evolutions in species and communities. Pp: 258-291, *In: Ecology and evolution of Communities* (Cody, M. L. y J. M. Diamond, eds.). Harvard University Press, Cambridge.

Korschgen, L. J. 1980. Procedures for food-habits analyses. Pp. 113-127. *In: Wildlife management techniques manual.* (S. D. Schemnitz ed.). The Wildlife Society

Krebs, J. C. 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.* Harper and Row, Publishers, Inc., Nueva York.

Lack, D. 1971. *Ecological isolation in Birds.* Harvard University Press. Cambridge.

Landry, S. O. 1970. The Rodentia as omnivores. *Quarterly Review of Biology* 45: 351-372.

Layne, J. N. 1970. Climbing behavior of *Peromyscus floridanus* and *Peromyscus gossypinus* *Journal of Mammalogy* 52: 580-591.

León-Paniagua, L. e I. Luna. 1993. Asentamientos Humanos. Pp: 19-21 *In: Historia natural del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero* (I. Luna y J. Llorente, eds.) UNAM, México, D. F.

Losos, J. B y D. B Miles. 1994 Pp.60-98. Adaptation, Constrain, and the Comparative Methods: Phylogenetic Issues and Methods. *In: Ecological*

Morphology. (P. C. Wainwright y S. M. Reilly eds.). The University of Chicago Press.

Luis, A. 1993. Clima. Pp: 35-37, *In: Historia natural del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero* (I. Luna y J. Llorente, eds. ). UNAM, México, D. F.

Luis, M. A y J. Llorente. Mariposas. Pp: 307-319, *In: Historia natural del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero* (I. Luna y J. Llorente, eds. ). UNAM, México, D. F.

Luna, I. 1993. Generalidades Geográficas. Pp: 9-18, *In: Historia natural del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero* (I. Luna y J. Llorente, eds. ). UNAM, México, D. F.

Manly, T. J. 1986. *Multivariate Statistical Methods. A primer*. Chapman and Hall, Londres

Martínez-Coronel, M., Ramírez-Pulido, J. y T. Álvarez. 1991. Variación intrapoblacional de *Peromyscus melanotis* (Rodentia: Murida) en el Eje Neovolcánico Transverso, México. *Acta Zoológica Mexicana* 47: 1-51.

Matamoros, T. G. 1990. Estudio de la variación de la dieta de una comunidad de roedores del exlago de Texcoco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, México, D. F.

- 
- Medellín, R. A. 1991. Ecomorfología del cráneo de cinco didélfidos: Tendencias, divergencias e implicaciones. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 62(2): 269-286.
- Norusis, M. J. 1986. *SPSS/Pct, Statistical Package for the Social Sciences*. Chicago Illinois.
- Pianka, E. R. 1969. Sympatry of desert lizards (*Ctenotus*) in western Australia. *Ecology*, 50: 1012-1030.
- Ponce, H. E. 1991. Sifonaptera (Arthropoda:Insecta) asociada a roedores en el bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Juárez, Oaxaca: una interpretación biogeográfica. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM México, D.F.
- Radisky, L. 1981. Evolution of the skull shape in carnivores 1. Representative modern carnivores. *Biological Journal of the Linnean Society* 15:369-388.
- Ricklefs R. E y D. B. Miles. 1994. Pp. 13-41. Ecological and evolutionary inferences from morphology: an ecological perspective. *In: Ecological Morphology* (P. Ç. Wainwright y S. M. Reilly, eds.). The University of Chicago Press.
- Riechman, O. J. y M. V. Price. 1993. Ecological aspects of the heteromyid foraging. Pp. 539-596. *In: Biology of the Heteromyidae* (H. H. Genoways y J. H. Brown, eds.). The American Society of Mammalogist. Special Publication No. 10.

- Robertson, P. B. 1975. Reproduction and community structure of rodents over a transect in Southern Mexico. Tesis de Doctorado. University of Kansas.
- Rosenber, A. L. y W. G. Kinsey. 1976. Functional patterns of molar occlusion in plathyrrine primates. *American Journal of Physical Anthropology* 45: 281-298.
- Sanson, G. D. 1985. Functional dental morphology and diet selection in Dasyurids (Marsupialia: Dasyuridae). *Australian Mammalogy* 8 (4): 239-247.
- Santos-Moreno, J. A. 1998. Análisis craneométrico funcional de la variación intrapoblacional en *Peromyscus gratus* (Rodentia: Muridae). Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, México, D. F.
- StatSoft, 1984. *Statistica*. StatSoft, Inc. Tulsa. EUA.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185: 27-39.
- Schulter, D. y P. R. Grant. 1984. Determinants of morphological patterns in communities of Darwin's finches. *The American Naturalist* 123: 175-196.
- Smartt, R. A. 1978. A comparison of ecological and morfological overlap in a *Peromyscus* community. *Ecology* 59(2): 216-220.
- Toft, C. A. 1985. Resource partitioning in amphibian and reptiles. *Copeia*, 1: 1-21.
- Vaughan, T. A. 1986. *Mammalogy*. W. B. Saunders Co. Filadelfia.

- Vázquez, L. B., Cameron, G. N. y R. A. Medellín. 1999-2000. Hábitos alimentarios y biología poblacional de dos especies de roedores en el Occidente de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 4: 5-21.
- Wainwright, P. C. y S. M. Reilly. 1994. *Ecological Morphology*. The University of Chicago Press. 365 pp.
- Wheelwright, N. T. 1985. Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66(3): 808-818.
- Wilson, D. E. y D. M. Reeder. 1993. *Mammals species of the world: A taxonomic and geographic reference*. The Smithsonian Institution, Washington D. C.
- Williams, D. F., Genoways, H.H., y J. K. Braun. 1993. *Taxonomy and Systematics*. Pp. 38-196. *In: Biology of the Heteromyidae*. (H. H. Genoways y J. H. Brown, eds.). The American Society of Mammalogist. Special Publication No. 10
- Wikramanayake, D. E. 1990. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. *Ecology* 71: 1756-1764
- Xia, X. y J. S. Millar. 1986. Morphological variation in deer mice in relation to sex and habitat. *Canadian Journal of Zoology* 65: 527-533.



## FIGURAS

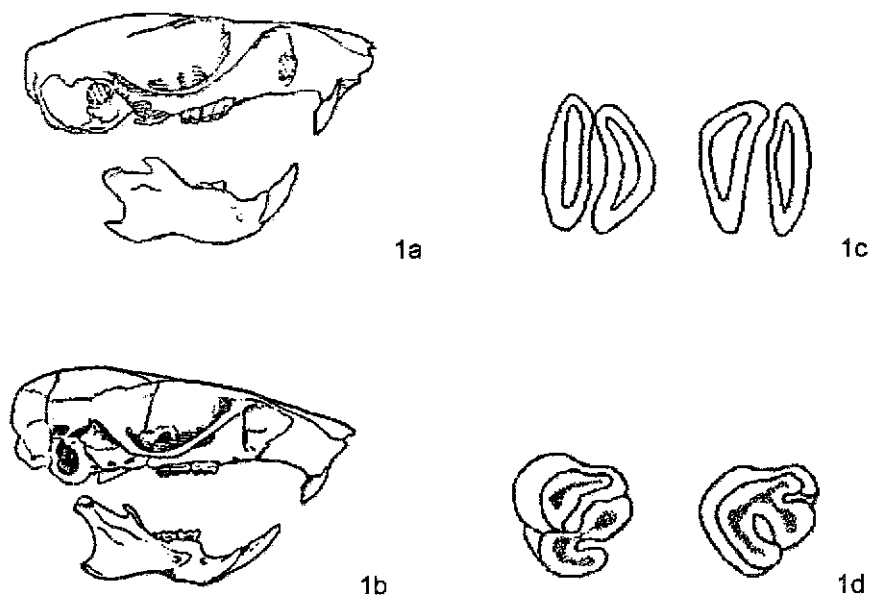


Figura 1.- Diferencias de los cráneos y patrones de coronas dentales entre roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. A) Cráneo del heterómido *Liomys irroratus*. b) Patrón de coronas dentales de los primeros molares derechos, superior (derecha) e inferior (izquierda) de *L. irroratus*. c) Cráneo del múrido *Megadontomys thomasi*. D) Patrón de coronas dentales de los molares superiores izquierdos segundo y tercero de *M. thomasi*. El patrón oclusal en *M. thomasi* incluye cúspides y crestas, mientras que en *L. irroratus* es simplificado.

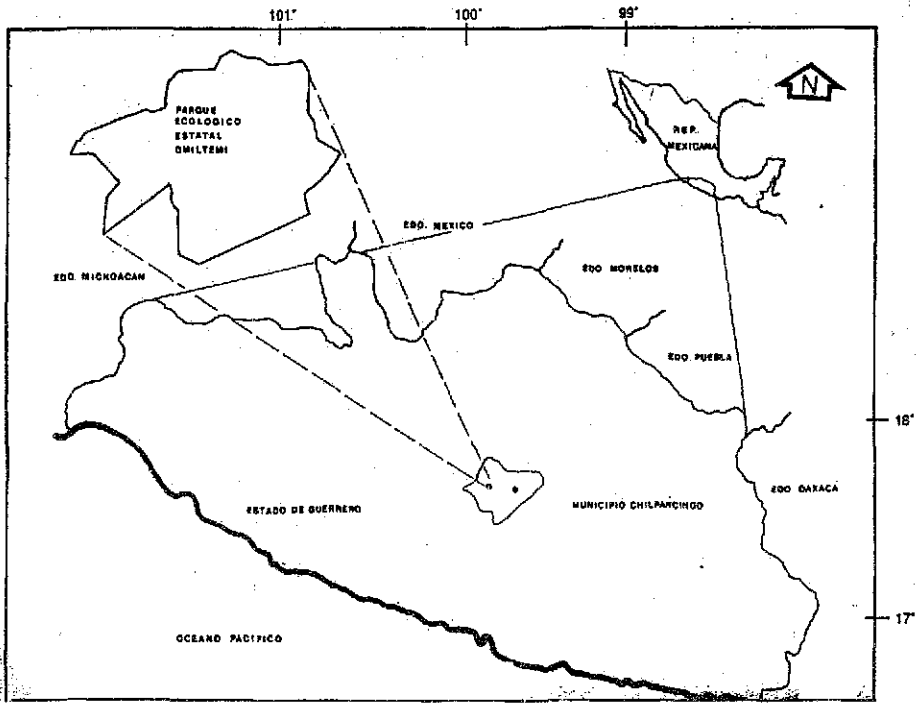


Figura 2.- Mapa de ubicación del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, Guerrero, México (Luna, 1993), donde se realizó la colecta de los roedores para los estudios de contenido estomacal y de morfometría.

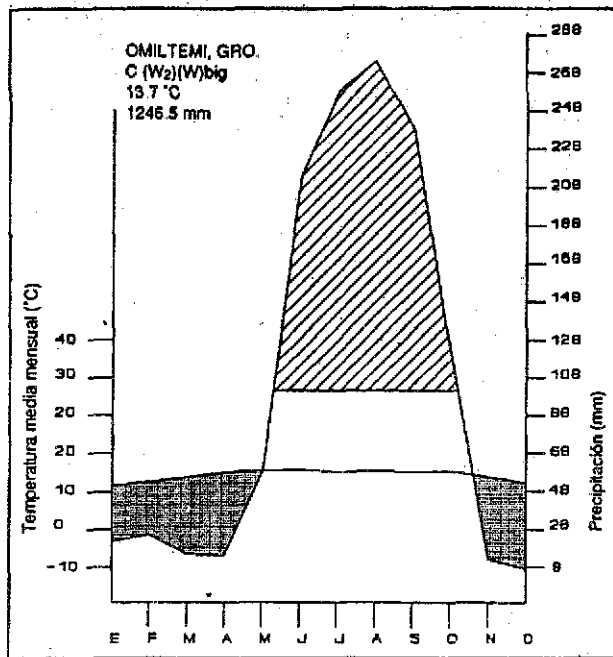


Figura 3.- Diagrama ombrotérmico de la estación Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México, donde se muestran los promedios mensuales de precipitación y temperatura.

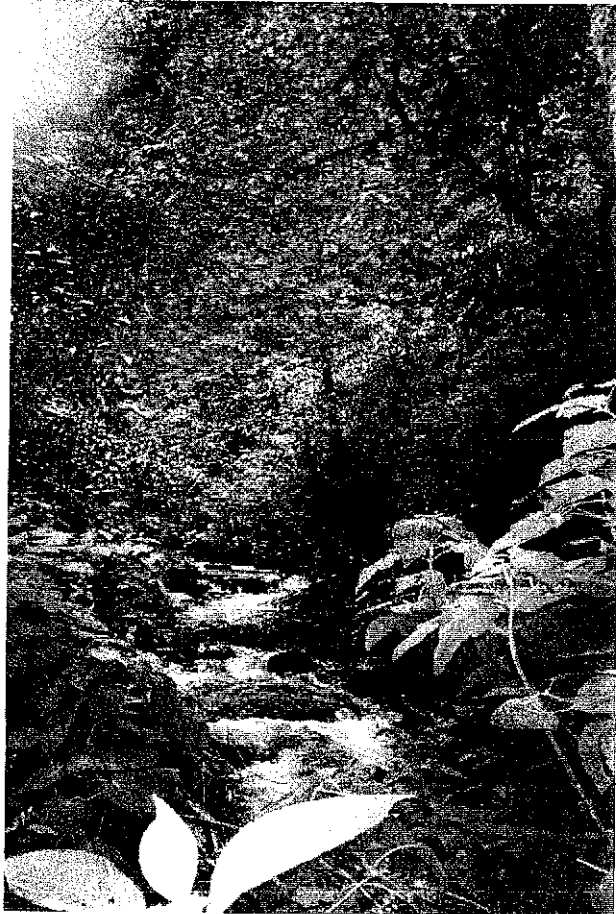


Figura 4.- Diversidad de vegetación del bosque mesófilo de montaña en la Cañada de Agua Fría en Omiltemi, Guerrero. En este lugar se realizó la colecta de roedores para el presente trabajo.

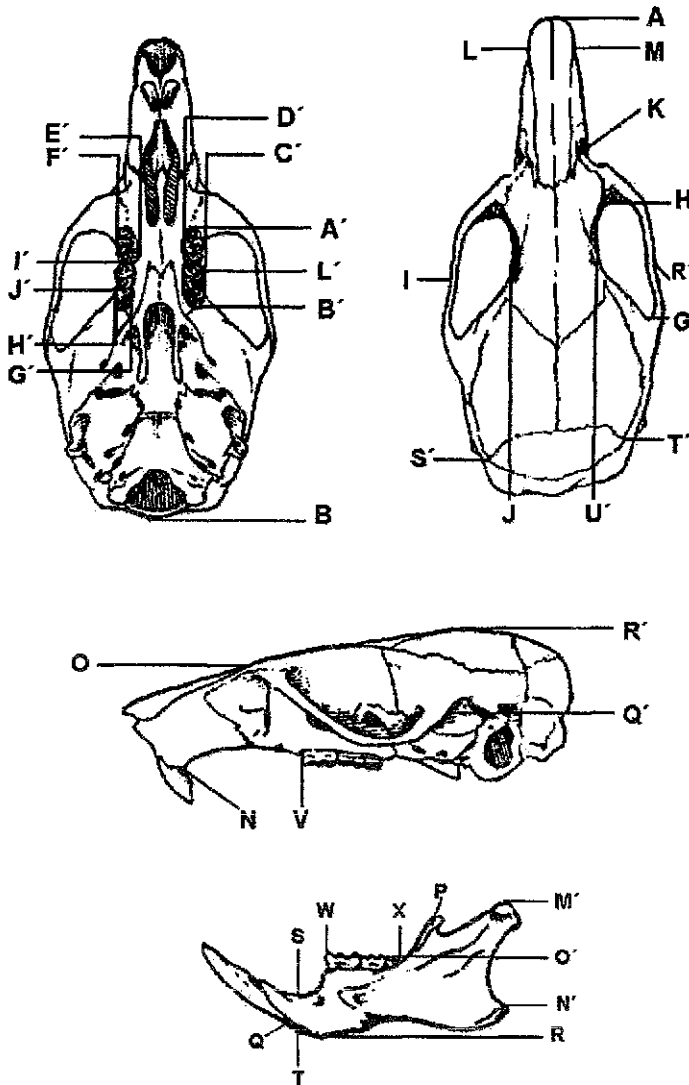


Figura 5.- Ilustración de las medidas craneales y mandibulares tomadas para el análisis de la estructura morfométrica de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. Las letras corresponden con las medidas descritas en el Apéndice I.

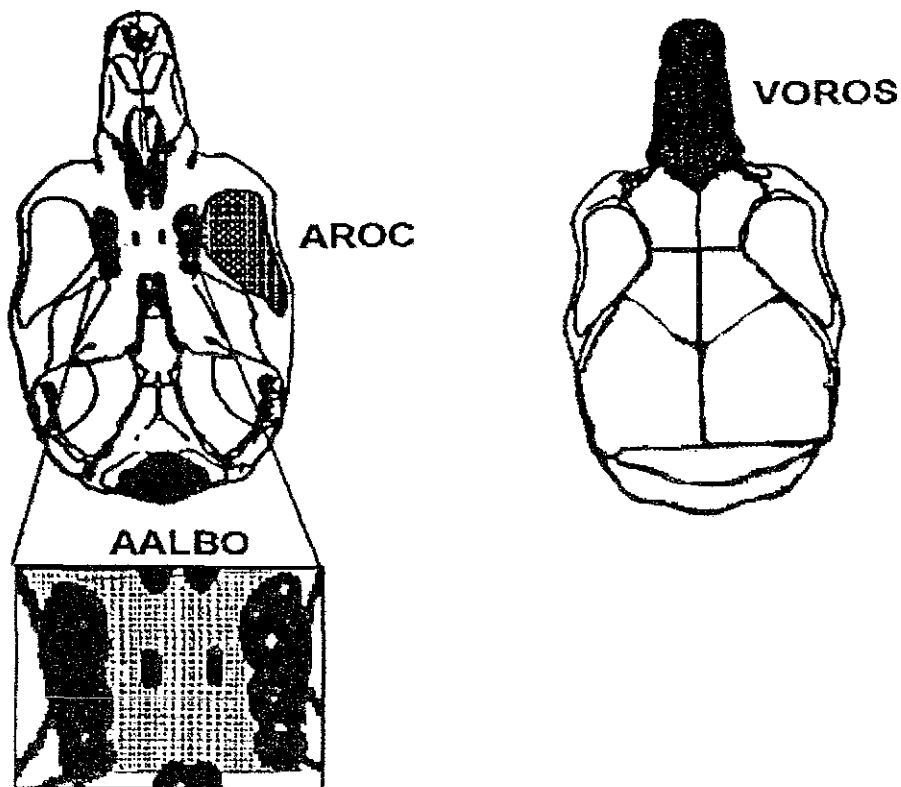


Figura 6.- Ilustración de los componentes funcionales calculados para el análisis de la estructura morfométrica de la comunidad de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. AROC: Área ocular, AALBO: Área de almacenamiento del bolo alimenticio y VOROS: Volumen rostral (Santos-Moreno, 1998).

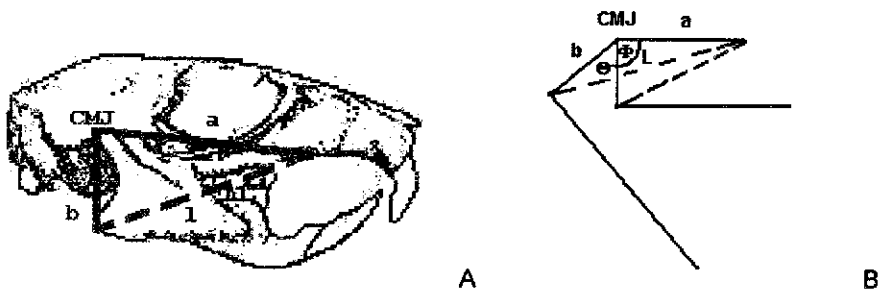


Figura 7 - (A) Cráneo de roedor donde se muestran las medidas requeridas para el cálculo del factor de estiramiento del músculo masetero (FEM). (B) Las longitudes  $a$  y  $b$  son las distancias de origen e inserción del masetero con respecto a la unión cráneo-mandibular (CMJ), y  $\phi$  es el ángulo entre ellos. Las letras  $l$  y  $L$  representan las longitudes del músculo en posición de boca cerrada y cuando la mandíbula es rotada y se abre, a través del ángulo  $\theta$  (Modificado de Herring y Herring, 1974).



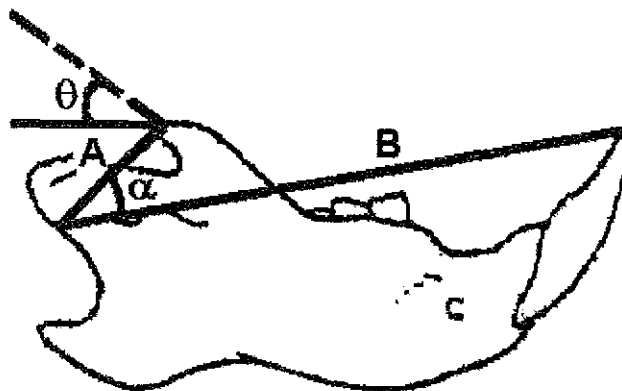


Figura 8.- Vista lateral de mandíbula de roedor donde se ilustran las medidas y ángulos usados en el cálculo de la eficiencia del músculo temporal (Z). La letra A representa la longitud condilo-coronoide (LCONCOR), y B la longitud de la mandíbula tomada desde la parte ventral de la faceta condilar, hasta la punta del incisivo (LONMAN),  $\alpha$  es el ángulo de intersección de éstas dos medidas y  $\theta$  es el ángulo del vector fuerza (Modificado de Carraway, 1996).

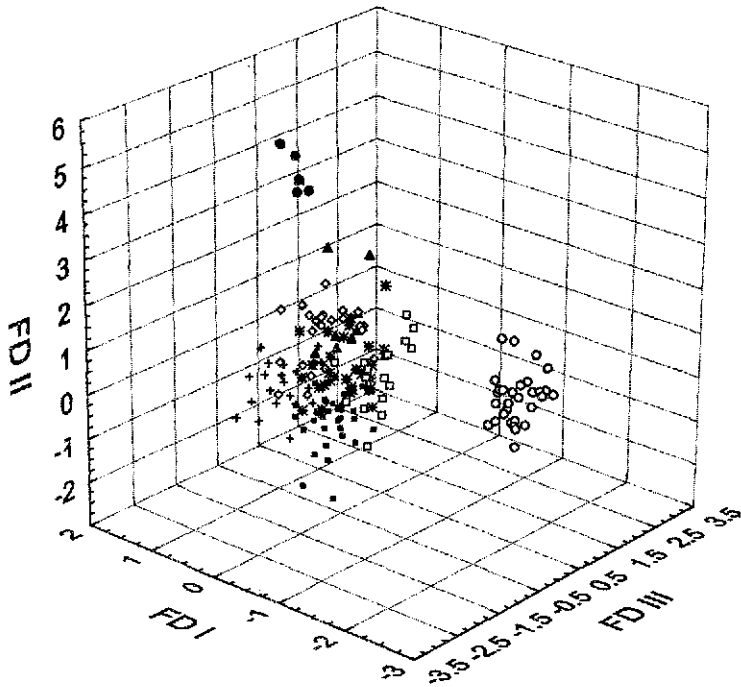
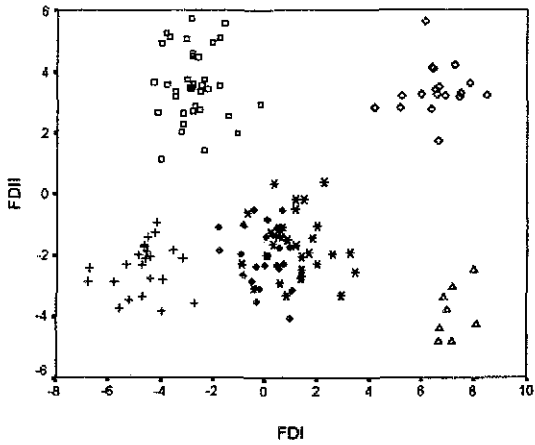
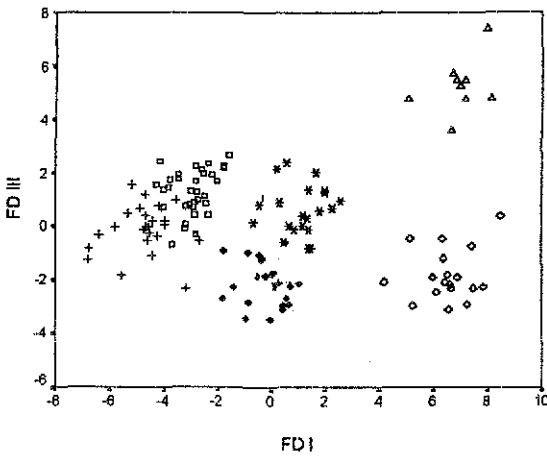


Figura 9.- Proyección tridimensional de los valores individuales para las medidas morfométricas craneales de las ocho especies de roedores de Omiltemi, a partir del análisis de funciones discriminantes. *Liomys irroratus* ( O ), *Megadontomys thomasi* ( + ), *Neotoma mexicana* ( • ), *Oryzomys alfaroi* ( Δ ), *Peromyscus aztecus* ( ◆ ) *P. levipes* ( \* ), *P. megalops* ( □ ) y *Reithrodontomys sumichrasti* ( ◇ ).



A



B

Figura 10.- Proyección bidimensional de los valores individuales para las medidas morfométricas craneales de seis especies de roedores de Omiltemi, *Megadontomys thomasi* (+), *Oryzomys alfaroi* ( $\Delta$ ), *Peromyscus aztecus* ( $\blacklozenge$ ) *P. levipes* (\*), *P. megalops* ( $\square$ ) y *Reithrodontomys sumichrasti* ( $\blacklozenge$ ), a partir del análisis de funciones discriminantes. A) Función discriminante I (FD I) contra la función discriminante II (FD II). B) Función discriminante I (FD I) contra la función discriminante III (FD III).

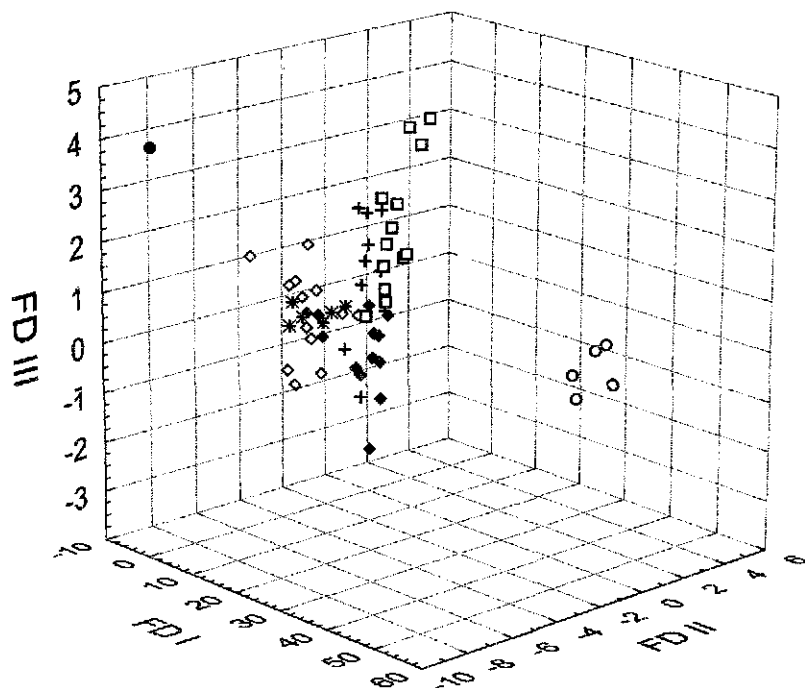


Figura 11.- Gráfica tridimensional de las primeras tres funciones discriminantes (FD I, FD II y FD III) para el análisis de alimentación de las ocho especies de roedores. *Liomys irroratus* ( O ), *Megadontomys thomasi* ( + ), *Neotoma mexicana* ( • ), *Oryzomys alfaroi* ( Δ ), *Peromyscus aztecus* ( ◆ ) *P. levipes* ( \* ), *P. megalops* ( □ ) y *Reithrodontomys sumichrasti* ( ◇ ).

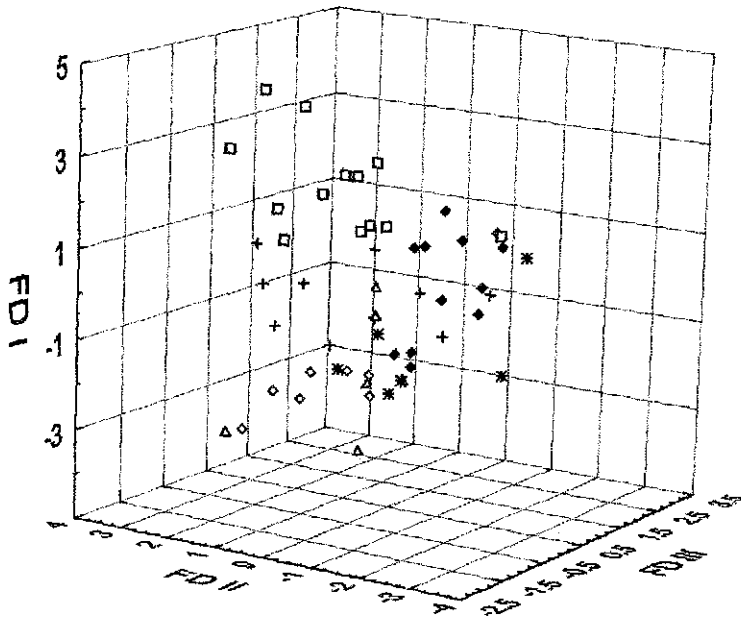
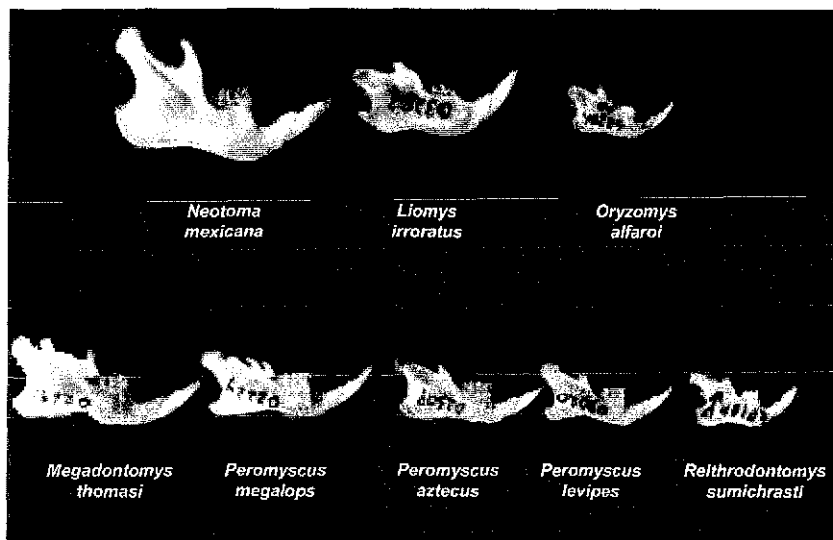
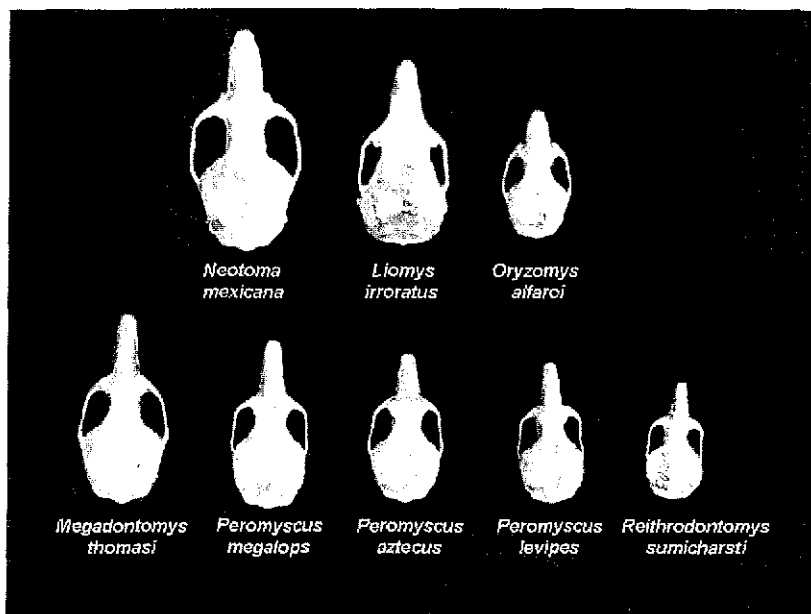


Figura 12.- Proyección de las funciones discriminantes I, II y III (FDI, FDI, FDI) de las variables de alimentación para las seis especies de roedores de Omiltemi, *Megadontomys thomasi* (+), *Oryzomys alfaroi* ( $\Delta$ ), *Peromyscus aztecus* ( $\blacklozenge$ ), *P. levipes* (\*), *P. megalops* ( $\square$ ) y *Reithrodontomys sumichrasti* ( $\diamond$ ), a partir del análisis de funciones discriminantes.



Figuras 13.- Diversidad en tamaños y formas de A) cráneos de ejemplares adultos de las ocho especies de roedores que habitan el bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. B) de mandíbulas de las mismas especies.

## **CUADROS**

ESPECIE	EJEMPLARES ADULTOS COLECTADOS	EJEMPLARES ADULTOS DE COLECCIONES	TOTAL
<i>Liomys irroratus</i>	5	25	30
<i>Megadontomys thomasi</i>	10	13	23
<i>Neotoma mexicana</i>	1	4	5
<i>Orizomys alfaroi</i>	6	2	8
<i>Peromyscus aztecus</i>	13	13	26
<i>Peromyscus levipes</i>	6	23	29
<i>Peromyscus megalops</i>	13	23	36
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	7	10	17

Cuadro 1.- Lista de las especies del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero, que se utilizaron para los estudios de contenido estomacal y de morfometría. La columna de ejemplares adultos colectados indica el número de individuos capturados durante las salidas a campo y a los cuales se les analizó la dieta. La columna de ejemplares adultos de colecciones hace referencia a los ejemplares provenientes de colectas anteriores llevadas a cabo en los mismos sitios, y que se usaron para aumentar la muestra del análisis de morfometría. La columna Total es el número de ejemplares por especie (capturados en las salidas y consultados de las colecciones) utilizados en el análisis morfométrico.



MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES POR ESPECIE

	<i>Liomys irroratus</i>	<i>Megadontomys thomasi</i>	<i>Neotoma mexicana</i>	<i>Orzomys alifaro</i>	<i>Peromyscus aztecus</i>	<i>Peromyscus levipes</i>	<i>Peromyscus megalops</i>	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
LOMC	36.17 ± 0.74	35.67 ± 1.26	42.89 ± 1.04	26.82 ± 1.04	30.26 ± 0.76	28.95 ± 1.06	34.03 ± 0.83	23.46 ± 2.20
ANICB	4.24 ± 0.09	3.56 ± 0.16	5.02 ± 0.01	2.76 ± 0.01	3.17 ± 0.12	2.85 ± 0.17	3.48 ± 0.11	2.42 ± 0.10
ANICP	2.40 ± 0.08	2.07 ± 0.10	3.28 ± 0.06	1.36 ± 0.06	1.81 ± 0.09	1.68 ± 0.10	1.99 ± 0.08	1.45 ± 0.10
LOCUOC	10.37 ± 0.28	10.84 ± 0.36	15.02 ± 0.18	8.43 ± 0.18	9.99 ± 0.36	9.23 ± 0.41	10.49 ± 0.39	7.51 ± 0.23
ANCUOC	9.40 ± 0.33	9.68 ± 0.46	13.28 ± 0.27	6.95 ± 0.27	8.69 ± 0.34	7.72 ± 0.40	9.61 ± 0.41	6.58 ± 0.31
LORO	14.20 ± 0.41	13.92 ± 0.56	16.29 ± 0.06	9.33 ± 0.06	12.04 ± 0.46	11.05 ± 0.39	13.25 ± 0.49	8.48 ± 0.40
ANRO	4.43 ± 0.15	4.10 ± 0.17	5.88 ± 0.33	3.66 ± 0.33	3.67 ± 0.19	3.50 ± 0.14	4.06 ± 0.21	2.86 ± 0.12
ALRO	10.44 ± 0.38	11.06 ± 0.25	13.63 ± 0.21	7.72 ± 0.21	9.65 ± 0.45	8.95 ± 0.47	10.61 ± 0.29	7.30 ± 0.14
LODEN	16.67 ± 0.28	17.46 ± 0.44	23.06 ± 0.59	12.52 ± 0.59	14.89 ± 0.34	13.78 ± 0.39	16.11 ± 0.46	10.96 ± 0.28
LONMAN	19.63 ± 0.25	21.22 ± 0.52	26.33 ± 0.29	14.63 ± 0.29	17.92 ± 0.48	16.77 ± 0.47	19.76 ± 0.45	12.52 ± 0.29
ALDEN	7.93 ± 0.31	7.31 ± 0.43	12.56 ± 0.93	5.93 ± 0.93	6.41 ± 0.33	5.73 ± 0.26	6.34 ± 0.60	4.28 ± 0.47
ANDEN	4.34 ± 0.12	2.93 ± 0.15	3.89 ± 0.07	2.36 ± 0.07	2.52 ± 0.17	2.37 ± 0.14	2.57 ± 0.08	2.00 ± 0.09
LODI	9.72 ± 0.39	9.27 ± 0.42	12.41 ± 0.46	6.26 ± 0.46	7.68 ± 0.29	7.29 ± 0.23	9.19 ± 0.31	5.71 ± 0.21
ANMAN	2.20 ± 0.09	1.80 ± 0.15	2.51 ± 0.04	1.61 ± 0.04	1.71 ± 0.17	1.68 ± 0.15	2.06 ± 0.08	1.32 ± 0.06
LHMIND	5.29 ± 0.19	5.67 ± 0.15	8.13 ± 0.13	3.67 ± 0.13	4.79 ± 0.15	4.42 ± 0.20	5.04 ± 0.16	3.22 ± 0.10
ANHIMND	1.75 ± 0.09	1.54 ± 0.09	1.98 ± 0.05	1.09 ± 0.05	1.27 ± 0.06	1.22 ± 0.07	1.41 ± 0.06	0.94 ± 0.06
LHMXD	5.34 ± 0.16	5.96 ± 0.12	8.37 ± 0.03	3.54 ± 0.03	4.83 ± 0.13	4.34 ± 0.25	4.92 ± 0.17	3.24 ± 0.13
ANHMXD	1.89 ± 0.10	1.61 ± 0.08	2.13 ± 0.06	1.18 ± 0.06	1.34 ± 0.08	1.28 ± 0.06	1.56 ± 0.08	1.08 ± 0.07
AM1	1.88 ± 0.08	1.56 ± 0.07	2.17 ± 0.03	1.14 ± 0.03	1.27 ± 0.06	1.24 ± 0.05	1.49 ± 0.08	1.00 ± 0.07
AM3	1.18 ± 0.09	1.25 ± 0.07	1.58 ± 0.08	0.90 ± 0.08	1.02 ± 0.08	0.95 ± 0.06	1.12 ± 0.05	0.75 ± 0.10
LM1	1.89 ± 0.12	2.55 ± 0.15	3.84 ± 0.05	1.80 ± 0.05	2.22 ± 0.15	1.90 ± 0.19	2.14 ± 0.10	1.55 ± 0.11
LM3	1.13 ± 0.10	1.35 ± 0.09	2.20 ± 0.08	0.90 ± 0.09	1.18 ± 0.09	0.96 ± 0.11	1.16 ± 0.07	0.81 ± 0.13
ANEM1	3.01 ± 0.24	3.43 ± 0.20	3.92 ± 0.14	2.66 ± 0.14	3.12 ± 0.19	2.96 ± 0.13	3.51 ± 0.18	2.65 ± 0.11
ANEM3	4.60 ± 0.20	4.00 ± 0.29	4.73 ± 0.13	2.88 ± 0.13	3.49 ± 0.20	3.27 ± 0.14	3.85 ± 0.18	3.01 ± 0.11
LCONCOR	4.20 ± 0.06	5.35 ± 0.21	6.27 ± 0.20	4.03 ± 0.20	4.54 ± 0.39	3.98 ± 0.28	4.60 ± 0.25	3.00 ± 0.17
LCONANG	6.02 ± 0.41	7.81 ± 0.22	11.52 ± 0.20	5.88 ± 0.20	6.65 ± 0.29	5.76 ± 0.38	7.12 ± 0.22	4.97 ± 0.19

Cuadro 2

Continúa

MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES POR ESPECIE

	<i>Liomys irroratus</i>	<i>Megadontomys thomasi</i>	<i>Neotoma mexicana</i>	<i>Oryzomys alfaroi</i>	<i>Peromyscus aztecus</i>	<i>Peromyscus levipes</i>	<i>Peromyscus megalops</i>	<i>Raithrodontomy s sumichrasti</i>
ACONHDD	4.36 ± 4.36	3.83 ± 0.48	7.65 ± 0.47	2.14 ± 0.11	3.21 ± 0.27	2.52 ± 0.31	3.10 ± 0.29	2.07 ± 0.22
FMAN	2.53 ± 2.53	2.32 ± 0.23	3.22 ± 0.11	2.32 ± 0.05	2.65 ± 0.27	2.32 ± 0.18	2.58 ± 0.19	1.59 ± 0.15
ANCI	16.89 ± 16.89	17.33 ± 0.76	22.10 ± 0.62	13.32 ± 0.40	15.16 ± 0.35	14.23 ± 0.55	16.00 ± 0.49	11.66 ± 1.00
ALTEMP	4.51 ± 4.51	4.08 ± 0.24	5.58 ± 0.19	2.88 ± 0.12	3.71 ± 0.38	2.95 ± 0.35	4.62 ± 0.29	3.01 ± 0.28
ALTEMP	9.33 ± 9.33	10.21 ± 0.46	12.94 ± 0.19	7.13 ± 0.27	8.77 ± 0.46	8.40 ± 0.48	9.59 ± 0.34	6.84 ± 0.60
APOR	9.01 ± 9.01	5.33 ± 0.16	5.73 ± 0.28	4.62 ± 0.11	4.81 ± 0.16	4.45 ± 0.22	5.61 ± 0.18	3.31 ± 0.14
A	15.51 ± 15.51	17.05 ± 0.71	21.97 ± 0.47	12.00 ± 0.28	14.72 ± 0.47	14.13 ± 0.48	16.06 ± 0.41	10.59 ± 1.12
B	6.50 ± 6.50	7.77 ± 0.22	11.47 ± 0.03	5.55 ± 0.11	6.97 ± 0.30	6.30 ± 0.15	7.38 ± 0.15	5.19 ± 0.42
PROFT	3.94 ± 3.94	5.99 ± 0.43	8.19 ± 0.27	4.35 ± 0.21	5.15 ± 0.20	4.85 ± 0.18	5.19 ± 0.24	4.11 ± 0.28
PROMFM	7.18 ± 7.18	7.50 ± 0.38	9.44 ± 0.27	5.50 ± 0.21	6.27 ± 0.21	5.96 ± 0.25	6.72 ± 0.25	5.02 ± 0.41
VMT	165.99 ± 165.99	249.64 ± 34.61	590.71 ± 19.51	83.22 ± 7.42	164.43 ± 41.30	124.14 ± 21.94	221.54 ± 46.13	86.43 ± 24.02
VMM	724.08 ± 724.08	988.97 ± 10.24	2377.90 ± 72.84	366.88 ± 22.56	640.89 ± 40.30	536.32 ± 53.68	792.13 ± 50.89	284.11 ± 106.26
AMOLINF	9.25 ± 9.25	9.07 ± 0.68	16.05 ± 0.58	4.00 ± 0.56	6.13 ± 0.45	5.44 ± 0.55	7.10 ± 0.43	3.28 ± 0.96
AMOLS	10.10 ± 10.10	9.61 ± 0.52	17.86 ± 0.57	4.19 ± 0.38	6.48 ± 0.48	5.57 ± 0.49	7.69 ± 0.54	3.79 ± 0.96
AROC	76.61 ± 76.61	82.59 ± 5.71	156.71 ± 3.42	48.04 ± 4.00	68.23 ± 4.42	58.02 ± 4.81	77.14 ± 14.14	40.86 ± 7.50
AMAS	8.19 ± 8.19	8.36 ± 0.49	15.72 ± 0.39	3.61 ± 0.19	5.52 ± 0.38	4.76 ± 0.45	6.41 ± 0.35	3.05 ± 0.86
AALBO	8.08 ± 8.08	11.63 ± 0.60	25.32 ± 0.51	4.78 ± 0.25	8.21 ± 0.63	6.27 ± 0.94	8.12 ± 0.50	4.09 ± 1.06
VOROS	657.30 ± 657.30	627.56 ± 57.59	1305.51 ± 80.27	265.43 ± 23.18	426.78 ± 44.65	345.64 ± 23.45	570.99 ± 48.22	196.67 ± 76.17
IMBP	0.61 ± 0.61	0.75 ± 0.02	0.77 ± 0.02	0.79 ± 0.03	0.75 ± 0.04	0.71 ± 0.03	0.73 ± 0.02	0.73 ± 0.03
A	30.90 ± 30.90	18.87 ± 2.78	46.75 ± 7.41	23.38 ± 3.07	26.12 ± 2.86	17.38 ± 2.38	17.92 ± 2.35	18.61 ± 1.91
F	58.53 ± 58.53	60.00 ± 3.55	47.75 ± 2.06	59.88 ± 1.89	59.80 ± 3.79	64.07 ± 3.81	49.47 ± 4.25	60.56 ± 2.20
Q	111.00 ± 111.00	93.83 ± 1.47	96.75 ± 3.30	95.50 ± 1.20	96.92 ± 4.95	88.55 ± 2.01	91.75 ± 1.48	94.00 ± 2.14
Q1	59.10 ± 59.10	71.13 ± 2.78	43.25 ± 7.41	66.63 ± 3.07	63.86 ± 2.86	72.62 ± 2.36	72.08 ± 2.35	71.39 ± 1.91
COS_F	0.52 ± 0.52	0.50 ± 0.05	0.67 ± 0.03	0.50 ± 0.03	0.50 ± 0.06	0.44 ± 0.06	0.65 ± 0.06	0.49 ± 0.03
COS_F_Q	-0.96 ± 0.01	-0.90 ± 0.03	-0.81 ± 0.05	-0.81 ± 0.02	-0.91 ± 0.05	-0.89 ± 0.03	-0.78 ± 0.05	-0.90 ± 0.03

**MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES POR ESPECIE**

	<i>Liomys irroratus</i>	<i>Megadontomys thomasi</i>	<i>Neotoma mexicana</i>	<i>Oryzomys alfaroi</i>	<i>Peromyscus aztecus</i>	<i>Peromyscus levipes</i>	<i>Peromyscus megelops</i>	<i>Reithrodontomy s sumichrasti</i>
COS_Q1	0.51 ± 0.04	0.32 ± 0.05	0.72 ± 0.09	0.40 ± 0.05	0.44 ± 0.04	0.30 ± 0.04	0.31 ± 0.04	0.32 ± 0.03
A2_B2	282.83 ± 6.59	351.45 ± 25.25	614.24 ± 20.78	174.79 ± 7.42	285.48 ± 13.77	239.57 ± 12.99	312.86 ± 14.19	140.73 ± 34.32
VAR7	201.66 ± 6.19	264.31 ± 17.03	503.99 ± 11.28	133.19 ± 5.07	205.11 ± 10.17	178.05 ± 6.59	237.10 ± 9.26	110.92 ± 24.55
FEM	1.65 ± 0.05	1.64 ± 0.06	1.93 ± 0.04	1.66 ± 0.03	1.67 ± 0.05	1.57 ± 0.05	1.77 ± 0.06	1.68 ± 0.03
Z	0.11 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.17 ± 0.03	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01
STM	8.87 ± 0.90	2.24 ± 0.32	5.71 ± 0.42	1.04 ± 0.11	1.37 ± 0.30	1.12 ± 0.28	1.72 ± 0.18	0.52 ± 0.08

Cuadro 2.- Valores de las medias y desviaciones estándar para cada una de las variables morfométricas craneales funcionales tomadas a un total de 173 ejemplares de roedores de las ocho especies que constituyen la comunidad del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero.

Funciones	$\lambda$	$\chi^2$	Grados de libertad	Significancia
1	0.000	2058.909	154	< 0.001
2	0.000	1347.462	126	< 0.001
3	0.003	920.753	100	< 0.001
4	0.021	610.923	76	< 0.001
5	0.125	329.057	54	< 0.001
6	0.344	168.432	34	< 0.001
7	0.644	69.628	16	< 0.001

Cuadro 3.- Resultados del análisis discriminante con los datos de 21 medidas craneales funcionales de ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Liomys irroratus*, *Megadontomys thomasi*, *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. En este análisis, la lambda de Wilks ( $\lambda$ ) resultó ser significativa para seis funciones discriminantes.

Funciones	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza Explicada	Porcentaje Acumulado	Correlación Canónica
1	89.272	76.0	76.0	0.994
2	13.890	11.8	87.9	0.966
3	6.106	5.2	93.1	0.927
4	4.953	4.2	97.3	0.912
5	1.764	1.5	98.8	0.799
6	0.869	0.7	99.5	0.682
7	0.554	0.5	100.0	0.597

Cuadro 4.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de morfometría aplicado a ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero (*Liomys irroratus*, *Megadontomys thomasi*, *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfarói*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*). Obsérvese que las tres primeras funciones explican el 93.1% de la varianza total.

	FUNCIONES		
	1	2	3
AALBO	0.780	0.529	0.450
ACONHDD	-0.253	0.705	0.315
ALDEN	-0.236	0.330	0.453
AMAS	0.781	0.933	-0.169
AMOLINF	-0.492	0.775	-0.226
AMOLS	-0.125	0.874	-0.125
ANCI	0.493	0.184	-0.292
ANEM1	0.130	-0.468	-0.143
ANEM3	-0.424	-0.441	-0.321
AROC	0.763	-0.178	0.144
FEM	0.656	0.488	0.791
IMBP	0.850	-0.918	0.197
LCONANG	0.909	0.254	0.224
LCONCOR	0.827	0.241	-0.195
LODEN	0.741	0.328	-0.033
LODI	-0.364	0.240	0.500
STM	-0.771	0.521	0.177
VMM	0.916	0.967	-0.741
VMT	0.842	-0.170	0.245
VOROS	0.396	0.120	-0.112
Z	-0.864	0.658	0.292

Cuadro 5.- Coeficientes estandarizados para las tres primeras funciones discriminantes con las 21 medidas craneales funcionales de ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero (*Liomys irroratus*, *Megadontomys thomasi*, *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*). Las abreviaturas de las variables pueden ser consultadas en el Apéndice I.

CASOS CORRECTAMENTE CLASIFICADOS  
MORFOMETRÍA

	<i>Liomys irroratus</i>	<i>Megadontomys thomasi</i>	<i>Neotoma mexicana</i>	<i>Oryzomys alfaroi</i>	<i>Peromyscus aztecus</i>	<i>Peromyscus levipes</i>	<i>Peromyscus megalops</i>	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
<i>Liomys irroratus</i>	100	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megadontomys thomasi</i>	0	100	0	0	0	0	0	0
<i>Neotoma mexicana</i>	0	0	100	0	0	0	0	0
<i>Oryzomys alfaroi</i>	0	0	0	100	0	0	0	0
<i>Peromyscus aztecus</i>	0	0	0	0	100	0	0	0
<i>Peromyscus levipes</i>	0	0	0	0	0	100	0	0
<i>Peromyscus megalops</i>	0	0	0	0	0	0	100	0
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	0	0	0	0	0	0	0	100

Cuadro 6.- Matriz de clasificación generado a partir del análisis de discriminantes de morfometría con los especímenes pertenecientes a ocho especies de roedores tomadas como grupos *a priori*. Los datos muestran el porcentaje de ejemplares clasificados correctamente así como el porcentaje de individuos que se parecen a otro(s) grupo(s).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

	<i>Liomys irroratus</i>	<i>Megadontomys thomasi</i>	<i>Neotoma mexicana</i>	<i>Oryzomys alfaroi</i>	<i>Peromyscus aztecus</i>	<i>Peromyscus levipes</i>	<i>Peromyscus megalops</i>	<i>Reithrodontomys surinichrasti</i>
<i>Liomys irroratus</i>	-----	436.9090	443.9523	747.5146	552.8622	601.6457	468.4282	794.7980
<i>Megadontomys thomasi</i>	299.6472	-----	384.1035	132.5054	39.8357	47.8257	39.3940	156.4683
<i>Neotoma mexicana</i>	463.6058	122.0083	-----	645.4342	412.2648	590.6945	466.3012	773.2975
<i>Oryzomys alfaroi</i>	316.2033	8.2436	74.6815	-----	74.6322	72.4885	143.6443	106.6773
<i>Peromyscus aztecus</i>	298.3912	2.7769	131.3660	11.0303	-----	32.1469	47.4666	79.4444
<i>Peromyscus levipes</i>	311.1582	7.8338	78.2459	3.0057	7.9276	-----	46.1994	4.61.5161
<i>Peromyscus megalops</i>	321.0226	9.5534	152.0534	23.5183	11.8624	22.5002	-----	100.1098
<i>Reithrodontomys surinichrasti</i>	325.3489	12.3625	63.6877	0.7376	15.6374	4.1624	26.9414	-----

Cuadro 7.- Matriz de distancias de Mahalanobis ( $D^2$ ) calculadas con las variables morfométricas craneales (datos por arriba de la línea punteada) y las variables tróficas (datos por debajo de la línea) existentes entre cada par de las ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero.



Funciones	$\lambda$	$\chi^2$	Grados de libertad	Significancia
1	0.000	996.576	110	< 0.001
2	0.005	656.094	84	< 0.001
3	0.040	397.709	60	< 0.001
4	0.163	224.819	38	< 0.001
5	0.506	84.380	18	< 0.001

Cuadro 8.- Resultados del análisis discriminante con los datos morfométricos craneales para seis especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. En la prueba de funciones, la lambda de Wilks ( $\lambda$ ) resultó ser significativa para las tres primeras funciones discriminantes.

Funciones	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza Explicada	Porcentaje Acumulado	Correlación Canónica
1	14.205	51.567	51.567	0.967
2	7.431	26.251	77.818	0.937
3	3.032	11.007	88.825	0.867
4	2.104	7.637	96.461	0.823
5	0.975	3.539	100.00	0.703

Cuadro 9.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de morfometría craneal con seis especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. Obsérvese que las tres primeras funciones explican el 88.82% de la varianza total.

	FUNCIONES		
	1	2	3
LODEN	-1.812	-0.332	0.373
ALDEN	-0.093	0.360	-0.078
LODI	0.406	-0.226	-0.145
ANEM1	-0.210	-0.213	-0.117
ANEM3	-0.081	-0.259	-0.164
LCONCOR	2.051	0.316	-0.661
LONANG	1.956	0.599	-0.245
ACONHDD	0.286	-0.070	0.484
ANCI	-0.674	0.574	-0.284
VMT	0.362	-0.540	0.355
VMM	0.572	0.096	-0.153
AMOLINF	0.391	0.094	-0.239
AMOLS	-0.138	-0.138	0.088
AROC	-0.324	-0.116	0.422
AMAS	0.200	-0.364	-0.163
AALBO	-0.090	0.705	0.219
VOROS	-0.292	-0.069	-0.094
IMBP	-3.455	-0.448	0.354
FEM	0.178	-0.134	0.299
Z	0.079	0.112	0.916
STM	0.894	0.059	-0.028

Cuadro 10.- Coeficientes estandarizados para las tres primeras funciones discriminantes de las variables morfométricas craneales de seis especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. Las abreviaturas de las variables pueden ser consultadas en el Apéndice I.

CATEGORÍA ALIMENTARIA	<i>Liomys inoratus</i> (n = 5)	<i>Megadontomys thomasi</i> (n = 10)	<i>Neotoma mexicana</i> (n = 1)	<i>Oryzomys alfaroi</i> (n = 6)	<i>Peromyscus aztecus</i> (n = 13)	<i>Peromyscus levipes</i> (n = 6)	<i>Peromyscus megalops</i> (n = 13)	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (n = 7)
LARVAS	2.33	1.11	0	0	6.66	0.15	6.62	0
LEPIDOPTEROS	0	1.63	0	0.42	0.43	0	0.39	0.7
ORUGAS	16.19	28.68	0.93	18.03	22.36	17.97	25.59	13.02
ARTROPODOS	37.18	35.49	2.8	38.18	29.94	23.97	37.75	41.63
TOTAL ARTDUR*	53.37	64.17	3.74	56.2	52.3	41.94	63.33	56.64
TOTAL ARTBLA*	2.33	2.74	0	0.42	7.09	0.45	7.01	0.7
FRUTOS	0	0	0	1.14	0.02	0.26	6.54	0
SEMILLAS	21.03	0.03	0	0.3	0.02	0	0.1	0.01
M. VEG	9.96	17.63	93.46	33.28	16.98	33.84	9.61	36.49
POLEN	6.52	4.74	0.93	0.17	9.62	11.57	7.45	0.6
HONGOS	0	0.52	0	0	0.01	0	0.47	0
OTROS	7.07	10.17	1.87	8.48	13.86	12.24	5.59	7.54

Cuadro 11.- Categorías alimentarias identificadas y su frecuencia de ocurrencia (%) por medio del análisis de contenido estomacal de los roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. El asterisco (\*) denota que éstas categorías son la suma de otras. El total de artrópodos duros incluye la suma de orugas y artrópodos, mientras que el total de artrópodos blandos es la suma de larvas y lepidópteros. La categoría M. VEG hace referencia a material vegetativo como hojas, tallos y flores, mientras que OTROS al material no identificado.

Funciones	$\lambda$	$\chi^2$	Grados de libertad	Significancia
1	0.002	333.272	49	< 0.001
2	0.062	145.585	36	< 0.001
3	0.321	59.619	25	< 0.001
4	0.677	20.451	16	0.201
5	0.84	9.176	9	0.421
6	0.957	2.319	4	0.677
7	0.994	0.311	1	0.557

Cuadro 12.- Resultados del análisis discriminante con los datos de alimentación de las ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero *Liomys irroratus*, *Megadontomys thomasi*, *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. En la prueba de funciones, la lambda de Wilks ( $\lambda$ ) resultó ser significativa para las tres primeras funciones discriminantes.

Funciones	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza Explicada	Porcentaje Acumulado	Correlación Canónica
1	34.694	85.9	85.9	0.986
2	4.142	10.3	96.2	0.898
3	1.109	2.7	98.9	0.725
4	0.24	0.6	99.5	0.440
5	0.14	0.3	99.9	0.350
6	0.039	0.1	100	0.194
7	0.006	0	100	0.077

Cuadro 13.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante de alimentación de las ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Liomys irroratus*, *Megadontomys thomasi*, *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. Obsérvese que las tres primeras funciones explican el 98.9% de la varianza total.

	FUNCIONES		
	1	2	3
SEMILLAS	0.998	0.011	1.157
M_VEG-	-0.031	-0.887	0.183
HONGOS	-0.014	0.314	0.503
POLAN	0.000	0.103	0.750
FRUTOS	-0.008	0.198	0.557
ARTBLA	-0.004	0.149	0.898
ARTDUR	-0.008	0.292	1.488

Cuadro 14.- Coeficientes estandarizados de las categorías alimentarias utilizadas en el análisis discriminante de la dieta de los roedores de Omiltemi: *Liomys irroratus*, *Megadontomys thomasi*, *Neotoma mexicana*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. En la función discriminante I, la categoría Semillas resultó ser la de mayor carga, en la función II material vegetal (M\_VEG\_) y en la función III artrópodos duros (ARTDR), frutos y artrópodos blandos (ARTTBLA). La abreviatura (POLAN) corresponde a polen de angiospermas.

CASOS CORRECTAMENTE CLASIFICADOS  
DIETA

	<i>Liomys irroratus</i>	<i>Megadontomys thomasi</i>	<i>Neotoma mexicana</i>	<i>Oryzomys alfaroi</i>	<i>Peromyscus aztecus</i>	<i>Peromyscus levipes</i>	<i>Peromyscus megalops</i>	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>
<i>Liomys irroratus</i>	100	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megadontomys thomasi</i>	0	50	0	0	40	0	10	0
<i>Neotoma mexicana</i>	0	0	100	0	0	0	0	0
<i>Oryzomys alfaroi</i>	0	33.3	0	33.3	0	0	0	33.3
<i>Peromyscus aztecus</i>	0	0	0	23.1	76.9	0	0	0
<i>Peromyscus levipes</i>	0	0	0	66.7	0	33.3	0	0
<i>Peromyscus megalops</i>	0	15.4	0	0	15.4	0	69.2	0
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	0	0	0	14.3	0	0	0	85.7

Cuadro 15.- Matriz de clasificación generada a partir del análisis de funciones discriminantes con los especímenes de las ocho especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero, tomadas como grupos *a priori*, con los datos de alimentación. Los datos muestran el porcentaje de ejemplares clasificados correctamente así como el porcentaje de individuos que se parecen a otro(s) grupo(s).



Funciones	$\lambda$	$\chi^2$	Grados de libertad	Significancia
1	0.090	114.514	35	< 0.001
2	0.339	51.356	24	< 0.001
3	0.690	14.604	15	0.284
4	0.885	5.820	8	0.667
5	0.975	1.202	3	0.753

Cuadro 16.- Resultados del análisis discriminante con los datos de dieta para seis especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*. En la prueba de funciones, la lambda de Wilks (  $\lambda$  ) resultó ser significativa para las dos primeras funciones discriminantes.

Funciones	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza Explicada	Porcentaje Acumulado	Correlación Canónica
1	2.780	65.80	65.80	0.858
2	1.035	24.50	90.30	0.713
3	0.282	6.70	97.00	0.469
4	0.102	2.40	99.40	0.304
5	0.026	0.60	100.00	0.158

Cuadro 17.- Porcentaje de la variación total explicada para cada una de las funciones discriminantes generadas a partir del análisis de discriminante realizado con las categorías de alimentación de con seis especies de roedores del bosque mesófilo de Omiltemi, Guerrero. *Megadontomys thomasi*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus aztecus*, *P. levipes*, *P. megalops* y *Reithrodontomys sumichrasti*

TIPO DE ALIMENTO*	PROCESAMIENTO			ROEDOR	ESPECIE DE	CRÁNEO Y MANDÍBULA
	EJEMPLOS*	DUREZA*	RESISTENCIA*			
Duro-quebradizo	Semillas, nueces, insectos exoesqueleto duro	Alta	Baja	Fracturar, partir, Triturar	<i>L. irroratus</i>	Rostro corto. Volumen de músculos mastero y temporal pequeño. Dentario robusto y corto. Apertura mandibular grande. Cóndilo medianamente elevado. Área de molares moderado
	Tallos y hojas jóvenes	Moderada	Alta	Cortar, moler	<i>N. mexicana</i> <i>Peromyscus</i> , <i>O. alfaroi</i> , <i>R. sumichrasti</i>	Características intermedias entre <i>L. irroratus</i> y <i>N. mexicana</i> .
Turgente	Frutos carnosos Larvas	Baja	Variable	Partir, moler	<i>Peromyscus</i> , <i>O. alfaroi</i> , <i>R. sumichrasti</i>	Características intermedias entre <i>L. irroratus</i> y <i>N. mexicana</i> .
	Tallos leñosos. Frutos duros. Pastos, hojas coráceas	Variable	Alta	Cortar, cortar, triturar, moler.	<i>N. mexicana</i>	Rostro largo. Volumen de músculos mastero y temporal grandes. Dentario poco robusto. Apertura mandibular moderada. Cóndilo elevado. Área de molares grande

Cuadro 18.- Propiedades, físicas del alimento, forma de ser procesado, especies de roedores de Omiltemi que lo consumen, así como las características morfológicas que poseen para poder reducirlo a partículas más pequeñas. (\*) tomado de Hilemae (2000).

## APÉNDICE I

---

**APÉNDICE I**

1. Longitud mayor del cráneo (LOMC).- Distancia entre el extremo anterior de los nasales y la parte más posterior del cráneo por arriba del forámen magnum (A-B).
2. Ancho de los incisivos en la base (ANCIB).- Anchura de los incisivos en la base (C-D).
3. Ancho de los incisivos en la punta (ANCIP).- Anchura de los incisivos en la punta (E-F).
4. Longitud de la cuenca ocular (LOCUOC).- Longitud máxima del arco cigomático derecho (G-H).
5. Anchura de la cuenca ocular (ANCUOC).- Anchura máxima del arco cigomático derecho (I-J).
6. Longitud del rostro (LORO).- Distancia entre el punto de unión más anterior a los huesos nasales y la muesca cigomática (A-K).
7. Anchura del rostro (ANRO).- Anchura anterior máxima de los huesos nasales (L-M).
8. Altura del rostro (ALRO).- Distancia entre la base de la superficie del incisivo superior y la superficie rostral a la altura en que ésta se torna recta (N-O).
9. Longitud máxima del dentario (LODEN).- Distancia entre la altura máxima del proceso coronoide y la superficie anterior del incisivo inferior (P-Q).
10. Altura del dentario (ALDEN).- Distancia paralela entre la superficie ventral y la altura máxima del proceso coronoide (P-R)

- 
11. Anchura del dentario (ANDEN).- Anchura máxima del dentario medida a la altura del primer molar inferior (S-T).
  12. Longitud de la mandíbula (LOMAN) - Medida desde la parte ventral de la faceta condilar hasta la punta del incisivo (U-V').
  13. Longitud del diastema (LODI).- Distancia entre la superficie posterior de los incisivos superiores y la superficie anterior de los terceros molares superiores (N-V).
  14. Longitud de la hilera mandibular de dientes (LHMND).- Distancia entre la superficie anterior del primer molar inferior y la superficie posterior del tercer molar inferior, medida a la altura del alveólo (W-X).
  15. Anchura de la hilera mandibular de dientes (ANHMND) - Distancia entre la superficie labial y la superficie lingual de los molares inferiores, medida a la altura del alveólo (Y-Z).
  16. Longitud de la hilera maxilar de dientes (LHMXD).- Distancia entre la superficie anterior del primer molar superior y la superficie posterior del tercer molar superior, medida a la altura del alveólo (A'-B').
  17. Anchura de la hilera maxilar de dientes (ANHMXD).- Distancia entre la superficie labial y la superficie lingual de los molares superiores, medida a la altura del alveólo (C'-D').
  18. Anchura del molar superior 1 (AM1).- Distancia entre la superficie lingual y el labial de los primeros molares superiores.(E'-F').
  19. Anchura del molar superior 3 (AM3).- Distancia entre la superficie lingual y el labial de los terceros molares superiores (G'-H').

- 
20. Longitud del molar superior 1 (LM1).- Medido por el lado labial. Distancia entre la superficie anterior y posterior (A'-I').
  21. Longitud del molar superior 3 (LM3).- Medido por el lado labial. Distancia entre la superficie anterior y posterior. En *Liomys* la medida es en el molar 4 (B'-J').
  22. Anchura entre los M1 (ANEM1).- Distancia entre las superficies linguales de los primeros molares superiores (E'-K').
  23. Anchura entre los M3 (ANEM3) - Distancia entre las superficies linguales de los terceros molares superiores (G'-L').
  24. Longitud cóndilo-coronoide (LCONCOR).- Longitud desde la mitad del cóndilo a la punta del proceso coronoide. Es una medida del momento del brazo de palanca del temporal (MBT) (P-M').
  25. Longitud cóndilo-angular (LCONANG).- Longitud desde la mitad del cóndilo a la punta del proceso angular. Es una medida del momento del brazo de palanca del masetero (MBM) (P-N').
  26. Altura del cóndilo por arriba de la hilera de dientes (ACONHDD).- Altura entre los valles de los hipocónidos y protocónido de M1 y M3 a la punta del cóndilo (O'-M').
  27. Anchura cigomática (ANCI).- Distancia máxima a través de los arcos cigomáticos paralela al eje mayor de simetría del cráneo (I-P').
  28. Alto del músculo temporal (ALTEM) - Medido desde la unión craneo-mandibular (CMJ) hasta la cresta del hueso temporal (Q'-R').
  29. Anchura del músculo temporal (ANTEM).- Anchura máxima del hueso temporal medida en forma paralela al eje mayor de simetría del cráneo (S'-T').

- 
30. Anchura de la constricción posorbital (APOR).- Anchura mínima a través de los huesos frontales (J-U')
31. Área de los molares inferiores (AMOLINF).- LHMND x ANHMND.
32. Área de los molares superiores (AMOLS).- LHMxD x ANHMxD.
33. Índice del momento brazo de palanca (IMBP).- MBT-MBM / LODEN.
34. Origen del masetero (a).- Distancia del origen del masetero a la intersección con la unión craneo-mandibular (CJM).
35. Inserción del masetero (b) - Distancia de inserción del masetero a la intersección con la unión craneo-mandibular (CJM).
36. Factor de estiramiento del músculo masetero (FEM) - Este modelo se basa en el masetero superficial, su orientación y la cantidad de estiramiento del mismo, que se requiere para la rotación del ángulo mandibular. Las longitudes a y b son las distancias de origen e intersección del masetero respectivamente con respecto a la unión craneo-mandibular (CMJ), y  $\phi$  es el ángulo entre ellos ( $0^\circ < \phi < 180^\circ$ ). La l y L representan las respectivas longitudes del músculo en posición de boca cerrada, y cuando la mandíbula es rotada y se abre a través de un ángulo  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) (Fig. 7).

$$FEM = 1 - \cos(\theta + a) / 1 - \cos \phi$$

Este factor permite inferir si es que el músculo es contraído activamente cuando la boca se abre mucho. Determina la fuerza del masetero.



37. Eficiencia de los mecanismos del temporal (Z).- Puede ser evaluada usando LCONCOR, LONMAN y la intersección LCONCOR-LONMAN medida por el ángulo ( $\alpha$ ). Z se calcula con la siguiente fórmula:

$$Z = (\cos \theta) \text{ LCONCOR} / \text{LONMAN}.$$

Donde  $q = 90^\circ - \alpha$  representa la proporción del vector fuerza dirigido al ángulo recto del momento del brazo del músculo temporal, LCONCOR es la longitud del momento del brazo del músculo temporal, LONMAN es la longitud de la resistencia al momento del brazo (Fig. 8).

37. Sección transversal de la mandíbula (STM) - Calcula el segundo momento del área (I).

38. Es un estimador de la resistencia de la mandíbula a doblarse.  $I = \pi ab^3 / 4$ , donde  $a = 1/2$  de la anchura de la mandíbula y  $b = 1/2$  de la altura de la mandíbula, medida por debajo de M1.

39. Área ocular (AROC).- Se considera a la cuenca ocular como una elipse en dos dimensiones, en la que la anchura de la cuenca representa el eje mayor y la longitud de la cuenca ocular el eje menor.

$$\text{AROC} = \pi (\text{ANOCOUC} / 2 \times \text{LOCUOC} / 2)$$

40. Área masticatoria (AMAS) - Para calcular la superficie oclusal de la hilera maxilar de dientes se consideró a ésta como un trapecio de altura LHMxD y lados paralelos de AM1 y AM3.

$$\text{AMAS} = 1/2 \text{ LHMxD} \times (\text{AM1} + \text{AM3})$$

41 Área de almacenamiento del bolo (AALBO).- Se considera como el área de un trapecio comprendida entre las hileras maxilares de dientes con altura LHMxD y lados paralelos LM1 y LM3

$$AALBO = \frac{1}{2} (LHMxD) \times (LM1 + LM3)$$

42. Profundidad del músculo temporal (PROFT).- Sustracción de la anchura cigomática menos la anchura de la constricción posorbital dividida entre dos.

$$PROFT = ANCI - APOR / 2$$

43. Profundidad del músculo masetero (PROFM).- Sustracción de la anchura cigomática menos la anchura del foramen mandibular dividida entre dos.

$$PROFM = ANCI - FMAN / 2$$

44. Volumen del músculo temporal (VMT) - ALTEM x ANTEM x PROFT.

45. Volumen del músculo masetero (VMM).- a x b x PROFM.

46. Volumen rostral (VOROS).- El rostro es considerado como un paralelepípedo cuadrado, con longitud LORO, anchura ANRO y altura ALRO.

$$VOROS = LORO \times ANRO \times ALRO.$$

Para calcular los ángulos de intersección en posición de boca cerrada ( $\phi$ ) y el de intersección en posición abierta ( $\theta$ ) de la medida 36 y en la medida 37, el ángulo de intersección entre LCONCOR y LONMAN ( $\alpha$ ), se diseñó un aparato consistente en un transportador adherido a una superficie transparente y con dos hilos sujetos al centro del transportador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## APÉNDICE II

## APÉNDICE II

### Análisis de Contenido Estomacal

El contenido estomacal de los roedores colectados fue procesado de acuerdo con Matamoros (1990).

1. Los estómagos fueron disectados a fin de sacar el contenido de alimento y se lavaron con agua destilada para quitar el exceso de fijador.
2. Se continuó con el proceso de maceración, el cual consiste en hacer reaccionar los restos alimenticios con el reactivo de Hertwight, agregando 20 gotas a la mitad de la muestra total, y colocándola sobre una plancha de calentamiento hasta que hierva durante dos o tres minutos
3. A la muestra macerada se le agregaron algunas gotas de safranina acuosa al 1% dejándola reposar durante 24 h. Se probaron otros colorantes como la hematoxilina y el azul de toluidina, sin embargo la safranina fue la que dio mejor tinción y que permitió distinguir con mayor claridad los componentes de la muestra.
4. Después de la tinción se realizaron tres lavados con agua destilada, en cada uno de ellos se centrifugó a 2500 revoluciones por minuto y se eliminó el sobrenadante.
5. Se procedió a la deshidratación de la muestra a base de tres lavados con acetona y se volvió a centrifugar para separar la acetona del precipitado.
6. Se continuó con tres lavado de acetona-xilol en proporción de 1:1 y se centrifugó

7. Se aclaró la muestra con dos lavados de xilol, se volvió a centrifugar. Después del último centrifugado se añadió nuevamente xilol, y se resuspendió la muestra que se goteó en el portaobjetos con una pipeta Pasteur.
8. Se procedió a montar la muestra con resina sintética y se colocó el cubreobjetos.
9. Las laminillas fueron rotuladas con datos de la especie, lugar y fecha de colecta