



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

ECOLOGÍA

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA-CLIMÁTICA PRESENTE  
EN TRES ESPECIES DE ROEDORES ENDÉMICOS DEL GRUPO "*Peromyscus megalops*"**

# TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**LUCÍA ELIZABETH REYES MARTÍNEZ**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: Dra. Livia Socorro León Paniagua**

Facultad de Ciencias UNAM

**COMITÉ TUTOR: Dr. Joaquín Arroyo Cabrales**

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

**Luis Antonio Sánchez González**

Facultad de Ciencias UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

OCTUBRE, 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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





# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

ECOLOGÍA

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA-CLIMÁTICA PRESENTE  
EN TRES ESPECIES DE ROEDORES ENDÉMICOS DEL GRUPO "*Peromyscus megalops*"**

## TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**LUCÍA ELIZABETH REYES MARTÍNEZ**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: Dra. Livia Socorro León Paniagua**

Facultad de Ciencias UNAM

**COMITÉ TUTOR: Dr. Joaquín Arroyo Cabrales**

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

**Luis Antonio Sánchez González**

Facultad de Ciencias UNAM

MÉXICO, CD. MX.

OCTUBRE, 2017

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/590/2017

ASUNTO: Oficio de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **29 de mayo de 2017** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Ecología** del (la) alumno(a) **REYES MARTÍNEZ LUCÍA ELIZABETH** con número de cuenta **515015706** con la tesis titulada "**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA-CLIMÁTICA PRESENTE EN TRES ESPECIES DE ROEDORES ENDÉMICOS DEL GRUPO "Peromyscus megalops"**", realizada bajo la dirección del (la) **DRA. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA**:

Presidente: DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA  
Vocal: DR. JOSÉ JUAN FLORES MARTÍNEZ  
Secretario: DR. JOAQUÍN ARROYO CABRALES  
Suplente: DR. JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO  
Suplente: DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

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

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 12 de septiembre de 2017



**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**  
COORDINADOR DEL PROGRAMA



AGNS/MJFM/ASR/ipp

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

Primeramente al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para poder realizar mis estudios e investigación de Maestría.

De igual forma al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica por el proyecto PAPIIT IN-216713.

A mi Tutora Principal la Doctora Livia León Paniagua y a los miembros del Comité Tutor Dr. Joaquín Arroyo Cabrales y Dr. Luis Antonio Sánchez González quienes dirigieron la presente tesis de Maestría, gracias por sus consejos y correcciones.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Livia por haberme aceptado a pesar de que solo me faltaba un año de la Maestría y de que no sabía nada del tema, por los consejos, la paciencia, el apoyo y sobre todo por el cariño.

Al Dr. José Antonio Santos Moreno por las revisiones a la tesis, su apoyo y consejos.

A los doctores Fernando A. Cervantes Reza y José Juan Flores Martínez, por aceptar ser parte del jurado y por las revisiones a la tesis.

A las colecciones mencionadas en este trabajo, y a los responsables de cada una por el préstamo de los ejemplares depositados en ellas: a la Dra. Livia León Paniagua del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias (MZFC) y al Dr. Fernando A. Cervantes Reza de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología (CNMA), de la Universidad Nacional Autónoma de México; al Dr. Juan Carlos López Vidal de la Colección de Mamíferos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB); al Dr. Noé González Ruiz de la Colección de Mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa (UAMI); al Dr. Francisco X. González Cózatl de la Colección de Mamíferos del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CMC); y al Dr. Miguel Ángel Briones Salas de la Colección Regional Mastozoológica del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (OAXMA).

*A mi familia, especialmente a mi padre y a mi hermanito por siempre apoyarme.*

*A Gaby por ser una gran amiga, por el apoyo y por los consejos.*

*A la Dra. Anahí por haberme enseñado a tomar medidas y por todos los consejos.*

*Al Dr. Darcy por enseñarme a utilizar R y toda la ayuda con los scripts.*

*Al Dr. Lazáro por la ayuda con el modelado de nicho.*

*A mis amigos del cubil principalmente a Gio, Tania, Martín y Yire, por todos los buenos recuerdos y los viajes realizados.*

*A Ale por los consejos y apoyo.*

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mi padre por todo su sacrificio y esfuerzo para darme algo tan valioso como la educación, por siempre apoyarme incondicionalmente. Por haberme motivado a seguir este sueño que fue un gran reto, comenzando por estar sola y lejos de la familia, pero sabiendo que siempre podía contar con tu apoyo, porque sin ti tal vez no estaría donde estoy.*

*Muchas gracias papá.*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>ANTECEDENTES</b> .....	4
Descripción de las especies .....	6
<i>Peromyscus megalops</i> Merriam, 1898.....	6
<i>Peromyscus melanurus</i> Osgood, 1909.....	8
<i>Peromyscus melanocarpus</i> Osgood, 1904.....	8
<b>OBJETIVOS</b> .....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos particulares .....	10
<b>MÉTODOS GENERALES</b> .....	11
Revisión de ejemplares .....	11
Medición de ejemplares.....	11
Unidades geográficas operativas.....	13
Análisis estadístico.....	14
Base de datos .....	16
Modelado de nicho ecológico .....	17
Comparación de nichos.....	19
<b>RESULTADOS</b> .....	19
<b>VARIACIÓN NO GEOGRÁFICA</b> .....	19
Dimorfismo sexual .....	19
Variación individual. ....	20
<b>VARIACIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	20
<b>VARIACIÓN INTERESPECÍFICA</b> .....	22
Modelado de nicho .....	27
<b>DISCUSIÓN</b> .....	35
Variación no geográfica.....	35
Variación geográfica .....	36

Variación interespecífica .....	37
Modelado de nicho .....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	41
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	43
<b>APÉNDICES</b> .....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Caracteres craneales y mandibulares tomados para cada una de las especies. ....	12
Cuadro 2. Resultados del análisis de componentes principales para los individuos de la especie <i>P. melanurus</i> . ....	21
Cuadro 3. Resultados del análisis de componentes principales y del análisis canónico discriminante para las tres especies. ....	24
Cuadro 4. Clasificación de los individuos de las tres especies de acuerdo al análisis discriminante. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de las subespecies de <i>Peromyscus megalops</i> .....	7
Figura 2. Mapa de distribución de <i>Peromyscus melanurus</i> .....	8
Figura 3. Mapa de distribución de <i>Peromyscus melanocarpus</i> .....	10
Figura 4. Dimensiones de los 16 caracteres craneales medidos en los ratones del grupo <i>megalops</i> .....	13
Figura 5. Unidades geográficas operacionales (OGU's) determinadas para <i>Peromyscus megalops</i> , <i>P. melanocarpus</i> y <i>P. melanurus</i> . ....	14
Figura 6. a) Análisis de componentes principales para las especies <i>Peromyscus megalops</i> (a), <i>P. melanocarpus</i> (b) y <i>P. melanurus</i> (c).....	22
Figura 7. a) Agrupaciones formadas a partir del Análisis de Componentes Principales y b) del Análisis Canónico Discriminante .....	25
Figura 8. Similitud entre las 22 OGU's a partir de un análisis de agrupamiento Ward. ....	27
Figura 9. Distribución potencial estimada para: a) <i>Peromyscus megalops</i> , b) <i>P. melanocarpus</i> y c) <i>P. melanurus</i> .. ....	30
Figura 11. Representación del nicho de las especies <i>Peromyscus megalops</i> y <i>P. melanocarpus</i> .....	33
Figura 12. Representación del nicho de las especies a) <i>Peromyscus megalops</i> y b) <i>P. melanurus</i> .....	34

## RESUMEN

Dentro del género *Peromyscus*, los ratones del grupo de especies “*megalops*”, son endémicos de México y se distribuyen principalmente en bosques mesófilos de montaña, uno de los ecosistemas más amenazados en el país. Las especies de este grupo son de las menos estudiadas dentro del género *Peromyscus* y muchos de los caracteres compartidos existentes entre las especies del grupo no son claros. Analizamos la variación geográfica de tres especies de roedores endémicos pertenecientes al grupo “*Peromyscus megalops*” con base en análisis morfométricos y de modelado de nicho ecológico. Se examinaron los ejemplares de *P. megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus*, depositados en colecciones mexicanas y se tomaron medidas de 16 caracteres craneales. Se creó una base de datos con los registros de presencia para cada una de las especies del grupo, la cual junto con el programa Maxent y las capas climáticas de Worldclim se utilizaron para realizar el modelado de nicho ecológico. Nuestros resultados muestran que existe variación entre las especies, dada por la longitud de la hilera maxilar y mandibular de dientes, el ancho interorbital y del frontal, siendo *P. megalops* el que presenta las medidas más grandes en estos caracteres y *P. melanurus* las más pequeñas; de éstos caracteres los primeros podrían sugerir que las especies presentan hábitos alimenticios diferentes. Por otra parte, aunque para las tres especies las variables más importantes que determinan su distribución se relacionan con la precipitación, solo se encontró similitud de nichos ecológicos entre *P. melanurus* y *P. megalops*, la diferencia de nicho de *P. melanocarpus* se debe a que requiere climas más húmedos y fríos. En conclusión estas especies presentan variaciones tanto morfométricas como en sus nichos ambientales.

## ABSTRACT

Deer mice of the *Peromyscus megalops* species group are endemic to Mexico and they mainly occur in montane cloud forests, one of the most threatened ecosystems in the country. Species in this group are less studied than other *Peromyscus* species, and many of the biological characters shared between them are not well-defined. We analyzed geographic variation in the three species of the *Peromyscus megalops* species group using morphometric analyses and ecological niche modeling. We examined specimens of *P. megalops*, *P. melanurus*, and *P. melanocarpus* housed in Mexican collections, collecting measurements for 16 cranial characters. We gathered occurrence records for each of the species, which were used together with bioclimatic layers in MaxEnt for ecological niche modeling. We find important variation between the species, evident in the length of the maxillary and jaw tooth row, and the interorbital and frontal breadths, being *P. megalops* which presents the largest measurements in these characters and *P. melanurus* the smallest; where variation in dental features might suggest that these species differ in their feeding habits. Examining the bioclimatic niches of the three species, the most important ecological variables were those related to precipitation. *P. melanurus* and *P. megalops* had significantly similar niches, with *P. melanocarpus* occurring in areas with colder and more humid climates. In conclusion, these species present both morphometric and environmental niche variation.

## INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Peromyscus* se distribuyen ampliamente, desde la parte norte de Canadá hasta la frontera de Colombia y Panamá (Bedford y Hoekstra, 2015; Hall, 1981; Hooper, 1968). En este sentido, México es considerado el centro de diversidad del género (Dawson, 2005), ya que de las 56 especies reconocidas en América del Norte (Bedford y Hoekstra, 2015), 52 se distribuyen dentro del territorio mexicano, y de estas más de la mitad (37) son endémicas, es decir exclusivas del país (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014). Estas especies pueden vivir en diferentes tipos de hábitats desde bosques, matorrales, pantanos, cursos de agua, praderas abiertas, rocas y acantilados hasta regiones áridas (Bedford y Hoekstra, 2015; Hall, 1981; Osgood, 1909). Todas son habitualmente nocturnas, aunque pueden ser vistos en el día en circunstancias inusuales (Reid, 2006; Kirkland y Layne, 1989; Osgood, 1909).

El género *Peromyscus* es un grupo diverso, complejo y heterogéneo (Ramírez-Pulido *et al.*, 2001), esta variación presenta una discontinuidad morfológica que se ha utilizado para agruparlos; Osgood (1909) en su revisión del género y, con base en el tamaño del cuerpo, color, variación morfométrica craneal y características de los dientes propuso que las especies fueran clasificadas en diferentes grupos en función de las características en común antes mencionadas y, dependiendo de las similitudes de la especie nominal en relación con las otras. Así, propone los siguientes grupos: *maniculatus*, *leucopus*, *boylii*, *truei*, *melanophrys*, *lepturus*, *mexicanus* y *megalops*. En un principio la existencia de estos grupos se basó en las características morfológicas que compartían las especies que lo conformaban; sin embargo, las nuevas herramientas y métodos de análisis, en particular la morfología de los cariotipos y la biología molecular, han propiciado un cambio sustancial en la sistemática del género y se ha encontrado, en general, que estos grupos se mantienen (Álvarez-Castañeda y González-Ruiz, 2008; Bradley *et al.*, 2007). A pesar de que en la actualidad los grupos de especies del género *Peromyscus* no tienen valor taxonómico, se ha comprobado que las especies

dentro de cada grupo han evolucionado de una forma común y se pueden considerar como grupos monofiléticos (Carleton, 1989).

Actualmente las especies consideradas dentro del grupo *megalops* son: *Peromyscus megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus*, todas endémicas de México, con un área de distribución restringida en las zonas montañosas de Guerrero y Oaxaca, que corresponden especialmente al bosque mesófilo de montaña (Rickart y Robertson, 1985; Huckaby, 1980), uno de los ecosistemas más amenazados a nivel nacional (Toledo-Aceves, *et al.*, 2011; Ceballos y Oliva, 2005), ya que se encuentra severamente fragmentado, con una continua disminución en el grado y calidad del hábitat debido a la deforestación, actividades agrícolas y a la expansión de asentamiento humanos, lo cual ha hecho que al menos *P. melanocarpus* y *P. melanurus* sean consideradas como especies en peligro de extinción en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2008a, b); sin embargo, en de la Norma Oficial Mexicana NOM-059( SEMARNAT, 2010) ninguna de las especies se encuentra dentro de alguna categoría de riesgo.

Dentro del género *Peromyscus* las especies del grupo *megalops* son de las menos estudiadas y muchos de los caracteres compartidos existentes entre ellas no son claros (Álvarez-Castañeda y González-Ruiz, 2008), por lo que es necesario realizar estudios de variación geográfica más a fondo para poder determinar las similitudes de estas especies y sus áreas de distribución potencial.

## **ANTECEDENTES**

En un principio cuando Osgood (1909) reconoció los grupos de especies dentro del género *Peromyscus*, propuso como integrantes del grupo *P. megalops* a *P. megalops*, *P. melanurus* considerada como subespecie de la primera, *P. melanocarpus* y a *P. zarhynchus*, basándose en el tamaño del cuerpo, color, variación morfométrica craneal y características de los dientes. En este trabajo Osgood (1909) distingue a *P. melanurus* de *P. megalops* por tener la cola

uniformemente oscura, pelo más corto, tamaño más pequeño, con el cráneo de menor tamaño, rostro más grueso, dientes y bulas auditivas más pequeñas; mientras que a *P. melanocarpus* lo distingue de *P. megalops* por ser de menor tamaño, con el cráneo más pequeño, nasales ligeramente cortos y más comprimidos posteriormente, con el pelo más oscuro y la coloración oscura hasta la base de los dedos de las patas traseras.

Con el paso del tiempo este grupo ha pasado por algunos reacomodos; así en 1964 Hooper y Musser usando datos del glande, colocaron dentro del grupo *mexicanus* a las especies del grupo *megalops*. Posteriormente, Huckaby (1980) hace una revisión del grupo *mexicanus*, en la que basándose en un conjunto de caracteres del cráneo, sistema reproductor masculino y morfología externa, pudo observar que *P. megalops* y *P. melanocarpus* son morfológicamente distintas de las otras especies del grupo, de igual forma en este estudio considera a *P. melanurus* como una especie distinta de *P. megalops*, ya que observa que *P. megalops* es en promedio más grande, con pelo más largo y oscuro, presentando frecuentemente una mancha pectoral y la punta protractil del glande más larga. En 1989, Carleton separo a *P. megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus* del grupo *mexicanus*, para ubicarlas como Osgood (1909) las había propuesto originalmente, con base en que las tres especies tienen características gástricas similares y diferentes al resto de los grupos. Rogers y Engstrom (1992) encontraron que las diferencias en aloenzimas entre *P. megalops* y *P. melanurus* son lo suficientemente marcadas como para ser consideradas dentro del mismo grupo, pero no asignan a *P. melanocarpus* a algún otro grupo.

En años recientes se han realizado estudios donde se consideran algunas de las especies del grupo "*megalops*". Rogers *et al.* (2004), utilizando aloenzimas, encontraron que *P. megalops* y *P. melanocarpus* se agrupan como especies hermanas. Posteriormente, Bradley *et al.* (2007) realizaron un estudio empleando secuencias de DNA del gen mitocondrial citocromo-b, en el cual observaron que el lugar de *P. melanocarpus* no estaba resuelto; sin embargo su asociación con un

clado que contiene a *P. megalops* estuvo bien soportado; desafortunadamente no incluyeron en el análisis a *P. melanurus*. Los estudios posteriores relacionados con el género *Peromyscus* no han considerado a más de una sola especie perteneciente a este grupo.

Desde el planteamiento hecho por Osgood en 1909 no se ha llevado a cabo ninguna evaluación de la relación que existe entre las especies que integran al grupo *megalops*, por esta razón queremos conocer si existe variación entre las especies de este grupo basándose en análisis morfométricos y modelado de nicho, por lo que examinamos las siguientes preguntas ¿es posible encontrar variación entre las especies del grupo *megalops*? ¿Puede el nicho ecológico ayudarnos a diferenciarlas? ¿Cuáles son las variables craneales y ambientales que permiten separarlas?

## **Descripción de las especies**

### ***Peromyscus megalops* Merriam, 1898**

Es una especie de tamaño grande, con pelaje largo y espeso, la cola es más larga que la cabeza y el cuerpo, sus orejas son pequeñas, poco más del 50% de la mitad de la longitud de la pata trasera. Su coloración dorsal es pardo con entrepelado negruzco, siendo más oscura entre las orejas y a lo largo de la espalda, el vientre varía de crema a amarillo pálido con el fondo oscuro, las regiones pectoral y axilar son de color café rojizo, las patas son blanquecinas, la cola es bicolor oscura arriba y manchada abajo. El cráneo de estos ratones es largo y ancho, presenta crestas bien desarrolladas en los bordes supraorbitales, la región frontal esta acanalada (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015; Osgood, 1909) y la región del lagrimal esta engrosada (Osgood, 1909). La longitud total va de 238.0 a 288.0 mm y la longitud del cráneo es de 33.0 a 35.1 mm (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015).

Esta especie es endémica de México, se distribuye en la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca (Fig. 1; Hall 1981; Huckaby 1980). Se encuentra en bosques

templados de coníferas, encinos y mesófilos, a elevaciones de 1800 hasta 3000 m (Huckaby, 1980). Se le puede encontrar en microhábitats húmedos que presentan a nivel del sotobosque una importante capa de humus, hojarasca, musgos y troncos, con afloramientos rocosos recubiertos de una densa capa de musgo.

Para *P. megalops* se han descrito dos subespecies: *P. m. megalops* y *P. m. auritus*. Si bien *P. m. auritus* (Merriam, 1898) es similar a *P. m. megalops* (Merriam, 1898), se diferencia de ésta por presentar bulas auditivas más grandes y huesos nasales ligeramente más largos, de igual forma por tener una coloración ligeramente más pálida y posiblemente orejas un poco más grandes, aunque esto último no es seguro debido a que se midieron en ejemplares secos (Osgood, 1909). De las dos subespecies, *P. m. megalops* presenta una distribución restringida, ya que solo se distribuye en las montañas localizadas al centro-sur de Oaxaca; por otro lado, *P. m. auritus* posee una distribución más amplia, abarcando las montañas del oeste de Oaxaca y sureste de Guerrero (Fig. 1; Hall, 1981; Osgood, 1909).

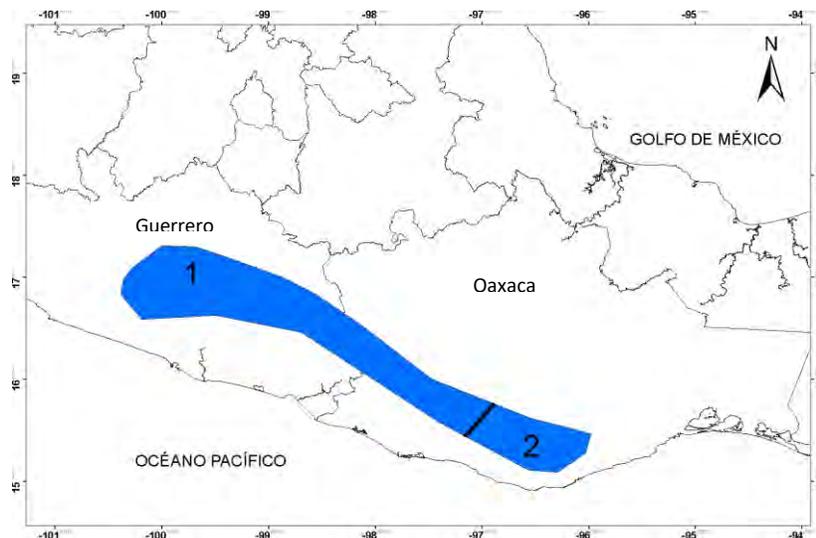


Figura 1. Mapa de distribución de las subespecies de *Peromyscus megalops*: 1) *P. m. auritus* y 2) *P. m. megalops*.

### ***Peromyscus melanurus* Osgood, 1909**

Es un ratón de tamaño grande, su coloración dorsal es pardo grisáceo. Las patas y el vientre son de color blanco (Osgood, 1909). La cola es considerablemente más larga que el cuerpo y de color negro homogéneo. Es similar a *P. megalops*, pero más pequeño, con el pelaje más corto, más claro y el cráneo es de menor tamaño. Los bordes supraorbitales presentan salientes (Huckaby, 1980). La longitud total es de 238-278 mm y la longitud total del cráneo es de 29.9 a 34.3 mm (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015).

Esta especie solo se conoce en las laderas de la Sierra Madre del Sur orientadas hacia el Pacífico en Oaxaca (Fig. 2). Es probable que pueda encontrarse también en las montañas al oeste de Chilpancingo, Guerrero (Huckaby, 1980). El tipo de vegetación en el que se le ha encontrado es pino-encino en las partes más altas de su distribución, y bosque tropical subcaducifolio a menores altitudes (Baker y Womochel, 1996). Se le encuentra desde los 700 hasta los 1900 msnm (Huckaby, 1980).

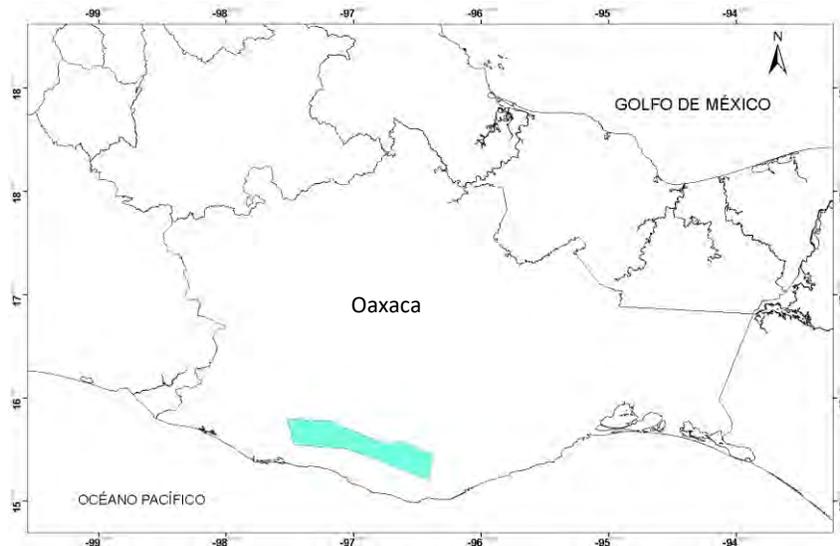


Figura 2. Mapa de distribución de *Peromyscus melanurus*.

### ***Peromyscus melanocarpus* Osgood, 1904**

Es una especie con pelaje largo y suave, de coloración dorsal parda negruzca, región ventral negruzco entrepelado con blanco; orejas medianas, más de la mitad de la longitud de la pata trasera; patas traseras con pardo oscuro hasta la base de

los dedos; cola más larga que el cuerpo y cubierta por pelo negrozco fino, ventralmente poco más pálida; tres pares de mamas (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). No existe dimorfismo sexual en tamaño (Rickart, 1977). El estómago de *P. melanocarpus* es similar al de *P. melanurus*, bilocular y con una zona glandular doblada ligeramente sobre si misma (Carleton, 1973).

El cráneo de esta especie es grande, con una caja craneana relativamente amplia (Rickart y Robertson, 1985). Su rostro es delgado y largo; el primer y segundo molares superiores con crestas accesorias en el segundo y tercer pliegues; con cresta en el borde supraorbital y una depresión poco profunda. Longitud total de 200 a 263 mm, del cráneo 29.8 a 34.4 mm (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015).

*Peromyscus melanocarpus* se encuentra restringido a los bosques de montaña en el centro-norte de Oaxaca. Su distribución es discontinua y abarca dos áreas, una en el cerro Zempoaltepetl y otra en la inclinación norte de la Sierra Juárez, entre los 900 y 2800 msnm (Fig. 3; Rickart y Robertson, 1985, Huckaby, 1980). Los bosques de montaña que habita esta especie se caracterizan por tener pendientes marcadas, suelos latericos, alta precipitación y una cubierta de musgo en el suelo del bosque. Esta especie se encuentra en el bosque húmedo de montaña, caracterizado por *Engelhardia mexicana*, *Liquidambar styraciflua*, *Cyathea mexicana*, y una variedad de helechos, orquídeas y briófitas. También está en el bosque de neblina compuesto por *L. styraciflua*, *Bambusa sp.*, *Pinus strobus* y varias especies de *Quercus* (Rickart y Robertson, 1985).

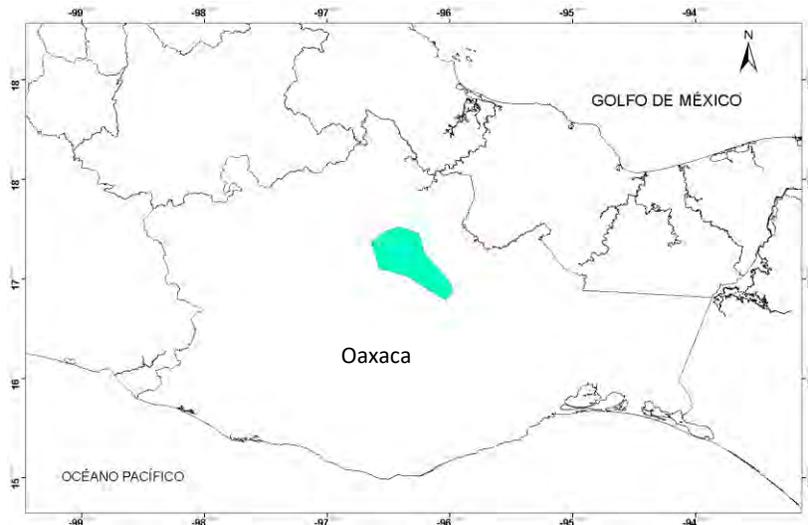


Figura 3. Mapa de distribución de *Peromyscus melanocarpus*.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

- Analizar la variación de tres especies de roedores endémicos pertenecientes al grupo "*Peromyscus megalops*", con base en análisis morfométricos y de modelado de nicho ecológico.

### Objetivos particulares

- Analizar los patrones de variación en caracteres morfométricos de *Peromyscus megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus*, mediante análisis estadísticos.
- Reconocer las variables climáticas y geográficas limitantes de cada una de las especies a través del modelado de nicho ecológico, así como reconocer el grado de traslape de los nichos ecológicos en espacio geográfico y ambiental.

## MÉTODOS GENERALES

### Revisión de ejemplares

Se examinaron un total de 364 ejemplares, 152 pertenecientes a *Peromyscus megalops*, 157 a *P. melanocarpus* y 55 a *P. melanurus*; que se encuentran depositados en: Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC); Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (CNMA); Colección de Mamíferos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (ENCB); Colección de Mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa (UAMI); Colección de Mamíferos del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CMC); Colección Regional Mastozoológica, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (OAXMA).

Únicamente se tomaron en cuenta organismos adultos, esto con la finalidad de reducir al máximo el efecto de la variabilidad debida a la edad en los análisis estadísticos (Zink y Remsen, 1986). Los criterios que se utilizaron para considerar a un individuo adulto fueron la ausencia de suturas abiertas, es decir, el desarrollo completo del cráneo (Ramírez-Pulido *et al.*, 1991; Hooper, 1957); y la presencia de desgaste en toda la superficie de las coronas de los dientes molares, en donde pueda apreciarse el esmalte en el interior de la corona o solamente en la circunferencia de la corona, correspondientes a las categorías de edad 4 y 5, de acuerdo con la clasificación de Hoffmeister (1951).

### Medición de ejemplares

Para la obtención de datos se midieron 16 caracteres craneales y 3 mandibulares (Cuadro 1; fig. 4) para cada ejemplar, considerando las medidas tomadas por Huckaby (1980) y Cervantes *et al.* (1993), así como de otros trabajos relacionados con el género (Ávila-Valle *et al.*, 2012; Martínez-Coronel *et al.*, 2006; Martínez-

Coronel *et al.*, 1997; Koh y Peterson, 1983). Con el fin de evitar efectos de asimetría, se midió constantemente un solo lado del cráneo y de la mandíbula (Santos-Moreno, 1998), en este caso el lado izquierdo. Todas las medidas fueron tomadas con un vernier digital (Mitutoyo) en milímetros y con una aproximación de 0.01 mm.

Las medidas externas o somáticas (longitud total, longitud de la cola vertebral, longitud de la pata y longitud de la oreja) fueron excluidas de los análisis para evitar variación intermedidor (Santos-Moreno, 1994).

Cuadro 1. Caracteres craneales y mandibulares tomados para cada una de las especies.

<b>CARACTERES</b>	<b>ABREVIATURA</b>
Longitud total del cráneo	LOCR
Altura del cráneo	ALCR
Ancho de la caja craneana	ANCC
Ancho anterior de los nasales	AANA
Ancho posterior de los nasales	APNA
Ancho del frontal	ANFO
Longitud del frontal	LOFR
Ancho interorbital	ANIN
Ancho del arco zigomático	ANCI
Longitud del foramen incisivo	LOFI
Longitud palatal	LOPA
Longitud de la hilera maxilar superior de dientes	LHMX
Ancho a través de los molares del maxilar superior	M3M3
Ancho de la bula	ANBU
Longitud de la bula	LOBU
Altura media del rostro	ALMR
Longitud de la mandíbula	LOMA
Altura de la mandíbula	ALMP
Longitud de la hilera mandibular de dientes	LOHM

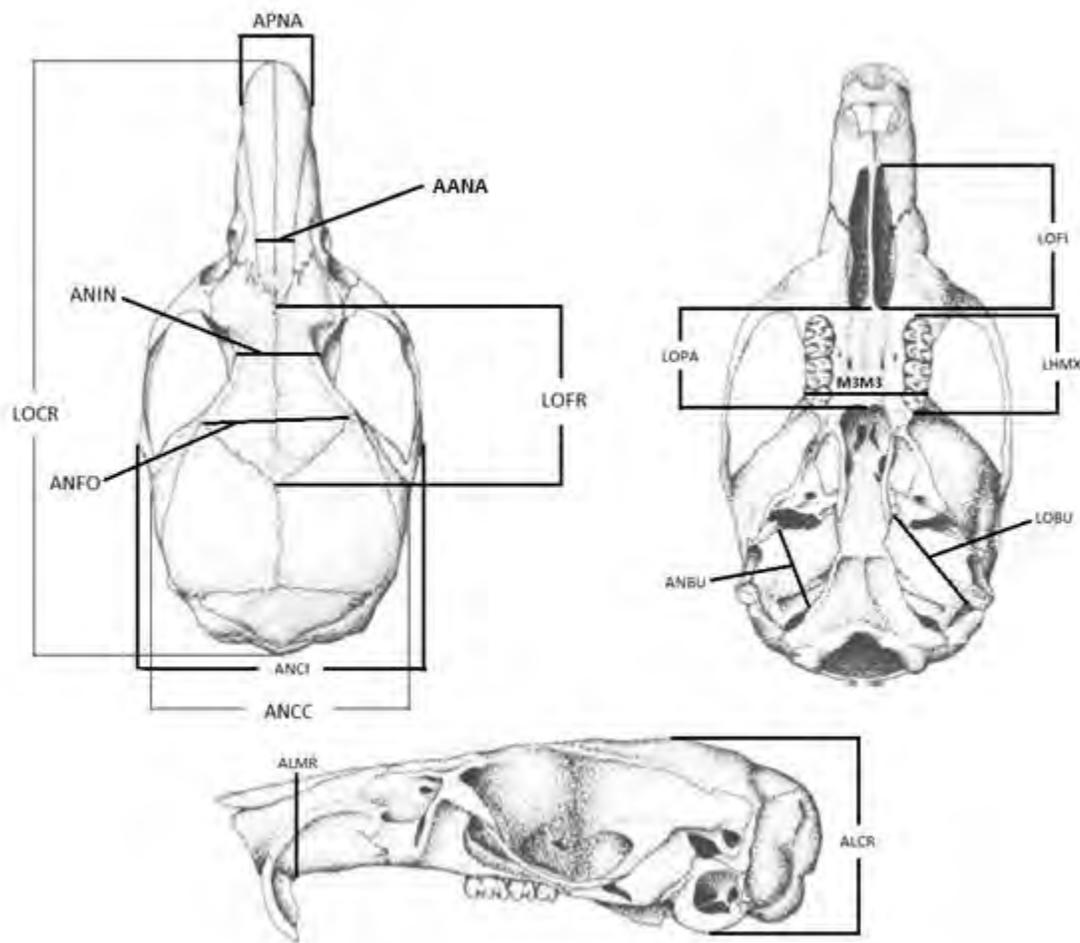


Figura 4. Dimensiones de los 16 caracteres craneales medidos en los ratones del grupo “*megalops*”. Ver cuadro 1 para la definición de las abreviaturas. (Vistas del cráneo tomadas de Rickart y Robertson 1985)

### Unidades geográficas operativas

Se elaboró una lista con todas las localidades de procedencia de los ejemplares de cada una de las especies y se les asignaron sus coordenadas geográficas. Posteriormente estos datos fueron analizados con el programa ArcMap (ver. 10.2.2) donde se organizaron las localidades en 22 Unidades Geográficas Operativas (OGU, por sus siglas en inglés, Fig. 5, apéndice 1), esto con el fin de facilitar el análisis de variación geográfica (Ibáñez, 2000), se emplearon varios criterios para la delimitación de estas unidades, como son la cercanía geográfica, la continuidad topográfica, el tipo de hábitat y la altitud, lo anterior se hizo con el

propósito de que la unidad resultante fuera lo más homogénea posible (Crisci y López, 1983).

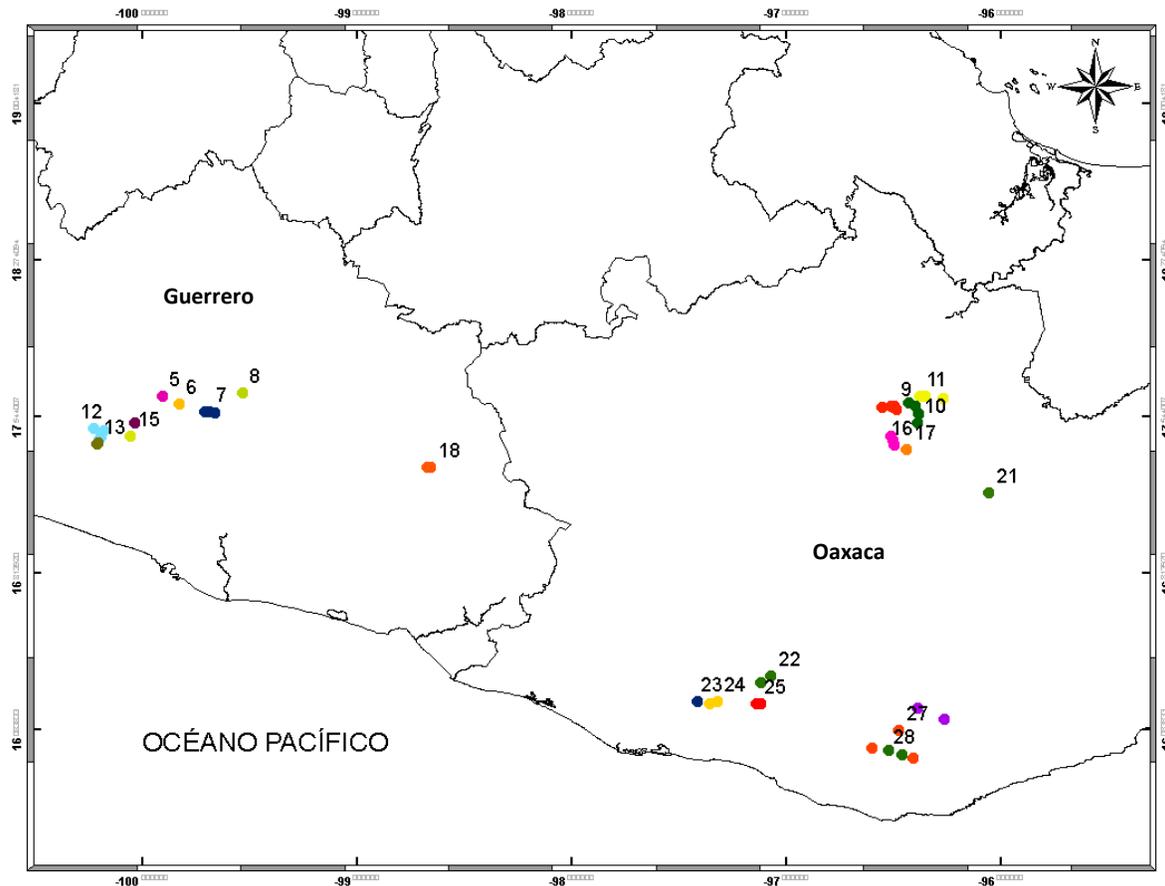


Figura 5. Unidades geográficas operacionales (OGU's) determinadas para *Peromyscus megalops*, *P. melanocarpus* y *P. melanurus*.

### Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa R (R Core Team, v.3.3.1, 2016), cada especie fue sometida a un análisis exploratorio de datos, se emplearon diagramas de caja con bigote para corregir errores de captura y detectar valores extraordinarios dentro de cada unidad. La prueba de Shapiro-Wilk junto con la prueba de Levene, aplicadas a cada variable de manera independiente por OGU, revelaron que no todas presentaban una distribución normal y homocedasticidad, es decir que no tenían varianzas homogéneas, por lo cual se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas.

Para conocer la magnitud de redundancia entre las variables se usó el coeficiente de correlación de Spearman, lo que permitió eliminar las variables con valores altos de correlación, considerando valores altos aquellos por arriba de 0.8 (Martínez *et al.*, 2009).

Para analizar si las diferencias de tamaño entre los sexos son significativas, se llevó a cabo un análisis univariado (ANOVA) para las OGU's que presentaban una distribución normal, y para las OGU's que no presentaban distribución normal fue usada la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney; todas con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , de ser significativas todos los análisis estadísticos se realizarían por separado para machos y hembras (Zink y Remsen, 1986).

Otro tipo de variación es la intrapoblacional o no geográfica, que es definida como el estudio de la existencia y el grado de heteromorfismo dentro de una población, como consecuencia de la diversidad con que los caracteres pueden presentarse dentro de una muestra de individuos extraída de una población, por ejemplo la variación individual y la variación ontogénica, entre otras (Mayr y Ashlock, 1991). Uno de los métodos para eliminar dicha fuente de variación, es la obtención de valores promedio para cada uno de los taxones bajo estudio (Zink y Remsen, 1986; Crisci y López, 1983). Por lo anterior, se calculó la estadística descriptiva (media, valores mínimo y máximo, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación) para cada OGU por variable. Posteriormente se elaboraron gráficas de caja con bigote para cada una de las variables para observar la tendencia de variación de los caracteres dentro de cada población.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) para las tres especies, empleando las medianas de cada variable por OGU, esto con el fin de conocer la variación de los caracteres de las poblaciones, es decir, las relaciones espaciales existentes entre ellas dadas por similitudes o diferencias, esto basado en una matriz de correlación (Arita, 1988; Townend, 2002), en donde

a mayor cercanía en el espacio de los componentes principales significa mayor parecido (Crisci y López, 1983).

Para poder discriminar entre las tres especies se realizó un Análisis Canónico Discriminante (Sneath y Sokal, 1973), en donde se utilizaron las medianas por OGU de cada especie. Los análisis discriminantes permiten tomar decisiones finales en el momento de hacer propuestas de designación de algún estatus taxonómico. Los resultados de este análisis se sometieron a un Análisis de Varianzas Multivariante (MANOVA) con un estadístico de prueba de lambda de Wilks para determinar su significancia ( $P < 0.05$ ).

Finalmente, para examinar los patrones de similitud entre las OGU's, de acuerdo a los caracteres merísticos entre las especies, se generaron fenogramas con el fin de visualizar qué unidades geográficas presentan mayor similitud. Para ello se utilizó la distancia taxonómica como medida de similitud y el método de agrupación de Ward (Ward, 1963), usando las medianas y en donde ninguna de las variables es ponderada. Esta técnica es complementaria a un PCA, ya que el PCA permite ordenar la información, mientras que el fenograma revela similitudes en la longitud de las ramas (Johnson, 1980; Townend, 2002).

Es importante mencionar que aunque se contaban con ejemplares de algunas colecciones identificados como individuos pertenecientes a alguna de las tres especies consideradas en este estudio (OGU's: 1, 2, 3, 4, 19 y 20; Apéndice 5), y aunque eran parecidas morfológicamente, estas fueron excluidas debido a que se encuentran fuera del área de distribución de acuerdo con Hall (1981), Huckaby (1980) y Osgood (1909). Además cuando se realizó el PCA para las poblaciones de *P. melanurus* (Apéndice 6), la población de la OGU 19 quedaba separada de las demás mostrando características craneanas diferentes a la especie.

### **Base de datos**

Se creó una base de datos con los registros de *Peromyscus megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus*. Para la creación de esta base se realizó una

búsqueda en la base de datos del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y de GBIF (Global Biodiversity Information Facility), de igual forma esta base fue complementada con las coordenadas de los individuos revisados en cada una de las colecciones.

Posteriormente se realizó una depuración de la base de datos, en la cual se descartaron los registros que eran de localidades repetidas, localidades sin coordenadas geográficas y de localidades que no correspondían a la distribución conocida de las especies.

La base de datos contiene el número de catálogo de cada ejemplar, la colección donde se encuentran depositados, el estado, municipio, localidad y coordenadas geográficas del lugar donde fueron colectados cada uno de los ejemplares de las tres especies.

### **Modelado de nicho ecológico**

Para modelar el nicho ecológico de cada especie, se emplearon coberturas climáticas globales a una resolución de aproximadamente 1 km<sup>2</sup>, relacionadas con la precipitación y temperaturas, las cuales fueron descargadas de Worldclim. Estas coberturas son un conjunto de capas del clima que representan variables derivadas de temperatura mensual y las lluvias registradas en todo el mundo (Hijmans *et al.*, 2005).

Posteriormente se determinó el área accesible para las tres especies, que es el conjunto de sitios que las especies han tenido tiempo de visitar, o “explorar” desde una fecha dada (origen, la última glaciación, etc.), con base en los registros puntuales y lo reportado para su distribución, ya que el modelo muestra el área donde podría distribuirse, lo que permite limitar la predicción a un contexto biológico e histórico más preciso (Peterson *et al.*, 2011). Después de determinar el

área accesible, se recortaron las 19 capas climáticas con base en dicha área, esto con ayuda del programa ArcMap (Saupe *et al.*, 2012; Barve *et al.*, 2011).

Para crear los modelos de nicho ecológico de las tres especies se utilizó el Modelo de Distribución de Especies de Máxima Entropía (MaxEnt, ver. 3.3.3). MaxEnt determina la relación entre las variables climáticas y los registros de las especies (Guisan y Thuiller, 2005). Este modelo trata de encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía (cercana a la uniforme) sujeta a limitaciones impuestas por la información disponible en torno a la distribución observada de las especies y las condiciones ambientales del área de estudio (Phillips *et al.*, 2006; 2004).

Se generaron 10 réplicas por modelo, empleando el 75% de los registros como datos de entrenamiento (construcción del modelo) y el 25% restante como datos de prueba, se utilizaron los valores por default del programa. Los resultados del modelo Maxent fueron bajo el formato de salida logístico, el cual proporciona estimaciones de la probabilidad de ocurrencia en un rango de 0-1, el formato logístico permite una interpretación fácil y potencialmente más precisa (Baldwin, 2009). La exactitud del modelo se evaluó con los valores del área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) ROC (Curva Operada por el Receptor) (Merow *et al.*, 2013; Phillips *et al.*, 2004).

Con el fin de estimar las variables que son de mayor importancia para determinar la presencia de las especies se realizó la prueba de Jackknife; la cual excluye una variable del modelo y ejecuta el modelo con las restantes. Se compara la ganancia que tiene el modelo con todas las variables y la ganancia que tiene el modelo sin la variable que fue excluida. La variable que afecta en forma considerable la eficiencia del modelo al ser excluida, es considerada una variable de importancia. (Palma-Ordaz, 2014; Phillips, 2005).

## **Comparación de nichos**

Para comparar los nichos de las especies del grupo *megalops* en el espacio geográfico se calculó el sobrelape de nicho según Warren *et al.*, 2008 con ayuda del paquete SDMTools y de los mapas generados por MAXENT, de igual forma para comparar los nichos en espacio ambiental (Broennimann *et al.*, 2012) se calculó el métrico de Schoener (D) con ayuda del paquete Ecospat (Broennimann *et al.*, 2016). Los valores que se obtienen para el sobrelape en espacio geográfico como en espacio ambiental varían desde un valor de 0, en la que las dos distribuciones no tienen superposición, a 1 donde las dos distribuciones son idénticas (Warren *et al.*, 2008). Por otro lado, para conocer si los nichos son idénticos se realizó la prueba de equivalencia de nicho, y para saber si los nichos son similares se realizó la prueba de similitud de nicho (Broennimann *et al.*, 2012). Estos análisis se realizaron comparando a las especies por pares.

## **RESULTADOS**

Con ayuda del análisis de correlación de los caracteres craneales y mandibulares se pudo observar la longitud de la mandíbula (LOMA) y la longitud total del cráneo (LOCR) fueron variables redundantes con un 84% de semejanza, al igual que la longitud de la hilera mandibular de dientes (LOHM) y la longitud de la hilera maxilar de dientes (LHMX) fueron variables redundantes con un 81% de semejanza, por lo que se eliminaron las variables LOMA y LOHM.

## **VARIACIÓN NO GEOGRÁFICA**

**Dimorfismo sexual.** Los resultados del análisis univariado (ANOVA) que se aplicó por sexo para cada uno de los caracteres craneales, demostró que para la mayoría de las OGU's no existe variación significativa entre machos y hembras, ya que sólo tres OGU's presentaron diferencias significativas (Apéndice 2). Las OGU's 13, 25 y 26 fueron excluidas de esta prueba debido a que estaban representadas por un solo sexo, por lo que no se podía aplicar la prueba.

De los 16 caracteres craneales empleados, cuatro reflejaron diferencias significativas entre machos y hembras ( $p < 0.05$ ), siendo la longitud del frontal (LOFR) y la longitud de la bula (LOBU) los caracteres que se repitieron un mayor número de veces para todas las especies. En *P. megalops* la altura del cráneo (ALCR) y LOBU en la OGU 5, y en la OGU 14 LOFR, fueron los caracteres que presentaron variación significativa. En cuanto a *P. melanocarpus* las medidas que tuvieron diferencias significativas fueron la longitud total del cráneo (LOCR), LOFR y longitud de la bula (LOBU) dentro de la OGU 21. Finalmente en *P. melanurus* no se presentaron diferencias significativas entre machos y hembras.

**Variación individual.** Para conocer la variación dentro de cada OGU, se obtuvieron los coeficientes de variación (CV) para cada carácter dentro de cada una de las OGU's (Apéndice 3), se observó de manera general que la variable con mayor CV fue AANA (CV=14.233), mientras que el menor lo presentó el ancho de la caja craneana (ANCC, CV=0.521).

El CV más elevado en *P. megalops* fue el de la variable AANA (CV=14.233) de la OGU 22, y el valor más pequeño fue para ANCC (CV=0.521) perteneciente a la OGU 18, esta especie tuvo un coeficiente de variación promedio de 3.28; por otro lado, para *P. melanocarpus* dentro de la OGU 17 se presentaron las variables con el mayor y el menor valor CV, AANA (CV=8.488) y LOCR (CV=0.961) respectivamente, esta especie tuvo un coeficiente de variación promedio de 3.4. Para *P. melanurus* el mayor CV lo presentó la longitud de la bula (LOBU, CV=7.337) y el menor lo presentó el ancho del arco zigomático (ANCI, CV=0.726) de la OGU 23, esta especie fue la que presentó el menor promedio del coeficiente de variación con 2.75.

## **VARIACIÓN GEOGRÁFICA**

Se realizaron Análisis de Componentes Principales para observar la variación geográfica entre las poblaciones de cada una de las especies. En los resultados

obtenidos se pudo observar poca variación entre las poblaciones pertenecientes a *P. megalops* (Fig. 6a) y *P. melanocarpus* (Fig. 6b); sin embargo, para *P. melanurus* (Fig. 6c) se pudo observar que los individuos que se encuentran más al oeste, pertenecientes a las OGU's 23 y 24, se separan ligeramente de las otras dos; esta separación está dada por el primer componente, en el que se puede observar que destacan las variables ALMR, APNA, LOCR y ANCI (Cuadro 2). Al graficar los dos primeros componentes se puede apreciar que las OGU's localizadas al oeste se separan de las del este, por tener individuos que presentan un tamaño ligeramente mayor.

Cuadro 2. Resultados del análisis de componentes principales para los individuos de la especie *P. melanurus*.

Variable	Componente 1 V:20.24% V.A:20.24%	Componente 2 V:17.08% V. A:37.32%	Componente 3 V:14.56% V. A:51.88%
<b>LOCR</b>	<b>0.388</b>	-0.198	0.042
<b>ALCR</b>	0.234	-0.262	<b>-0.342</b>
<b>ANCC</b>	0.093	-0.180	-0.223
<b>AANA</b>	-0.052	<b>-0.547</b>	-0.084
<b>APNA</b>	<b>0.422</b>	0.015	0.074
<b>ANFO</b>	-0.204	-0.068	<b>-0.367</b>
<b>LOFR</b>	0.009	-0.125	-0.251
<b>ANIN</b>	0.152	0.220	-0.115
<b>ANCI</b>	<b>0.327</b>	-0.177	-0.275
<b>LOFI</b>	0.089	<b>-0.346</b>	0.338
<b>LOPA</b>	0.183	0.244	-0.233
<b>LHMX</b>	0.204	0.159	0.180
<b>M3M3</b>	0.246	-0.051	<b>0.477</b>
<b>ANBU</b>	-0.108	<b>-0.450</b>	0.012
<b>LOBU</b>	-0.243	-0.226	<b>0.318</b>
<b>ALMR</b>	<b>0.469</b>	-0.012	0.044

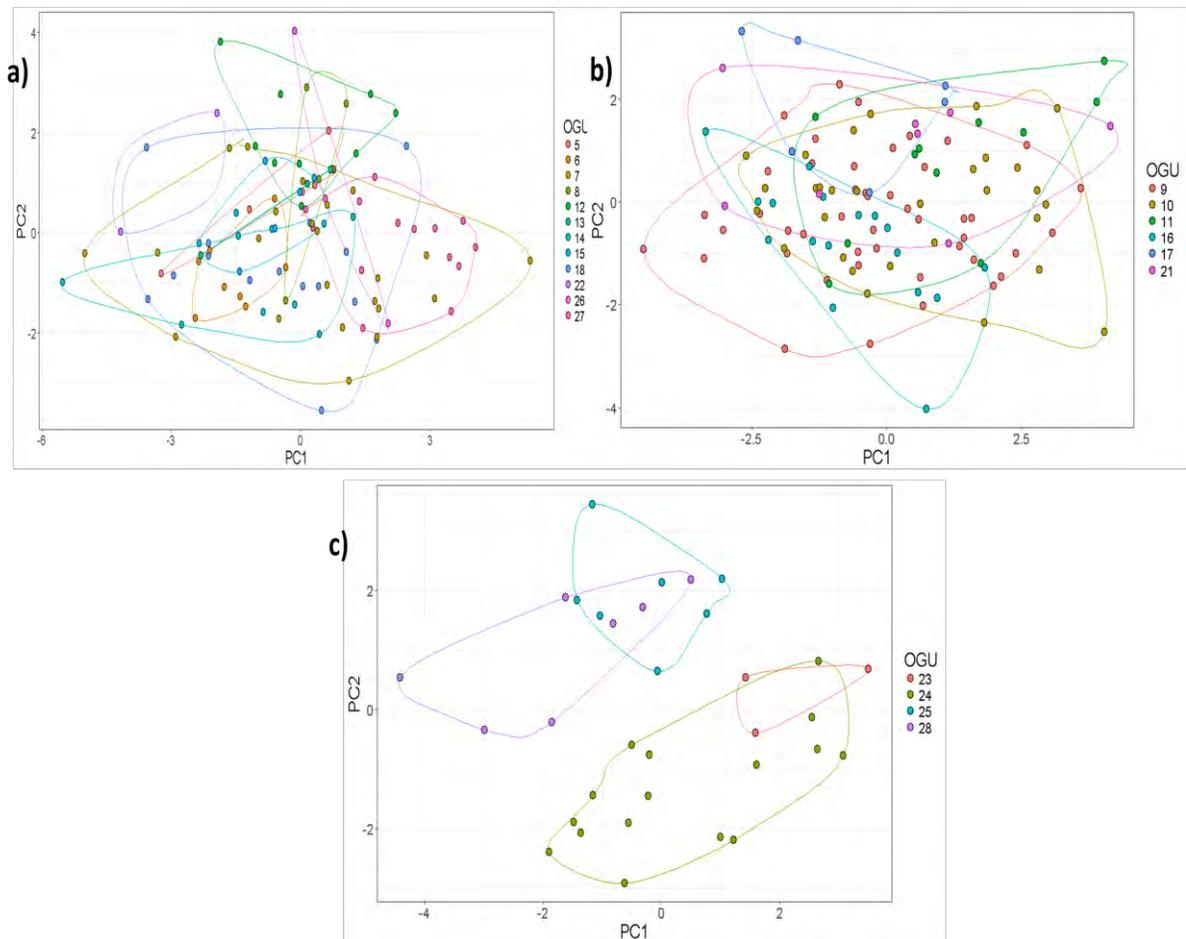


Figura 6. a) Análisis de componentes principales para *Peromyscus megalops* (a), *P. melanocarpus* (b) y *P. melanurus* (c).

## VARIACIÓN INTERESPECÍFICA

Con ayuda de las gráficas de caja y bigote (Apéndice 4), se pudo observar que existe una tendencia de separación de las OGU's que se encuentran hacia el sur, esto se puede apreciar en las gráficas de las variables LOCR, la longitud del palatal (LOPA) y LHMx en las que se puede ver que las OGU's de la 22 a la 28 se separan del resto, presentando medidas menores con respecto a las otras, con excepción de la OGU 27; este mismo comportamiento se puede observar en la variable LOFR pero al contrario de las medidas anteriores, en ésta presentan medidas ligeramente mayores al resto. Por otro lado, se pudo observar una separación en la medida del ancho interorbital (ANIN) de las OGU's

pertenecientes a *P. megalops*, en las cuales presentan medidas ligeramente mayores a las de otras OGU's.

En el Análisis de Componentes Principales que se realizó para las tres especies del grupo *megalops*, los tres primeros componentes explican el 62% de la variación entre las poblaciones analizadas. En el primer componente se puede observar que las variables con la mayor contribución a este componente fueron LHMx, ALCR, ANIN, LOCR y APNA; por otro lado, los valores del PCA indican que en el segundo componente ANCC, ANFO, ANBU y LOFR (Cuadro 2) son las variables más importantes. Al graficar los dos primeros componentes del PCA (Fig. 7a), se pudo observar que el polígono perteneciente a *P. melanurus* localizado en la parte izquierda, se separa principalmente por el primer componente, en el que las OGU's pertenecientes a esta especie se caracterizan por presentar un cráneo corto y bajo, es decir tienen un cráneo más pequeño a diferencia de las otras especies que presentan cráneos más grandes; por otro lado el polígono de *P. melanocarpus* localizado en la parte inferior de la gráfica, se separa con ayuda del segundo componente, en el que las OGU's pertenecientes a esta especie presentan individuos con las cajas craneanas y los frontales angostos, es decir tienen una forma de cráneo más estrecha que las otras especies.

El análisis canónico discriminante resultó altamente significativo (lambda de Wilks = 0.157,  $P < 0.0001$ ). En este análisis la primer variable canónica explica el 85% de la variación (Cuadro 2, Fig. 6b). Las medidas que resultaron ser más importantes para esta variable fueron LHMx, ANFO, ANIN y ANCC, en la segunda variable canónica destacaron APNA, ALMR, AANA y ALCR. Con ayuda de la gráfica perteneciente a este análisis se pudo observar una clara separación entre los polígonos de las tres especies, siendo el primer eje canónico el que ayuda a separar a *P. megalops*, en el que los individuos pertenecientes a esta especie presentan hileras maxilares de dientes más largas, el frontal, los interorbitales y la caja craneana más amplios, comparándolo con las otras especies; por otro lado,

*P. melanurus* es separado principalmente por el segundo eje, en el que esta especie presenta cráneos y rostros bajos, así como nasales angostos.

Cuadro 3. Resultados del análisis de componentes principales y del análisis canónico discriminante para las tres especies.

Variable	Componente 1 V:31.91% V.A:31.91%	Componente 2 V:17.39% V. A:49.3%	Primera Variable Canónica V: 85.64% V.A.: 85.64%	Segunda Variable Canónica V:14.36% V.A.: 100
LOCR	<b>0.348</b>	-0.046	-0.091	0.316
ALCR	<b>0.368</b>	-0.018	0.473	<b>-1.141</b>
ANCC	0.147	<b>0.451</b>	<b>-2.007</b>	-0.631
AANA	0.162	-0.107	0.688	<b>1.296</b>
APNA	<b>0.327</b>	-0.315	-1.218	<b>-2.109</b>
ANFO	0.094	<b>0.398</b>	<b>-3.918</b>	-0.332
LOFR	-0.133	<b>0.382</b>	1.407	-0.270
ANIN	<b>0.362</b>	0.087	<b>-3.276</b>	0.790
ANCI	-0.071	-0.030	-1.914	0.208
LOFI	-0.096	-0.224	0.640	-0.311
LOPA	0.300	-0.240	-0.845	-0.954
LHMX	<b>0.393</b>	-0.034	<b>4.378</b>	-0.303
M3M3	0.103	-0.185	0.314	-0.291
ANBU	0.186	<b>0.395</b>	-1.111	-0.963
LOBU	0.223	0.265	0.022	0.190
ALMR	0.277	0.025	1.068	<b>1.943</b>

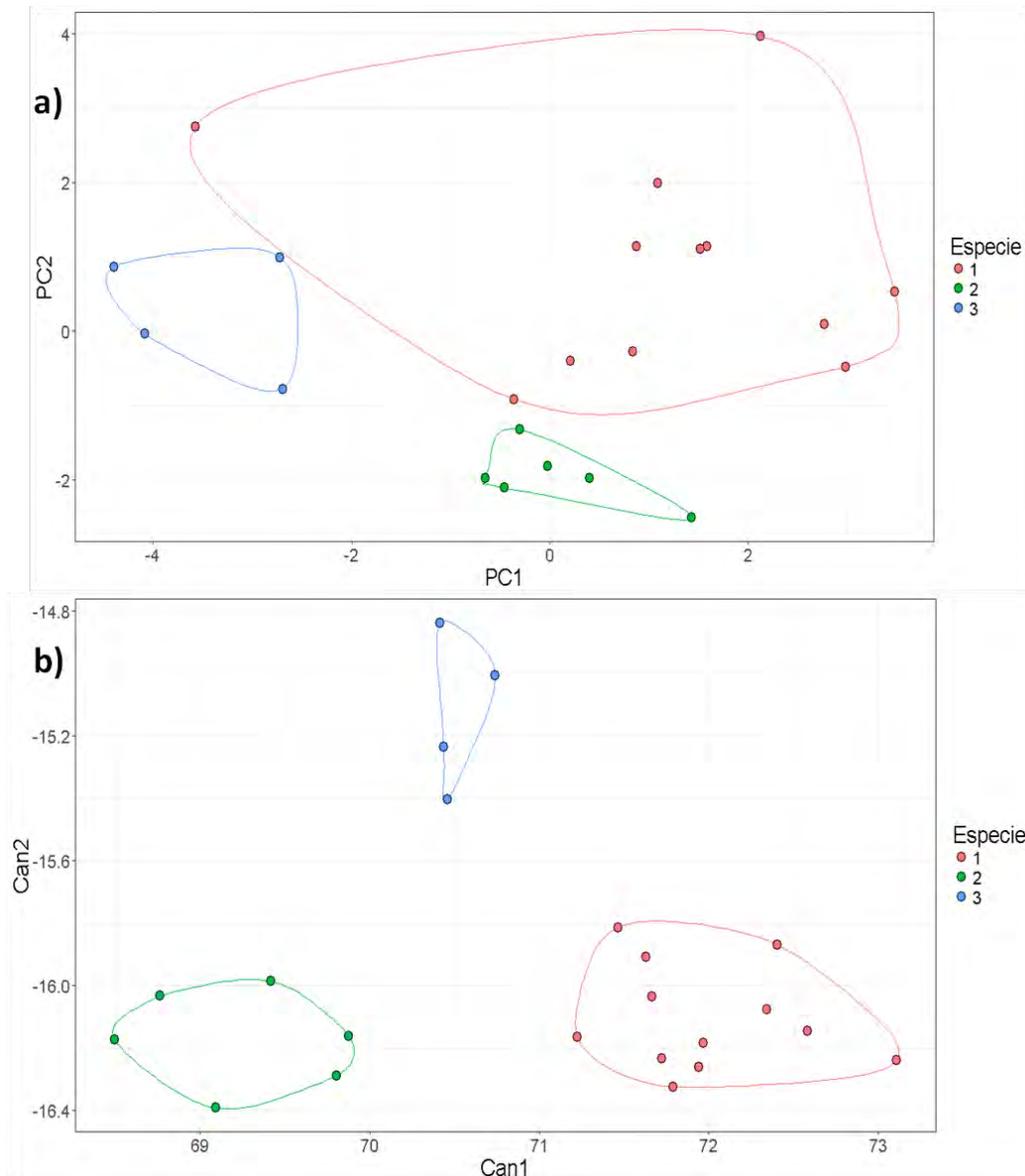


Figura 7. a) Agrupaciones formadas a partir del Análisis de Componentes Principales y b) del Análisis Canónico Discriminante (Especie 1- *Peromyscus megalops* 2- *P. melanocarpus* 3- *P. melanurus*). Cada punto representa una OGU.

Con ayuda del análisis discriminante podemos observar la clasificación de los individuos de cada una de las especies (Cuadro 4), de los ejemplares de *P. melanurus* el 93% fueron asignados a su respectivo grupo, de igual forma el modelo clasificó correctamente casi el mismo porcentaje de los ejemplares de *P. melanocarpus*. Por otro lado, en el caso de *P. megalops* varios de sus ejemplares

fueron asignados a otra especie, teniendo un menor porcentaje (85%) de especímenes correctamente clasificados.

Cuadro 4. Matriz de confusión de los individuos de las tres especies de acuerdo al análisis discriminante.

<b>Especie Original</b>	<b>Porcentaje y número</b>	<b>Especímenes clasificados como:</b>	<b>Especímenes clasificados como:</b>
<i>P. megalops</i>	85.57% (104)	<i>P. melanocarpus</i> (12)	<i>P. melanurus</i> (3)
<i>P. melanocarpus</i>	92.37% (118)	<i>P. megalops</i> (9)	
<i>P. melanurus</i>	93.93% (33)	<i>P. melanocarpus</i> (2)	

Finalmente, con ayuda del análisis de agrupamiento realizado con las medianas de los caracteres craneales por OGU (Fig. 8), se pudo observar que las muestras se separan para formar dos conjuntos (I y II), el primero formado por las OGU's con los individuos más pequeños, que pertenecen a *P. melanurus* y también se incluye una OGU perteneciente a *P. megalops* del estado de Oaxaca, que presentan una mayor similitud con las OGU's 25 y 28 que se localizan ligeramente al este, que con las OGU's pertenecientes a la misma especie. En el conjunto II se pueden reconocer dos grandes grupos de OGU's (1y 2), dentro del grupo 1 se puede observar que se forman dos subgrupos, el subgrupo "a" que incluye algunas OGU's pertenecientes a *P. megalops* del estado de Guerrero y el subgrupo "b" que incluye todas las OGU's pertenecientes a *P. melanocarpus*. Finalmente el grupo 2 está formado por las OGU's con los individuos de mayor tamaño, que pertenecen a *P. megalops* tanto del estado de Guerrero como Oaxaca.

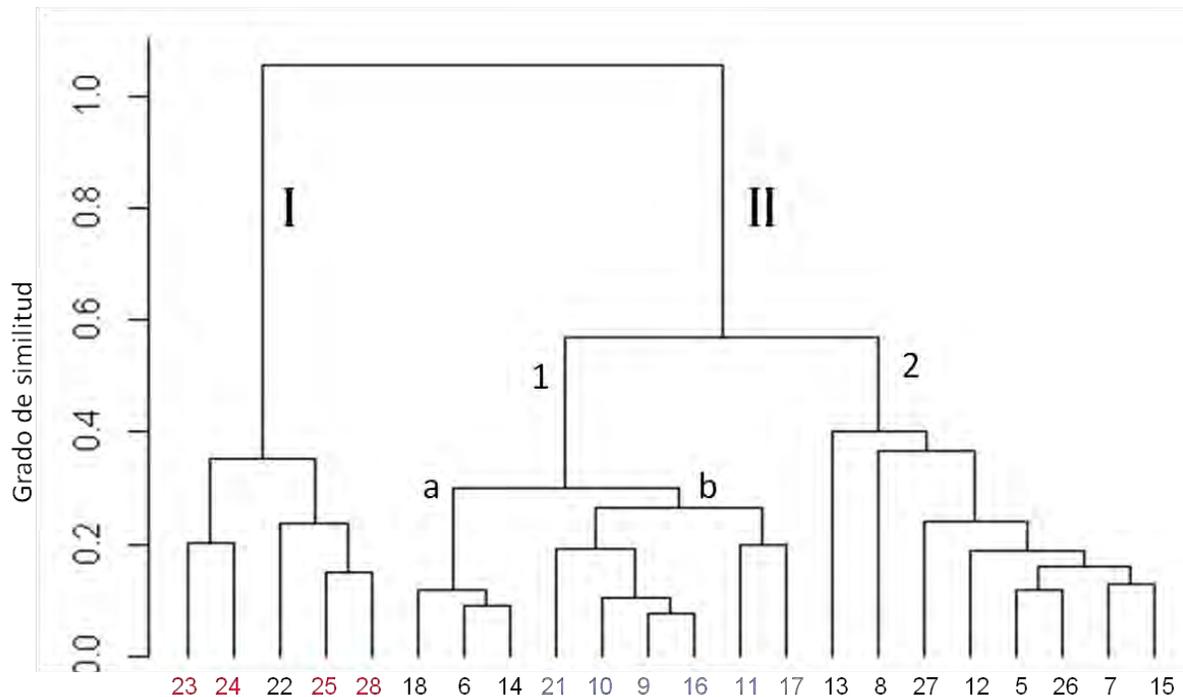


Figura 8. Similitud entre las 22 OGU's a partir de un análisis de agrupamiento Ward, con un coeficiente de aglomeración de 0.7 (Números en color rojo-*Peromyscus melanurus*; números en color azul-*P. melanocarpus* y números en color negro-*P. megalops*).

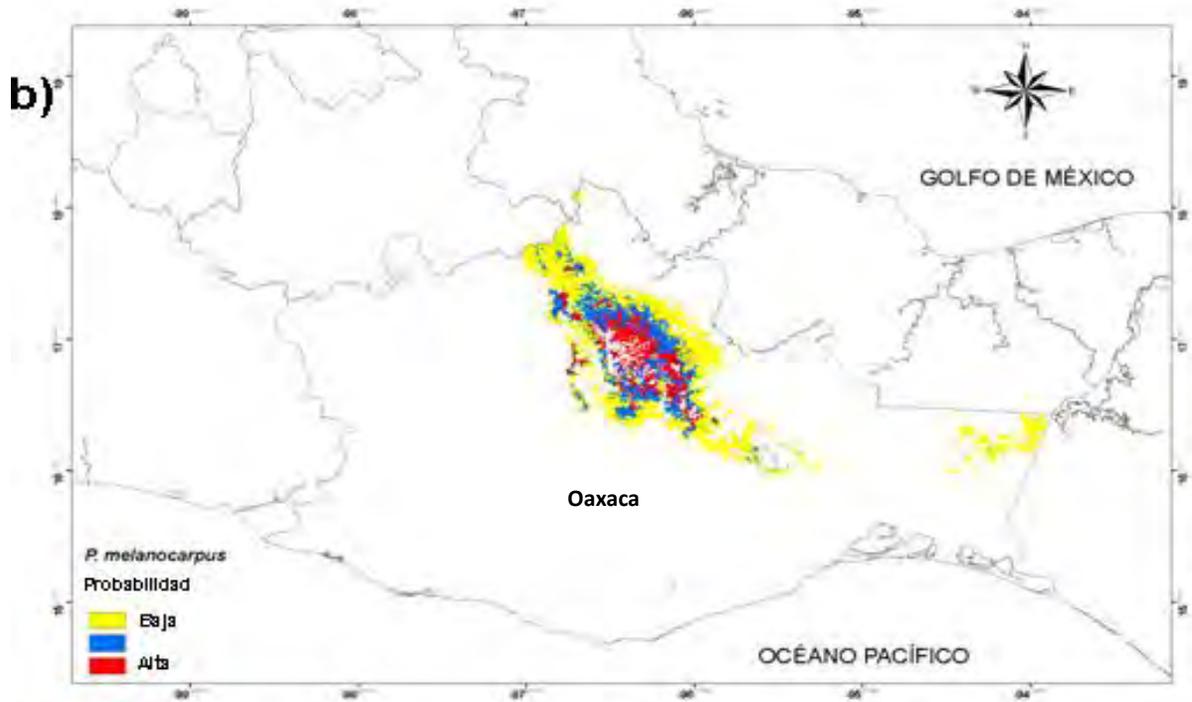
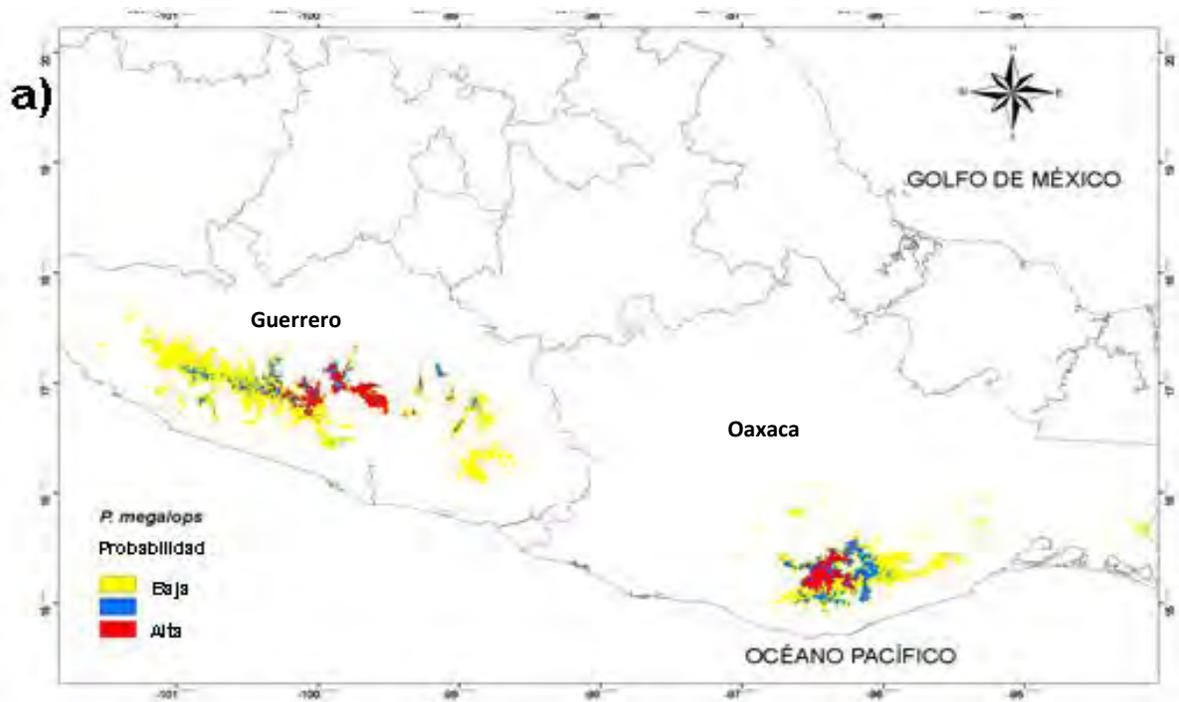
### Modelado de nicho

Con las bases de datos de los registros de *Peromyscus megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus*, se creó una base de datos del estudio con 1309 registros, la cual fue depurada, obteniendo al final un total de 201 registros de coordenadas únicas, de los cuales 75 pertenecen a la especie *P. megalops*, 95 a *P. melanocarpus* y 31 a *P. melanurus*.

Los modelos de nicho de las tres especies estudiadas, presentaron valores del área bajo la curva (AUC) por encima del parámetro de predicción al azar (AUC=0.50): *P. megalops* AUC=0.964, *P. melanurus* AUC=0.995 y *P. melanocarpus* AUC=0.989. En la figura 9a se muestra el resultado del modelo de nicho con la distribución potencial de *P. megalops*, en donde se puede apreciar que la mayor probabilidad de condiciones óptimas para esta especie se

encuentran en la región de la Sierra Madre del Sur del estado de Guerrero y en la parte sureste del estado de Oaxaca. Por otro lado, con el modelo de nicho de la distribución potencial de *P. melanocarpus* (Fig. 9b) se aprecian condiciones óptimas para esta especie en la región noreste del estado de Oaxaca. Finalmente para *P. melanurus* (Fig. 9c) se aprecian condiciones óptimas para esta especie en el sur de Oaxaca, abarcando parte de la región de la costa del Pacífico y de la Sierra Madre del Sur.

Con los resultados de Maxent se pudo observar que las variables que más aportan para la distribución de *P. megalops* fueron precipitación del mes más seco (BIO14), precipitación del trimestre más seco (BIO17) y estacionalidad de la precipitación (BIO15), lo que indica que esta especie requiere hábitats en los que exista una mínima precipitación durante la época de sequía; para *P. melanurus* precipitación del mes más seco (BIO14), temperatura media del trimestre más frío (BIO9) y precipitación del mes más húmedo (BIO13) lo que significa que esta especie requiere hábitats en los que exista una mínima precipitación durante la época de sequía pero que las temperaturas no sean tan bajas; finalmente para *P. melanocarpus* fueron la precipitación del trimestre más frío (BIO19), estacionalidad de la precipitación (BIO15) y precipitación del mes más seco (BIO14) lo que sugiere que esta especie requiere hábitats en los que exista una precipitación constante.



c)

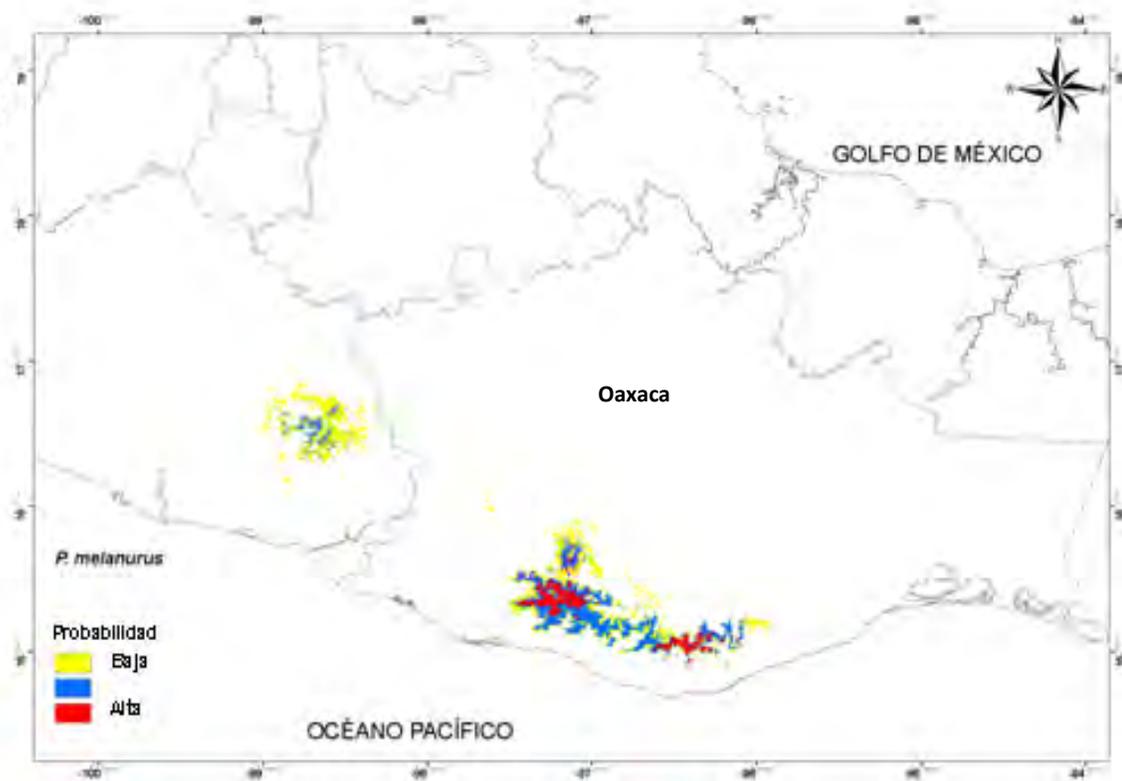


Figura 9. Distribución potencial estimada para: a) *Peromyscus megalops*, b) *P. melanocarpus* y c) *P. melanurus*. Las áreas rojas indican alta probabilidad de condiciones óptimas.

Los valores obtenidos para el estadístico de similitud de Warren *et al.*, (2008) fueron de 0.047 para el traslape entre *P. melanocarpus* y *P. megalops*, y de 0.0002 entre *P. melanocarpus* y *P. melanurus*, con estos valores cercanos a cero podemos considerar que no existe traslape del nicho en espacio geográfico entre *P. melanocarpus* y las otras especies. Por otro lado, para el traslape entre *P. megalops* y *P. melanurus* se obtuvo un valor de 0.563, con el que podemos decir que estas especies tienen una sobreposición de casi la mitad de su nicho en el espacio geográfico.

Para el métrico de Schoener se obtuvieron valores cercanos a cero para las comparaciones entre *P. melanocarpus* y *P. melanurus* ( $D=0.00001$ , fig. 10) y *P. megalops* y *P. melanocarpus* ( $D=0.006$ , fig. 11), con estos valores podemos

considerar que no existe sobrelape del nicho en el espacio ambiental entre estas especies; por otra parte, se obtuvo un valor ligeramente alto cuando se comparó a *P. megalops* y *P. melanurus* ( $D=0.37$ , fig. 12), con el que podemos considerar que sus nichos si se traslapan, pero en un porcentaje bajo.

Con los valores obtenidos del métrico de Schoener se rechaza la equivalencia de nicho para las comparaciones entre las tres especies, ya que los valores observados de  $D$  caen fuera del 95% de la densidad de los valores simulados (Fig. 10b, 11b y 12b), con lo que se rechaza la hipótesis nula de que los nichos son idénticos. Por otro lado, se encontró que solo existe similitud de nicho cuando se compara el nicho de *P. melanurus* contra el de *P. megalops* (Fig. 12c), ya que el valor observado de  $D$  cae dentro del 95% de la densidad de valores simulados y el valor de probabilidad es significativo ( $p<0.05$ ); sin embargo, cuando se realizó la comparación del nicho de *P. megalops* contra el de *P. melanurus* (Fig. 12d) a pesar de que el valor observado cae dentro del 95% de la densidad de valores simulados, el valor de probabilidad no es significativo ( $p>0.05$ ) lo que indica que esta similitud es debida al azar más que a alguna característica particular de las especies, de igual forma se obtuvieron resultados similares cuando se realizaron las comparaciones entre las demás especies, por lo que también se rechazó la hipótesis de similitud de nicho (Fig. 10c-d y 11c -d).

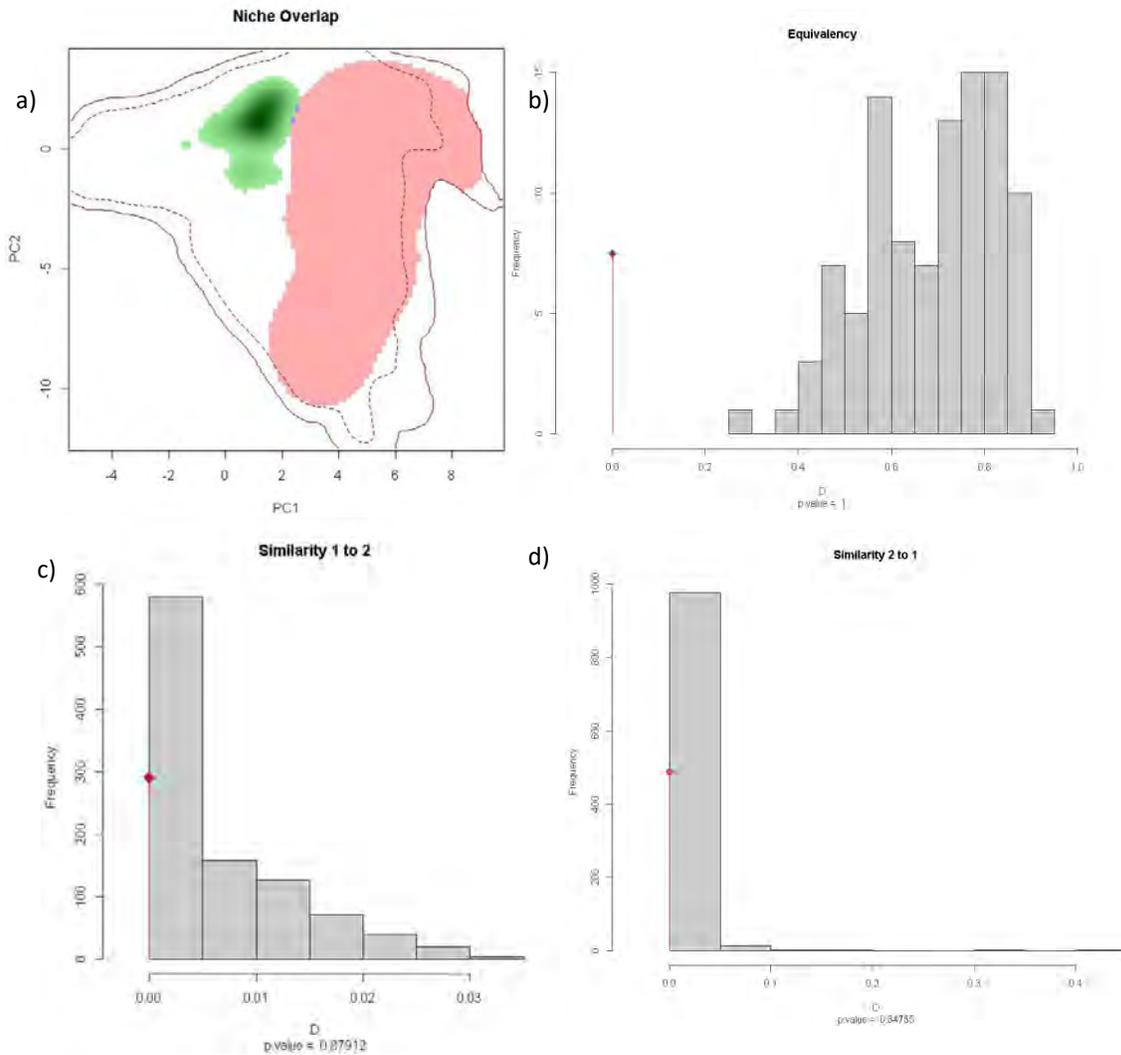


Figura 10. Representación del nicho de *Peromyscus melanurus* (sombreado verde) y *P. melanocarpus* (sombreado rosa) en los dos primeros ejes del PCA (a). El sombreado azul muestra el solapamiento entre el nicho de las dos especies. Las líneas de contorno continuo y discontinuo ilustran, respectivamente, 100% y 50% del medio ambiente disponible (background). Histogramas que muestran el solapamiento entre el nicho observado D (líneas rojas con un diamante) y el nicho simulado (barras grises), prueba de equivalencia de nicho (b), y similitud de nicho (histogramas inferiores). Similitud del nicho de *P. melanurus* con el de *P. melanocarpus* (c) y similitud de nicho de *P. melanocarpus* con *P. melanurus* (d).

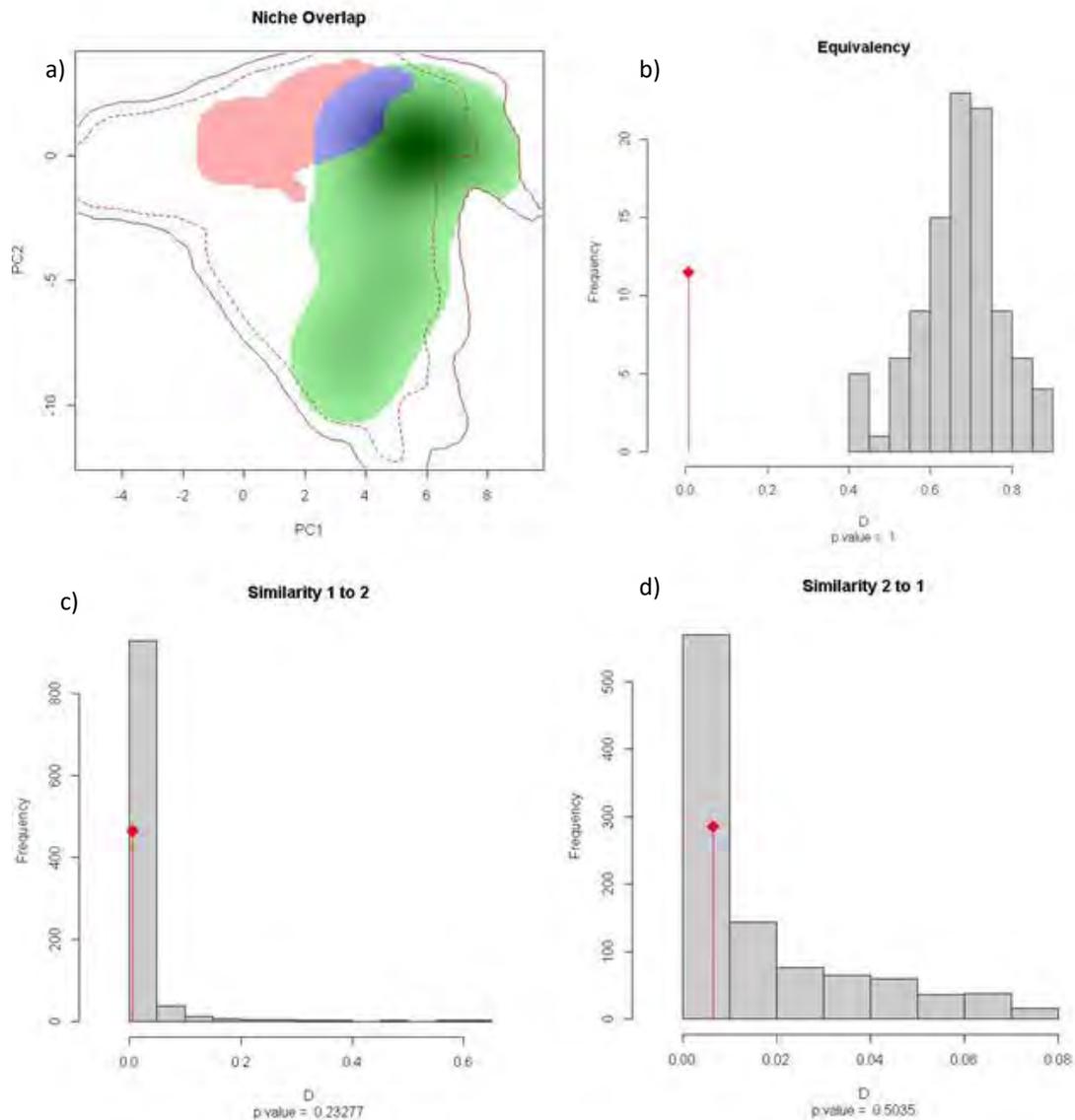


Figura 11. Representación del nicho de *Peromyscus megalops* (sombreado rosa) y *P. melanocarpus* (sombreado verde) en los dos primeros ejes del PCA (a). El sombreado azul muestra el sobrelape entre el nicho de las dos especies. Histogramas que muestran el sobrelape entre el nicho observado D (líneas rojas con un diamante) y el nicho simulado (barras grises), prueba de equivalencia de nicho (b), y similitud de nicho (histogramas inferiores). Similitud del nicho de *P. melanocarpus* con el de *P. megalops* (c) y similitud de nicho de *P. megalops* con el de *P. melanocarpus* (d).

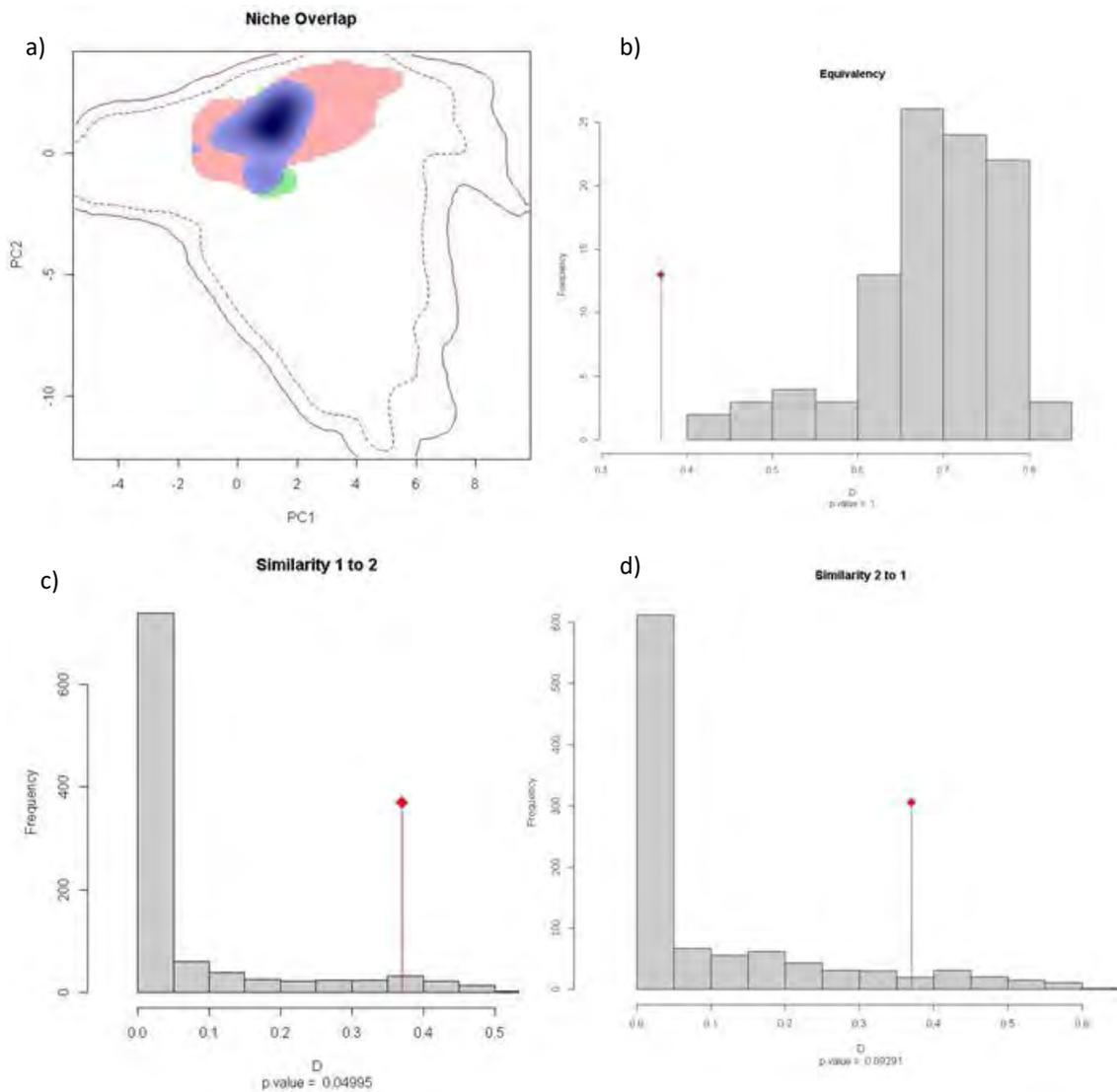


Figura 12. Representación del nicho de *Peromyscus megalops* (sombreado rosa) y *P. melanurus* (sombreado verde) en los dos primeros ejes del PCA (a). El sombreado azul muestra el sobrelape entre el nicho de las dos especies. Histogramas que muestran el sobrelape entre el nicho observado D (líneas rojas con un diamante) y el nicho simulado (barras grises), prueba de equivalencia de nicho (b), y similitud de nicho (histogramas inferiores). Similitud del nicho de *P. melanurus* con el de *P. megalops* (c) y similitud de nicho de *P. megalops* con el de *P. melanurus* (d).

## DISCUSIÓN

Los trabajos relacionados con el grupo *megalops* son pocos, en especial los que se basan en análisis morfométricos (Huckaby, 1980; Osgood, 1909), así como en análisis moleculares (Bradley *et al.*, 2007; Rogers *et al.*, 2004; Rogers y Engstrom, 1992); sin embargo, los que se basan en análisis de modelado de nicho ecológico son casi inexistentes; por lo que este trabajo es uno de los primeros en enfocarse en este grupo mediante análisis morfométricos y de modelado de nicho.

### Variación no geográfica

Con base en los resultados de las pruebas de ANOVA, se encontró que las especies del grupo "*megalops*" no presentan dimorfismo sexual en tamaño, ya que solamente se encontraron diferencias significativas en cuatro caracteres dentro de dos OGU's de las 12 pertenecientes a la especie *P. megalops* y en una de las seis OGU's de *P. melanocarpus*. Estos resultados concuerdan con la ausencia de dimorfismo sexual encontrado en otras especies del género *Peromyscus* (Ávila-Valle *et al.*, 2012; Martínez-Coronel *et al.*, 2006; Martínez-Coronel *et al.*, 1997; Koh y Peterson, 1983; Schmidly, 1972). De igual forma, los resultados obtenidos para *P. melanocarpus* concuerdan con la ausencia de dimorfismo sexual reportado por Cervantes *et al.* (1993) y Rickart (1977) para esta especie.

Por otra parte, los coeficientes de variación indicaron una buena agrupación entre los individuos de cada OGU, ya que se obtuvieron CV bajos. En los casos en que se presentaron los CV más altos se puede deber, más que a una variabilidad natural, al bajo número de muestra como en la OGU 22 (dos individuos). Por otra parte, la variable que presentó los valores más altos de variación fue el ancho anterior de los nasales (AANA), lo cual podría deberse a que está medida es de las más pequeñas y difícil de medir.

El coeficiente de variación promedio obtenido para *P. melanocarpus* es similar al reportado en el trabajo de Cervantes *et al.* (1993), que obtuvieron un CV promedio

de 3.49 para 15 medidas craneométricas con un tamaño de muestra mayor (231 ejemplares), comparado con un CV promedio de 3.4 de nuestro trabajo con 16 medidas craneométricas y 157 ejemplares; aunque su tamaño de muestra fue mayor, muchos ejemplares (139) eran de una misma localidad, además cabe resaltar que en su trabajo Cervantes *et al.* (1993) sólo utilizaron individuos pertenecientes al municipio de Santiago Comaltepec; en nuestro estudio se consideraron también individuos provenientes del cerro Zempoaltépetl que pertenece al municipio de Santa María Tlahuitoltepec a pesar de que las localidades se encuentran separadas, no aumentó el promedio del coeficiente de variación.

En general, los promedios de los coeficientes de variación obtenidos para las tres especies son menores a los reportados para otras especies dentro del género *Peromyscus* (Ávila-Valle, 2002; Martínez-Coronel *et al.*, 1997); estos bajos coeficientes de variación en las especies indican que no existe mucha variación individual dentro de las poblaciones pertenecientes a cada especie.

### **Variación geográfica**

En cuanto a la variación de las poblaciones dentro de las especies, nuestros resultados concuerdan con lo reportado por Huckaby (1980), donde *P. melanocarpus* no presenta variación geográfica significativa entre los individuos de esta especie, lo que es consistente con nuestros resultados, ya que a pesar de que en nuestro estudio contabámos con un mayor número de muestra, en los resultados no se pudo observar una variación geográfica evidente entre los individuos pertenecientes a esta especie, debido quizá a su pequeña área de distribución y a que los habitats en los que se encuentran las poblaciones de esta especie son similares (Huckaby, 1980).

De igual forma, para *P. megalops* Huckaby (1980) no encuentra variación geográfica de manera general ni entre las subespecies que lo conforman, con excepción del color, lo que él considera que cae dentro del rango de variación

individual, aunque sugiere que en futuros estudios, utilizando muestras más grandes podrían encontrarse ligeras diferencias entre ellos a pesar de tener un habitat similar. Nuestro tamaño de muestra fue menor a la que él utilizó por lo cual no pudimos comprobarlo, no obstante nuestros resultados fueron similares ya que no encontramos variación geográfica entre los individuos ni entre las subespecies pertenecientes a esta especie.

En cuanto a *P. melanurus*, Huckaby (1980) no encuentra variación geográfica atribuyendo esto a su pequeña área de distribución geográfica y habitat relativamente uniforme; sin embargo, en nuestro trabajo encontramos una ligera variación entre las poblaciones de esta especie, ya que las OGU's 23 y 24 localizadas al oeste de la distribución se separan ligeramente de las otras en el análisis de componentes principales, estas variaciones morfológicas entre las poblaciones de *P. melanurus* indican la posibilidad de que las interacciones ecológicas con *P. megalops* guiaron a un desplazamiento de caracteres en las OGU's 25 y 28, que se encuentran cercanas a poblaciones pertenecientes a esta especie, en algunos estudios se ha observado que especies similares que sobrelapan geográficamente presentan desplazamientos de caracteres, para evitar entrar en competencia, pudiendo así convivir mediante la explotación de distintos recursos (Demos et al., 2017; Woodman, 2000, Dayan y Simberloff, 1994; Dayan et al., 1990; Dayan et al., 1989, Tchernov, 1979).

### **Variación interespecífica**

En los diagramas de caja y bigote se puede apreciar la variación entre las 22 OGU's consideradas, con esto se pudo observar en algunas medidas la tendencia de las OGU's localizadas al sur de Oaxaca por presentar medidas menores con respecto a las otras, con excepción de las medidas del frontal donde presentan medidas mayores; sin embargo, en la mayoría de las variables no se pudieron observar tendencias de separación.

Los diagramas de caja y bigote son similares a lo obtenido con los análisis de componentes principales y conglomerados, en los que se pudo observar que las OGU's con los ejemplares más pequeños se agregan en conjunto, agrupándose las OGU's del sur pertenecientes en su mayoría a *P. melanurus* por tener un menor tamaño. Por otro lado, la mayoría de las OGU's de *P. megalops* se agrupan por tener individuos de mayor tamaño; no obstante, la separación de las especies no es tan clara en el análisis de conglomerados, ya que algunas OGU's pertenecientes a *P. megalops* de tamaño intermedio se mezclan en un subgrupo formado por las OGU's de *P. melanocarpus*. Sin embargo, con los resultados del análisis canónico discriminante se pudo observar una separación evidente de las tres especies. En este análisis tanto la longitud de la hilera maxilar superior de dientes como la longitud de la hilera mandibular de dientes, debido a que están altamente correlacionadas, fueron algunos de los factores más importantes, contribuyendo a la diferenciación morfométrica entre las especies, dichas variables están relacionadas con la alimentación, lo que podría sugerir que las especies presentan hábitos alimentarios diferentes.

Por otro lado, el análisis discriminante asignó correctamente a los ejemplares de las tres especies mostrando que existe una clara separación a nivel craneal entre ellas. En general, los resultados de este estudio confirman que *P. megalops*, *P. melanocarpus* y *P. melanurus* presentan variaciones morfométricas craneales que los separan entre sí, lo que concuerda con el estudio realizado por Huckaby (1980) donde a partir de caracteres del cráneo, del sistema reproductor y morfología externa determinó que *P. melanurus* es una especie diferente de *P. megalops*, caracterizándose por ser ligeramente más pequeña en la mayoría de las dimensiones que él consideró, así como por la presencia de pelaje más corto y claro, también por tener la punta del pene relativamente corta. Aunque en nuestro trabajo no consideramos todas las variables tomadas en cuenta por el autor previo, con ayuda de los análisis multivariados concordamos en que *P. melanurus* puede ser considerada una especie diferente y no una subespecie como lo suponía Osgood (1909). Por otro lado, nuestros resultados coinciden al inferir a *P.*

*melanocarpus* como una especie diferente como lo describe Osgood (1909), pero relacionada con *P. megalops* (Bradley *et al.*, 2007; Rogers *et al.*, 2004; Osgood, 1909).

### **Modelado de nicho**

Con los resultados obtenidos para el modelado de nicho ambiental se pudo observar que para el grupo “*megalops*” las variables ambientales más importantes para la distribución de las tres especies están relacionadas con la precipitación, lo que puede estar asociado con que se distribuyan principalmente en bosques de montaña, que es un tipo de vegetación en el que las lluvias son frecuentes y abundantes, siendo esto de gran importancia para las especies que lo habitan. Esta es una característica importante para determinar la distribución de *P. melanocarpus* ya que las variables que más aportan al modelo son las relacionadas con la precipitación, a diferencia de *P. melanurus* donde algunas de las variables que más aportan se encuentran relacionadas con la temperatura.

Para *P. megalops* la variable más importante fue la precipitación del mes más seco, lo que sugiere que para que esta especie tenga una probabilidad de presencia alta, la localidad debe tener alrededor de 5 mm de lluvia durante este mes, en localidades sin lluvia o con niveles por encima de los 15 mm de precipitación durante este mes la probabilidad de encontrar a esta especie es mínima, lo que probablemente se deba a que esta especie se distribuye en bosques templados, tal vez este adaptada a que exista una constante precipitación durante el año, aunque no tan abundante durante el mes de sequía. De igual forma para *P. melanurus* la variable más importante fue la precipitación del mes más seco, en donde esta especie también tiene una mayor probabilidad de presencia en localidades con una precipitación alrededor de 5 mm, en localidades sin lluvia o con niveles por encima de los 20 mm de precipitación la probabilidad de poder encontrar a esta especie disminuye, relacionado de igual forma con su distribución ya que abarca bosques templados y también parte de selva baja caducifolia donde pueden haber lluvias ligeras durante los meses de

sequía. Finalmente para *P. melanocarpus* la variable más importante fue la precipitación del trimestre más frío, donde esta especie tiene una mayor probabilidad de presencia en localidades con niveles por encima de los 100 mm de lluvia durante este período, relacionado quizá con que esta especie se distribuya en bosques nublados donde la precipitación es abundante y constante.

En cuanto al traslape de nicho tanto en espacio geográfico como ecológico, se encontró que solo ocurre entre *P. megalops* y *P. melanurus*. El traslape en espacio geográfico probablemente se deba a que estas especies coinciden en parte de sus áreas de distribución, ya que los dos se distribuyen en la Sierra Madre del Sur en Oaxaca, aunque la distribución de *P. megalops* también abarca Guerrero, razón por la cual el índice de similitud de Warren no fue más alto. Con respecto al traslape de nicho en espacio ecológico, posiblemente esté relacionado con que habiten climas similares, ya que las dos se encuentran en bosques de pino-encino; sin embargo, algunas poblaciones de *P. melanurus* también habitan en bosque tropical subcaducifolio, abarcando climas un poco más cálidos, a lo que se podría atribuir que el grado de traslape entre estas dos especies no fuera alto.

De igual forma, sólo se pudo encontrar similitud de nicho ecológico al comparar el nicho de *P. melanurus* contra el de *P. megalops*, esto quizá se deba a que comparten variables climáticas que son importantes para la distribución de cada una, aunque quizá algunas tienen un orden de importancia diferente, por lo cual la similitud no fue grande. Por otra parte, esta similitud de nichos puede deberse a que las poblaciones localizadas al sur de Oaxaca, pertenecientes a estas dos especies tienen una distribución simpátrica basados en el nivel de sobrelape espacial y se ha observado que especies simpátricas presentan nichos ambientales similares (Silva *et al.*, 2014). Además, podría influir que estas especies presentan una morfología craneal distinta, ya que se ha visto que especies con morfologías distintas pueden sobrelaparse en gran medida debido a las reducidas interacciones de competencia o a diferentes requisitos de hábitat (Davies *et al.*, 2007; Letcher *et al.*, 1994).

Por otra parte, la diferencia de nichos en espacio geográfico entre *P. melanocarpus* y las otras dos especies es debida a que se encuentran separadas en sus áreas de distribución, ya que esta especie se distribuye en el centro-norte de Oaxaca, y las otras dos principalmente al sur del mismo estado. De igual forma, esta diferencia entre los nichos puede deberse a que las poblaciones de *P. melanocarpus* quedaron aisladas de las otras dos especies, posiblemente debido a su parecido en cuanto a morfología craneal, ya que se ha observado que especies con morfología similar pueden tener poca sobreposición en sus áreas de distribución como resultado de la exclusión competitiva (Davies *et al.*, 2007; Letcher *et al.*, 1994), donde el espacio ambiental entre ellas pudo tener condiciones ambientales subóptimas para las tres especies actuando como una barrera ambiental, haciendo que cada una se adaptara a las condiciones ambientales a las cuales quedaron restringidas. Por otro lado, aunque las tres especies habitan zonas con vegetación similar y las variables ambientales más importantes para cada una están relacionadas con la precipitación, la diferencia entre los nichos ecológicos puede deberse al orden de importancia de las variables. De igual forma, puede deberse a que estas especies presentan distribuciones alopátridas y se ha observado que especies alopátridas presentan nichos ambientales diferentes (Silva *et al.*, 2014).

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos, se pudo observar que existe variación con base en análisis craneométricos entre *P. megalops*, *P. melanurus* y *P. melanocarpus*, y que las variables que ayudan a separar entre estas especies están relacionadas con la alimentación.

En cuanto al nicho, *P. megalops* y *P. melanurus* presentan una similitud considerable, tanto en el nicho geográfico como en el ecológico; por otro lado, *P. melanocarpus* tiene un nicho ecológico diferente a las otras dos especies. En

donde, las variables climáticas que limitan la distribución de las especies que conforman el grupo *megalops* están relacionadas especialmente con la precipitación, aunque para *P. melanurus* también influye la temperatura.

Cabe destacar que es necesario llevar a cabo análisis moleculares para corroborar los resultados morfométricos y establecer las relaciones filogenéticas entre estas especies, además esto también podría ayudar a establecer si las especies presentan un patrón de conservadurismo de nicho, el cual podría darse si *P. megalops* y *P. melanurus* se encuentran cercanamente relacionadas. Por el contrario, si *P. melanocarpus* resultará estar cercanamente relacionada ya sea con *P. megalops* o *P. melanurus* podría indicar que estas especies presentan divergencia de nicho.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Castañeda, S. T. y González-Ruiz, N. 2008. Análisis preliminar de las relaciones filogenéticas entre los grupos de especies del género *Peromyscus*. En: Lorenzo, C., Espinoza, E. y Ortega, J. (eds.). 2008. Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Publicaciones Especiales, Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F. Págs. 5-26.
- Álvarez-Castañeda, S. T., Álvarez, T., y González-Ruiz, N. 2015. *Guía para identificar los MAMÍFEROS de MÉXICO en campo y laboratorio*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Ciudad de México, México.
- Álvarez-Castañeda, S.T., Castro-Arellano, I., Lacher, T. y Vázquez, E. 2008a. *Peromyscus melanurus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008 e.T16679A6284193. Consultado el 31 de Agosto de 2016, en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T16679A6284193>.
- Álvarez-Castañeda, S. T., Castro-Arellano, I., Lacher, T., Vázquez, E., Arroyo-Cabral, J., y de Grammont, P. C. 2008b. *Peromyscus melanocarpus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T16676A6277567. Consultado el 31 de Agosto de 2016, en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T16676A6277567>
- Arita, W. H. 1988. Revisión Taxonómica de los murciélagos magueyeros del género *Leptonycteris* (Chiroptera:Phyllostomidae). *Acta Zoológica Mexicana* (ns). 29.
- Ávila-Valle, Z. 2002. Variación geográfica de *Peromyscus fuvvus* (Rodentia: Muridae). Tesis de Licenciatura. UNAM, México.
- Ávila-Valle, Z. A., Castro-Campillo, A., León-Paniagua, L., Salgado-Ugalde, I. H., Navarro-Sigüenza, A. G., Hernández-Baños, B. E., y Ramírez-Pulido, J. 2012. Geographic variation and molecular evidence of the Blackish Deer Mouse complex (*Peromyscus fuvvus*, Rodentia: Muridae). *Mammalian Biology*. 77:166-177.
- Baldwin, R. A. 2009. Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. *Entropy*. 11: 854-866.
- Barve, N., Barve. V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., Soberón, J. y Villalobos, F. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222: 1810–1819.

- Bedford, N. L. y Hoekstra, H. E. 2015. *Peromyscus* mice as a model for studying natural variation. *eLIFE*, 1-13.
- Bradley, R. D., Durish, N. D., Rogers, D. S., Miller, J. R., Engstrom, M. D., y Kilpatrick, W. C. 2007. Toward a Molecular Phylogeny for *Peromyscus*: Evidence from Mitochondrial cytochrome-b Sequences. *Journal of Mammalogy*. 88(5): 1146-1159.
- Broennimann, O., Di Cola, V. y Guisan A. 2016. Ecospat: Spatial Ecology Miscellaneous Methods. R package version 2.1.1. En: <https://CRAN.R-project.org/package=ecospat>
- Broennimann, O., Fitzpatrick, M. C., Pearman, P. B., Petitpierre, B., Pellissier, L., Yoccoz, N. G., Thuiller, W., Fortin, M. J., Randin, C., Zimmermann, N. E., Graham, C. H. y Guisan, A. 2012. Measuring ecological niche overlap from occurrence and spatial environmental data. *Global Ecology and Biogeography*. 21: 481-497.
- Carleton, M. D. 1973. A survey of gross stomach morphology in New World Cricetinae (Rodentia, Muroidea), with comments on functional interpretations. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan*. 146: 1-43.
- Carleton, M. D. 1989. Systematic and evolution. En G. L. Kirland, y J. N. Layne, *Advances in the Study of Peromyscus*. Texas: Tech University Press, págs. 7-141.
- Ceballos, G., y Oliva, G. 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. México: FCE, CONABIO.
- Cervantes, F. A., Martínez Coronel, M., y Hortelano Moncada, Y. 1993. Variación morfométrica intrapoblacional de *Peromyscus melanocarpus* (Rodentia: Muridae) de Oaxaca, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.* 64(2):153-168.
- Crisci, J. V., y López Armengol, M. F. 1983. *Introducción a la teoría de la teoría práctica de la taxonomía numérica*. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Washington, D. C.
- Davies, T. J., Meiri, S., Barraclough, T. G., y Gittleman, J. L. 2007. Species co-existence and character divergence across carnivores. *Ecology letters*. 10: 146-152.

- Dawson, W. D. 2005. Peromyscine biogeography, Mexican topography and pleistocene climatology. En S. C. Victor, & R. A. Medellín, Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa. México, Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM: CONABIO, págs. 145-156.
- Dayan, T. y Simberloff, D. 1994. Morphological relationships among coexisting heteromyids: An incisive dental character. *American Naturalist*. 143: 462–477.
- Dayan, T., Simberloff, D., Tchernov, E. y Yom-Tov, Y. 1989. Inter- and intraspecific character displacement in mustelids. *Ecology*. 70: 1526–1539.
- Dayan, T., Simberloff, D., Tchernov, E. y Yom-Tov, Y. 1990. Feline canines: Community-wide character displacement in the small cats of Israel. *American Naturalist*. 136: 39–60.
- Demos, T. C., Achmadi, A. S., Handika, H., Maharadatunkamsi, Rowe, K. C. y Esselstyn, J. A. 2017. A new species of shrew (Soricomorpha: *Crocidura*) from Java, Indonesia: possible character displacement despite interspecific gene flow. *Journal of Mammalogy*. 98(1):183–193.
- Guisan, A. y Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*. 8: 993–1009.
- Hall, R. 1981. *The Mammals of North America*, Segunda ed., Vol. 2. The Blackburn Press. New Jersey, U.S.A.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25:1965-1978.
- Hoffmeister, D. F. 1951. A taxonomic and evolutionary study of the Piñon mouse, *Peromyscus truei*. *Illinois Biological Monographs*. 21:1-104.
- Hooper, E. T. 1957. Dental Patterns in Mice of the Genus *Peromyscus*. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*. 99:7-59.
- Hooper, E. T. 1968. Classification. En J. A. King, *Biology of Peromyscus* (Vol. 2). *Special publications. USA: The American Society of Mammalogists*, págs. 27-74
- Hooper, E. T., y Musser, G. G. 1964. Notes on classification of the rodent genus *Peromyscus*. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*. 635:1-13.

- Huckaby, D. G. 1980. Species limits in the *Peromyscus mexicanus* group (Mammalia:Rodentia: Muroidea). Contributions in science. Natural History Museum of Los Angeles County. 326:1-24.
- Ibañez, H. P. 2000. Variación geográfica de las poblaciones del turco Real (*Momotus momota*) *Momotidae*, aves. Tesis de Maestría en Ciencias, UNAM, México.
- Johnson, N. K. 1980. Character variation and evolution of sibling species in the *Empidonax difficilis-flavescens* Complex (Aves:Tyrannidae). University of California Press, California: University of California Publications in Zoology 112.
- Kirkland, G. L., y Layne, N. J. 1989. Advances in the Study of *Peromyscus* (Rodentia). Lubbock, Texas: Texas Tech University Press.
- Koh, H. S., y Peterson, R. L. 1983. Systematic studies of deer mice *Peromyscus maniculatus* Wagner (Cricetidae, Rodentia): analysis of age and secondary sexual variation in morphometric characters. Canadian Journal of Zoology, 61(11):2618-2628.
- Letcher, A. J., Purvis, A., Nee, S., y Harvey, P. H. 1994. Patterns of Overlap in the Geographic Ranges of Palearctic and British Mammals. Journal of Animal Ecology, 63(4), 871-879.
- Martínez, O. R. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. Revista Habanera de ciencias médicas. 8(2): 1-19.
- Martínez-Coronel, M., Castro-Campillo, A., y Ramírez-Pulido, J. 1997. Variación no geográfica de *Peromyscus furvus* (Rodentia:Muridae). En J. Arroyo-Cabrales, y O. J. Polaco, Homenaje al profesor Ticul Álvarez (págs. 183-204). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Martínez-Coronel, M., Müdspacher Ziehl, C., y Gaona, S. 2006. Análisis morfométrico de *Peromyscus difficilis felipensis* (Rodentia: Muridae). Revista Mexicana de Mastozoología. 10:14-28.
- Mayr, E. y Ashlock, P. D. 1991. Principles of systematic zoology. Ed. McGraw-Hill. Estados Unidos. Cap. 2 y 3. Pp. 475.
- Merow, C., Smith, M. J. y Silander, J. A. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. Ecology. 36:1058-1069.

- Merriam, H. C. 1898. Descriptions of twenty new species and a new subgenus of *Peromyscus* from Mexico and Guatemala. Proceedings of the Biological Society of Washington. 12:115-125.
- Osgood, W. H. 1909. Revision of the mice of the American genus *Peromyscus*. North American fauna. 28:1-285.
- Palma-Ordaz, S. y Delgadillo-Rodríguez, J. 2014. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. Botanical Sciences. 92(4): 587-597.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., y Bastos Araújo, M. 2011. Ecological Niches and Geographic Distributions. United States of America: Princeton University Press.
- Phillips, S. 2005. A brief tutorial on Maxent. AT&T Research, Florham Park, New Jersey. Disponible en: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/tutorial/tutorial.do>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., y Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling. 190:231-259.
- Phillips, S. J., Dudík, M y Schapire, R. E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: Brodley, CE (ed.). Machine Learning: Proceedings of the Twenty-first Century International Conference on Machine Learning, Banff, Canada. ACM Press. p. 655-662.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez-Pulido, J., Castro Campillo, A., y Martínez Coronel, M. 1991. Variación no geográfica de *Microtus guasiater* (Rodentia: Arvicolidae) con tonas sobre su ecología y reproducción. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología. 62(2):341-364.
- Ramírez-Pulido, J., Castro-Campillo, A., y Salame-Méndez, A. 2001. Los *Peromyscus* (Rodentia:Muridae) en la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAMI). Acta Zool. Mex.83:83-114.

- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., y Arroyo-Cabrales, J. 2014. List of recent land mammals of Mexico, 2014. Special publications: Museum of Texas Tech University. 63:1- 69.
- Reid, F. A. 2006. A field guide to mammals of north America (Fourth ed.). Nueva York, EUA: Peterson field guides.
- Rickart, E. A. 1977. Reproduction, growth and development in two species of cloud forest *Peromyscus* from southern Mexico. *Occas. Papers Mus. Nat. Hist., Univ. Kansas.* 67:1-22.
- Rickart, E. A., y Robertson, P. B. 1985. *Peromyscus melanocarpus*. *Mammalian Species.* 241:1-3.
- Rogers, D. K., y Engstrom, M. D. 1992. Evolutionary implications of allozymic variation in tropical *Peromyscus* of the *mexicanus* species group. *Journal of Mammalogy.* 73:55-69.
- Rogers, D. S., Engstrom, M. D., y Arellano, E. 2004. Phylogenetic relationships among Peromyscine rodents: Allozyme evidence. En V. Sánchez-Cordero, y R. A. Medellín, *Contribuciones Mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa*. Instituto de Biología e Instituto de Ecología, UNAM, México, págs. 427-440.
- Santos-Moreno, J. A. 1994. Evaluación del uso de las medidas externas estándar en los análisis morfométricos de mamíferos. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 65(2):275-285.
- Santos-Moreno, J. A. 1998. Análisis craneométrico funcional de la variación intrapoblacional en *Peromyscus gratus* (RODENTIA: MURIDAE). Tesis para Mestro en Ciencias, UNAM.
- Saupe, E. E., Barve, V., Myers, C. E., Soberón, J., Barve, N., Hensz, C. M., Peterson, A.T., Owens, H. L. y Lira-Noriega, A. 2012. Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors. *Ecological Modelling* 237–238: 11–22
- Schmidly, D. J. 1972. Geographic Variation in the White-Ankled Mouse *Peromyscus pectoralis*. *The Southwestern Naturalist.* 17(2):113-138.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT ). 2010. Norma oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio lista de especies en

- riesgo. Diario Oficial de la Federación (30 de diciembre 2010). México, D.F. México. Pp. 1-77.
- Silva, D. P., Vilela, B., De Marco, P. J., y Nemésio, A. 2014. Using Ecological Niche Models and Niche Analyses to Understand Speciation Patterns: The Case of Sister Neotropical Orchid Bees. PLOS ONE, 9(11):1-17.
- Sneath, P. H., y Sokal, R. R. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman y Co. San Francisco, California.
- Tchernov, E. 1979 Polymorphism, size trends and Pleistocene paleoclimatic response of the subgenus *Sylvaemus* (Mammalia: Rodentia) in Israel. *Israel Journal of Zoology*. 28: 131–159.
- Toledo-Aceves, T., Meave, J. A., González-Espinosa, M., y Ramírez-Marcial, N. 2011. Tropical montane cloud forests: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management*. 92: 974-981.
- Townsend, J. 2002. Practical Statistics for Environmental and Biological Scientists. Ed. John Wiley y Sons, Ltd. New York, U. S. A. Pp. 276.
- Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Statist. Assoc.* 58:236-244.
- Warren, D. L., Glor, R. E., y Turelli, M. 2008. Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution. *Evolution*. 62(11):2868-2883.
- Woodman, N. 2000. *Cryptotis merriami* Choate in Costa Rica: Syntopy with *Cryptotis nigrescens* (Allen) and possible character displacement (Mammalia: Insectivora). *Caribb. J. Sci.* 36: 289– 299.
- Zink, R. M., y Remsen, J. V. 1986. Evolutionary processes and patterns of geographic variation in birds. En F. J. (ed.), *Current Ornithology* (Vol. 4). New York: Plenum Press. Págs. 1-69.

**APÉNDICE 1.** Lista de las localidades obtenidas para el grupo *Peromyscus megalops* con las unidades geográficas operativas (OGU's) designadas, anexando el total de machos y hembras para cada localidad y la colección de procedencia.

OGU	Especie	Estado	Localidad	Colección	M	H	Total
1	<i>Peromyscus megalops</i>	Estado de México	3.5 Km N 6 Km E Temascaltepec	ENCB	1	3	4
2	<i>Peromyscus megalops</i>	Estado de México	6.0 Km S, 8.5 Km O Tenango de Arista	ENCB	1	3	4
3	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	Carretera Santa María Pápalo-Peña Verde	MZFC	2	1	3
4	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	3.5 Km S Santa María Papalo	UAM-I	7	7	14
5	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	6.4 km SSO Filo de Caballos	CNMA	6	5	11
6	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	3.4 Km (por el camino) Carrizal	CMC	3	10	13
7	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	0.5 Km ONO Omiltemi	CNMA	7	10	33
			3 Km N, 6 Km E Omilteme	ENCB	4	4	
			Omilteme	ENCB	2	6	
8	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	Zumpango del Río, el Puerto	MZFC	1	3	4
9	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	Las Cascadas, 6.15 Km al E de San Pedro Yolox	OAXMA	1	4	54
			San Pedro Yolox, 7.25 Km al E.	OAXMA	3	3	
			Santiago Comaltepec, 7.4 Km	OAXMA	2	4	
			El suspiro Km 87 Carretera Tuxtepec-Oaxaca	MZFC	5	2	
			Camino a San Isidro km 91 Carretera Tuxtepec-Oaxaca	MZFC	1 0	6	
			11 Km SO La Esperanza camino lodoso hacia San Isidro	CNMA	1 0	4	
10	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	Cueva de Sarmiento, 3.6 Km N laLuz	OAXMA	2	5	38
			La Esperanza, 6.8 Km SO	OAXMA	2	6	
			El Relámpago, 5.25 Km SO de la Esperanza	OAXMA	5	6	
			1.8 Km la Luz	OAXMA	4	7	
11	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	La Esperanza, Km 80.5 Carretera Tuxtepec-Oaxaca	MZFC	2	4	12
			La Quebrada, Km 87 Carretera Tuxtepec-	MZFC	0	1	

			Oaxaca				
			1 Km N La Esperanza	CNMA	2	2	
			Laa-dú, 10.6 Km NO Los Reyes Yagalaxi	OAXMA	1	0	
12	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	El Iris	MZFC	1	0	13
			Puerto del Gallo	MZFC	3	0	
			La Golondrina	MZFC	5	3	
			Retrocesos	MZFC	1	0	
13	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	Faisanal	MZFC	2	0	3
			Nueva Delhi	MZFC	1	0	
14	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	1.1 Km (por el camino) Cruz Nueva	CMC	3	5	8
15	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	Agua fria, 22 Km SW Yextla	ENCB	5	3	8
16	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	Loma del Muerto, 8.3 Km N de Ixtlán de Juárez	OAXMA	3	7	22
			Comedor la Cabaña (Km 134 Tuxtepec-Oaxaca) 13 Km O Atepec	CNMA	4	6	
			27.5 km NNE (by road) Llano de las Flores, on Husy 175	CNMA	1	1	
17	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	Rha-nita 13.1 Km N	OAXMA	3	4	7
18	<i>Peromyscus megalops</i>	Guerrero	3 Km E el Tejocote	CMC	5	4	21
			4.8 Km S El Tejocote	CMC	5	7	
19	<i>Peromyscus melanurus</i>	Oaxaca	La Cumbre 1.2 Km SE +- 0.6 Km S Agua Fría	CMC	0	1	6
			Concepción de Guerrero	CMC	1	4	
20	<i>Peromyscus megalops</i>	Oaxaca	Paradero ecoturístico del Monte	MZFC	1	3	5
			Orilla del Río Grande, 4.34 Km E de San Juan Yagila	OAXMA	1	0	
21	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Oaxaca	Cerro Zempoaltepetl 4.5Km N Sta. Ma. Yacochi	CNMA	1	3	8
			Cerro Zempoaltepetl 5Km N Sta. Ma. Yacochi	CNMA	4	0	
22	<i>Peromyscus megalops</i>	Oaxaca	30 Km N San Gabriel Mixtepec	CNMA	0	1	2
			12.8 Km SSO Juchatengo	CNMA	1	0	
23	<i>Peromyscus melanurus</i>	Oaxaca	5.08 Km S 3.32 Km O San Miguel Panixtlahuaca	OAXMA	2	1	3
24	<i>Peromyscus melanurus</i>	Oaxaca	4 km SW de Juquila	MZFC	1	2	27
			La Yerbabuena	MZFC	1	9	
					5		

25	<i>Peromyscus melanurus</i>	Oaxaca	El Polvorín 5.3 Km turn off Lachao Viejo(by road)	CMC	1	0	11
			Camp. La cima Oaxaca, Km 194.5 Carretera Oaxaca-Puerto Escondido	CNMA	0	1	
26	<i>Peromyscus megalops</i>	Oaxaca	San José Cieneguilla	CNMA	2	0	3
			El arroyo 2.25 Km NE San Juan Ozolotepec	OAXMA	1	0	
27	<i>Peromyscus megalops</i>	Oaxaca	Rio Molino, Distrito Miahuatlán	CMC	7	6	20
			Rio Molino 2km SO San Miguel Suchixtepec	OAXMA	0	1	
			Río Molino Km 153, Carretera Puerto Angel	CNMA	3	1	
			16 Km SO Suchixtepec	UAM-I	0	1	
			Finca San Juanito	OAXMA	0	1	
28	<i>Peromyscus melanurus</i>	Oaxaca	0.7 Km E La Soledad (por carretera) (175)	CMC	4	2	7
			Finca Copalita	CMC	0	1	

**APÉNDICE 2.** Valores obtenidos del análisis univariado (ANOVA). Sólo se presentan las OGU's en las que se presentó diferencia significativa entre machos y hembras. Las cifras en negritas indican valores significativos ( $p < 0.05$ ).

**OGU 5 *P. megalops***

Variable	Media		gl	F	p
	Machos	Hembras			
LOCR	33.343	33.427	1	0.045	0.843
<b>ALCR</b>	<b>11.213</b>	<b>11.050</b>	<b>1</b>	<b>8.959</b>	<b>0.040</b>
ANCC	14.073	13.817	1	0.954	0.384
AANA	2.617	2.647	1	0.137	0.730
APNA	3.703	3.663	1	0.332	0.596
ANFO	8.817	8.193	1	4.225	0.109
LOFR	9.883	9.723	1	2.351	0.200
ANIN	5.583	5.333	1	2.360	0.199
ANCI	15.530	15.757	1	1.277	0.322
LOFI	6.813	6.763	1	0.036	0.858
LOPA	5.203	5.210	1	0.001	0.978
LHMX	4.920	4.670	1	4.320	0.106
M3M3	5.980	5.840	1	6.000	0.070
ANBU	4.527	4.373	1	2.410	0.196
<b>LOBU</b>	<b>5.647</b>	<b>5.583</b>	<b>1</b>	<b>11.281</b>	<b>0.028</b>
ALMR	5.443	5.383	1	0.141	0.726

**OGU 14 *P. megalops***

Variable	Media		gl	F	p
	Machos	Hembras			
LOCR	33.907	33.092	1	1.684	0.242
ALCR	10.960	10.802	1	1.445	0.274
ANCC	13.957	13.782	1	1.192	0.316
AANA	2.493	2.274	1	5.795	0.052
APNA	3.847	3.626	1	3.539	0.109
ANFO	8.530	8.064	1	1.777	0.230
<b>LOFR</b>	<b>9.920</b>	<b>9.286</b>	<b>1</b>	<b>11.433</b>	<b>0.014</b>
ANIN	5.563	5.402	1	1.952	0.211
ANCI	15.713	15.472	1	0.677	0.441
LOFI	6.863	6.724	1	0.820	0.399
LOPA	5.377	5.190	1	1.689	0.241
LHMX	4.647	4.854	1	1.716	0.238
M3M3	6.050	6.040	1	0.007	0.932
ANBU	4.353	4.348	1	0.002	0.965
LOBU	5.460	5.286	1	3.779	0.099
ALMR	5.613	5.394	1	3.594	0.106

**OGU 21 *P. melanocarpus***

Variable	Media		gl	F	p
	Machos	Hembras			
<b>LOCR</b>	<b>32.922</b>	<b>34.170</b>	<b>1</b>	<b>10.427</b>	<b>0.018</b>
ALCR	10.950	10.970	1	0.004	0.948
ANCC	13.698	13.943	1	4.145	0.087
AANA	2.450	2.640	1	3.905	0.095
APNA	3.596	3.600	1	0.001	0.977
ANFO	8.080	8.040	1	0.054	0.823
<b>LOFR</b>	<b>9.512</b>	<b>9.970</b>	<b>1</b>	<b>8.272</b>	<b>0.028</b>
ANIN	5.276	5.413	1	1.481	0.269
ANCI	15.116	15.560	1	1.867	0.220
LOFI	7.120	7.337	1	0.452	0.526
LOPA	5.332	5.597	1	1.828	0.225
LHMX	4.808	4.927	1	0.977	0.361
M3M3	5.870	6.180	1	5.940	0.051
ANBU	4.408	4.397	1	0.012	0.916
<b>LOBU</b>	<b>5.328</b>	<b>5.150</b>	<b>1</b>	<b>8.312</b>	<b>0.027</b>
ALMR	5.444	5.625	1	2.451	0.168

**APÉNDICE 3.** Estadística descriptiva de las medidas craneales para cada una de las OGU's.

**OGU 1** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	4	34.71	34.49	35.08	0.28	0.14	0.801
ALCR	4	11.27	11.05	11.37	0.15	0.07	1.301
ANCC	4	13.77	13.64	13.97	0.16	0.08	1.139
AANA	4	2.39	2.33	2.43	0.04	0.02	1.818
APNA	4	3.87	3.64	4.03	0.18	0.09	4.608
ANFO	4	8.17	8.06	8.25	0.09	0.05	1.137
LOFR	4	10.28	10.08	10.51	0.18	0.09	1.792
ANIN	4	5.25	5.14	5.36	0.1	0.05	1.825
ANCI	4	15.76	15.37	16.17	0.36	0.18	2.262
LOFI	4	7.04	6.91	7.25	0.16	0.08	2.231
LOPA	4	5.48	5.1	5.74	0.3	0.15	5.502
LHMX	4	4.94	4.88	5	0.05	0.03	1.075
M3M3	4	5.96	5.86	6.07	0.09	0.04	1.452
ANBU	4	4.55	4.47	4.62	0.06	0.03	1.360
LOBU	4	5.61	5.45	5.82	0.16	0.08	2.774
ALMR	4	5.67	5.59	5.76	0.08	0.04	1.389

**OGU 2** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	4	33.79	33.43	34.55	0.52	0.26	1.539
ALCR	4	10.87	10.74	10.94	0.09	0.04	0.827
ANCC	4	13.81	13.65	13.99	0.16	0.08	1.183
AANA	4	2.46	2.39	2.51	0.06	0.03	2.410
APNA	4	3.45	3.28	3.53	0.12	0.06	3.364
ANFO	4	7.89	7.5	8.35	0.41	0.2	5.155
LOFR	4	9.58	9.39	9.88	0.23	0.11	2.367
ANIN	4	5.16	5.09	5.19	0.05	0.02	0.917
ANCI	4	15.64	15.23	16.04	0.33	0.17	2.121
LOFI	4	6.84	6.56	7.34	0.35	0.17	5.048
LOPA	4	5.5	5.39	5.78	0.19	0.1	3.461
LHMX	4	5	4.89	5.1	0.09	0.04	1.716
M3M3	4	6.05	5.87	6.29	0.18	0.09	2.941
ANBU	4	4.51	4.44	4.58	0.06	0.03	1.271
LOBU	4	5.47	5.34	5.59	0.13	0.06	2.351
ALMR	4	5.43	5.4	5.45	0.02	0.01	0.380

**OGU 3** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	3	34.02	33.6	34.73	0.62	0.36	1.810

ALCR	3	11.21	11.13	11.34	0.12	0.07	1.034
ANCC	3	13.82	13.4	14.1	0.37	0.21	2.667
AANA	3	2.62	2.54	2.74	0.11	0.06	4.039
APNA	3	3.59	3.45	3.76	0.16	0.09	4.411
ANFO	3	7.55	7.2	7.99	0.4	0.23	5.333
LOFR	3	9.28	9.1	9.55	0.24	0.14	2.566
ANIN	3	5.26	5.12	5.48	0.19	0.11	3.627
ANCI	3	15.7	15.13	16.12	0.51	0.29	3.251
LOFI	3	7.1	6.96	7.3	0.18	0.1	2.504
LOPA	3	5.47	5.32	5.63	0.16	0.09	2.848
LHMX	3	4.95	4.81	5.12	0.16	0.09	3.199
M3M3	3	5.94	5.86	6	0.07	0.04	1.195
ANBU	3	4.42	4.3	4.53	0.12	0.07	2.620
LOBU	3	5.78	5.63	5.88	0.13	0.08	2.289
ALMR	3	5.46	5.38	5.56	0.09	0.05	1.703

**OGU 4** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	14	33.41	32.57	34.33	0.5	0.13	1.511
ALCR	12	11.19	10.81	11.44	0.15	0.04	1.380
ANCC	13	13.82	13.41	14.13	0.19	0.05	1.349
AANA	12	2.43	2.37	2.52	0.04	0.01	1.692
APNA	14	3.54	3.25	3.87	0.2	0.05	5.729
ANFO	14	7.68	7.28	8.23	0.34	0.09	4.417
LOFR	14	9.18	8.58	9.98	0.45	0.12	4.915
ANIN	14	5.22	4.96	5.43	0.13	0.03	2.408
ANCI	14	15.5	15.08	16.11	0.34	0.09	2.174
LOFI	12	7.12	6.86	7.41	0.14	0.04	2.015
LOPA	14	5.36	5.01	5.67	0.22	0.06	4.027
LHMX	14	4.85	4.72	4.96	0.08	0.02	1.707
M3M3	14	5.99	5.77	6.23	0.15	0.04	2.441
ANBU	14	4.3	4.19	4.47	0.08	0.02	1.901
LOBU	14	5.35	5.06	5.49	0.13	0.04	2.478
ALMR	14	5.37	5.09	5.65	0.17	0.05	3.158

**OGU 5** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	11	33.69	32.7	34.38	0.5	0.15	1.495
ALCR	10	11.18	10.99	11.32	0.11	0.03	0.960
ANCC	11	13.99	13.37	14.42	0.29	0.09	2.100
AANA	11	2.58	2.31	2.88	0.17	0.05	6.440
APNA	11	3.77	3.58	3.91	0.11	0.03	3.022
ANFO	11	8.45	7.45	9.18	0.51	0.15	6.029

LOFR	9	9.8	9.57	9.96	0.13	0.04	1.307
ANIN	11	5.46	5.09	5.75	0.18	0.06	3.352
ANCI	11	15.67	15.12	16.35	0.38	0.12	2.441
LOFI	11	6.95	6.35	7.4	0.31	0.09	4.467
LOPA	11	5.24	4.88	5.55	0.22	0.07	4.126
LHMX	11	4.82	4.48	5.2	0.2	0.06	4.063
M3M3	10	5.91	5.78	6.08	0.1	0.03	1.730
ANBU	10	4.44	4.21	4.59	0.11	0.04	2.549
LOBU	10	5.59	5.45	5.68	0.06	0.02	1.090
ALMR	11	5.51	5.15	5.84	0.2	0.06	3.564

**OGU 6** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	13	33.81	33.11	35.23	0.69	0.19	2.034
ALCR	13	10.85	10.45	11.29	0.25	0.07	2.275
ANCC	13	13.92	13.67	14.19	0.16	0.05	1.167
AANA	13	2.44	2.05	2.77	0.2	0.06	8.316
APNA	13	3.68	3.4	4.12	0.24	0.07	6.405
ANFO	11	8.22	7.87	8.42	0.16	0.05	1.912
LOFR	13	9.44	9.07	9.82	0.25	0.07	2.680
ANIN	13	5.41	5.14	5.67	0.17	0.05	3.228
ANCI	13	15.75	15.11	16.47	0.43	0.12	2.730
LOFI	13	6.82	6.08	7.43	0.44	0.12	6.382
LOPA	13	5.31	4.92	5.68	0.25	0.07	4.669
LHMX	12	4.81	4.56	5.06	0.16	0.05	3.364
M3M3	13	6.06	5.66	6.31	0.2	0.05	3.234
ANBU	13	4.36	4.02	4.62	0.17	0.05	3.795
LOBU	13	5.48	5.09	5.71	0.18	0.05	3.228
ALMR	10	5.42	5.36	5.48	0.04	0.01	0.696

**OGU 7** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	31	33.71	31.56	35.18	0.9	0.16	2.681
ALCR	32	11.11	10.58	11.82	0.31	0.05	2.785
ANCC	32	13.95	13.3	14.49	0.32	0.06	2.306
AANA	32	2.57	2.25	2.97	0.16	0.03	6.256
APNA	32	3.74	3.32	4.18	0.24	0.04	6.312
ANFO	31	8.53	7.66	9.32	0.4	0.07	4.658
LOFR	31	9.54	8.54	10.56	0.45	0.08	4.727
ANIN	32	5.52	5.08	5.82	0.19	0.03	3.355
ANCI	32	15.75	14.45	16.76	0.52	0.09	3.331
LOFI	31	6.77	6.14	7.34	0.31	0.06	4.627
LOPA	30	5.48	4.99	5.87	0.21	0.04	3.917

LHMX	30	4.92	4.62	5.24	0.13	0.02	2.686
M3M3	32	5.98	5.38	6.47	0.26	0.05	4.289
ANBU	31	4.49	4.26	4.78	0.13	0.02	3.005
LOBU	31	5.46	5.05	5.78	0.2	0.04	3.702
ALMR	32	5.62	5.2	6.04	0.2	0.04	3.560

**OGU 8** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	4	33.52	32.88	34	0.5	0.25	1.488
ALCR	4	11.05	10.77	11.39	0.26	0.13	2.323
ANCC	4	14.43	13.75	14.81	0.47	0.23	3.257
AANA	4	2.36	2.28	2.49	0.1	0.05	4.167
APNA	4	3.63	3.45	3.8	0.14	0.07	3.941
ANFO	4	8.09	7.76	8.37	0.25	0.13	3.139
LOFR	4	9.91	8.99	10.37	0.64	0.32	6.477
ANIN	4	5.5	5.43	5.6	0.09	0.04	1.566
ANCI	4	15.68	15.28	16.39	0.5	0.25	3.212
LOFI	4	6.67	6.37	6.98	0.27	0.13	3.987
LOPA	4	5.29	5.1	5.5	0.18	0.09	3.367
LHMX	4	4.83	4.65	5.01	0.18	0.09	3.657
M3M3	4	5.89	5.66	6.12	0.19	0.09	3.197
ANBU	4	4.47	4.29	4.55	0.12	0.06	2.764
LOBU	4	6.26	6.09	6.42	0.17	0.09	2.742
ALMR	4	5.58	5.31	5.73	0.2	0.1	3.524

**OGU 9** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	53	33.15	31.3	34.36	0.7	0.1	2.112
ALCR	53	11	10.14	11.88	0.34	0.05	3.086
ANCC	50	13.94	13.51	14.45	0.2	0.03	1.448
AANA	54	2.52	2.23	2.84	0.14	0.02	5.521
APNA	53	3.72	3.3	4.12	0.18	0.02	4.795
ANFO	52	7.69	6.94	8.48	0.35	0.05	4.601
LOFR	54	9.17	8.4	9.86	0.39	0.05	4.258
ANIN	54	5.28	4.96	5.63	0.17	0.02	3.299
ANCI	54	15.71	14.64	16.55	0.41	0.06	2.635
LOFI	54	6.99	6.22	7.6	0.31	0.04	4.476
LOPA	54	5.28	4.88	5.69	0.21	0.03	3.886
LHMX	54	4.84	4.63	5.07	0.11	0.01	2.238
M3M3	54	6.01	5.71	6.52	0.18	0.02	2.973
ANBU	54	4.35	4.07	4.68	0.12	0.02	2.741
LOBU	54	5.27	4.86	5.75	0.2	0.03	3.812
ALMR	54	5.44	5.05	5.86	0.18	0.02	3.221

**OGU 10** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	36	33.35	31.83	34.73	0.72	0.12	2.166
ALCR	35	11.03	10.42	11.7	0.27	0.05	2.474
ANCC	36	13.96	13.26	14.67	0.28	0.05	1.988
AANA	36	2.48	2.24	2.81	0.12	0.02	4.896
APNA	35	3.86	3.54	4.22	0.17	0.03	4.349
ANFO	35	7.93	7.46	8.58	0.29	0.05	3.613
LOFR	35	9.34	8.83	10.29	0.37	0.06	4.000
ANIN	36	5.29	5.05	5.52	0.14	0.02	2.605
ANCI	36	15.85	15.13	16.52	0.37	0.06	2.346
LOFI	35	7.09	6.64	7.62	0.28	0.05	3.926
LOPA	36	5.21	4.83	5.71	0.21	0.03	4.015
LHMX	35	4.86	4.6	5.05	0.12	0.02	2.384
M3M3	36	6.08	5.64	6.46	0.21	0.04	3.472
ANBU	36	4.35	4.17	4.67	0.12	0.02	2.723
LOBU	35	5.46	4.99	6.04	0.34	0.06	6.287
ALMR	36	5.53	5.03	5.93	0.2	0.03	3.690

**OGU 11** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	12	33.74	32.84	34.96	0.6	0.17	1.791
ALCR	12	10.87	10.53	11.48	0.27	0.08	2.497
ANCC	12	13.77	13.39	14.19	0.26	0.07	1.874
AANA	12	2.51	2.28	2.79	0.16	0.05	6.393
APNA	12	4.05	3.46	4.55	0.32	0.09	7.920
ANFO	12	7.76	7.46	8.29	0.27	0.08	3.425
LOFR	12	9.34	8.66	10.09	0.42	0.12	4.536
ANIN	11	5.37	5.24	5.55	0.1	0.03	1.926
ANCI	12	16.13	15.58	16.67	0.37	0.11	2.277
LOFI	12	6.92	6.46	7.49	0.37	0.11	5.282
LOPA	12	5.34	4.94	5.62	0.24	0.07	4.517
LHMX	12	4.89	4.64	5.04	0.14	0.04	2.861
M3M3	12	5.98	5.68	6.25	0.19	0.06	3.213
ANBU	12	4.35	4.2	4.52	0.1	0.03	2.202
LOBU	12	5.37	5.06	5.65	0.19	0.06	3.554
ALMR	12	5.62	5.36	5.83	0.17	0.05	3.043

**OGU 12** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	13	32.99	31.69	34.33	0.8	0.22	2.416
ALCR	13	11.12	10.77	11.51	0.23	0.06	2.036
ANCC	13	14.29	13.85	14.67	0.24	0.07	1.683

AANA	13	2.49	2.18	2.99	0.26	0.07	10.248
APNA	13	3.61	3.29	3.93	0.18	0.05	4.987
ANFO	12	8.55	7.79	9.13	0.37	0.11	4.330
LOFR	13	9.57	9.03	10.3	0.43	0.12	4.521
ANIN	13	5.46	5.28	5.79	0.16	0.04	2.949
ANCI	13	15.62	14.93	16.13	0.39	0.11	2.528
LOFI	13	6.88	6.59	7.15	0.15	0.04	2.225
LOPA	11	5.05	4.85	5.28	0.15	0.05	3.004
LHMX	12	4.98	4.86	5.07	0.07	0.02	1.395
M3M3	13	5.94	5.36	6.31	0.28	0.08	4.767
ANBU	13	4.37	4.11	4.58	0.14	0.04	3.225
LOBU	13	5.8	5.56	6.13	0.18	0.05	3.104
ALMR	13	5.59	5.36	5.73	0.1	0.03	1.866

**OGU 13** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	3	33.1	32.95	33.3	0.18	0.1	0.545
ALCR	3	11.17	10.7	11.55	0.43	0.25	3.877
ANCC	3	14.02	13.66	14.23	0.31	0.18	2.218
AANA	3	2.72	2.69	2.76	0.04	0.02	1.394
APNA	3	3.76	3.71	3.8	0.05	0.03	1.219
ANFO	3	8.06	7.72	8.39	0.34	0.19	4.158
LOFR	3	8.83	8.68	9.03	0.18	0.1	2.059
ANIN	3	5.65	5.37	5.84	0.25	0.14	4.354
ANCI	3	15.27	15.12	15.37	0.13	0.08	0.855
LOFI	3	6.84	6.71	7.04	0.18	0.1	2.570
LOPA	3	5.44	5.19	5.57	0.21	0.12	3.934
LHMX	3	4.96	4.93	5	0.04	0.02	0.708
M3M3	3	5.71	5.5	6.1	0.34	0.2	5.972
ANBU	3	4.38	4.3	4.46	0.08	0.05	1.826
LOBU	3	5.68	5.59	5.77	0.09	0.05	1.589
ALMR	3	5.52	5.38	5.72	0.18	0.1	3.220

**OGU 14** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	8	33.4	32.24	34.86	0.9	0.32	2.697
ALCR	8	10.86	10.49	11.05	0.19	0.07	1.709
ANCC	8	13.85	13.46	14.16	0.22	0.08	1.603
AANA	8	2.36	2.07	2.51	0.16	0.06	6.873
APNA	8	3.71	3.31	3.93	0.19	0.07	5.056
ANFO	8	8.24	7.64	9.11	0.5	0.18	6.124
LOFR	8	9.52	9.03	10.18	0.41	0.14	4.254
ANIN	8	5.46	5.2	5.73	0.17	0.06	3.085

ANCI	8	15.56	14.73	15.98	0.39	0.14	2.519
LOFI	8	6.78	6.39	7	0.21	0.07	3.068
LOPA	8	5.26	5	5.56	0.21	0.07	3.919
LHMX	8	4.78	4.57	5.23	0.23	0.08	4.764
M3M3	8	6.04	5.83	6.2	0.14	0.05	2.386
ANBU	8	4.35	4.22	4.62	0.15	0.05	3.414
LOBU	8	5.35	5.08	5.54	0.14	0.05	2.707
ALMR	8	5.48	5.15	5.78	0.19	0.07	3.387

**OGU 15** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	8	32.94	32.16	33.5	0.47	0.17	1.428
ALCR	8	10.88	10.46	11.23	0.23	0.08	2.105
ANCC	8	14.12	13.7	14.31	0.19	0.07	1.358
AANA	8	2.55	2.22	2.89	0.2	0.07	7.896
APNA	8	3.64	3.47	3.78	0.11	0.04	2.990
ANFO	8	8.3	7.7	8.6	0.32	0.11	3.849
LOFR	8	9.36	8.97	9.65	0.22	0.08	2.356
ANIN	8	5.5	5.41	5.68	0.09	0.03	1.588
ANCI	8	15.48	15.02	15.82	0.29	0.1	1.862
LOFI	8	6.91	6.62	7.21	0.24	0.08	3.415
LOPA	8	5.21	4.96	5.55	0.19	0.07	3.663
LHMX	8	4.9	4.69	5.04	0.12	0.04	2.396
M3M3	8	6.01	5.76	6.2	0.16	0.06	2.628
ANBU	8	4.52	4.37	4.65	0.12	0.04	2.573
LOBU	8	5.49	5.34	5.62	0.09	0.03	1.731
ALMR	8	5.46	5.19	5.69	0.15	0.05	2.760

**OGU 16** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	21	33.05	32.26	33.86	0.44	0.1	1.328
ALCR	22	11.04	10.62	11.73	0.26	0.06	2.386
ANCC	22	13.85	13.32	14.33	0.24	0.05	1.762
AANA	21	2.53	2.29	2.74	0.13	0.03	5.226
APNA	22	3.71	3.38	4.09	0.17	0.04	4.648
ANFO	22	8.01	7.61	8.44	0.26	0.06	3.228
LOFR	22	9.25	8.83	9.92	0.31	0.07	3.369
ANIN	22	5.27	5.03	5.65	0.16	0.03	3.068
ANCI	22	15.78	15.15	16.47	0.34	0.07	2.164
LOFI	22	6.95	6.5	7.45	0.28	0.06	3.956
LOPA	22	5.26	4.76	5.63	0.22	0.05	4.278
LHMX	22	4.84	4.62	4.99	0.1	0.02	2.025
M3M3	22	6.07	5.67	6.48	0.2	0.04	3.328

ANBU	22	4.29	4.1	4.46	0.1	0.02	2.430
LOBU	22	5.17	4.91	5.48	0.16	0.03	3.121
ALMR	18	5.39	5.17	5.57	0.11	0.03	1.979

**OGU 17** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	6	32.96	32.55	33.3	0.32	0.13	0.961
ALCR	6	10.86	10.48	11.05	0.22	0.09	1.992
ANCC	6	13.57	13.27	13.76	0.23	0.09	1.694
AANA	6	2.53	2.24	2.78	0.21	0.09	8.488
APNA	6	3.91	3.44	4.26	0.31	0.13	8.010
ANFO	6	8.01	7.55	8.52	0.4	0.16	4.938
LOFR	6	9.47	8.83	9.98	0.46	0.19	4.878
ANIN	6	5.25	5.11	5.36	0.1	0.04	1.878
ANCI	6	15.56	15.17	16.12	0.32	0.13	2.057
LOFI	6	6.97	6.25	7.36	0.43	0.17	6.120
LOPA	6	5.33	5.21	5.47	0.09	0.04	1.713
LHMX	6	4.77	4.6	4.92	0.13	0.05	2.727
M3M3	6	5.85	5.76	6.02	0.12	0.05	2.074
ANBU	6	4.33	4.16	4.6	0.17	0.07	3.870
LOBU	6	5.8	5.72	5.88	0.08	0.03	1.306
ALMR	6	5.55	5.42	5.63	0.09	0.04	1.614

**OGU 18** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	21	33.32	32.46	34.09	0.54	0.12	1.608
ALCR	21	11.13	10.52	11.61	0.29	0.06	2.641
ANCC	16	13.93	13.83	14.07	0.07	0.02	0.521
AANA	21	2.32	2.01	2.59	0.16	0.04	6.943
APNA	21	3.72	3.34	3.99	0.16	0.03	4.202
ANFO	21	8.17	7.49	9.06	0.44	0.1	5.406
LOFR	21	9.22	8.6	10.07	0.41	0.09	4.406
ANIN	21	5.48	5.17	5.77	0.17	0.04	3.059
ANCI	21	15.63	14.78	16.59	0.48	0.11	3.080
LOFI	21	6.84	6.21	7.3	0.3	0.07	4.452
LOPA	21	5.22	4.85	5.61	0.24	0.05	4.511
LHMX	20	4.82	4.61	5.06	0.12	0.03	2.477
M3M3	21	6.01	5.67	6.41	0.2	0.04	3.386
ANBU	21	4.42	4.2	4.59	0.1	0.02	2.290
LOBU	21	5.47	5.3	5.76	0.15	0.03	2.662
ALMR	21	5.5	5.13	5.84	0.21	0.05	3.752

**OGU 19** *P. melanurus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
----------	---	-------	-----	-----	-----------	------------	-----------

LOCR	6	31.68	30.46	33.55	1.03	0.42	3.256
ALCR	6	10.6	10.46	10.73	0.11	0.05	1.073
ANCC	6	13.35	13.22	13.43	0.09	0.04	0.660
AANA	6	2.21	2.04	2.6	0.2	0.08	9.053
APNA	6	3.52	3.35	3.81	0.17	0.07	4.844
ANFO	6	8.24	7.75	8.96	0.43	0.18	5.236
LOFR	6	9.28	8.81	9.49	0.26	0.11	2.835
ANIN	6	4.92	4.78	5.02	0.09	0.04	1.929
ANCI	6	14.67	14.34	14.9	0.2	0.08	1.380
LOFI	6	6.28	5.47	6.86	0.5	0.2	7.887
LOPA	6	5.13	4.71	5.57	0.29	0.12	5.722
LHMX	6	4.53	4.38	4.84	0.19	0.08	4.113
M3M3	6	5.73	5.6	5.83	0.1	0.04	1.739
ANBU	6	4.15	4.02	4.48	0.18	0.07	4.343
LOBU	6	5.04	4.87	5.21	0.16	0.07	3.267
ALMR	5	5.18	5.03	5.26	0.09	0.04	1.718

**OGU 20** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	5	32.89	30.97	36.22	2.09	0.94	6.360
ALCR	5	10.81	10.41	11.41	0.37	0.16	3.414
ANCC	5	13.62	12.94	14.07	0.47	0.21	3.448
AANA	5	2.39	1.97	2.65	0.28	0.13	11.742
APNA	5	3.7	3.45	3.9	0.16	0.07	4.412
ANFO	5	7.65	7.44	7.92	0.21	0.1	2.796
LOFR	5	9.32	8.7	9.7	0.39	0.18	4.206
ANIN	5	5.12	4.98	5.26	0.12	0.05	2.262
ANCI	5	15.39	14.75	15.92	0.49	0.22	3.191
LOFI	5	6.82	6.59	7.18	0.24	0.11	3.548
LOPA	5	5.3	5.02	5.47	0.19	0.08	3.524
LHMX	5	4.89	4.73	5.18	0.18	0.08	3.764
M3M3	5	5.96	5.68	6.39	0.31	0.14	5.195
ANBU	5	4.3	4.19	4.46	0.1	0.05	2.369
LOBU	4	5.39	5.27	5.5	0.1	0.05	1.802
ALMR	5	5.55	5.08	6.15	0.42	0.19	7.575

**OGU 21** *P. melanocarpus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	8	33.39	32.18	34.59	0.81	0.29	2.428
ALCR	8	10.96	10.17	11.37	0.38	0.13	3.429
ANCC	8	13.79	13.4	13.98	0.2	0.07	1.440
AANA	8	2.52	2.34	2.79	0.16	0.06	6.212
APNA	8	3.6	3.32	3.81	0.17	0.06	4.864

ANFO	8	8.06	7.84	8.45	0.22	0.08	2.708
LOFR	8	9.68	9.31	10.21	0.31	0.11	3.215
ANIN	8	5.33	5	5.49	0.16	0.06	2.998
ANCI	8	15.28	14.82	16.29	0.47	0.17	3.086
LOFI	8	7.2	6.31	7.65	0.42	0.15	5.881
LOPA	8	5.43	5.13	5.91	0.28	0.1	5.218
LHMX	8	4.85	4.64	5.09	0.16	0.06	3.382
M3M3	8	5.99	5.62	6.31	0.23	0.08	3.800
ANBU	8	4.4	4.22	4.63	0.13	0.05	2.968
LOBU	8	5.26	5.09	5.41	0.12	0.04	2.298
ALMR	8	5.51	5.32	5.88	0.17	0.06	3.156

**OGU 22** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	2	32.54	32.23	32.85	0.44	0.31	1.347
ALCR	2	10.87	10.77	10.96	0.13	0.1	1.237
ANCC	2	14.05	13.92	14.19	0.19	0.13	1.358
AANA	2	2.34	2.1	2.57	0.33	0.23	14.233
APNA	2	3.27	3.22	3.31	0.06	0.04	1.949
ANFO	2	8.48	8.22	8.73	0.36	0.25	4.255
LOFR	2	9.96	9.84	10.09	0.18	0.12	1.774
ANIN	2	5.17	5.07	5.27	0.14	0.1	2.735
ANCI	2	15.64	15.55	15.74	0.13	0.09	0.859
LOFI	2	6.84	6.78	6.89	0.08	0.05	1.138
LOPA	2	5.03	4.84	5.22	0.27	0.19	5.342
LHMX	2	4.63	4.59	4.68	0.06	0.04	1.373
M3M3	2	5.49	5.43	5.55	0.08	0.06	1.546
ANBU	2	4.49	4.31	4.67	0.25	0.18	5.669
LOBU	2	5.1	5	5.2	0.14	0.1	2.773
ALMR	2	5.4	5.29	5.52	0.16	0.11	3.009

**OGU 23** *P. melanurus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	3	32.24	31.6	32.66	0.56	0.32	1.741
ALCR	3	10.44	10.23	10.78	0.3	0.17	2.825
ANCC	3	13.81	13.59	14.01	0.21	0.12	1.523
AANA	3	2.52	2.4	2.66	0.13	0.08	5.172
APNA	3	3.3	3.13	3.39	0.14	0.08	4.389
ANFO	3	8.24	8.12	8.32	0.11	0.06	1.284
LOFR	3	9.64	9.28	9.87	0.32	0.18	3.275
ANIN	3	5.25	5.25	5.25	0	0	0.000
ANCI	3	15.67	15.54	15.76	0.11	0.07	0.726
LOFI	3	7.08	6.97	7.17	0.1	0.06	1.449

LOPA	3	4.78	4.6	4.94	0.17	0.1	3.587
LHMX	3	4.7	4.63	4.79	0.08	0.05	1.773
M3M3	3	6	5.89	6.19	0.17	0.1	2.797
ANBU	3	4.35	4.28	4.4	0.06	0.04	1.436
LOBU	3	5.58	5.12	5.91	0.41	0.24	7.337
ALMR	3	5.3	5.15	5.45	0.15	0.09	2.830

**OGU 24** *P. melanurus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	27	32.86	31.86	33.76	0.51	0.1	1.552
ALCR	26	10.74	10.38	11.02	0.18	0.03	1.630
ANCC	27	14.06	13.58	14.65	0.26	0.05	1.877
AANA	25	2.71	2.44	2.98	0.13	0.03	4.707
APNA	26	3.42	3.21	3.64	0.11	0.02	3.186
ANFO	27	8.28	7.83	8.83	0.24	0.05	2.937
LOFR	26	9.79	9.06	10.38	0.36	0.07	3.701
ANIN	27	5.09	4.85	5.42	0.15	0.03	2.910
ANCI	27	15.98	15.22	16.73	0.35	0.07	2.212
LOFI	27	6.98	6.54	7.3	0.2	0.04	2.871
LOPA	24	4.87	4.5	5.18	0.17	0.03	3.507
LHMX	27	4.63	4.36	4.91	0.14	0.03	3.053
M3M3	27	5.86	5.54	6.19	0.18	0.03	3.011
ANBU	23	4.46	4.33	4.63	0.07	0.02	1.623
LOBU	26	5.27	4.98	5.66	0.16	0.03	2.950
ALMR	27	5.46	5.19	5.7	0.14	0.03	2.651

**OGU 25** *P. melanurus*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	11	32.75	32.16	33.46	0.39	0.12	1.181
ALCR	10	10.6	10.25	10.85	0.16	0.05	1.534
ANCC	11	13.84	13.45	14.32	0.25	0.07	1.783
AANA	11	2.24	2.12	2.39	0.1	0.03	4.289
APNA	11	3.47	3.34	3.68	0.1	0.03	2.986
ANFO	11	8.16	7.8	8.49	0.23	0.07	2.842
LOFR	10	9.91	9.44	10.16	0.22	0.07	2.191
ANIN	11	5.24	5.04	5.57	0.16	0.05	3.047
ANCI	11	15.84	15.37	16.32	0.28	0.08	1.739
LOFI	11	6.85	6.62	7.16	0.17	0.05	2.424
LOPA	11	5.08	4.8	5.61	0.24	0.07	4.738
LHMX	11	4.66	4.47	4.9	0.15	0.04	3.194
M3M3	10	5.77	5.63	5.88	0.08	0.03	1.402
ANBU	10	4.23	4.09	4.35	0.07	0.02	1.642
LOBU	11	5.04	4.87	5.25	0.12	0.03	2.292

ALMR	11	5.5	5.28	5.81	0.18	0.05	3.248
------	----	-----	------	------	------	------	-------

**OGU 26** *P. megalops*

Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	3	33.35	31.73	34.55	1.46	0.84	4.370
ALCR	3	10.92	10.82	11.04	0.11	0.06	1.013
ANCC	3	14	13.88	14.12	0.12	0.07	0.858
AANA	3	2.69	2.41	3.06	0.33	0.19	12.424
APNA	3	3.74	3.53	3.89	0.19	0.11	5.009
ANFO	3	8.57	8.24	8.86	0.31	0.18	3.640
LOFR	3	9.74	9.5	10.04	0.28	0.16	2.836
ANIN	3	5.52	5.42	5.62	0.1	0.06	1.812
ANCI	3	15.83	15.58	16.11	0.27	0.15	1.682
LOFI	3	7	6.92	7.14	0.12	0.07	1.704
LOPA	3	4.97	4.68	5.23	0.28	0.16	5.552
LHMX	3	4.98	4.94	5.02	0.04	0.02	0.803
M3M3	3	6.12	5.88	6.45	0.3	0.17	4.828
ANBU	3	4.51	4.45	4.59	0.07	0.04	1.572
LOBU	3	5.74	5.52	6.17	0.37	0.21	6.436
ALMR	3	5.54	5.45	5.68	0.12	0.07	2.182

**OGU 27** *P. megalops*

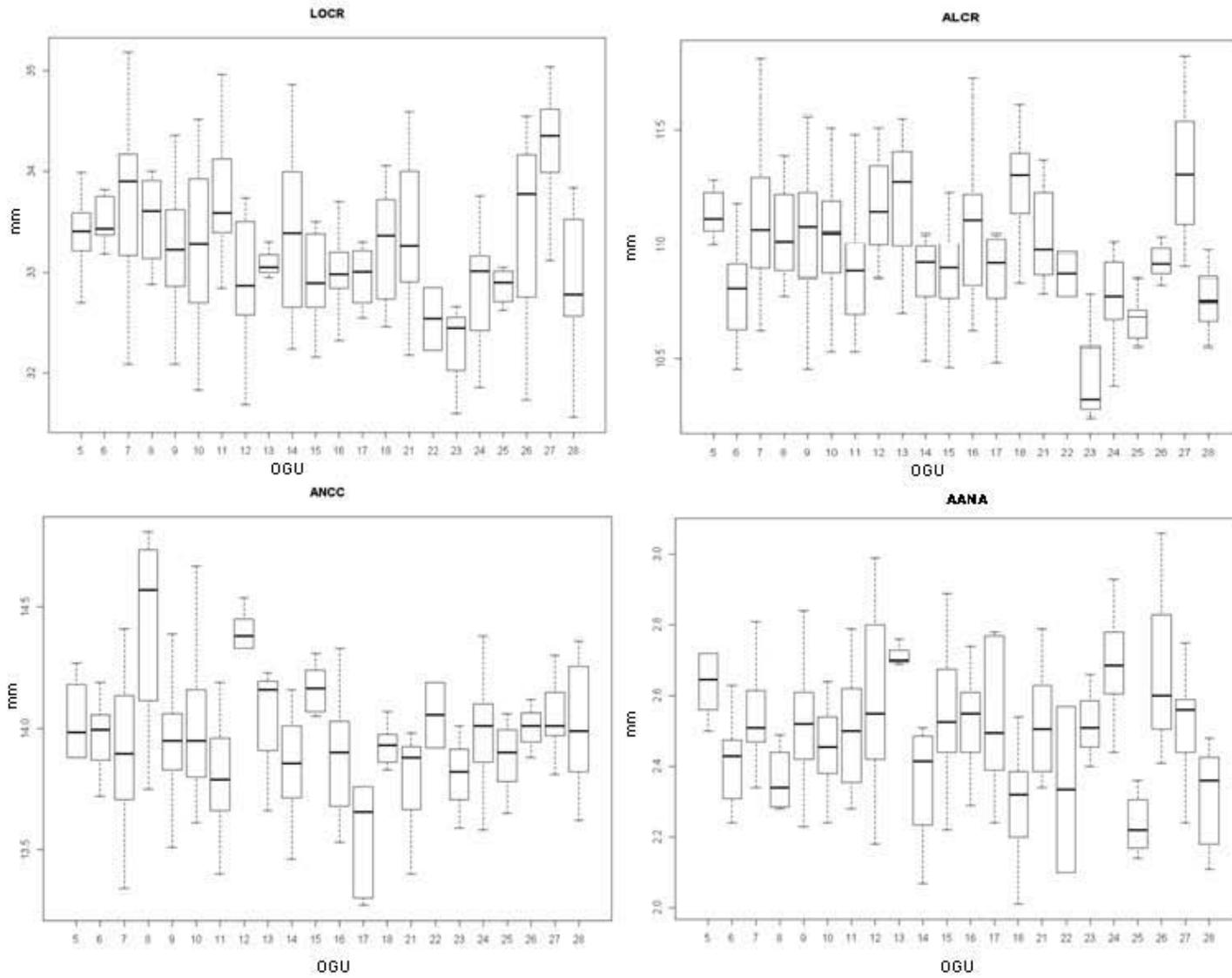
Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	18	34.43	33.12	35.77	0.6	0.14	1.737
ALCR	19	11.35	10.9	11.83	0.29	0.07	2.520
ANCC	20	14.13	13.43	14.67	0.3	0.07	2.128
AANA	20	2.51	2.16	2.84	0.18	0.04	7.054
APNA	18	3.87	3.59	4.08	0.12	0.03	3.073
ANFO	19	8.72	8.21	9.05	0.25	0.06	2.891
LOFR	20	9.87	9.29	10.75	0.35	0.08	3.528
ANIN	19	5.57	5.3	5.8	0.14	0.03	2.543
ANCI	20	16.16	15.57	16.61	0.34	0.08	2.091
LOFI	17	7.07	6.7	7.52	0.2	0.05	2.804
LOPA	20	5.15	4.59	5.51	0.28	0.06	5.500
LHMX	19	5.02	4.68	5.26	0.15	0.03	2.982
M3M3	20	6.04	5.56	6.37	0.22	0.05	3.608
ANBU	19	4.42	4.21	4.63	0.11	0.03	2.530
LOBU	19	5.44	5.28	5.75	0.12	0.03	2.256
ALMR	20	5.69	5.29	5.98	0.2	0.04	3.511

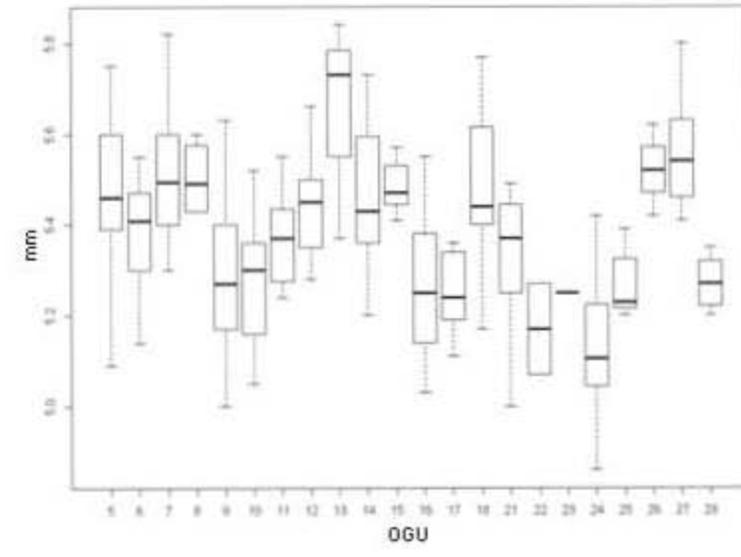
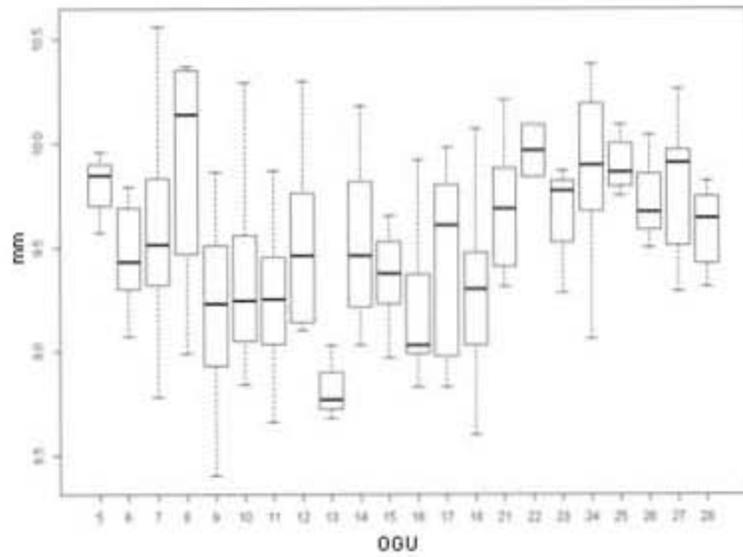
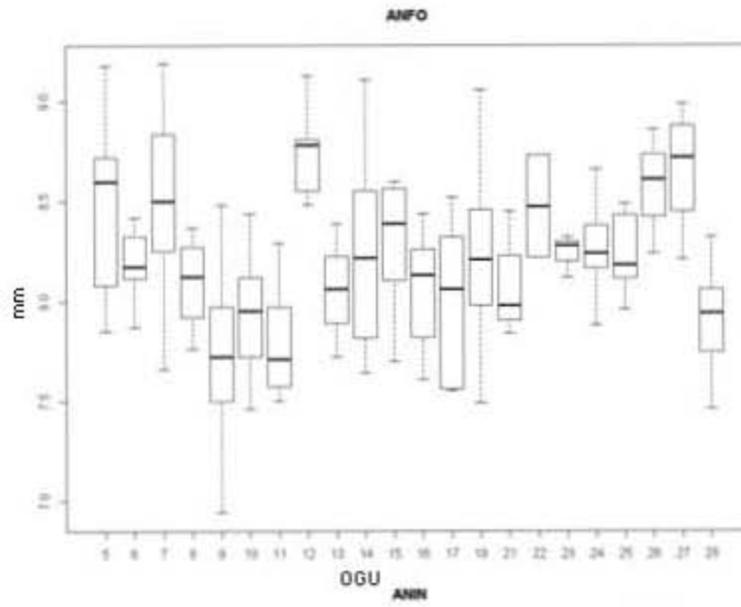
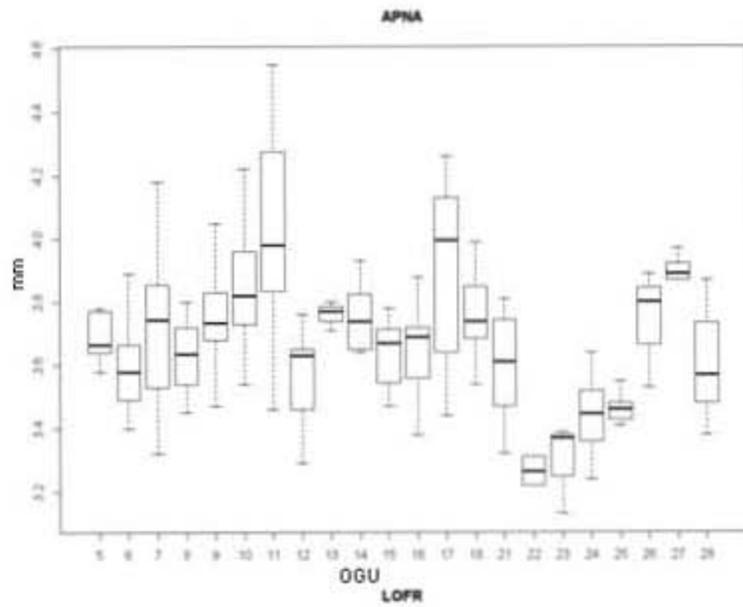
**OGU 28** *P. melanurus*

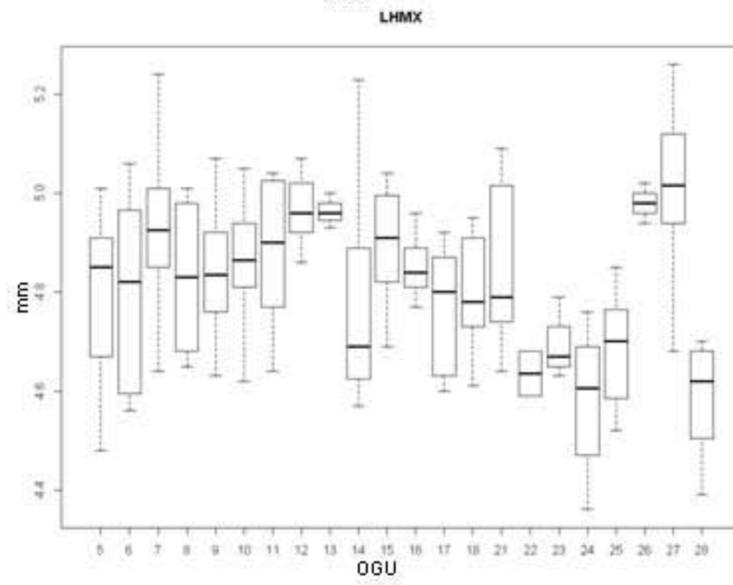
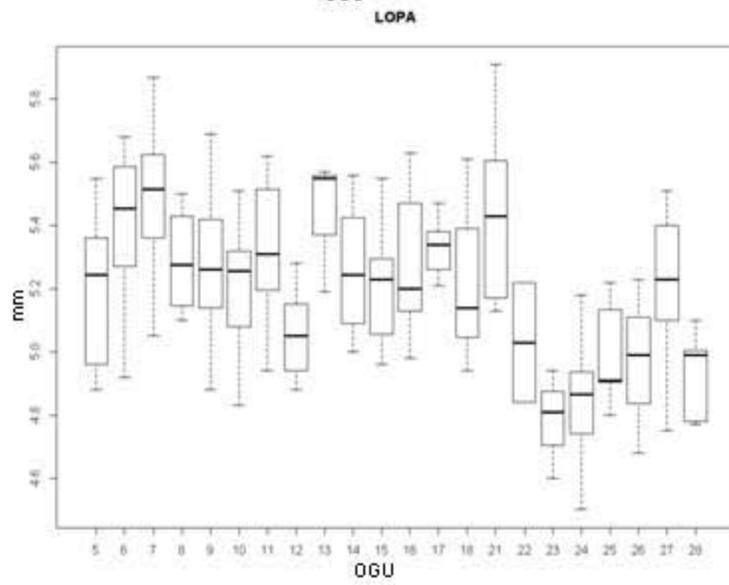
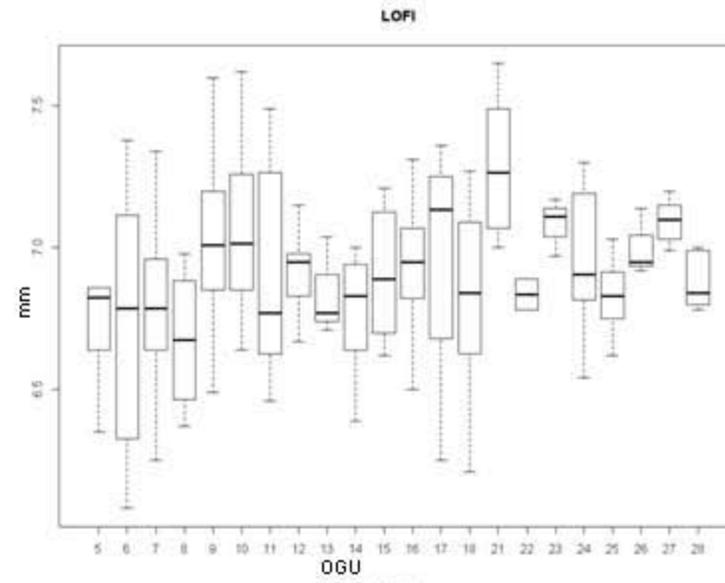
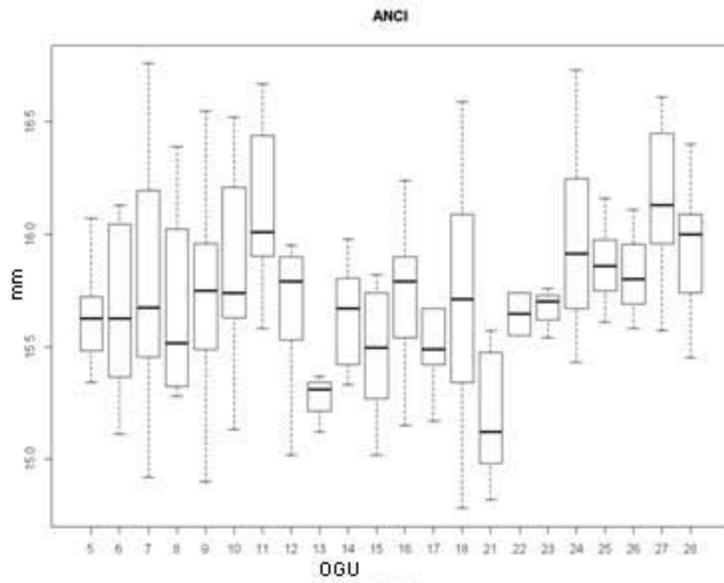
Variable	N	Media	Min	Max	Des. Est.	Error est.	Coef. var
LOCR	7	32.91	31.56	33.84	0.81	0.31	2.461
ALCR	7	10.76	10.55	10.97	0.15	0.06	1.436

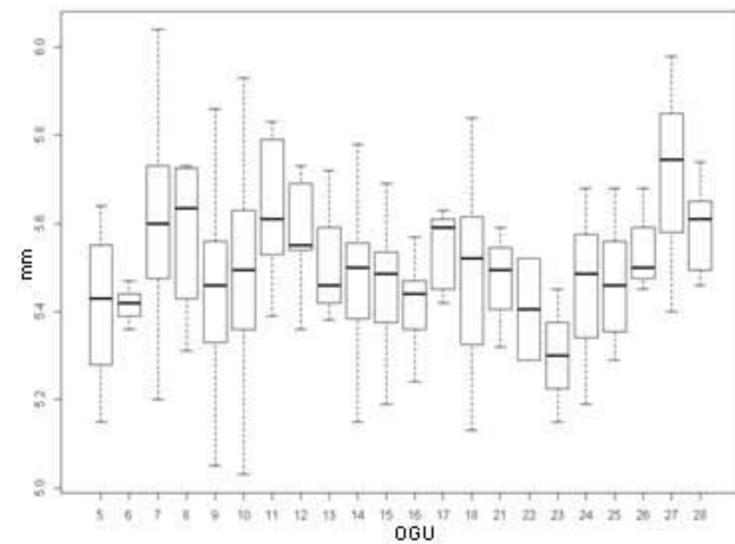
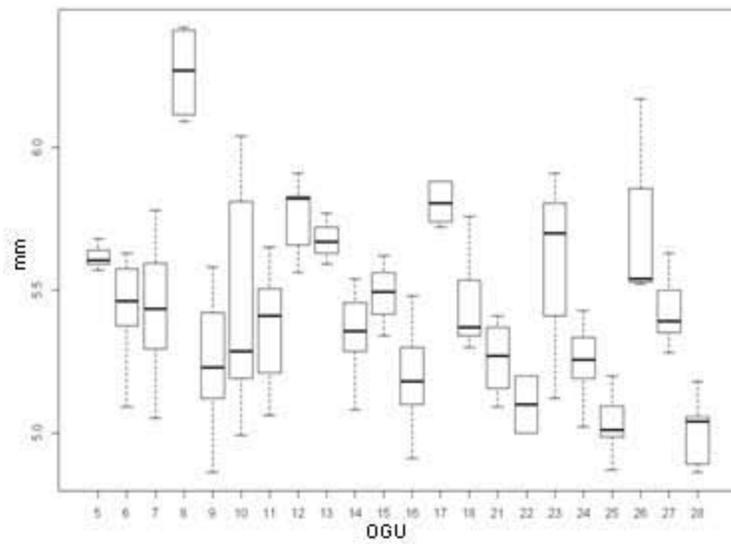
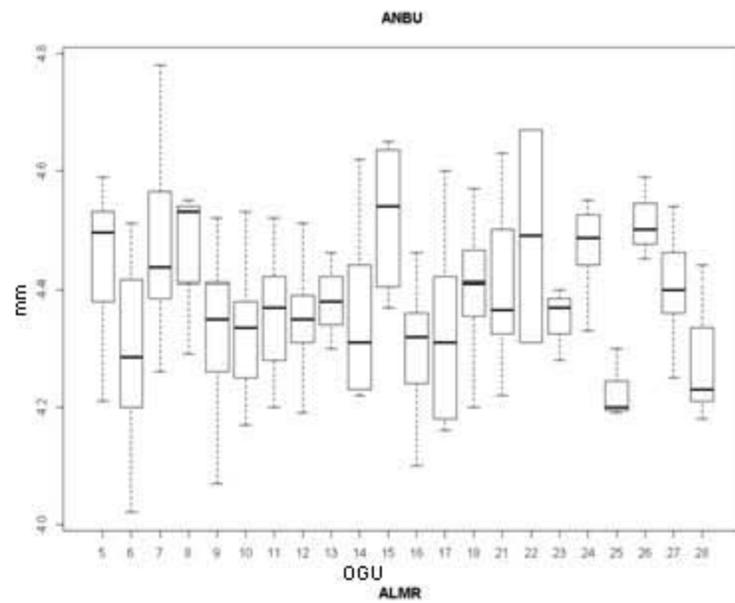
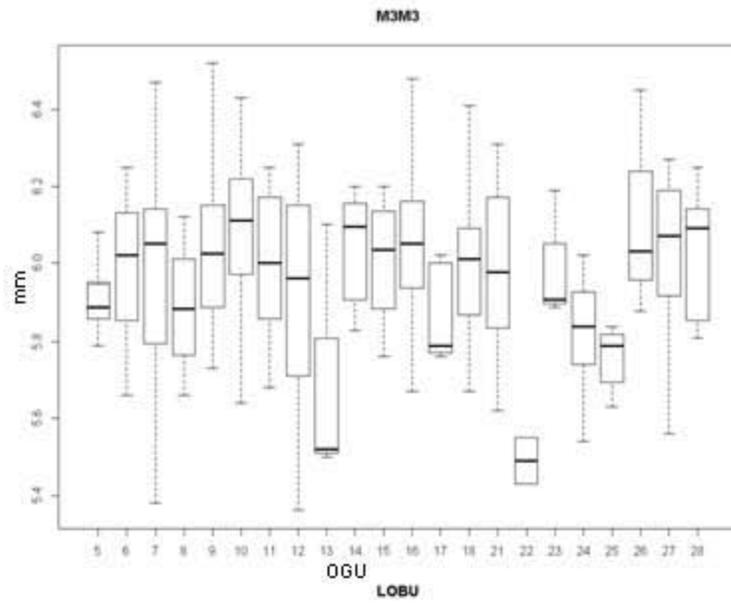
ANCC	7	14.02	13.62	14.36	0.3	0.11	2.119
AANA	7	2.31	2.11	2.48	0.15	0.06	6.422
APNA	7	3.61	3.38	3.87	0.18	0.07	4.951
ANFO	7	7.9	7.46	8.32	0.28	0.11	3.551
LOFR	7	9.59	9.31	9.82	0.2	0.08	2.137
ANIN	7	5.28	5	5.59	0.18	0.07	3.350
ANCI	7	15.93	15.45	16.4	0.31	0.12	1.963
LOFI	7	6.88	6.45	7.29	0.26	0.1	3.718
LOPA	7	4.87	4.44	5.1	0.23	0.09	4.632
LHMX	7	4.58	4.39	4.7	0.13	0.05	2.891
M3M3	7	6.02	5.81	6.25	0.18	0.07	2.951
ANBU	7	4.28	4.18	4.44	0.1	0.04	2.398
LOBU	7	5	4.86	5.18	0.12	0.04	2.377
ALMR	7	5.59	5.46	5.74	0.11	0.04	1.900

**APÉNDICE 4.** Gráficos de caja y bigote, de cada una de las variables craneanas por OGU.

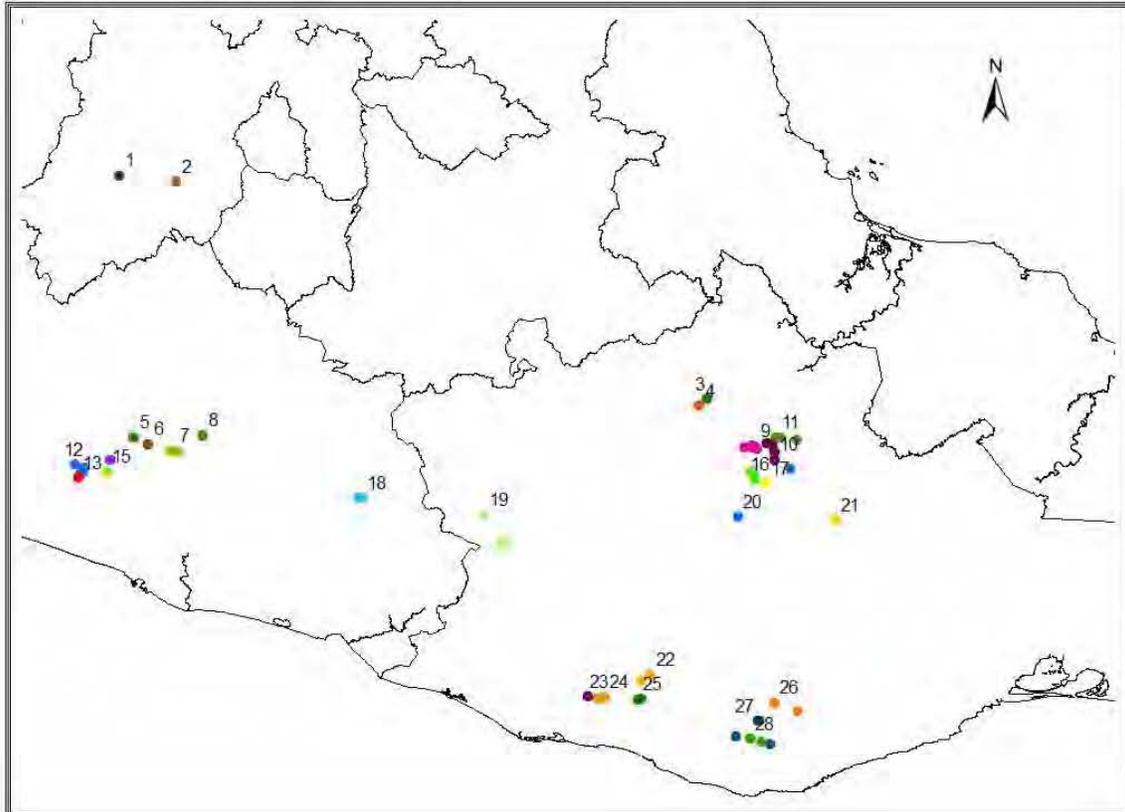








Apéndice 5. Unidades geográficas operacionales (OGU's) determinadas para *Peromyscus megalops*, *P. melanocarpus* y *P. melanurus*.



Apéndice 6. Análisis de componentes principales para *P. melanurus*.

