

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE *Peromyscus difficilis felipensis* (RODENTIA: MURIDAE)

MATÍAS MARTÍNEZ-CORONEL, CAROLINA MÜDESPACHER ZIEHL
Y SALVADOR GAONA

*Laboratorio de Citogenética Animal, Departamento de Biología, Universidad Autónoma
Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina. Iztapalapa, D. F.
09240. marti17mx@yahoo.com.mx*

Resumen: Se analizó la variación morfométrica individual y geográfica de *Peromyscus difficilis felipensis*, con base en 13 variables craneales obtenidas de 352 ejemplares, que representan a 29 localidades de toda el área de distribución del taxón. Sus poblaciones aisladas se localizan en las montañas del centro de Oaxaca, Distrito Federal, Morelos y Estado de México. Los resultados mostraron que no existen diferencias entre los sexos para ninguna de las cinco categorías de edad consideradas. Por otra parte se encontró que la mayoría de las variables aumentaron de manera significativa con la edad alcanzando el estado adulto a partir de la edad IV. La variación geográfica fue evaluada entre seis grupos. Los resultados indican que los ejemplares de Oaxaca fueron los de menor talla y los de Zempoala los más grandes, aunque no hubo una separación clara entre todas las poblaciones, ya que los ejemplares de Hueyapan, Morelos, fueron morfológicamente similares a los de Oaxaca. Debido a la distribución disyunta de las poblaciones y a que éstas son morfológicamente similares, consideramos que un análisis de variación molecular y de compatibilidad reproductiva serán necesarios para determinar la relación genética que existe entre estas poblaciones.

Palabras clave: Morfometría, variación geográfica, *Peromyscus difficilis*, Oaxaca.

Abstract: Morphometrical analyses of 13 cranial variables, measured in 352 specimens, were conducted to test non-geographic and geographic variation in *Peromyscus difficilis felipensis*. This subspecies has a discontinuous distribution through the mountains of central Oaxaca and central Mexico, including the states of Distrito Federal, Morelos and Mexico. Univariate analysis failed to show significant differences between the sexes. On the other hand, significant differences were found among the five age categories, with the adult age reached at age four. Univariate and multivariate analysis were used to explore the geographic variation in six geographic groups. The results of these analysis showed that the smaller mice were from Oaxaca while the larger were from Zempoala, though no clear division among the groups exists, because the mice from Hueyapan, Morelos were morphometrical closer to the Oaxacan sample than to others. Because this taxon has discontinuous distribution and their populations were similar morphologically, it is necessary to evaluate the molecular variation and reproductive compatibility among these populations to determine their genetic relationships.

Key words: Morphometrics, geographic variation, *Peromyscus difficilis*, Oaxaca.

INTRODUCCIÓN

Peromyscus felipensis fue descrita por Merriam en 1898 con base en ejemplares provenientes del Cerro San Felipe, Oaxaca; sin embargo, en la revisión del género Osgood (1909) concluyó que el taxón era una subespecie de *P. difficilis*. Asimismo, incluyó dentro de este nuevo taxón a las poblaciones de *P. difficilis* que habitaban en las montañas del centro de México, por compartir con las de Oaxaca un pelaje denso, lanoso y de color oscuro además de presentar tanto una longitud promedio total como del cráneo más grande que las otras especies de su género. Cuando Hoffmeister y de la Torre (1961) analizaron la variación geográfica de *P. difficilis*, afirmaron que las características de talla y pelaje para la subespecie dadas por Osgood (1909) eran válidas.

Desde que Hoffmeister y de la Torre (1961) propusieron el esquema de clasificación de *P. difficilis*, han ocurrido cambios importantes en su taxonomía. Por ejemplo, *P. d. comanche* fue removida de esta especie ya que se mostró que genéticamente está más relacionada con *P. truei*, pasando a ser una subespecie de ésta (Lee et al., 1972; Modi y Lee, 1984). Asimismo, *P. d. nasutus* fue elevada a nivel de especie por Zimmerman et al. (1978). Janecek (1990) encontró que el nivel de variación genética que presentan las cinco subespecies reconocidas de *P. difficilis*, además de *P. nasutus*, corresponde al nivel esperado para una especie. Es interesante mencionar que Janecek (1990) analizó una muestra de *P. d. felipensis* de Morelos, pero no incluyó en su estudio a la población de Oaxaca, por lo cual sigue sin conocerse el grado de variación molecular entre estas poblaciones.

Peromyscus difficilis felipensis habita los bosques de pino y pino-encino de las montañas del centro de Oaxaca y de la zona montañosa del sur del Distrito Federal, oriente del Estado de México y norte de Morelos. Entre las poblaciones del centro de México y Oaxaca existen más de 400 km de separación y entre ellas vive *P. d. amplus* en zonas de menor altitud con matorral xerófilo y pastizal (Hernández-Chávez, 1990). Hoffmeister y de la Torre (1961) hicieron notar esta distribución discontinua y plantearon tres hipótesis que pudieran explicarla: 1) que las poblaciones de *P. d. felipensis* del Oaxaca representan una línea evolutiva diferente que ha reaccionado a condiciones ambientales similares, 2) que las poblaciones de Oaxaca y del centro de México son continuas a lo largo de las montañas que unen México-Puebla-Oaxaca, 3) o bien, que las poblaciones del centro y sur derivaron de la misma línea evolutiva (posiblemente una forma-*amplus*) y que actualmente representan adaptaciones similares de diferentes segmentos de la misma línea evolutiva que han respondido a condiciones ambientales similares. Desde el planteamiento hecho por estos autores no se ha llevado a cabo ninguna evaluación de la relación que existe entre las poblaciones que componen a este taxón. Por tal razón, el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar el grado de variación morfológica craneal que existe entre las

dos poblaciones disyuntas de *P. d. felipensis*, empleando un tamaño de muestra mayor al utilizado por Hoffmeister y de la Torre (1961). Debido a que las poblaciones del centro de México y las de Oaxaca viven en ambientes geográficamente distantes, esperamos que entre ellas existan diferencias morfológicas, que el tamaño de muestra analizado por Hoffmeister y de la Torre (1961).

METODOLOGÍA

Fueron analizados 352 ejemplares de *P. d. felipensis* provenientes de 29 localidades del Distrito Federal, Estado de México, Morelos y Oaxaca. Las localidades fueron ordenadas en seis grupos geográficos de acuerdo con su cercanía (Apéndice). Cada ejemplar fue asignado a una de cinco categorías de edad de acuerdo al desgaste de los molares (Hoffmeister, 1951): 1) individuos en los que el tercer molar superior empieza a hacer erupción o con ningún diente gastado, 2) el tercer molar superior con desgaste del lado lingual, mientras que el primer y segundo molar con o sin desgaste, 3) el tercer molar superior con desgaste uniforme, el primero y segundo molar superior con mayor desgaste del lado lingual, 4) las cúspides linguales de todos los molares con desgaste, y 5) todas las cúspides uniformemente desgastadas, los ángulos reentrantes han desaparecido.

De cada ejemplar fueron medidas 13 variables craneales con un vernier digital con aproximación de 0.01 mm, de acuerdo con Koh y Peterson (1983) y fueron las siguientes: Longitud máxima del cráneo (LOCR), l. de los nasales (LONA), l. alveolar de los dientes maxilares (LOAL), l. alveolar de los dientes mandibulares (LALV), l. del paladar (LOPA), l. del forámen incisivo (LOFI), l. de la mandíbula (LOMA), anchura interorbital (ANIN), a. del rostro (ANRO), a. cigomática (ANCI), a. del cráneo (ANCR), altura del cráneo (ALCR) y a. de la mandíbula (ALMA). Las variables externas, longitud total, l. de la cola, l. de la pata trasera, l. de la oreja y el peso, se excluyeron del análisis, debido a que fueron tomadas por diferentes preparadores (Santos-Moreno, 1994).

La variación debido al sexo fue evaluada a través de una prueba de *t* de Student, únicamente en el grupo "Amecameca". No fue posible en los demás grupos ya que el tamaño de muestra de las cinco categorías de edad y los dos sexos no estaban bien representados. Debido a que no se encontró evidencia de dimorfismo sexual, los dos sexos de cada categoría de edad fueron agrupados, lo que aumentó el tamaño de muestra y permitió evaluar la variación debida a la edad a través de un análisis de varianza univariado.

La variación geográfica fue evaluada en los ejemplares adultos de los seis grupos que se formaron *a priori*, para la cual fue aplicado un análisis de varianza univariado, un análisis de componentes principales y un análisis canónico

discriminante. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo empleando las subrutinas PROC TTEST, PROC GLM y PROC PRINCON y PROC CANDISC del paquete estadístico SAS (SAS, 1988).

RESULTADOS

Variación debida al sexo: La prueba de *t* de Student mostró que los machos de la edad 2 fueron significativamente de mayor talla que las hembras en la variable LONA, mientras que las hembras fueron más grandes que los machos en LOAL de la edad 4 y ALMA de la edad 5 (Cuadro 1). Debido a que las diferencias no se repitieron en otras categorías de edad, no fueron consideradas evidencia de dimorfismo sexual. Con base en estos resultados, los ejemplares de ambos sexos se agruparon, para aumentar el tamaño de la muestra de cada categoría de edad, que fueron la base del siguiente análisis.

Variación debida a la edad: Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas debido a la edad en las 13 variables evaluadas (Cuadro 2). En 11 de ellas los individuos de la edad 1 fueron los más pequeños y el valor de la variable aumento en correspondencia con la categoría de edad hasta la categoría de edad 5 que incluyó a los ejemplares más grandes. En cambio en ANIN y LALV los ejemplares de las edad 1 y 5 fueron los más pequeños. Las diferencias entre las edades 4-5 no fueron significativas en nueve de las 13 variables analizadas, por lo cual estas categorías fueron consideradas como un grupo morfológico homogéneo, definido aquí como el estado adulto morfológico, que se uso para evaluar la variación geográfica.

Variación geográfica: Ocho de las 13 variables analizadas mostraron diferencias geográficas de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 3). Los resultados indican que los ejemplares de Oaxaca fueron los que tuvieron el cráneo de menor talla y con la LOFI mayor, mientras que en el otro extremo se ubicaron los ejemplares de Zempoala. Los otros grupos ocuparon una posición intermedia, que ordenados de menor a mayor talla fueron Hueyapan, Amecameca, Ajusco y Tenango.

En el análisis de componentes principales y en el análisis canónico fueron utilizadas las ocho variables que mostraron variación geográfica significativa de acuerdo al análisis anterior. El análisis de componentes principales mostró que seis componentes fueron necesarios para explicar más del 90% de la varianza total. El componente principal I explicó el 33.74% de la varianza total, que por el signo y valor de las cargas fue interpretado como un componente de talla. En el eje de este componente los ejemplares con la LOPA pequeña y la LOFI grande se ubicaron del lado izquierdo, en su mayoría procedentes de Oaxaca y Hueyapan, mientras que del lado derecho se ubicaron los ejemplares de LOPA grande y LOFI pequeño, que

Cuadro 1. Resultados de la comparación entre sexos por categoría de edad de 13 variables craneales. Se dan los valores de *t*-Student calculados (T), los grados de libertad (g.l.) y la probabilidad a la que fue significativa la *t* (Pr>T).

Variable	EDAD 2			EDAD 3			EDAD 4			EDAD 5		
	T	g.l.	Pr>T	T	g.l.	Pr>T	T	g.l.	Pr>T	T	g.l.	Pr>T
LOCR	-0.22	5.2	0.83	3.41	13.8	0.86	-1.08	12.5	0.29	-0.49	10.8	0.63
LONA	-2.65	6.4	0.03*	0.45	14.0	0.65	-0.85	13.8	0.40	-0.52	14.0	0.60
LOAL	0.59	4.8	0.58	1.78	13.8	0.09	-2.57	31.4	0.01*	0.85	14.6	0.40
LOPA	0.36	5.5	0.59	-1.92	10.6	0.08	-0.51	16.7	0.61	-0.39	14.1	0.69
LOFI	0.03	3.6	0.97	0.17	11.9	0.08	-1.12	31.1	0.27	0.65	12.2	0.52
ANIN	0.36	5.5	0.72	0.24	13.1	0.80	0.06	29.8	0.94	1.27	7.8	0.23
ANCI	-0.93	6.2	0.38	-1.38	12.8	0.18	-0.92	18.8	0.36	-0.16	12.0	0.86
ANCR	-0.16	5.8	0.87	-0.95	10.9	0.35	1.14	17.6	0.26	0.27	14.0	0.78
ANRO	-2.17	4.6	0.08	-0.62	12.3	0.54	0.45	22.7	0.65	0.99	15.0	0.33
ALCR	-0.08	6.1	0.93	-1.21	13.7	0.24	-0.61	30.3	0.54	1.63	11.0	0.12
LOMA	-0.92	4.4	0.40	-0.94	12.3	0.36	-1.58	26.3	0.12	-0.16	10.7	0.86
ALMA	-1.17	6.1	0.28	-0.24	13.9	0.80	-0.68	21.9	0.50	-2.25	10.4	0.04*
LALV	-1.11	5.3	0.31	1.21	12.7	0.24	-0.23	19.1	0.81	0.36	12.2	0.72

* variables en donde las diferencias fueron significativas a una $p < 0.05$.

Cuadro 2. Variación debida a la edad. Para cada variable se indica entre paréntesis el valor de F calculado y la probabilidad a la que éste fue significativo. Asimismo, se indica la categoría de edad (edad), el tamaño de muestra (n) y la media. Las líneas verticales unen a las categorías de edad que no fueron significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan.

Edad	n	Media	Duncan	Edad	n	Media	Duncan
LOCR (20.42, 0.0001)				LONA (36.67, 0.0001)			
5	16	31.45		5	16	12.32	
4	37	31.16		4	37	12.05	
3	16	30.58		3	16	11.99	
2	9	29.64		2	9	11.14	
1	4	28.05		1	5	10.36	
LOAL (12.11, 0.0001)				LOPA (3.99, 0.005)			
5	17	5.04		5	17	4.73	
4	37	4.96		4	37	4.67	
3	16	4.80		3	16	4.62	
2	9	4.76		2	9	4.50	
1	5	4.70		1	5	4.32	
LOFI (12.02, 0.0001)				ANIN (2.38, 0.05)			
5	17	6.50		4	37	4.75	
4	37	6.37		3	16	4.70	
3	16	6.31		2	9	4.69	
2	9	5.93		5	17	4.69	
1	5	5.74		1	5	4.58	
ANCI (34.45, 0.0001)				ANCR (3.24, 0.01)			
5	17	15.44		5	17	14.11	
4	35	15.37		3	16	14.06	
3	15	15.16		4	37	14.04	
2	9	14.79		2	9	13.71	
1	5	13.97		1	5	13.44	

Cuadro 2. Continuación...

Edad	n	Media	Duncan	Edad	n	Media	Duncan
ALRO (13.67, 0.0001)				ALCR (2.14, 0.0778)			
5	17	5.30		5	17	10.92	
4	37	5.24		4	37	10.92	
3	16	5.12		3	16	10.84	
2	9	5.06		2	9	10.71	
1	5	4.68		1	5	10.59	
LOMA (34.68, 0.0001)				LALV (5.72, 0.0004)			
5	17	16.47		3	16	4.79	
4	37	16.14		4	37	4.74	
3	16	15.79		2	9	4.72	
2	9	15.36		1	5	4.70	
1	5	14.55		5	17	4.60	
ALMA (22.77, 0.0001)							
5	17	7.39					
4	37	7.32					
3	16	7.26					
2	9	6.82					
1	5	6.39					

Cuadro 3. Variación geográfica. De cada variable se indica entre paréntesis el valor de F obtenido y la probabilidad a la que éste fue significativo. Asimismo se muestra el número del grupo, el tamaño de muestra (n) y la media \pm una desviación estándar (de). Las líneas verticales unen grupos entre los cuales las diferencias no fueron significativas de acuerdo con la prueba de Duncan. Las siglas corresponden a los seis grupos analizados que son: Ajusco (Aj), Amecameca (Am), Hueyapan (H), Oaxaca (O), Tenango (T) y Zempoala (Z).

Grupo	n	Media \pm de	Duncan	Grupo	n	Media \pm de	Duncan
LOCR (5.51, 0.0001)				LONA (2.18, 0.058)			
T	31	31.52 \pm 0.45		Aj	10	12.48 \pm 0.59	
Z	43	31.44 \pm 0.54		T	31	12.45 \pm 0.52	
Aj	10	31.30 \pm 0.74		H	24	12.31 \pm 0.53	
Am	53	31.25 \pm 0.88		Z	48	12.26 \pm 0.43	
H	20	31.10 \pm 0.68		O	36	12.22 \pm 0.51	
O	36	30.77 \pm 0.61		Am	53	12.14 \pm 0.39	
LOAL (16.90, 0.0001)				LOPA (15.91, 0.0001)			
Am	54	4.99 \pm 0.15		T	31	4.87 \pm 0.14	
T	31	4.88 \pm 0.17		Z	48	4.84 \pm 0.19	
H	25	4.85 \pm 0.14		AJ	10	4.80 \pm 0.16	
Z	48	4.85 \pm 0.13		Am	54	4.69 \pm 0.20	
Aj	10	4.75 \pm 0.11		H	25	4.62 \pm 0.23	
O	36	4.72 \pm 0.14		O	36	4.52 \pm 0.22	
LOFI (3.33, 0.006)				ANIN (1.83, 0.10)			
O	36	6.49 \pm 0.27		T	31	4.80 \pm 0.11	
H	25	6.47 \pm 0.30		Z	48	4.75 \pm 0.12	
Am	54	6.42 \pm 0.27		Am	54	4.74 \pm 0.14	
Z	48	6.35 \pm 0.28		H	25	4.71 \pm 0.16	
T	31	6.29 \pm 0.24		O	36	4.70 \pm 0.20	
Aj	10	6.23 \pm 0.19		Aj	10	4.70 \pm 0.14	
ANCI (11.68, 0.0001)				ANCR (0.93, 0.46)			
Z	42	15.56 \pm 0.33		Aj	10	14.25 \pm 0.35	
Am	52	15.39 \pm 0.32		Z	45	14.12 \pm 0.32	
T	27	15.38 \pm 0.34		H	23	14.11 \pm 0.42	
Aj	6	15.29 \pm 0.35		O	36	14.07 \pm 0.21	
H	23	15.21 \pm 0.36		Am	54	14.06 \pm 0.41	
O	33	15.01 \pm 0.28		T	31	14.01 \pm 0.32	

Cuadro 3. Continuación...

Grupo	n	Media ± de Duncan	Grupo	n	Media ± de Duncan
ANRO (11.14, 0.0001)			ALCR (5.95, 0.0001)		
Z	48	5.37 ± 0.17	Z	43	11.09 ± 0.29
Aj	10	5.37 ± 0.25	T	28	11.07 ± 0.18
T	31	5.29 ± 0.13	Am	54	10.92 ± 0.26
Am	54	5.26 ± 0.16	Aj	10	10.89 ± 0.17
H	25	5.19 ± 0.13	H	19	10.87 ± 0.26
O	33	5.11 ± 0.22	O	35	10.85 ± 0.21
LOMA (2.08, 0.06)			LALV (2.07, 0.07)		
Z	48	16.33 ± 0.37	H	25	4.70 ± 0.13 ns
H	24	16.32 ± 0.36	Am	54	4.70 ± 0.12
T	31	16.28 ± 0.34	Z	48	4.69 ± 0.16
Am	54	16.25 ± 0.37	Aj	10	4.68 ± 0.15
O	36	16.11 ± 0.39	T	31	4.66 ± 0.17
Aj	10	16.09 ± 0.37	O	36	4.61 ± 0.13
ALMA (10.15, 0.0001)					
Aj	10	7.44 ± 0.29			
Z	48	7.42 ± 0.25			
Am	54	7.35 ± 0.23			
H	25	7.19 ± 0.22			
T	31	7.19 ± 0.20			
O	35	7.14 ± 0.20			

representan en su mayoría a los grupos Tenango y Zempoala, en posición intermedia fueron ubicados los ejemplares de los demás grupos. El componente principal II (23.9%) fue un componente de forma que resultó del contraste entre la LOPA y las demás variables, principalmente con la LOFI. A lo largo de este eje se observó una mayor sobre posición entre los grupos, en comparación con el componente I (Figura 1). El componente principal III (12.5%), también fue un componente de forma que resultó del contraste entre la longitud y el ancho y el alto del cráneo. Sobre este componente los ejemplares no mostraron ningún patrón de variación según su procedencia, por lo cual no se presentó el diagrama de dispersión respectivo.

Cinco funciones canónicas fueron necesarias para explicar la varianza de todas las variables consideradas, con las tres primeras explicando el 70.2% de la

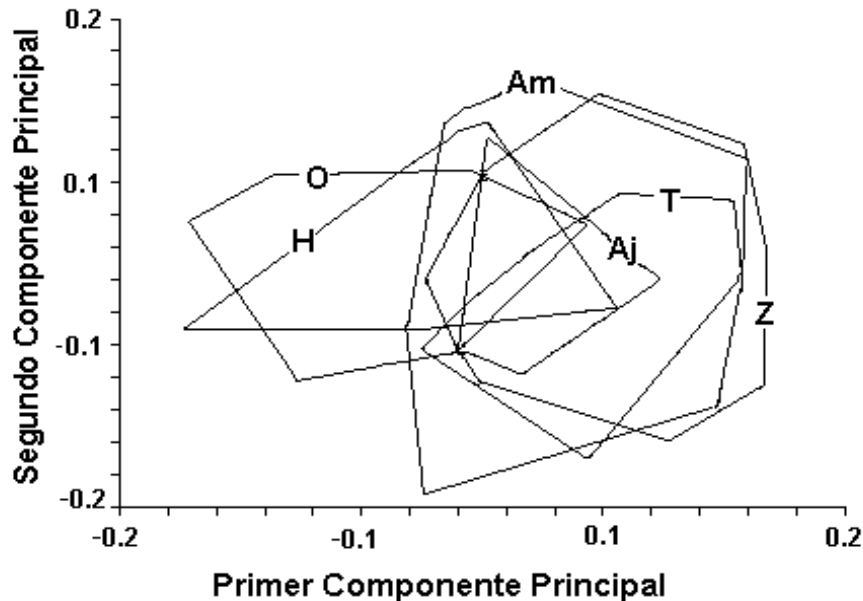


Figura 1. Proyección de los dos primeros componentes principales que muestran la relación morfométrica entre seis grupos geográficos de *Peromyscus difficilis felipensis*. Las siglas corresponden a los seis grupos analizados que son: Ajusco (Aj), Amecameca (Am), Hueyapan (H), Oaxaca (O), Tenango (T) y Zempoala (Z).

varianza total. En la gráfica de las primeras dos variables (Figura 2) se observa que el grupo Oaxaca tienden a segregarse, mientras que en los grupos del centro de México hay mayor sobreposición. La distancia de Mahalanobis entre grupos indica que la mayor distancia se presentó entre Oaxaca-Zempoala (8.9) y Oaxaca-Ajusco (8.4), los grupos extremos. Sin embargo, en el espacio morfológico multivariado Hueyapan está más cerca de Oaxaca (0.98) que de Zempoala (6.8). Entre los grupos del centro de México, la mayor distancia se presentó entre el Ajusco-Hueyapan (6.8) y Ajusco-Amecameca (6.3) y la menor distancia entre Tenango-Zempoala (1.7). Debido a este comportamiento de los grupos en el espacio multivariado, no fue posible diferenciar a los ejemplares de *P. difficilis* de Oaxaca de los provenientes del centro de México.

Para cuantificar el porcentaje de ejemplares del centro de México que eran similares a los de Oaxaca y viceversa, se realizó un ejercicio de clasificación, que utilizó como referencia a los grupos Oaxaca y Zempoala, los más disímiles de acuerdo con la distancia de Mahalanobis. Los resultados mostraron que el 93.3% de los ejemplares de Oaxaca fueron clasificados en su mismo grupo, mientras que el 87.5% de

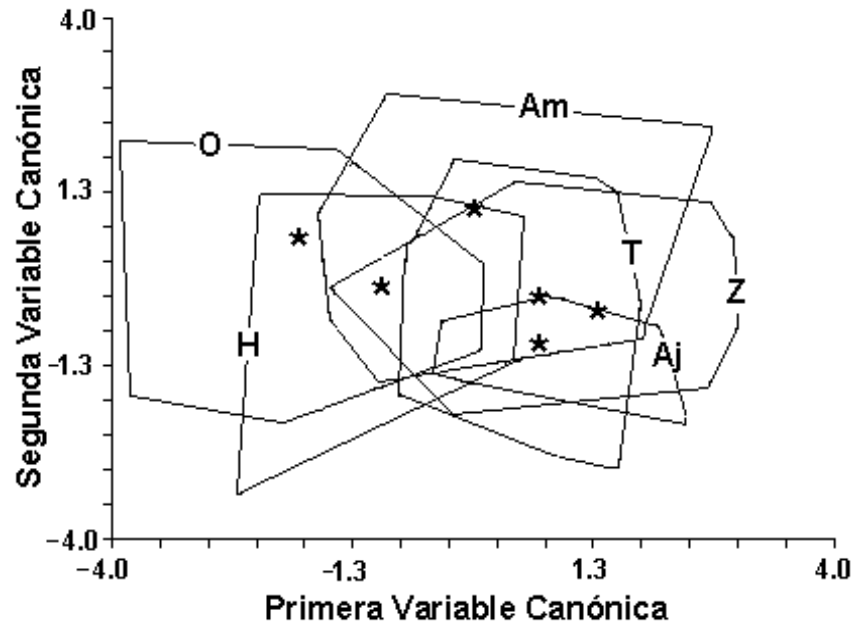


Figura 2. Proyección de las dos primeras variables canónicas que muestra la relación morfológica entre los seis grupos geográficos de *Peromyscus difficilis felipensis*. El asterisco indica el centroide calculado en cada uno de los grupos analizados. Las siglas de los grupos son iguales al de la figura 1.

Cuadro 4. Pesos de los tres primeros componentes principales (CP) y porcentaje de varianza (%) que explica cada uno de ellos.

Variable	CP1	CP2	CP3
LOCR	0.23	0.20	-0.07
LOAL	0.28	0.23	-0.12
LOPA	0.73	-0.36	-0.48
LOFI	-0.08	0.77	-0.47
ANCI	0.25	0.13	0.23
ANRO	0.37	0.20	0.63
ALCR	0.12	0.12	0.11
LOMA	0.30	0.30	0.19
% de varianza	33.74	23.93	12.52

los ejemplares de Zempoala fueron clasificados correctamente en su grupo (Cuadro 4). Es notable que el 81.2% de los ejemplares de Hueyapan, procedentes de la falda sur del Popocatepetl, fueron clasificados en el grupo Oaxaca y no en el grupo Zempoala, geográficamente el más cercano. Asimismo, >30% de los ejemplares de Amecameca y del Ajusco fueron ubicados en el grupo Oaxaca. Del grupo Tenango >81% de sus ejemplares fueron ubicados dentro del grupo Zempoala, como era de esperarse.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El patrón de variación debido al sexo y a la edad de *Peromyscus difficilis felipensis* fue similar al reportado para otras especies del género. Las diferencias en talla entre los sexos prácticamente no existen, tal como sucede en *P. d. amplus* (Gaona, 1997), *P. hooperi* (Schmidly et al., 1985) y *P. melanocarpus* (Cervantes et al., 1993). Con respecto a la variación debido a la edad, once de trece las variables aumentaron de valor en correspondencia con la edad y al igual que en *P. d. amplus*, el estado morfológico adulto morfológico fue alcanzado a partir de la edad IV (Gaona, 1997).

En la revisión de la especie, Hoffmeister y de la Torre (1961) reportaron que los ejemplares de Oaxaca fueron de mayor talla que los del centro de México en la LOCR, LONA y LALV, de menor talla en la ANCC e iguales en la longitud postpalatal. Sin embargo, en el presente estudio se encontró que a excepción de LOFI, los ejemplares de Oaxaca fueron los de talla menor. Las diferencias entre los datos reportados por Hoffmeister y de la Torre (1961) con nuestros datos son sin duda, consecuencia del tamaño de muestra pequeño utilizado por estos autores, que fue de seis ejemplares para el centro de México y siete para Oaxaca.

En el espacio morfológico multivariado los ejemplares de Oaxaca mostraron cierto grado de segregación respecto a los del centro de México, excepto de la muestra de Hueyapan. Debido a este resultado no fue posible marcar una subdivisión morfológica entre los grupos analizados. La similitud morfológica no es indicio de flujo génico, ya que entre estas poblaciones existe una distancia de separación en línea recta superior a los 400 km, lo que implica aislamiento reproductivo. Por otra parte, la población de Oaxaca tiene un par autosómico metacéntrico, que en las poblaciones del centro de México es submetacéntrico, resultado que indican diferencias entre estas (Müdespacher et al., 2005). Sin embargo, este resultado debe tomarse con reserva, ya que Janecek (1990) reportó que los cambios cromosómicos en *P. difficilis* no han sido acompañados por cambios genéticos. Por lo anterior, consideramos que antes de tomar una decisión acerca de las relaciones entre la población de *P. d. felipensis* de Oaxaca y las del centro de México, y determinar su rango taxonómico, será necesario evaluar la compatibilidad reproductiva y las diferencias a nivel molecular entre estas.

Con los conocimientos actuales que se tienen del taxón, es posible responder a las hipótesis que plantearon Hoffmeister y de la Torre (1961) sobre la relación que

existe entre las poblaciones disyuntas de *P. d. felipensis*. Los datos de variación morfológica y cromosómica de *P. d. felipensis* sugieren que las poblaciones de Oaxaca y las del centro de México están genéticamente relacionadas y provienen de una misma línea evolutiva, tal y como plantearon estos autores. Por lo cual, la propuesta de que estas poblaciones surgieron de líneas evolutivas diferentes no se sostiene. Asimismo, la hipótesis de la distribución continua entre las montañas que unen el centro de México con las montañas del centro de Oaxaca no es correcta, ya que los diferentes estudios llevados a cabo hasta el momento indican que la subespecie no se distribuye en esta zona (Briones-Salas *et al.*, 2001; Gaona *et al.*, 2003; Goodwin, 1969).

AGRADECIMIENTOS

A los curadores de las colecciones que nos permitieron medir el material bajo su resguardo M. en C. Ticul Álvarez (†) de la Colección de Mamíferos de la ENCB, IPN; Dr. Fernando Cervantes, Colección Nacional de Mamíferos, IB-UNAM y Dr. Miguel A. Briones Salas de la Colección de Mamíferos del CIIDIR-Oaxaca. Al Biól. Fabricio Villalobos por su crítica al manuscrito, lo que permitió aclarar algunos puntos confusos. A Benjamín Vieyra, Cecilia Espinosa Martínez, Alejandro Quiróz Arreola, Ma. Dolores Beristain y Edelmira Heras, quienes participaron en el trabajo de campo en Oaxaca. La UAM-I otorgo el apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto durante el bienio 1996-1998.

LITERATURA CITADA

- Briones-Salas, M.A., V. Sánchez-Cordero y G. Quintero. 2001. Lista de mamíferos terrestres del norte del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, 72:125-161.
- Cervantes, A., M. Martínez-Coronel y Y. Hortelano-Moncada. 1993. Variación morfométrica intrapoblacional de *Peromyscus melanocarpus* (Rodentia: Muridae) de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, serie Zoología*, 64(2):153-168.
- Gaona, S. 1997. Variación geográfica de *Peromyscus difficilis* (Rodentia Muridae) en la región noroeste de la Cuenca de Oriental en Puebla y Veracruz, México. Pp135-156, en: *Volumen Homenaje al Profesor Ticul Alvarez*. (J. Arroyo-Cabrales, y O.J. Polaco, coords.) Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Gaona, S., A. González-Christen y R. López-Wilchis. 2003. Síntesis del conocimiento de los mamíferos silvestres del Estado de Veracruz, México. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 3^a. Época, 1(1):91-108.
- Goodwin, G.G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 141:1-269.
- Hernández-Chávez, J.J. 1990. *Taxonomía y distribución del género Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae) en el Estado de México, México. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México D.F.

- Hoffmeister, D.F. 1951. A taxonomic and evolutionary study of the piñon mouse, *Peromyscus truei*. *Illinois Biological Monographs*, 21:1-104.
- Hoffmeister, D.F. y L. de la Torre. 1961. Geographic variation in the mouse *Peromyscus difficilis*. *Journal of Mammalogy*, 42:1-13.
- Janecek, L.L. 1990. Genetic variation in the *Peromyscus truei* group (Rodentia: Cricetidae). *Journal of Mammalogy*, 71:301-308
- Koh, H.S. y R.L. Peterson. 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*, 61:2618-2628.
- Lee, M.R., D.J. Schmidly y C.C. Huheey. 1972. Chromosomal variation in certain populations of *Peromyscus boylii* and its systematic implications. *Journal of Mammalogy*, 53:697-707.
- Merriam, C.H. 1898. *New mice of Mexico and Guatemala*. Proceedings of the Biological Society of Washington, 12:115-125.
- Modi, W.S. y M.R. Lee. 1984. Systematic implication of chromosomal Banding analysis of populations of *Peromyscus truei* (Rodentia, Muridae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 97:716-723.
- Müdespacher-Ziehl, C., R. Espiritu-Mora, M. Martínez-Coronel y S. Gaona. 2005. Chromosomal studies of two populations of *Peromyscus difficilis felipensis* (Rodentia: Muridae). *Cytologia*, 70:243-248.
- Osgood, W.H. 1909. Revision of the mice of the American genus *Peromyscus*. *North American Fauna*, 28:1-285.
- Santos Moreno, J.A. 1994. Evaluación del uso de las medidas externas estándar en los análisis morfométricos de mamíferos. *Anales del Instituto de Biología, UNAM Serie Zoología*, 65:275-285.
- Statistical Analysis System (SAS). 1988. ver. 6.03. SAS Institute Inc, Cary NC.
- Schmidly, D.J., M.R. Lee, W.S. Modi y E.G. Zimmerman. 1985. Systematics and notes on the biology of *Peromyscus hooperi*. *Occasional Papers The Museum Texas Tech University*, 97:1-40.
- Zimmerman, E.G., C.W. Kilpatrick y B.J. Hart. 1978. The genetics of speciation in the rodent genus *Peromyscus*. *Evolution*, 32:565-579.

Apéndice. Localidades de procedencia de los 237 ejemplares analizados de *Peromyscus difficilis felipensis*, las cuales están ordenadas por grupo geográfico y por estado. Al final de cada localidad específica se indica entre paréntesis el número de ejemplares y el museo donde estos se encuentran depositados. Los acrónimos de los museos son: IBUNAM, Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México; CIIDIR-OAX: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca; ENCB, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional; UAM-I: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

GRUPO AJUSCO (10): Distrito Federal: Parque Cultural y Recreativo "Desierto de los Leones", Delegación Cuajimalpa, (8; IBUNAM); 6 km NW Ajusco, 3200 m., (1; ENCB); Cerro Ajusco, 3000 m., (1; ENCB).

GRUPO TENANGO (31): Estado de México: 7.5 km E Tenango de Arista, 2600m., (9; ENCB); 5 km S Santiago Tianguistengo, 2620 m., (14; ENCB); 7 km SE S.N. Coatepec, 2740., (8; ENCB).

GRUPO ZEMPOALA (51): Distrito federal: 2.5 km S, 2 km W Parres, 2900 m., (1; ENCB); La Cima, (2; ENCB); Morelos: Lagunas de Zempoala, 3 km N, 5 km W Huitzilac, (35; UAMI); 10.3 km NE Tres Marías (7); 5 km N Tres Marías, (3; ENCB); 4 km N, 1.5 km E Tres Marías, 3000 m., (2; ENCB); Cañada de Atzompa, Huitzilac, (1, ENCB).

GRUPO AMECAMECA (84): Estado de México: 3 km N, 6 km E Amecameca, (9; UAMI); 7 km NE Amecameca, (28; UAMI); 2 km N, 4 km E San Pedro Nejapa, (13; UAMI); 4 km SE San Rafael, 2600 m., (8; ENCB); 1.5 km S, 5 km E San Rafael, 3000 m., (2; ENCB); 2 km N Amecameca, (13; ENCB); 2.1 km E San Pedro Nejapa, 2750 m., (5; ENCB); 7 km SE San Pedro Nejapa, 3810 m., (5; ENCB); 3.5 km N, 1.5 km W Tepetlixpa, 2400 m., (1; ENCB).

GRUPO HUEYAPAN (25): Morelos: 6.5 km N, 1 km E Hueyapan, (25; ENCB).

GRUPO OAXACA (36): Oaxaca: Cerro San Felipe, 14.5 km N, 9 km E, Oaxaca, (25; UAMI); Cerro San Felipe, 15 km NE Oaxaca, 9500 ft., (1; IBUNAM); Roo-Too, 4 km W San Antonio Cuajimolyas, Mpio. San Miguel Amatlán, 3130 m., (4; CIIDIR-OAX); Nuevo Zoquiapan, 15.25 km SW Nuevo Zoquiapan, 2525 m.m (3; CIIDIR-OAX); Ojo de Agua, 2.3 Km W San Antonio Cuajimoloyas, Municipio San Miguel Amatlán, 3173 m., (2; CIIDIR-OAX); 20.75 km N, 0.75 km E Oaxaca, 3000 m., (1; CIIDIR-OAX).
