

EVALUACIÓN DEL USO DE LAS MEDIDAS EXTERNAS ESTÁNDAR EN LOS ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS DE MAMÍFEROS

JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO*

RESUMEN

En los trabajos publicados en mastozoología sobre análisis morfométricos no existe homogeneidad en la decisión de incluir o no las medidas externas estándar (longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata y longitud de la oreja) en dichos análisis, y en los trabajos en que se decidió hacerlo, se incluyen sólo algunas sin que en la mayoría de los casos sean explícitas las razones de dicha elección. En este trabajo se analiza si las medidas externas de una muestra cumplen con los supuestos de las técnicas de análisis estadístico a las que por lo común son sometidas: normalidades univariadas y multivariadas, así como las correlaciones entre estas variables. Se analizan también las diferencias entre las medidas tomadas por los preparadores, la homogeneidad de matrices de varianza-covarianza y la cantidad de varianza debida a este factor. El estudio fue realizado con una muestra de *Peromyscus melanotis* (Rodentia, Muroidea) recientemente utilizada en un análisis de variación geográfica. Los resultados obtenidos señalan que en general, estas variables no satisfacen los supuestos de las pruebas en que son empleadas, además de que existe diferencia estadísticamente significativa en la forma de tomar algunas de las medidas por los diferentes preparadores, siendo considerable la varianza asignable a este factor dentro de la muestra. Los resultados, junto con sus implicaciones metodológicas, hacen de las medidas externas un conjunto de variables poco recomendable en análisis morfométricos.

Palabras clave: Morfometría, variables externas, *Peromyscus melanotis*.

ABSTRACT

There is a lack of uniformity about whether to include standard external measurements (total length, lengths of hindfoot, tail, and ear) in morphometric

* Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM, Apartado postal 70-153, 04510 México, D.F.

analysis of mammals; when such measurements are included, the reasons for choosing ones over the others is not usually stated. This study analyzed whether external measurements of a sample satisfy the assumptions commonly used in statistical analysis: Univariate and multivariate normalities, as well as the correlation among these variables. Differences between measurements taken by different preparators and the variance due to this factor, as well as a variance-covariance matrix homogeneity, are also analyzed. This study uses a sample of *Peromyscus melanotis* (Rodentia, Muroidea) that was recently used in a geographic variation analysis. In general, the results show that these variables do not satisfy the assumptions of the tests applied to them and in fact, there are significant differences among measurements taken by different preparators which produce considerable variance within sample. These results and their implications show that external measurements are not recommendable for morphometric analysis.

Key words: Morphometrics, external measurements, *Peromyscus melanotis*.

INTRODUCCIÓN

Una gran cantidad de estudios evolutivos y especialmente sistemáticos, basan sus conclusiones en los resultados de análisis estadísticos que tienen como objetivo evaluar la variabilidad morfométrica de una muestra para poder realizar inferencias sobre la población a la cual pertenece con base en una serie de caracteres tanto cuantitativos como cualitativos. En el caso de los mamíferos, se emplean básicamente las medidas somáticas y las craneales (Hall, 1981), así como caracteres esqueléticos. Cabe mencionar sin embargo, que la medición de los caracteres somáticos externos consignados en las etiquetas de los ejemplares albergados en las colecciones ha sido realizada por varias personas durante la preparación de éstos y, a diferencia de éstas, las medidas craneales son tomadas por una sola persona. De hecho, en la realización de estudios morfométricos, es común la revisión de ejemplares de distintos museos que por lo tanto han sido preparados y medidos por distintas personas. Por lo que es de interés preguntarse, ¿Qué tanta variación es inherente a un taxon en particular y cuánta a la forma particular de tomar las medidas somáticas? ¿Cuál es la influencia de esta variación en los análisis estadísticos comunmente empleados? ¿Cumplen éstas variables los supuestos de los métodos de análisis en que son considerados? Existen pocos trabajos que se hayan ocupado de responder estas preguntas *ex profeso* y cuando lo han hecho, las conclusiones son contradictorias. Lee (1990) demostró que la variabilidad intra-observador en los caracteres merísticos tiene una considerable importancia en los resultados y conclusiones finales de diversos estudios. Por su parte, Huckaby (1980), Carleton (1977) y Levenson & Hoffmann (1984), en sus respectivos análisis, eliminan una o dos medidas externas por considerarlas muy variables; aunque no comprueban estadísticamente esta aseveración. Xia & Millar (1987) estudiaron la variación entre las medidas tomadas por dos preparadores y encon-

traron diferencias estadísticamente significativas entre ambas, tanto en las medias como en las varianzas. Contrariamente, Van Valen (1965) señaló que los mismos rasgos morfológicos medidos por diferentes personas, utilizando diferentes técnicas pueden diferir en medias pero no en varianzas.

Es común encontrar trabajos acerca de variación morfológica, geográfica e intrapoblacional en los que se consideran tanto las medidas somáticas externas como las medidas craneales en los análisis multivariados (Carleton, 1979; Carleton *et al.*, 1982; Sugg *et al.*, 1990; Williams & Ramírez Pulido, 1984), mientras que en otros trabajos sólo se emplean los caracteres somáticos a nivel descriptivo y se les excluye de los análisis más finos (Diersing, 1976; Hamilton & Heidt, 1984; Hoffmeister, 1951; Lindsay, 1987; Macedo & Mares, 1987; Patterson & Heaney, 1987; Schmidly, 1972; Schmidly *et al.*, 1988). Salvo algunos casos, no se explica el por qué se eliminan estos caracteres de análisis más finos y cuándo sólo se emplean algunos de ellos, tampoco se explica por qué se les consideró en el análisis y se excluyó a los restantes.

Los análisis estadísticos más comunes en los estudios morfométricos son el análisis de varianza uni- y multivariado, métodos de ordenación como el análisis de componentes principales, análisis de factores, análisis discriminantes y métodos de clasificación como los distintos tipos de agrupamientos, los cuales tienen en común un grupo de suposiciones estadísticas básicas, bajo las cuales son herramientas poderosas. En términos generales se pueden mencionar entre los supuestos más importantes: el muestreo aleatorio; el que los datos presenten una distribución normal univariada y/o multivariada; una estructura de varianza-covarianza homogénea, además de independencia entre variables mediante una baja o nula correlación (Manly, 1986; Neff & Marcus, 1980; Pielou, 1984; Reyment *et al.*, 1984). Algunas de las técnicas estadísticas, sin embargo, pueden ser relativamente poco sensibles a la violación de alguno de los supuestos (*e. g.*, el análisis de componentes principales no requiere que la distribución de los datos sea del tipo normal).

Los objetivos de este estudio son (a) analizar si los datos de las medidas somáticas consignadas en las etiquetas de la piel de cada ejemplar cumplen con los supuestos de los análisis estadísticos más comunmente empleados en estudios morfométricos: la aleatoriedad, normalidad, homogeneidad de varianza-covarianza e independencia, y (b) determinar si existe diferencia estadísticamente significativa ($P \geq 0.05$) en la forma particular de tomar las medidas externas entre distintos preparadores, así como la cuantificación de la varianza debida a este factor dentro de una muestra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en una muestra de *Peromyscus melanotis*, el cual se eligió debido a que es un taxon bien representado en las colecciones y a que es una especie monotípica cuyas poblaciones no presentan problemas taxonómicos (Martínez Coronel *et al.*, 1991).

En el estudio se emplearon las medidas externas, longitud total (LOTO), longitud de la cola (COLA), longitud de la pata (PATA) y longitud de la oreja (OREJA), de 66 machos adultos (edades 4 y 5 *sensu* Hoffmeister, 1951) de *P. melanotis* utilizados en un estudio de variación no geográfica por Martínez (1988). Además de las medidas externas estándar, se calculó la longitud del cuerpo (CUERPO), ya que es una variable que se ha utilizado en algunos de los trabajos ya citados. Con el objeto de eliminar los efectos de las variaciones estacional, geográfica, microgeográfica y sexual secundaria, así como la mayor parte de la variación ontogenética, sólo se consideraron ejemplares machos adultos procedentes de la misma localidad (Tlaxcala: 6 km S, 12 km W de Huamantla, 3220 m) y fecha (del 7 al 10 de octubre de 1985), los cuales fueron divididos en dos grupos, cada uno preparado por una misma persona: el grupo A con 49 individuos y el B con 17. De tal manera que los factores discernibles y, por lo tanto cuantificados, causantes de variación dentro de la muestra son la edad (dadas las dos categorías consideradas como adultos) y el preparador, mientras que el resto es asignable a otros factores estocásticos y a variación natural, así como otros factores no controlados, todos ellos agrupados en general como variación residual. La consignación de las medidas fue realizada por ambos preparadores con la misma técnica (Martínez, 1988; Martínez *et al.*, 1991).

Para el cálculo de los estadísticos básicos de cada una de las variables estudiadas, así como para el análisis de los patrones de distribución, correlación y comportamiento de variables sólo fueron considerados los ejemplares del preparador A, dado que fue la muestra de mayor tamaño. Los estadísticos básicos, que incluyeron tamaño de la muestra (N), valor mínimo (Min), valor máximo (Max), media (Media), desviación estándar (DS) y coeficiente de variación (CV) de cada uno de los caracteres estudiados, fueron calculados con el procedimiento MEANS del paquete Statistical Analysis System (SAS, SAS Institute Inc., 1985). Los patrones de distribución de las variables estudiadas se analizaron con el estadístico de normalidad de Shapiro & Wilks (W) con el procedimiento UNIVARIATE (SAS). Posteriormente se analizó la correlación entre variables, utilizando el procedimiento CORR (SAS).

Para el análisis de diferencias entre las medidas tomadas por distintos preparadores, se emplearon todos los ejemplares del preparador B y 17 ejemplares del preparador A, elegidos aleatoriamente, con lo que la muestra quedó conformada por el mismo número de ejemplares por cada preparador. Asimismo, con el fin de determinar si las dos muestras difieren realmente por causas naturales o por la forma en que fueron obtenidas, se analizaron previamente las medidas craneales tomadas por una misma persona mediante una prueba de t-student con el procedimiento TTEST (SAS). La homogeneidad de las varianzas entre los dos grupos de medidas fue determinada con la prueba de Van Valen (Manly, 1986).

La varianza debida a la forma de tomar las medidas externas por preparador por edad y su efecto combinado fueron cuantificados para cada una de las variables externas, así como en forma generalizada (multivariada), a partir del estadístico lambda de Wilks (la diferencia entre la unidad y el valor lambda, multi-

Cuadro 1. Estadística descriptiva y patrones de distribución normal de seis medidas externas en 49 ejemplares machos adultos de *Peromyscus melanotis*

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	DS	CV	W	P<W
LOTO	49	135.00	160.00	147.71	4.78	3.24	0.990	0.986
COLA	49	54.00	72.00	63.22	3.82	6.04	0.977	0.641
PATA	49	18.00	22.00	20.18	0.67	3.30	0.567	0.001
OREJA	49	16.00	21.00	18.49	1.02	5.53	0.920	0.003
CUERPO	49	76.00	100.00	84.49	3.74	4.43	0.921	0.003

Cuadro 2. Análisis de correlación entre seis caracteres externos en una muestra de 49 *Peromyscus melanotis* machos adultos*

	LOTO	COLA	PATA	OREJA	CUERPO
LOTO	1.000 0.000	*****	*****	*****	*****
COLA	0.642 0.000	1.000 0.000	*****	*****	*****
PATA	0.140 0.334	0.171 0.238	1.000 0.000	*****	*****
OREJA	0.020 0.887	-0.012 0.930	0.292 0.041	1.000 0.000	*****
CUERPO	0.622 0.000	-0.200 0.167	0.004 0.973	0.039 0.788	1.000 0.000

*Se muestran coeficiente de correlación (r) en la primera línea y significancia en la segunda

plicado por cien), obtenidos del análisis múltiple de varianza (MANOVA) con el procedimiento GLM (SAS).

Para determinar la influencia de la variación intrapreparador, se calculó la diferencia entre medias y coeficientes de variación de una muestra con remoción de este factor en las medidas tomadas por el preparador A, y en las obtenidas por Martínez (1988), quien no hizo remoción de este efecto. La diferencia entre ambos grupos de medidas se reporta como porcentaje para cada una de las variables. En todas las pruebas se consideró un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra los estadísticos básicos para cada variable. En la muestra analizada la DE y el CV de las medidas externas son consistentemente menores

Cuadro 3. Prueba de t-student por preparador (PREP) para cada una de las variables somáticas

Variable	PREP	N*	Media	t	DF	P>t
LOTO	A	17	147.17	1.19	32.0	0.2402
	B	17	144.52			
COLA	A	17	63.41	2.24	32.0	0.0320
	B	17	59.76			
CUERPO	A	17	83.76	-0.66	32.0	0.5125
	B	17	84.76			
PATA	A	17	20.41	0.66	32.0	0.5135
	B	17	20.11			
OREJA	A	17	18.23	-1.69	32.0	0.0989
	B	17	19.00			

*Las muestras (N) incluyen ejemplares diferentes por cada preparador

Cuadro 4. Porcentaje de varianza explicada (% de var) por cada uno de los factores analizados, a partir del estadístico lambda de Wilks

Factor	Variable					Multivariado
	LOTO	COLA	PATA	OREJA	CUERPO	
PREP						
Lambda	0.953	0.864	0.986	0.917	0.986	0.823
% de var	4.629	13.584	1.346	8.280	1.352	17.689
EDAD						
Lambda	0.921	0.986	0.995	0.994	0.925	0.901
% de var	7.805	1.343	0.433	0.524	7.461	9.819
EDAD x PREP						
Lambda	0.832	0.779	0.972	0.894	0.915	0.672
% de var	16.774	22.092	2.787	10.517	8.405	32.705
RESIDUAL						
% de var	70.790	62.979	95.432	80.677	82.781	39.785

que los encontrados por Martínez (1988) y en particular, los CV son comparables a los de algunas variables craneales usadas por ese autor. En cuanto a la comparación con las medidas craneales que consigna este autor, se encontró diferencia significativa únicamente la anchura de la placa cigomática ($t=2.35$, $P>t=0.02$).

Respecto a los patrones de distribución (Cuadro 1), de los cinco caracteres estudiados, sólo LOTO y COLA se desvían de la normalidad (LOTO $W=0.990$, $P=0.986$; COLA $W=0.977$, $P=0.641$).

Por otra parte (Cuadro 2), existe una alta correlación entre las variables que se relacionan con la longitud del cuerpo como son LOTO y COLA ($r=0.6421$, $P=0.0001$) y LOTO y CUERPO ($r=0.622$, $P=0.0001$). PATA y OREJA presentan una correlación baja ($r=0.2928$), pero significativa ($P=0.041$), mientras que hay una correlación inversa no significativa tanto entre COLA y OREJA como entre CUERPO y COLA.

En lo que respecta a la diferencia entre las medias de las variables tomadas por cada preparador, se muestra (Cuadro 3) que sólo existe diferencia estadísticamente significativa en la medida COLA ($t=2.24$, $P=0.0320$).

La prueba de Van Valen no muestra heterocedasticidad estadísticamente significativa entre las varianzas de los dos grupos de medidas analizadas ($t=0.226$, $Pt=0.589$).

En el Cuadro 4, la mayor parte de la varianza, tanto por carácter como generalizada dentro de la muestra, es de tipo residual; sin embargo, la proporción de esta varía considerablemente, va de 62.97 % en COLA hasta 95.43 % en PATA, mientras que en la forma multivariada es del 39.7 %. En cuanto a la varianza asignable al preparador, varía también considerablemente en los distintos caracteres, va desde el 4.6 % (LOTO) hasta 13.5 % (PATA) de la varianza total observada en la muestra, siendo en promedio del 5.8 % para cada variable. La varianza generalizada asignable a este factor es del 17.68 % del total observado en la muestra, prácticamente el doble de la varianza asignable a la edad y aproximadamente la mitad del efecto combinado de ambos factores.

El Cuadro 5 muestra diferencias considerables sobre todo en los valores de los CV, que son en promedio 31.7 % menores en la muestra con remoción del efecto intra-preparador, con extremos de 15.37 a 51.23 (OREJA y LOTO, respectivamente). En cuanto a las medias, éstas presentan diferencias poco considerables (3.85 % en promedio, con extremos 2.04 en COLA y 5.91 en LOTO) entre ambas muestras, siendo consistentemente menores las medidas de la muestra sin el efecto intra-preparador.

DISCUSIÓN

El que no exista diferencia entre las medidas craneales -a excepción de un carácter- confirma el hecho de que la muestra analizada realmente representa una sola población (estadística o biológica), y por tanto, la diferencia significativa encontrada en el carácter externo COLA es realmente asignable a la forma particular de tomar esta medida por cada preparador. Existen varios factores que potencialmente pueden causar esta variación, uno de ellos es el tamaño del ejemplar (Lee, 1990), siendo mayor la variación cuanto más pequeño sea el animal, y así en organismos de talla pequeña como algunos roedores, insectívoros, quirópteros y

Cuadro 5. Comparación entre las muestras con remoción de la variación intra-preparador (Santos M.) y sin ésta (Martínez C.). Se muestra la diferencia tanto entre medias como entre coeficientes de variación (CV), expresada como porcentaje (% Dif)

Estadístico	Var	Muestra		% Dif
		Martínez C.	Santos M.	
Media	LOTO	156.45	147.71	5.91
	COLA	64.51	63.22	2.04
	PATA	20.86	20.18	3.36
	OREJA	19.25	18.49	4.11
CV	LOTO	4.90	3.24	51.23
	COLA	7.50	6.04	24.17
	PATA	4.49	3.30	36.06
	OREJA	6.38	5.53	15.37

lagomorfos, será más significativa que en animales de talla mayor. Además, parece que la variación es originada también por el grado de dificultad en tomar una medida particular. En la muestra analizada, esto se ve reflejado en el único carácter craneal que difirió en forma significativa, la anchura de la placa cigomática, una medida difícil de tomar con exactitud, cuyo coeficiente de variación fue el más alto tanto de las variables externas como de las craneales (Martínez, 1988). También la habilidad de una persona en particular para tomar cierta medida puede ser fuente de variación considerable (Lee, 1990). Al cuantificar esta fuente de variación se observa que, tanto en su forma global (multivariada) como individual, la cantidad de varianza asignable a este factor es de considerable magnitud, y el adjudicar esta variación a otra causa, tal como variación sexual u ontogenética puede llevar a conclusiones erróneas.

En cuanto a la no normalidad en las distribuciones, ésta puede deberse a distintas causas, tanto naturales como metodológicas: la presencia de distintas modas o picos en un determinado carácter, ya que las muestras biológicas presentan comunmente desviaciones de la normalidad, del tipo bimodal y sesgadas (Sokal & Braumann, 1980); un tamaño de muestra inadecuado; muestras mal delimitadas en las que existan elementos extraños, entre otros factores. Hay distintos métodos para corregir y llevar estas distribuciones a una de tipo normal, tales como transformaciones, sobre todo logarítmicas; sin embargo, existe una tendencia natural a rechazar este tipo de correcciones, dado que dificultan la interpretación de los resultados (Neff & Marcus, 1980; Hand & Taylor, 1987).

Para evaluar la normalidad multivariada, existen varias pruebas para investigar esta propiedad (prueba de la esfericidad, pruebas para los eigen-valores, entre

otras) pero Neff & Marcus (1980) mencionan que no existe un consenso general acerca de qué pruebas emplear para demostrar esta propiedad. Estos mismos autores mencionan que es lógico suponer que si todas las variables presentan una distribución normal, la distribución multivariada también lo será, aunque tal aseveración debe tomarse con cautela hasta demostrar estadísticamente esta propiedad. Desafortunadamente, Gnanadesikan (1977) señala que hay una notable carencia de programas o paquetes estadísticos que incluyan pruebas para evaluar esta propiedad. En nuestro caso, dado que dos de los cinco caracteres estudiados no presentan una distribución normal, existen serias dudas acerca de la normalidad multivariada de la muestra.

Por otra parte, el inconveniente en utilizar las medidas somáticas externas junto con las medidas craneales es que en primer lugar, la precisión con que son tomadas estas medidas es distinta, ya que mientras en las primeras es de 1 mm en las segundas es mayor. Esta disparidad puede ocasionar algo similar a lo comentado por Oxnard (1978), quien menciona que en cuatro estudios distintos en los que se analizan simultáneamente medidas mandibulares, craneales y medidas individuales de dientes, se observaba una separación de grupos del orden de decenas de unidades de desviación estándar, lo cual no era coherente con lo observado en la realidad. Esto se debía fundamentalmente a una marcada disparidad entre las matrices de varianza-covarianza de los dos grupos de dimensiones. Esta matriz no balanceada puede producir diferencias artificialmente grandes, las cuales pueden atribuirse a otras causas, por error.

Para poder comparar adecuadamente las medidas craneales con las somáticas externas, es necesario el proceso de estandarización por variables, ya que se encuentran medidas en la misma escala, pero en distintos órdenes de magnitud; la estandarización lleva a todas las variables a una desviación igual a uno y una media igual a cero, estando así obligados al uso de una matriz de correlación, para la cual, a diferencia de la matriz de varianza-covarianza, se carece de pruebas de significancia e intervalos de confianza para los eigen-vectores, requeridos en estudios teóricos más finos (Reyment *et al.*, 1984). Aunque aún no existe un consenso general acerca de cuándo es preferible la estandarización de los datos, ésta no da siempre los mejores resultados (Noy-Meir *et al.*, 1975) y el uso de cualquiera de las dos matrices (varianza-covarianza o correlación) es una cuestión de criterio que compromete al investigador. De hecho, hallazgos empíricos indican que la estandarización indiscriminada en algunos casos puede ser inapropiada (Hartman, 1988). Pero si se emplean las medidas somáticas no se permite esta oportunidad de decisión por requerir necesariamente la estandarización. Finalmente, las medidas somáticas están altamente correlacionadas en la muestra estudiada y, por lo tanto, no es mucha la información que se puede obtener de ellas, ya que son medidas altamente redundantes (Huckaby, 1980).

En conclusión, debido a que el uso de estas variables provoca la pérdida de información, al obligar a la estandarización y a que además, en términos generales, no satisfacen los supuestos de las pruebas estadísticas en que son empleadas den-

tro de los análisis morfométricos, es recomendable que estas variables sean sólo consideradas en aspectos descriptivos y excluidas totalmente de análisis estadísticos más finos y sensibles. En todo caso, ser sometidas a estudios piloto antes de decidir su inclusión en análisis multivariados, esto siempre y cuando el investigador tenga oportunidad de homogeneizar su muestra con la inclusión o exclusión de ejemplares, lo cual resulta imposible cuando se trabaja con animales poco representados en las colecciones, en cuyo caso los resultados deberán ser tomados con reserva.

DEDICATORIA

A Matías Martínez Coronel, maestro y amigo que con su dedicación y paciencia despertó mi interés por el estudio de los mamíferos.

AGRADECIMIENTOS

A Joaquín Arroyo Cabrales, Celia López González, Óscar Sánchez Herrera y Héctor Gómez de Silva Garza por sus valiosos comentarios y sugerencias. A Óscar J. Polaco Ramos por su constante estímulo e interés en el desarrollo de este trabajo, a José Ramírez Pulido por permitir la revisión de los ejemplares de *P. melanotis* depositados en la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, así como a dos revisores anónimos por sus acertadas sugerencias, las cuales contribuyeron sustancialmente a mejorar la calidad de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- CARLETON, M. D. 1977. Interrelationships of populations of the *Peromyscus boylii* (Rodentia, Muridae) in western Mexico. *Occas. Papers Mus. Zool. Univ. Michigan* 675:1-47.
- CARLETON, M. D. 1979. Taxonomic status and relationship of *Peromyscus boylii* from El Salvador. *J. Mamm.* 60:280-296.
- CARLETON, M. D., D. E. WILSON, A. L. GARDNER & M. A. BOGAN. 1982. Distribution and systematics of *Peromyscus* (Mammalia, Rodentia) of Nayarit, Mexico. *Smithsonian Contrib. Zool.* 352:1-46.
- DIERSSING, V. E. 1976. An analysis of *Peromyscus difficilis* from the Mexican-United States boundary area. *Proc. Biol. Soc. Washington* 89:451-466.
- GNANADESIKAN, R. 1977. *Methods for statistical data analysis of multivariate observations*. John Wiley and Sons, New York.
- HALL, E. R. 1981. *The mammals of North America*. Vol. 2. John Wiley & Sons, New York. 601-1181 + 90 p.
- HAMILTON, M. J. & G. A. HEIDT. 1984. Microgeographic variation in the Mexican vole *Microtus mexicanus*. *Arkansas Acad. Sci. Proc.* 38:45-48.

- HARTMAN, S. E. 1988. Evaluation of some alternative procedures used in numerical systematics. *Syst. Zool.* 37:1-18.
- HOFFMEISTER, D. F. 1951. Taxonomic evolutionary study of the pinon mouse *Peromyscus truei*. *Illinois Biol. Monogr.* 21:1-103
- HUCKABY, D. G. 1980. Species limits in the *Peromyscus mexicanus* group (Mammalia: Rodentia: Muroidea). *Contrib. Sci. Los Angeles Co. Mus. Nat. Hist.* 326:1-24.
- LEE, J. C. 1990. Sources of extraneous variation of size and of interobserver variability. *Syst. Zool.* 39:31-39.
- LEVENSON, H. & R. S. HOFFMANN. 1984. Systematic relationships among taxa in the Townsend chipmunk group. *Southwestern Nat.* 29:157-168.
- LINDSAY, L. S. 1987. Geographic size and no-size variation in Rocky Mountain *Tamiasciurus hudsonicus*: significance in relation to Allen rule and vicariant biogeography. *J. Mamm.* 68:39-48.
- MACEDO, R. H. & M. A. MARES. 1987. Geographic variation in the South American Cricetine rodent *Bolomys lasiurus*. *J. Mamm.* 68:578-594.
- MANLY, B. F. J. 1986. *Multivariate statistical methods: A primer*. Chapman and Hall Ltd., New York, 159 p.
- MARTÍNEZ, C. M. 1988. *Variación morfológica de Peromyscus melanotis (Rodentia: Muridae) en el límite sur de su distribución*. Tesis Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- MARTÍNEZ, C. M., J. RAMÍREZ-P. & T. ÁLVAREZ. 1991. Variación intrapoblacional de *Peromyscus melanotis* (Rodentia: Muridae) en el Eje Volcánico Transverso, México. *Acta Zool. Mex. (ns)* 47:1-51.
- NEFF, N. A. & L. F. MARCUS. 1980. *A survey of multivariate methods for systematics*. Privately published, New York.
- NOY-MEYR, I. D., D. WALKER & W. T. WILLIAMS. 1975. Data transformations in ecological ordination II. On the meaning of data standardization. *Ecology* 63:779-800.
- OXNARD, C. E. 1978. One biologist's view of morphometrics. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 9:219-241.
- PATTERSON, B. D. & L. R. HEANEY. 1987. A preliminary analysis of geographic variation in red-tailed chipmunks (*Eutamias ruficaudus*). *J. Mamm.* 68:782-791.
- PIELOU, E. C. 1984. *The interpretation of ecological data*. Wiley, New York, 263 p.
- REYMENT, R. A., R. F. BLACKITH & N. A. CAMPBELL. 1984. *Multivariate morphometrics*. Academic Press, London 233 p.
- SAS INSTITUTE, 1985. *SAS User's Guide: Statistics*, 5th Edition. Cary, North Carolina.
- SCHMIDLY, D. J. 1972. Geographic variation in the whiteankled mouse, *Peromyscus pectoralis*. *Southwestern Nat.* 17:113-138.
- SCHMIDLY, D. J., R. D. BRADLEY & S. P. CATO. 1988. Morphometric differentiation and taxonomy of three chromosomally characterized groups of *Peromyscus boylii* from east-central Mexico. *J. Mamm.* 69:462-480.
- SUGG, D. W., M. L. KENNEDY & G. A. HELDT. 1990. Morphologic variation in the Texas mouse *Peromyscus attwateri*. *Southwestern Nat.* 35:163-172.
- VAN VALEN, L. 1965. Morphological variation and width of ecological niche. *Amer. Nat.* 99:377-390.
- WILLIAMS, S. L. & J. RAMÍREZ-PULIDO. 1984. Morphometric variation in the volcano mouse *Peromyscus (Neotomodon) alstoni* (Mammalia: Cricetidae). *Ann. Carnegie Mus.* 53:163-183.
- XIA, X. & J. S. MILLAR. 1987. Morphological variation in deer mice in relation to sex and habitat. *Can. J. Zool.* 65:527-533.