

VARIACION MORFOMETRICA EN *PEROMYSCUS SPICILEGUS* (RODENTIA: CRICETINAE) EN LA PARTE NORDESTE DE JALISCO, MEXICO

VÍCTOR SÁNCHEZ—CORDERO*
BERNARDO VILLA-RAMÍREZ*

RESUMEN

El presente trabajo incluye aspectos sobre la variación morfológica de *Peromyscus spicilegus* en un gradiente altitudinal en la Sierra del Tuito, Jalisco, México. Se analiza la variación morfológica, somática y craneal, así como variaciones en el patrón de coloración. Las medidas somáticas y craneales muestran un incremento en las poblaciones que se distribuyen a mayor altitud, siendo la longitud total, la cola vertebral, la anchura de la caja craneal y la longitud de la hilera de los molares inferiores medidas de diferenciación altitudinal significativas; las poblaciones a mayor altitud presentan una mayor robustez craneal. No se encontraron diferencias en la morfología que sugieren que no existen diferencias morfométricas suficientes para proponer dos subespecies de *P. spicilegus* en el área de estudio. Sin embargo, se considera que éstos no deben ser el único criterio para sugerir niveles infraespecíficos en un grupo que presenta gran variedad de formas.

Palabras clave: Morfometría, taxonomía, *Peromyscus spicilegus*, Sierra Madre Occidental, Jalisco.

ABSTRACT

This study considers the morphological variation of *P. spicilegus* in an altitudinal gradient in the Sierra del Tuito, Jalisco, Mexico. The total body length, vertebrate tail, skull width and length of the lower molars were significantly larger in higher than lower populations. The penis gland morphology showed no differences between populations. Populations at higher elevations had a more robust skull. However, only populations at higher elevations showed a distinct character—a white color in the tip of the tail—suggesting a reproductive isolation with lower populations. Two methods using morphometrics showed that there were no minimum differences in body and skull measurements to propose subspecies between populations distributed at different altitudes.

Key words: Morphometrics, taxonomy, *Peromyscus spicilegus*, Sierra Madre Occidental, Jalisco.

INTRODUCCION

“Las formas que poseen en grado considerable el carácter de especie, pero que no son tan semejantes a otras formas, o que están estrechamente vinculadas a ellas por gradaciones intermedias que los naturalistas

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

no quieren como especies distintas, son, por varios conceptos, las más importantes para nosotros''. (Darwin, 1859, p. 92).

El género *Peromyscus* ha sido objeto de numerosos trabajos en sistemática, ya que constituye un grupo que se ha caracterizado por presentar una intensa especiación a partir del Plioceno-Pleistoceno (Dice, 1968; Hooper y Musser, 1964). Actualmente se reconocen aproximadamente 60 especies del género (Hooper, 1968; Carleton, 1980). Dentro de la clasificación del género, *Peromyscus spicilegus* pertenece al grupo *boylii*. Desde que Allen (1897) describe a *spicilegus* como una especie de *Peromyscus*, se han presentado modificaciones importantes dentro de su clasificación. Osgood (1909) propone a *spicilegus* como una subespecie de *Peromyscus boylii*. Hall y Kelson (1959), Hall (1981), Hooper (1968) también incluyen junto con otras quince subespecies dentro de *P. boylii*. Sin embargo, *P. boylii* presenta una gran variedad de formas en las cordilleras de México y constituye uno de los mayores problemas en cuanto a las relaciones de las distintas subespecies del grupo *boylii* (Alvarez, 1961). Hooper (1967) reconoce que existen subespecies de *P. boylii* que ocurren simpátricamente, sugiriendo que más de una especie está representada en *P. boylii*.

En la región montañosa del oeste de Durango, Osgood (1909) reconoce tres subespecies de *P. boylii*-*P. b. rowleyi*, *P. b. spicilegus* y *P. B. simulus* y señala que *P. b. rowleyi* se distribuye en la parte este de la Sierra Madre Occidental (SMO), teniendo una coloración más clara y las medidas somáticas y craneales intermedias en comparación con las otras dos subespecies (Drake, 1958). *P. b. spicilegus* ocupa la región oeste de la SMO, presentando un color más oscuro; sus medidas somáticas y craneales son más grandes y posee una cresta supraorbital. *P. b. simulus* se distribuye en las partes bajas de Sinaloa y Nayarit, siendo su pelaje más rico en color que *P. b. spicilegus*. Sus medidas son las más pequeñas y tiene ligeramente desarrollada una cresta supraorbital.

Tomando en cuenta esta variación geográfica, Hooper (1968) considera a *P. boylii* como una especie polifilética formada por varios grupos de poblaciones que puede o no hibridizarse. Al efectuar un transecto este-oeste al través de la SMO, Baker y Greer (1962) indican que existen dos zonas de intergradación entre *P. b. rowleyii* y *P. b. spicilegus*, considerando las medidas craneales. Asimismo, Osgood (1909) distingue a *P. b. spicilegus* de *P. b. rowleyii* por la presencia de una incipiente cresta supraorbital.

Por otro lado, hay evidencias de que en las partes bajas de la SMO se localizan dos formas morfológicamente distintas y que han sido clasificadas como *Peromyscus simulus*. Es posible que estas formas representan a dos especies diferentes, perteneciendo una a *P. simulus* y otra a *Peromyscus spicilegus* (Hopper, 1955; Carleton, 1977). Carleton (1977), comparando poblaciones de *spicilegus* con otras subespecies de *P. boylii*, sugiere que más de una especie está representada en *P. boylii* y propone la hipótesis de que *spicilegus* representa una especie. *P. spicilegus* se distribuye en regiones montañosas de la SMO, aunque puede colectarse en bajas altitudes (Carleton, 1977; Carleton *et al.*, 1982; localidades marcadas en este trabajo). Comprende los Estados de Durango, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán (Mapa 1).

Tomando en cuenta que las poblaciones de *P. spicilegus* constituyen un problema de especiación en la SMO, este trabajo tiene por objetivos: 1. Indicar las variaciones morfológicas en un gradiente altitudinal de *P. spicilegus* en el noroeste de Jalisco, y 2. Analizar sus implicaciones taxonómicas.

Descripción del área de estudio. Situación geográfica.

El área de estudio se localiza en la vertiente del Pacífico, en la región oeste del Estado de Jalisco, que corresponde a las coordenadas 20°10' y 20°30' latitud norte y 105°25' longitud oeste, comprendidos en las sierras de El Cuale y El Tuito. En esta zona se unen las Sierras Volcánica Transversal y la SMO.

Fisiología, vegetación y clima.

El panorama fisiográfico del área de estudio es notablemente montañoso. La altitud oscila entre los 260 y los 1,950 msnm. Según Gutiérrez Vázquez (1959) el área pertenece a la Región Montañosa por la parte este y a la región de los Declives del Pacífico por la parte oeste. Miranda y Hernández (1963) señalan para esta área tres tipos de vegetación que son: bosque de pino-encino, selva media subperenifolia y selva baja caducifolia. Rzedowski y McVaugh (1966), Rzedowski (1978), mencionan que estos tipos corresponden a bosque de pino-encino, bosque tropical subdeciduo y bosque tropical deciduo, respectivamente. Se presentan tres tipos de climas (*sensu* García, 1970) en el área de estudio que corresponde a: caliente, $Aw_2(w)1$; semicálido, $(A)C(W_2)(w)b(i)g$; y templado, $C(w_2)(w)b(i')g$.

MATERIAL Y METODO

El presente estudio comprende un total de 118 ejemplares, los cuales están depositados en la Colección de Mastozoología del Instituto de Biología de la UNAM y en la Estación de Investigación, Experimentación y Difusión "Chamela".

Localidades de colecta. Los sitios de colecta y el número de ejemplares colectados que comprenden el presente estudio se localizan dentro del Estado de Jalisco (Mapa 1) y son los siguientes:

- 1) Sierra El Cuale, 38 km NE (por carr.) El Tuito, 1,950 msnm; n = 28.
- 2) 32 km NE (por carr.) El Tuito, 1,870 msnm; n = 5.
- 3) 5 km W El Cuale, camino Talpa-Las Minas, 1,700 msnm; n = 38.
- 4) 15 km SW Talpa (por carr. Tomatlán-Talpa), 1,300 msnm; n = 5.
- 5) 23 km NE (por carr.) El Tuito, 1,030 msnm; n = 3.
- 6) Arroyo El Culebro, 29 km NE (por carr.) El Tuito, 985 msnm; n = 31.
- 7) 10 km NE (por carr.) El Tuito, 880 msnm; n = 4.
- 8) 9 km S (por carr.) El Tuito, 360 msnm; n = 4.

El estudio contiene los siguientes puntos:

1. Observación de la variación en los siguientes caracteres morfológicos:

Medidas somáticas y craneales. Las medidas somáticas y craneales se tomaron de acuerdo a De Blase y Martin (1975) y fueron las siguientes: Longitud total del cuerpo (LT), longitud de la cola vertebral (CV), longitud de la pata trasera (PT), longitud de la oreja (O), longitud mayor del cráneo (LC), anchura cigomática (AC), anchura interorbital (Al), anchura de la caja craneal (ACC), longitud de los nasales (LN), hile-

ra de dientes del maxilar (HDM), hilera de dientes del dentario (HDD), longitud de la mandíbula (LM), longitud del distema (LD), longitud palatal (LP).

Patrón de coloración. El patrón de coloración se basó en la observación del pelaje dorsal y ventral del cuerpo (ver Dice y Blossom, 1937), y en la presencia de una coloración blanca en la parte distal de la cola que presentan algunos ejemplares colectados a lo largo del transecto altitudinal. Los individuos que presentan la coloración blanca se indican en el texto como carácter CB (color blanco), y los que no la presentan, como carácter CN (color negro). Esta indicación corresponde solamente a las localidades donde ocurren ambas coloraciones.

Forma de la fosa pterigoidea. La diferencia de la forma de la fosa pterigoidea se cuantificó comparando las frecuencias de cada forma (ovalada o rectangular) que presentaron los ejemplares examinados. Sólo se consideraron ejemplares adultos.

Robustez craneal. Para cuantificar la robustez del cráneo se graficó la anchura cigomática contra la longitud total del cráneo. Se ajustaron los puntos a una recta por el método de regresión lineal (Spiegel, 1970, Yamane, 1974) y se obtuvieron las ecuaciones correspondientes para diferentes poblaciones. Se compararon las localidades de El Cuale y El Culebro, que corresponden a las poblaciones de mayor y menor altitud, respectivamente, y las poblaciones que presentaron el carácter CB con el carácter CN en la localidad de Talpa-Las Minas. Las regresiones se compararon usando un análisis de covarianza (ANCOVA) (Fisher y Yates, 1946).

Comparación de la morfología del pene en las poblaciones muestreadas. Se observaron las estructuras de la glándula del pene que representan caracteres importantes dentro de la sistemática del género *Peromyscus* (Hooper y Musser, 1964; Carleton, 1980).

2. Empleo de dos metodologías para diferenciar subespecies con base en valores morfométricos.

Método de la relación del coeficiente diferencial.

Mayr (1969) propone un coeficiente de diferencia (CD) que relaciona las diferencias entre las medias aritméticas con respecto a las desviaciones típicas de las muestras. Este método se basa en la observación de que a medida que el solapamiento entre dos curvas poblacionales es menor, la diferencia entre las medias aritméticas divididas por la desviación típica, es mayor.

Se obtuvo tanto para las medidas somáticas y craneales empenado la fórmula:

$$CD = \frac{Mb - Ma}{SDa + SDb} \quad b > a$$

donde

MB = media de la muestra para la población b.

Ma = media de la muestra para la población a.

SDa = desviación típica de la muestra a.

SDb = desviación típica de la muestra población b.

El CD se compara con una tabla de valores que indica los niveles subespecíficos (Mayr, 1969).

Método de la diferencia mínima significativa.

Lidicker (1976) propone la siguiente metodología tomando en cuenta las diferencias estadísticas de medidas somáticas y craneales. Consiste en la medición de una sumatoria de coeficientes de diferencias entre dos poblaciones, llamada diferencia mínima significativa (minimum significant difference, llamada difference, msd). Posteriormente se divide la diferencia de medias aritméticas entre dos poblaciones y el msd. Las fórmulas son las siguientes:

$$\text{msd} = 2\text{SEa} + 2\text{SEb}$$

donde:

msd = diferencia mínima significativa.

2SEa = segunda desviación típica de la muestra de la población a.

2SEb = segunda desviación de la muestra de la población b.

$$\text{DI} = \frac{X_1 - X_2}{\text{msd}} \quad X_1 > X_2$$

donde:

DI = coeficiente de diferenciación.

X_1 = media de la muestra de la población a.

X_2 = media de la muestra de la población b.

msd = diferencia mínima significativa.

Este valor, DI, representa una media de diferenciación de un carácter entre las muestras consideradas. Una vez obtenido, se puede hacer una estimación de la diferenciación total en los caracteres estudiados, es decir $\text{DI} = \text{D1} + \text{D2} + \dots + \text{DN}$ (Lidicker, 1976).

RESULTADOS

Los ejemplares incluidos en los análisis estadísticos sólo fueron individuos adultos. Lamentablemente, no se pudo efectuar un análisis de la variación de los caracteres tomando en cuenta la estructura de edades —adultos y jóvenes—, debido al bajo número de jóvenes colectados en las localidades. Los individuos machos y hembras fueron incluidos juntos dentro de los análisis de la variación de los caracteres tomando en cuenta la estructura de edades —adultos y juveniles—, debido al bajo número de juveniles colectados en las localidades. Los individuos machos y hembras fueron incluidos juntos dentro de los análisis ya que ninguna medida somática o craneal presentó diferencias significativas entre ambos sexos ($P > 0.10$ en todos los casos). Este resultado concuerda con la mayoría de las especies del género *Peromyscus*, que en general, no presenta un dimorfismo sexual conspicuo (Carleton, 1980).

1. Resultados de las medidas somáticas y craneales.

En general, no hubo diferencias fuertemente significativas de las medidas somáticas y craneales entre las diferentes localidades. Sin embargo, se aprecia una tendencia a un aumento en la LT en las poblaciones a mayor altitud. La población que presentó una media aritmética mayor fue la de El Cuale, y la menor la de El Culebro, que corresponden a las localidades de mayor y menor altitud, respectivamente. Asimismo, el C.V. fue de menor tamaño en las poblaciones a menor que a mayor altitud. No hubo diferencias significativas de la PT y O entre las localidades. Por otro lado, las poblaciones de El Cuale y El Culebro presentaron la menor variación en las medidas somáticas, en tanto las poblaciones con el carácter CB y CN presentaron los valores más altos del C.V. (Tabla 1). Las medidas craneales presentaron también pocas diferencias significativas entre las diferentes localidades. Solamente, la ACC y la HMI mostraron diferencias significativas; las poblaciones a menor altitud tuvieron las medias aritméticas más bajas en ambas variables. En general, las medidas craneales presentaron una menor variación que las somáticas (Tabla 1).

Patrón de coloración. En general, el patrón de coloración del pelaje en las diferentes localidades fue homogéneo. A continuación se da una breve descripción de las principales características de la coloración que corresponde a la mayoría de los ejemplares colectados. La parte dorsal del cuerpo presenta una coloración que va del amarillo oscuro al pardo. Se presentan manchones de pelo moreno distribuidos más o menos uniformemente a lo largo del dorso; la línea lateral es ancha y contrasta fuertemente. Algunos individuos presentan un anillo localizado entre la base de las orejas. Estas son morenas y tienen en el margen una coloración blancuzca. Las patas son de color blanco, y las traseras tienen una coloración morena. La región ventral del cuerpo es blanca cremosa y da una tonalidad grisácea a ciertos individuos. Se observa frecuentemente una mancha amarilla en la región pectoral.

La coloración de la cola muestra diferencias conspicuas. En algunas localidades, una gran proporción de ejemplares presentan un color blanco en la parte distal de la cola. La figura 1 muestra la frecuencia de esta característica en relación a las localidades ordenadas por altitud. La localidad de El Cuale presentó el mayor porcentaje de individuos con el carácter CB. A medida que se desciende en altitud, la frecuencia del carácter CB disminuye notablemente y no se presenta en ninguna localidad situada por debajo de los 1,500 msnm. (Fig. 1).

Forma de la fosa pterigoidea. Se compararon las frecuencias de ocurrencia de la forma de fosa pterigoidea (ovalada o rectangular) tomando en cuenta el número total de individuos colectados y por localidad. En cuanto al número total de individuos, la mayoría presentó una forma rectangular (X^2 , $P < 0.0001$). Sin embargo, cuando se analizaron las frecuencias por localidad, solamente la localidad de El Culebro presentó diferencias significativas (X^2 , $P < 0.0001$). Las poblaciones con carácter CB y CN en la localidad Talpa-Las Minas, así como los ejemplares de la localidad de El Cuale, no presentaron diferencias significativas (X^2 , $P > 0.25$; $P > 0.10$, respectivamente). Esto sugiere que la forma de la fosa pterigoidea es una característica que ocurre al azar en estas poblaciones, a excepción de la localidad de El Culebro.

Robustez craneal. Con el objeto de comparar la robustez craneal entre las poblaciones, se compararon las regresiones lineales que resultaron del ajuste de los puntos

dados por la anchura cigomática y la longitud total del cráneo de cada individuo. Las ecuaciones fueron las siguientes:

El Cuale: $Y = 0.24x + 6.60$; $r^2 = 0.66$, $P < 0.05$, $n = 28$

El Culebro: $Y = 0.042x + 12.82$; $r^2 = 0.62$; $P < 0.05$, $n = 31$

(F , $P < 0.005$; ANCOVA)

Talpa-Las Minas:

CB: $Y = 0.50 + 0.34$; $r^2 = 0.78$, $P < 0.0005$, $n = 15$

CN: $Y = 0.42 + 2.42$; $r^2 = 0.70$, $P < 0.005$, $n = 23$

(F , $P > 0.10$; ANCOVA).

Comparación de la morfología del pene en las poblaciones muestreadas. Se observaron las siguientes estructuras del pene que representan caracteres importantes dentro de la sistemática del grupo "boylii". En general, el báculo es un cilindro que termina en un pequeño cono cartilaginoso o punto protáctil de aproximadamente 3.0 mm. Las espinas del glande están densamente unidas decreciendo gradualmente en tamaño desde donde se sujeta el prepucio hasta la punta protráctil. Asimismo, no existe una división entre el cuerpo del pene y la punta protráctil; se observa solamente una línea divisoria insinuante. Es notoria la ausencia de láminas dorsales y ventrales, pero la glándula del pene presenta una superficie estriada.

2. Metodología de diferenciación morfométrica.

La Tabla 2 muestra los valores del coeficiente diferencial obtenidos en las comparaciones entre las poblaciones con carácter CB y CN en la localidad Talpa-Las Minas, y entre las poblaciones El Cuale y El Culebro. En general, los valores obtenidos fueron significativamente bajos para ambos casos. Los valores más claros no alcanzaron la unidad, indicando que las diferencias morfométricas entre las poblaciones fueron poco significativas. De hecho, se obtuvieron valores cercanos o iguales a cero, lo que sugiere un alto grado de sobreposición entre las medidas somáticas y craneales. Por otro lado, la Tabla 3 muestra los valores de las diferencias mínimas obtenidos para las mismas comparaciones que en el caso anterior. El valor D_i fue también significativamente bajo. Las diferencias morfométricas fueron más evidentes cuando se compararon las poblaciones que corresponden a diferentes altitudes. El valor D_i , fue en este caso de 2.51. En cambio, el valor D_i fue notoriamente menor para la comparación entre las poblaciones que presentaron el carácter CB y CN, donde D_i fue de 1.78. Estos resultados sugieren que las diferencias se deben a una variación altitudinal en las medidas, y no a una diferencia entre las poblaciones que presentaron una diferencia en el patrón de coloración de la cola.

Discusión. Los resultados de la comparación de las medidas somáticas y craneales entre las distintas localidades mostraron, en general, pocas diferencias. De un total de 14 medidas, sólo 4 —LT, CV, ACC y HMI—, mostraron diferencias significativas, particularmente entre las poblaciones distribuidas a mayor y menor altitud. Los ejemplares colectados a mayor altitud (El Cuale) tuvieron longitudes mayores en estas medidas con respecto a los ejemplares colectados a menor altitud (El Culebro). Esto sugiere que se presenta una variación morfométrica altitudinal en ciertas medidas dentro de las poblaciones muestreadas. Este patrón de variación morfométrica altitudinal se ha observado en otras especies del género *Peromyscus*. Por ejemplo, las poblaciones

a mayor altitud en *Peromyscus maniculatus* presentaron medidas somáticas y craneales que las poblaciones a menor altitud (Dunmiere, 1960). Probablemente, esta diferencia de medidas se deba a una diferencia en la estructura de edades dentro de las poblaciones a distintas altitudes. De esta manera, las poblaciones a mayor altitud tendrían proporcionalmente un mayor número de individuos adultos que las poblaciones a menor altitud. Esta distribución en la estructura de edades resultaría en diferencias significativas entre las medidas somáticas y craneales. Es importante, por tanto, considerar la edad de los individuos colectados en los análisis morfométricos (Stanley, 1978; Lawlor (1971); Myers y Carleton, 1980).

No se observaron diferencias significativas en las medidas somáticas y craneales entre las poblaciones con el carácter CB y CN en la localidad Talpa-Las Minas. Esto sugiere que no existen diferencias morfométricas entre las poblaciones que presentaron los dos patrones de coloración en la cola y que ocurren simpátricamente.

Sin embargo, la distribución altitudinal de la coloración de la cola con el carácter CB y CN muestran resultados interesantes que complican la identificación de las poblaciones muestreadas. A lo largo del gradiente altitudinal, los ejemplares con el carácter CB se colectaron en las localidades de mayor altitud, hasta los 1,700 msnm. De hecho, únicamente dos individuos sin el carácter CB se colectaron en la localidad de El Cuale, que representa menos del 10% de la muestra total en esa localidad. En las localidades situadas a menor altitud, no se colectó ningún ejemplar con el carácter CB, no obstante que el número de muestra fue bastante alto. Este patrón de coloración en la cola representa una evidencia importante para apoyar la hipótesis de que las poblaciones a mayor altitud están reproductivamente aisladas de las poblaciones a menor altitud. La coloración de la cola con el carácter CB se ha observado en otras localidades para diferentes especies del grupo *boylii*. Carleton *et al.* (1982), mencionan que varios individuos de *P. boylii* (20-25%) y *P. spicilegus* (2%) presentaron este carácter en diferentes localidades del Estado de Nayarit. Aparentemente, esta diferencia en la proporción del carácter CB entre ambas especies puede sugerir que las poblaciones distribuidas a mayor altitud (> 1,700 msnm) puedan representar a *P. boylii* y no a *P. spicilegus*. Sin embargo, las características morfológicas y las medidas somáticas y craneales de las poblaciones a mayor altitud corresponden con las descritas para *P. spicilegus* (Carleton, 1977; Carleton *et al.*, 1982). Una hipótesis alternativa es que las poblaciones a mayor altitud forman demes o razas microgeográficas que matienen un aislamiento reproductivo con respecto a las demás poblaciones circundantes. La formación de un deme o raza microgeográfica se origina cuando la frecuencia de cierto(s) gene(s) cambian en el sector de la población por algún motivo determinado. (Dice, 1933, 1940, 1942). Posteriormente se pueden desarrollar mecanismos que prevengan el entrecruzamiento entre varios genotipos, y de esta manera las razas microgeográficas pueden mantenerse, o bien, evolucionar a subespecies (Blair, 1950, 1953; Dobshansky, 1951). Este proceso aún poco entendido, ha provocado interesantes discusiones en cuanto a terminología taxonómica (e.g., deme, raza geográfica, subespecie y especie) (Blair, 1943; Dobshansky, 1940, 1951; Endler, 1977; Mayr, 1942, 1963, 1968, 1969; Pimentel, 1959; Udvardy, 1969; Wilson y Brown, 1953). Indiscutiblemente, esta hipótesis requiere de datos ecológicos de las poblaciones a diferentes altitudes, que describan la utilización del microhabitat, viabilidad de fecundidad en experimentos de hibridación, comporta-

miento copulatorio, etc. (Baker, 1968; Dice, 1968; Sumner, 1930; Wecker, 1963; Wright, 1940).

Los resultados de la forma de la fosa pterigoidea muestran que las poblaciones que se distribuyen a menor altitud, sólo presentan la forma rectangular. Sin embargo, las localidades de El Cuale y Talpa-Las Minas presentaron ambas formas (ovalada y rectangular), tanto en individuos con el carácter CB como en CN. Esto sugiere que la variación en la fosa pterigoidea es un carácter local que no permite diferenciar a las poblaciones dentro del gradiente altitudinal.

Tomando en cuenta que la pendiente en las ecuaciones indica el grado de robustez craneal en las poblaciones, se observó una pendiente significativamente menor en la localidad de El Cuale en comparación a El Cuale. Esto demuestra que las poblaciones distribuidas a menor altitud tienen un cráneo menos robusto que las que se distribuyen a mayor altitud. Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre las poblaciones con el carácter CB y CN en la localidad Talpa-Las Minas.

La morfología del pene representa un elemento importante dentro de la clasificación del género *Peromyscus* (Linzey y Layne, 1969). En particular, Carleton (1977) menciona la división de dos grupos del complejo *boylii* en la parte central de México: el primero lo integran las formas *aztecus*, *spicilegus*, *oaxacensis* y *winkelmani*; en segundo lo constituyen *levipes*, *madrensis*, *rowleyi*, *simulus* y *pectoralis*. Los ejemplares del primer grupo presentan una glándula peneal ancha con una superficie estriada y no existen láminas dorsales y ventrales. No se observaron diferencias conspicuas de los individuos colectados con la morfología peneal descrita para *P. spicilegus* (Carleton, 1977; Carleton *et al.*, 1982). La uniformidad de la morfología peneal dentro del grupo *boylii* sugiere que difícilmente los mecanismos de aislamiento resulten de un proceso mecánico en la reproducción; probablemente, el aislamiento reproductivo entre las poblaciones, si lo hay, se deba a otros factores tales como ecológicos, etológicos, etc.

2. Metodologías de diferenciación morfométrica.

Mayr (1969) menciona que en especies politípicas se cuestiona frecuentemente si las diferencias entre dos poblaciones son lo suficientemente grandes para justificar su reconocimiento como dos subespecies, basándose en un criterio morfométrico. El requisito más importante para decidir, es tener claro cual es el concepto o naturaleza de la categoría subespecífica. En caso de que las muestras sean claramente diferentes en uno o varios aspectos, se les califica como subespecies distintas. El problema surge cuando los intervalos de variación se superponen, es decir, ¿hasta qué punto es permisible una sobreposición a nivel subespecífico?

Un criterio usado comúnmente para distinguir a una subespecie con base en medidas morfométricas es lo que se conoce como "regla del 75%". De acuerdo con esto, una población es reconocida como subespecie si el 75% de sus individuos difieren del resto de los individuos previamente descritos en una subespecie. En el punto de intersección entre dos curvas que corresponda a lo anterior, el 90% de la población A será diferente del 90% de la población B. Este valor corresponde aproximadamente a 1.28 en su tabla de coeficiente de diferencias dado por Mayr (1969).

Al analizar los resultados de las dos metodologías empleadas vemos que según los coeficientes mínimos requeridos para alcanzar el nivel subespecífico, ningún dato satisface el valor mínimo, ni en las tablas de Mayr (1969) ni en los valores obtenidos empleando el método de Lidicker (1976). Sin embargo, es importante mencionar que

al comprar los coeficientes de diferenciación, éstos fueron más altos para las poblaciones con altitudes extremas (El Cuale y El Culebro), que para las poblaciones que presentaron el carácter CB y el carácter CN en la localidad Talpa-Las Minas. Esto sugiere que la variación morfométrica corresponde a un gradiente altitudinal, y que no se presenta entre las poblaciones que difieren en el patrón de coloración de la cola. Indudablemente, tanto la variación altitudinal como la geográfica representan dos fuentes de variación a considerarse necesariamente en la morfometría para caracterizar a un determinado taxón.

CONCLUSIONES

1. En cuanto a la comparación de las medidas somáticas y craneales se observa un incremento en las poblaciones que se distribuyen a mayor altitud, siendo la longitud total, la cola vertebral, la anchura de la caja craneal y la longitud de la hilera de molares inferiores, medidas de diferenciación altitudinal significativas.

2. La variación en la forma de la fosa pterigoidea es un fenómeno local que se presenta al azar dentro de las poblaciones muestreadas.

3. En cuanto a la robustez craneal, las poblaciones distribuidas a mayor altitud presentan un cráneo más robusto que las poblaciones a menor altitud.

4. La morfología del pene fue muy semejante en los individuos examinados, correspondiendo a la citada por la literatura para *P. spicilegus*.

5. La presencia de poblaciones que presentan una coloración blancuzca en la punta de la cola sólo en las partes altas del área de estudio, sugiere que éstas están reproductivamente aisladas de las poblaciones a menor altitud.

6. Los métodos morfométricos empleados sugieren que las diferencias en las medidas no son mínimas suficientes para separar a las poblaciones a nivel subespecífico. Sin embargo, se considera que éstos no deben ser el único criterio para sugerir niveles infraespecíficos en un grupo que presenta gran variedad de formas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a M. Canela Rojo por su cooperación y entusiasmo en la elaboración del trabajo. Al Dr. Cornelio Sánchez H. por su apoyo y colaboración en el desarrollo del trabajo. Asimismo, agradecemos a los biólogos M. A. Gurrola, A. Solís, A. Núñez Garduño y R. Martínez por su ayuda desinteresada en la colecta del material. Finalmente, al M. en C. A. Pérez Jiménez, jefe de la Estación de Investigación, Expefimentación y Difusión "Chamela" por la ayuda y apoyo prestados durante la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, J., 1897. Further notes on mammals collected in Mexico by Dr. Audley, with descriptions of new species. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 9: 47-58.
- ALVAREZ, T., 1961. Taxonomic status of some mice of the *Peromyscus boylii* group in eastern Mexico, with description of a new subspecies. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.*, 14: 111-120.

- BAKER, R. H., 1968. Habitats and Distribution. In: *Biology of Peromyscus. The Amer. Soc. of Mamm. Special Publ. No. 2.*
- y J. K. GREER, 1962. Mammals of the Mexican State of Durango. *Publ. Mus. Michigan State Univ.* 2, No. 2.
- BLAIR, W. F., 1943. Criteria for species and their subdivisions from the point of view of genetics. *Ann. N. Y. Sci.*, 179-188.
- , 1950. Ecological factors in speciation in *Peromyscus*. *Evolution*.
- , 1953. Factors affecting gene exchange between populations in the *P. maniculatus* group. *Texas Jour. Sci.*, 5: 17-33.
- CARLETON, M. D., 1977. Interrelationships of populations of the *Peromyscus boylii* species group (Rodentia, Muridae) in western Mexico. *Occas. Pap. Univ. Michigan Mus. Zool.* 675: 1-47.
- , 1980. Phylogenetic relationships in Neotomine-Peromyscine Rodents (Muroidea) and a reappraisal of the dichotomy within. *New World Cricetinae. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan* No. 157: 1-40.
- CARLETON, M. D. WILSON, A. GARDNER y M. BOGAN, 1982. Distribution and Systematics of *Peromyscus* (Mammalia: Rodentia) of Nayarit, México. *Smithsonian Contributions to Zoology* No. 352.
- DE BLASE, A. y R. MARTIN, 1975. *A manual of Mammalogy with keys to families of the world*. Wm. C. Brown Co. Publ. Dubuque, Iowa, 297-301.
- DICE, L. R., 1933. Fertility relationships between some of the species and subspecies of mice of the genus *Peromyscus*. *Jour. Mamm.*, 14: 298-305.
- , 1940. The relation of genetics to geographical distribution and speciation. *Amer. Nat.*, 74: 753-755.
- , 1942. Ecological distribution of *Peromyscus* and *Neotoma* in parts of New Mexico. *Ecology*, 23: 199-208.
- , 1968. Speciation. In: *Biology of Peromyscus. The Amer. Soc. of Mamm. Special Publ. No. 2*, 593 pp.
- y P. M. BLOSSOM, 1937. Studies of mammalian ecology in southwestern North America, with special attention to the colors of desert mammals. *Publ. Carnegie Inst. Washington*, 485: 1-125.
- DOBSHANSKY, T. H., 1940. Speciation as a stage in evolutionary divergence. *Amer. Nat.*, 74: 312-321.
- , 1951. *Genetics and the origin of species*. Ed. Columbia Univ. Press., 364 pp.
- , 1956. What is an adaptive trait? *Amer. Nat.*, 90: 337-347.
- DRAKE, J. J., 1958. The brush mouse *Peromyscus boylii* in southern Durango. *Publ. Mus. Michigan State Univ.*, Vol. 1, No. 3.
- DUNMIERE, W. W., 1960. An altitudinal survey of reproduction in *P. maniculatus* *Ecology* 41(1): 174-182.
- ENDLER, J. A., 1977. Geographic variation. Speciation and Clines. Ed. Monogr. In: *Population Biology*, No. 10, Princeton Univ. Press. 246 pp.
- FISHER, R. A. y F. YATES, 1946. *Statistical table for biological agricultural and medical research*. Oliver and Boyd. Edimburgo. 420 pp.
- GARCÍA, A. E., 1973. *Modificaciones en sistema de clasificación climática de Koepfen*. Inst. Geog. UNAM, 2a. ed. 230 pp.
- GUTIÉRREZ VÁZQUEZ, M. T., 1959. Geografía física de Jalisco. Tesis Prof. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 133 pp.
- HALL, R. E., 1981. *The Mammals of North America*. The Ronald Press Co. 2 Vols.
- HOOVER, E. T., 1955. Notes on mammals of western Mexico. *Occas. Pap. Mus. Zool. Univ. Michigan*, No. 565.
- , 1967. Dental patterns in mice of the genus *Peromyscus*. *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan*, 99: 1-59, 24 Figs.
- , 1968. Classification. In: *Biology of Peromyscus. The Amer. Soc. of Mamm. Special Publ. No. 2*, 593 pp.
- y G. G. MUSSER, 1964. Notes on classification of the rodent genus *Peromyscus*. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Michigan*, 635: 1-13.
- LAWLOR, T. E., 1971. Distribution and relationships of six species of *Peromyscus* in Baja California and Sonora, Mexico. *Occ. Pap. Zool. Univ. Michigan*, No. 661.
- LIDICKER, W. Z. JR., 1976. The nature of subspecies boundaries in a desert rodent and its implications for subspecies taxonomy. In: *Selected Readings in Mammalogy*. Ed. Mus. Nat. Hist., Univ. Kansas, No. 5: 17-28.
- MAYR, E., 1942. *Systematic and the origin of species*. Columbia Univ. Press, N. Y., 334 pp.
- , 1963. *Animal species and evolution*. Harvard Univ. Press. 797 pp.
- , 1968. The role of systematics in biology. *Science*, 159: 595-599.
- , 1969. *Principles of systematic zoology*. Ed. McGraw Hill Inc., 428 pp.

- MYERS, P. y M. D. CARLETON, 1981. The species of *Oryzomys* in Paraguay and the identity of Azara's "Rat sixieme ou Rat a Tarse Noir". Misc. Publ. Mus. Univ. Mich. No. 161.
- OSGOOD, W. H., 1909. Revision of the mice of the American genus *Peromyscus*. *N. Amer. Fauna*, 28: 1-285.
- PIMENTEL, R. A., 1959. Mendelian infraespecific divergence levels and their analysis. *Syst. Zool.*, 10: 118-39.
- RZEDOWSKI, J. y R. McVAUGH, 1966. La vegetación de Nueva Galicia. *Contrib. Herbarium Univ. Michigan*, 9: 1-123.
- , 1978. *La vegetación de México*. Ed. Limusa. 432 pp.
- SIMPSON, G. G., 1964. Species density of North American mammals. *Syst. Zool.*, 13: 57-73. 5 Figs.
- , 1969. *Principles of animal taxonomy*. Columbia Univ. Press, 247 pp.
- STANLEY, D. O., 1978. Variance partitioning and nongeographic variation. *J. Mamm.*, 59: 1-11.
- SUMNER, F. B., 1930. Genetic and distributional studies of three subspecies of *Peromyscus*. *Jour. Gen.*, 23: 275-76.
- UDVARDY, M. D. F. *Dynamic Zoogeography*. Ed. Van Nostrand R. 445 pp.
- SPIEGEL, M., 1970. Estadística. Ed. McGraw Hill de México, 370 pp.
- WECKER, S. C., 1963. The role of early experience in habitat selection by the prairie deer-mouse *P. maniculatus bairdii*. *Ecol. Monogr.*, 33: 307-35. 14 Figs.
- WILSON, E. O. y BROWN, JR., 1953. The subspecies concept and its taxonomic application. *Syst. Zool.*, 2: 97-111.
- WRIGHT, S., 1940. Breeding structure of population in relation to speciation. *Amer. Nat.*, 74: 232-48.
- YAMANE, T., 1974. Estadística. Harla, S. A. de C. V. Harper y Row Latinoamericana. México, 370 pp.

Tabla 1. Valores de las medidas somáticas y craneales (en mm) para las localidades muestreadas. Las siglas CB y CN se refieren a los individuos colectados en la localidad 3, con y sin el carácter de la coloración blanca en la parte distal de la cola, respectivamente. I = intervalo; x = media aritmética; C.V. = coeficiente de variación; * = $P < 0.05$.

Localidad		LT	CV	PT	O
1	I	180.0-219.0	87.0-117.0	18.0-22.0	26.4-29.6
	x	197.7*	97.2*	22.6	20.4
	C.V.	6.1	6.8	3.6	4.9
3 CB	I	178.0-214.0	88.0-16.0	18.0-24.0	18.0-20.0
	x	190.7	96.7	22.4	19.7
	C.V.	6.8	6.7	8.8	3.8
3 CN	I	175.0-217.0	88.0-110.0	20.0-23.0	17.0-20.0
	x	193.8	99.0	21.6	18.0
	C.V.	8.3	8.6	9.1	5.4
6	I	166.0-227.0	77.0-110.0	21.0-24.0	17.0-21.0
	x	187.9	84.6	21.9	18.7
	C.V.	9.6	2.4	5.6	6.2

LC	LN	AC	ACC	HMS	LM
26.4-29.6	9.7-12.9	13.4-14.2	12.6-13.1	4.1-4.5	15.5-18.1
28.2	10.3	13.9	12.7	4.3	16.6
4.3	7.2	3.4	2.1	3.3	5.7
26.2-28.7	9.4-11.5	13.6-14.9	12.1-13.5	4.1-4.8	15.4-17.5
27.1	10.3	13.9	12.9	4.4	16.5
3.2	3.3	3.4	6.3	2.9	
25.3-29.4	9.0-11.4	13.0-14.7	12.1-13.2	3.9-4.6	15.7-17.9
27.4	10.4	14.2	21.7	4.3	16.7
5.4	6.4	3.5	2.9	3.2	3.3
25.2-29.3	9.8-11.6	13.1-14.6	11.9-13.0	3.6-5.0	15.4-17.8
28.0	10.3	13.6	12.4*	4.4	16.1
3.7	5.4	5.5	2.6	1.1	4.2

Continúa tabla 1

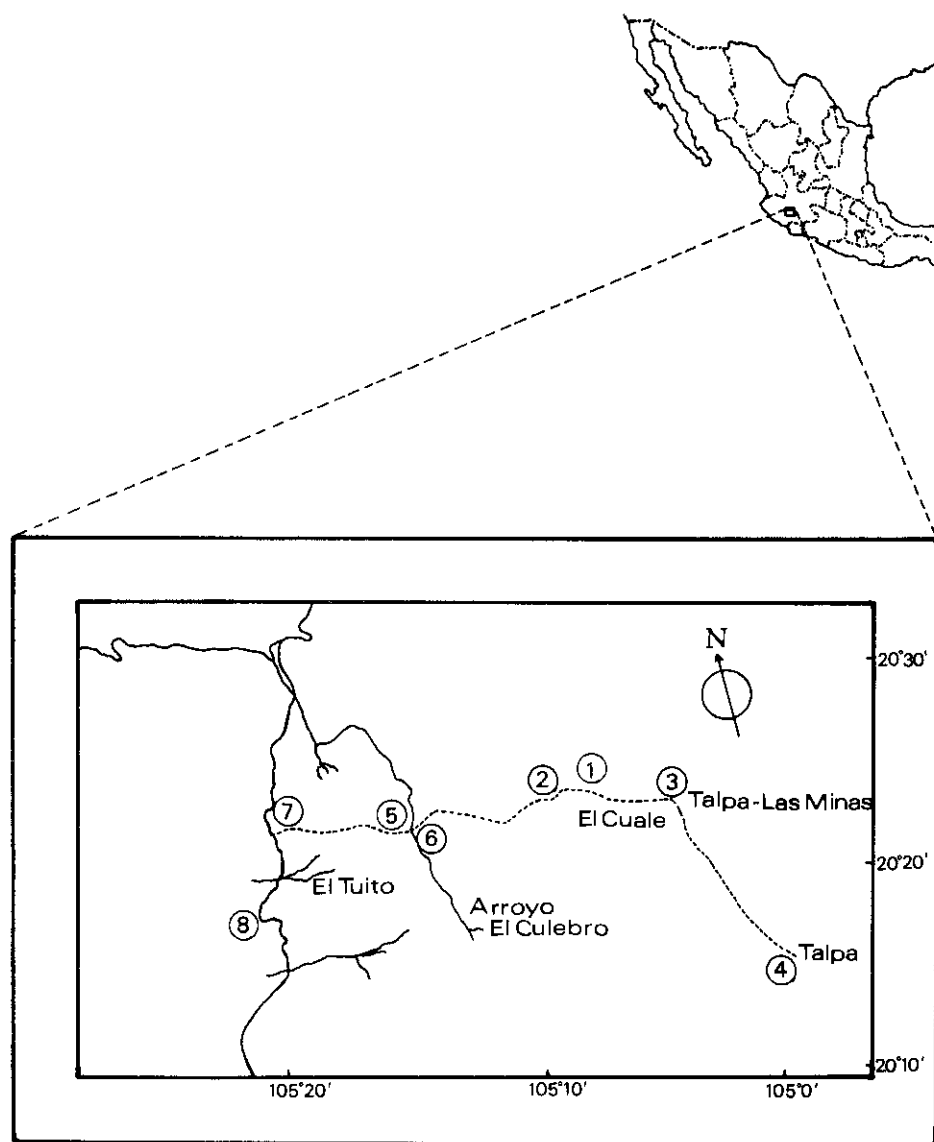
HMI	AI	AP	LD
4.1-4.9	4.3-4.7	3.3-4.1	6.4-7.5
4.4	4.5	3.6	7.0
0.1	3.5	6.1	8.4
4.2-4.6	4.2-5.0	3.5-4.1	6.5-7.0
4.4	4.6	3.6	6.8
3.2	5.2	9.7	2.8
3.8- 4.6	4.2-5.0	3.2-4.4	6.7-7.6
4.3	4.6	3.6	6.9
8.4	5.5	6.9	5.6
4.0-4.7	4.3-4.7	2.9-3.7	6.3-7.3
4.2*	4.5	3.3	6.8
6.7	2.7	8.5	5.0

Tabla 2. Coeficiente diferencial (CD) que compara las medidas somáticas y craneales de *P. spicilegus* en diferentes localidades. A. Comparación de las poblaciones de El Cuale y El Culebro que corresponden a las de mayor y menor altitud, respectivamente.

	A	B
L.T.	0.102	0.260
C.V.	0.150	0.840
P.T	0.260	0.330
O.	0.710	0.740
L.C.	0.120	0.120
L.N.	0.045	0.000
A.C.	0.260	0.260
A.C.C.	0.640	0.760
H.M.S.	0.260	0.160
H.M.I.	0.120	0.280
L.M.	0.360	0.220
A.I.	0.041	0.002
A.P.	0.050	0.590
D.	0.380	0.350

Tabla 3. Valores de las diferencias mínimas significativas para *P. spicilegus* (msd, minimum significant differences) de acuerdo a Lidicker, 1976. A y B corresponden a las poblaciones indicadas en la Tabla 2.

A. Localidad Talpa-Las Minas			
<i>LT</i> msd = 58.60 di = 0.05	<i>CV</i> msd = 29.94 di = 0.07	<i>PT</i> msd = 4.66 di = 0.17	msd = 3.76 di = 0.45
<i>LC</i> msd = 4.74 di = 0.05	<i>LN</i> msd = 2.62 di = 0.02	<i>AC</i> msd = 1.92 di = 0.13	<i>ACC</i> msd = 4.74 di = 0.03
<i>HMS</i> msd = 0.84 di = 0.13	<i>HMI</i> msd = 1.00 di = 0.06	<i>LM</i> msd = 2.08 di = 0.18	<i>AI</i> msd = 0.9 di = 0.01
<i>AP</i> msd = 0.10 di = 0.02	<i>D</i> msd = 0.44 di = 0.17	Total (Di) = 1.78	
B. Localidades El Cuale y El Culebro			
<i>LT</i> msd = 74.34 di = 0.13	<i>CV</i> msd = 29.02 di = 0.40	<i>PT</i> msd = 4.36 di = 0.16	msd = 3.45 di = 0.40
<i>LC</i> msd = 4.94 di = 0.06	<i>LN</i> msd = 2.74 di = 0.15	<i>AC</i> msd = 2.60 di = 0.38	<i>ACC</i> msd = 1.28
<i>HMS</i> msd = 0.64 di = 0.07	<i>HMI</i> msd = 1.06 di = 0.14	<i>AI</i> msd = 0.56 di = 0.10	<i>AP</i> msd = 1.04 di = 0.29
<i>LM</i> msd = 3.44 di = 0.11	<i>D</i> msd = 1.94 di = 0.12	Total (Di) = 2.51	



Situación Geográfica de las
Localidades y Climas
(García, E., 1973)

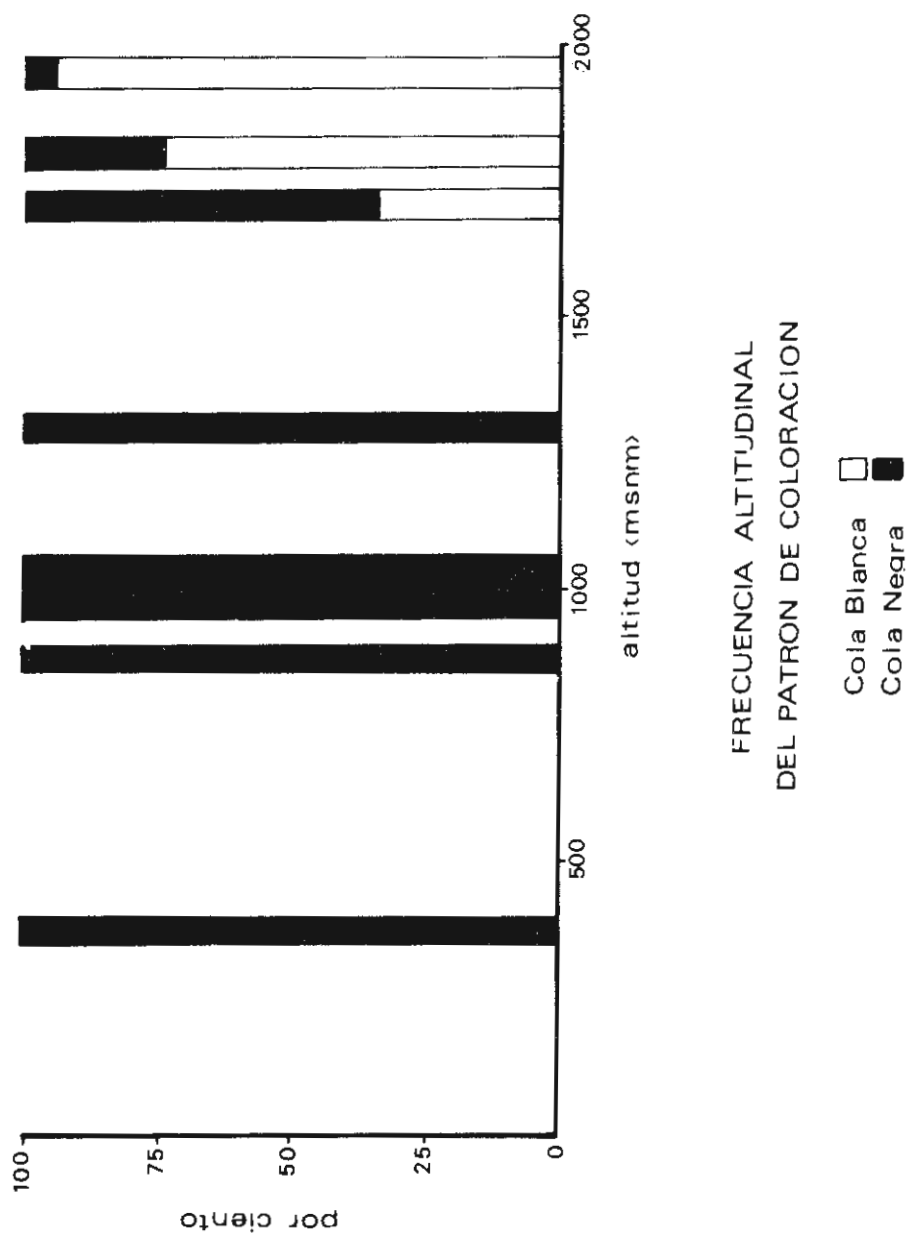


Fig. 1. Distribución altitudinal de la ocurrencia del patrón de coloración en la parte distal de la cola en *P. spicilegus* en las sierras de El Tuito y El Cuale en Jalisco, México.