

00361

19
2g.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



COMPARACION CROMOSOMICA Y MORFOMETRICA ENTRE Microtus mexicanus fulviventor y Microtus oaxacensis.

T E S I S

Que como parte de los requisitos
para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGIA)

Presenta:

JESUS MARTINEZ VAZQUEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Páginas
AGRADECIMIENTOS.	1
RESUMEN.	111
INTRODUCCION	1
MATERIALES Y METODOS	9
Cariología	10
Morfometría	16
RESULTADOS	21
Cariología	21
Morfometría.	24
Variación sexual secundaria.	24
Variación con la edad.	25
Variación interespecífica.	26
DISCUSION.	27
LITERATURA CITADA.	33

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al laboratorio de Mastozoología del Instituto de Biología de la U.N.A.M., por el apoyo y las facilidades para la realización de este trabajo. Asimismo, a todas aquellas personas quienes de alguna manera me brindaron su ayuda para la culminación de esta tesis.

Al Dr. Fernando A. Cervantes por sus valiosos consejos brindados en la dirección de esta tesis y por su constante estímulo.

Al Dr. Oscar G. Ward por su amistad, por su valiosa asesoría en el trabajo de laboratorio, asimismo, por las atenciones y facilidades dadas en mi estancia en su laboratorio de la Universidad de Arizona.

Mi más sincera gratitud a los biólogos Rosa Ma. González, Julieta Vargas, Consuelo Lorenzo y Francisco X. González, por su valiosa e invaluable ayuda en el trabajo de campo y laboratorio.

Al Sr. Raúl Martínez, por su amistad y ayuda en el trabajo de campo.

Al Sr. Demetrio por brindarme su amable ayuda y facilidades en el uso del laboratorio de fotografía.

A las Biól. Yolanda Hortelano, Carmen Resendiz, Norma Hernández y Patricia Delgado, por su amistad y ayuda en diversas etapas del presente trabajo.

Al comité de sinodales: Dr. Bernardo Villa Ramírez, Dr. Manuel Uribe Alcocer, Dra. Sandra Gómez, M en C. Ma. de los Angeles Aguilar, M en C. William López-Formet y al M en C.

Guillermo Perez Saldana, agradezco sus comentarios y sugerencias al manuscrito para enriquecer el presente estudio.

Agradezco el apoyo brindado a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), el haberme otorgado una beca para la realización de estudios de Posgrado y la terminación de esta tesis.

RESUMEN

En el presente estudio se realizó la comparación cromosómica y morfométrica entre Microtus mexicanus fulviventor y Microtus oaxacensis para comprender mejor sus relaciones filogenéticas y sus patrones de distribución geográficas. Los metorritos de ambas especies se colectaron en la Sierra de Juárez, Oaxaca. M. mexicanus fulviventor presenta un número diploide de $2n=48$ y número fundamental de 58. En cambio, M. oaxacensis tiene un $2n=30$, número fundamental de 56 y todos sus autosomas son birrámeos. Al realizar las comparaciones de bandas G entre M. mexicanus fulviventor y M. oaxacensis, se identificaron 5 fusiones céntricas, 2 fusiones tandem y 1 inversión pericéntrica.

M. mexicanus fulviventor tiene un cariotipo más similar al cariotipo primitivo y M. oaxacensis presenta un cariotipo derivado del antecesor. Sin embargo, M. oaxacensis es considerado como primitivo con base en su morfología y distribución, por lo que los rearrreglos cromosómicos de M. oaxacensis tienen lugar independientemente de la edad del linaje. Los resultados muestran que las fusiones céntricas e inversiones pericéntricas son los mecanismos más comunes involucrados en la evolución cariotípica de los arvicólidos. Las diferencias interespecíficas entre los patrones de bandas G fueron también analizadas, para entender su filogenia.

Al comparar los estadísticos de las 19 variables entre M. mexicanus fulviventor y M. oaxacensis, se observan diferencias en tamaño para los 19 caracteres que permiten distinguir a estas

especies entre sí, siendo de mayor talla M. oaxacensis que M. mexicanus fulviventris para todas las variables. Por lo tanto, los resultados indican que existen diferencias significativas entre las especies para 11 variables, lo cual demuestra que las especies son diferentes entre sí.

Es importante promover y difundir estudios cromosómicos y morfométricos en fauna silvestre, con énfasis en especies endémicas mexicanas para entender su filogenia y sistemática.

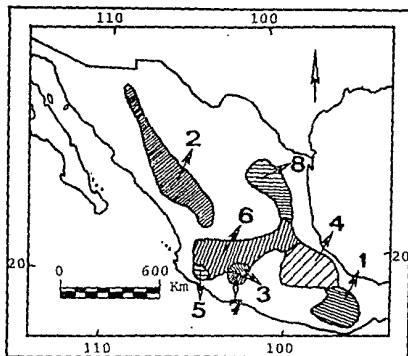
INTRODUCCION

Dentro del Orden Rodentia existen actualmente 30 familias, 418 géneros y alrededor de 1750 especies. En la familia Arvicolidae (Carleton y Musser, 1984) se incluye a los metoritos, lemmings y ratas almizcleras, es un grupo que tiene en total, 17 géneros y 125 especies distribuidos en el Hemisferio Norte. En México tenemos representados a los metoritos con siete especies: M. californicus, M. guatemalensis, M. mexicanus, M. oaxacensis, M. umbrosus, M. pennsylvanicus y M. quasiater. Estos roedores suelen tener cola corta, orificios auditivos protegidos en parte por pelo, y un aspecto regordete, con patas cortas. Los dientes molariformes suelen exhibir patrones de corona muy complejos, adaptados para masticar herbáceas y pastos (Vaughan, 1988). Los metoritos y lemmings tienen tasas reproductivas muy altas y muestran notables fluctuaciones poblacionales (Krebs et al., 1973; Garsdy y Howard, 1981).

El metorito, Microtus mexicanus fulviventis, presenta las siguientes características: longitud total del cuerpo de 152-154 mm, coloración pardo oscuro, hocico chato, orejas redondas y pequeñas, ojos conspicuos, vientre grisáceo y cola corta. Son terrestres de hábitos tanto diurnos como nocturnos y se encuentran en pastizales de bosques templados (Bailey, 1900). Existen 12 subespecies de mexicanus de las cuales ocho se distribuyen en México: M. mexicanus fulviventis, M. m. madrensis, M. m. mexicanus, M. m. neveriae, M. m. phaeus, M. m. salvus y M. m. subsimus (Ramírez-Pulido et al., 1986). La distribución de M.

mexicanus fulviventis (Fig. 1) se restringe a la parte central de Oaxaca, México (Goodwin, 1969; Hall, 1981).

Microtus oaxacensis se caracteriza por presentar dos pares de mamas pectorales y sus características son similares a M. mexicanus con algunas diferencias craneales: cráneo elongado, dientes molariformes anchos y largos, ángulo saliente, tercer molar derecho con cinco triángulos cerrados y el izquierdo con cuatro cerrados. Dorso moreno oscuro, pelos negros en la base, caja craneana grande y relativamente angosta, el borde anterior de forma cónica; área interorbital ancha y plana; supraorbital débilmente desarrollado y extendido a través de los parietales; rostro delgado y posteriormente no reducido; arco cigomático comparativamente angosto; bula timpánica pequeña y redonda; forámen palatino anterior corto y estrecho (Goodwin, 1966; Jones y Genoways, 1967). Su distribución está restringida (Fig. 2) a la Sierra Madre de Oaxaca (Hall, 1981; Hoffman y Koeppel, 1985). Se conoce poco acerca de la biología de estas especies, y puede decirse que solamente se tiene conocimiento de su existencia por sus descripciones originales. Por ende, se desconoce su genética, sus relaciones sistemáticas y su relación con los mecanismos evolutivos responsables de su especiación, así como con su distribución geográfica actual. Estas especies presentan distribución restringida que al examinarla, se puede corroborar que existen áreas donde sus poblaciones se encuentran aisladas; este patrón de distribución podría limitar las posibilidades de flujo genético entre las poblaciones, lo cual podría producir diferenciación genética y específica. Sin duda, este fenómeno se



Subespecies de Microtus mexicanus

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. <u>M. m. fulviventor</u> | 2. <u>M. m. madrensis</u> |
| 3. <u>M. m. fundatus</u> | 4. <u>M. m. mexicanus</u> |
| 5. <u>M. m. neveriae</u> | 6. <u>M. m. phaeus</u> |
| 7. <u>M. m. salvus</u> | 8. <u>M. m. subsinus</u> |

Fig. 1.- Distribucción geográfica de Microtus mexicanus (Modificado de Hall, 1981).

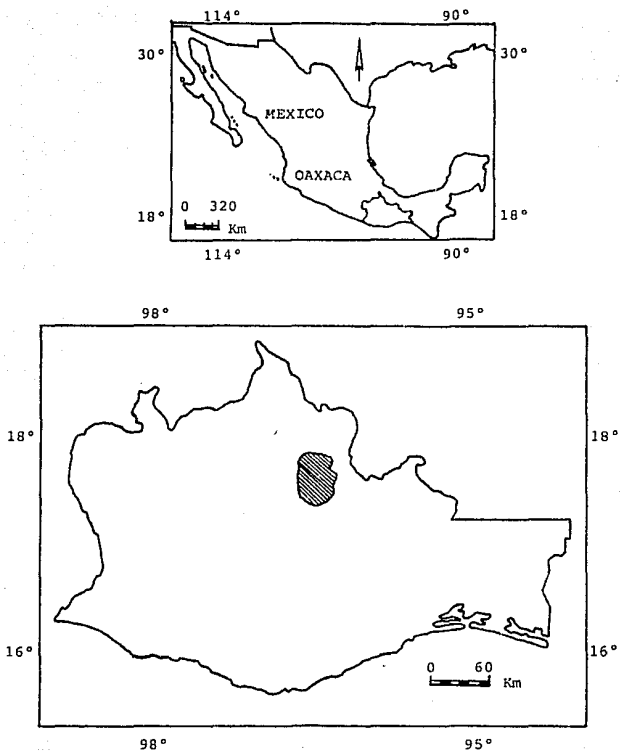


Fig. 2.- Distribución geográfica de *Microtus oxacensis*
(Modificado de Hall, 1981).

comprobaría al analizar la variación cromosómica y deducir si estas especies se encuentran en proceso de diferenciación, que se podría identificar a nivel cariológico.

El análisis cariológico es una herramienta útil en el estudio genético y sistemático de mamíferos, pues proporciona información significativa sobre su evolución y taxonomía (Beck y Kennedy, 1977); este aspecto es importante en el estudio de la evolución de las relaciones filogenéticas entre taxa. El análisis de los cariotipos que caracterizan a estas poblaciones y las relaciones intraespecíficas entre éstas, ya sean poblaciones o subespecies alopátricas, así como el estudio de dichos cariotipos en entidades interespecíficas, simpátricas o alopátricas, permitirán establecer relaciones entre los complementos cromosómicos y la posición filogenética y geográfica de la entidad taxonómica analizada.

Por tanto, al revisar cariotipos convencionales y homologías cromosómicas de bandas G y C entre especies se obtiene información que puede utilizarse para entender la evolución cromosómica y específica, así como sus posibles relaciones con la distribución geográfica de los grupos. El análisis cariotípico examina el número de cromosomas, la posición del centromero, número de brazos cromosómicos (número fundamental), la extensión y localización de segmentos heterocromáticos (distribución de heterocromatina), el organizador nucleolar, así como las constricciones secundarias y satélites, donde la citotaxonomía evalúa las semejanzas y diferencias cromosómicas entre especies y su posible relación con la especiación. Estas diferencias se

manifiestan en rearrreglos cromosómicos que pueden distribuirse y fijarse en una población entera, de tal manera que las poblaciones de una misma especie presentan características genéticas propias derivadas de presiones selectivas constantes que permiten diversas respuestas dependiendo de factores abióticos y bióticos (Huxley, 1974; White, 1973).

Los datos cromosómicos sobre Microtus mexicanus son pocos y aislados. Sin embargo, se sabe que M. mexicanus mogollonensis y M. m. guadalupensis individuos del norte presentan cuatro cromosomas menos que los que poseen poblaciones de localidades cercanas al centro y sur de su distribución (Wilhelm, 1982). Para entender esta variación del número cromosómico, Uribe et al., (1977), propusieron que alguna población antecesora de Nuevo México, E. U. A., sufrió un rearrreglo cromosómico que redujo el número $2n$ de 48 a 44; el cual pudo haber consistido de dos fusiones robertsonianas. Los autores apoyan su hipótesis considerando que los cariotipos que revisaron muestran características primitivas, entre ellas el $2n=48$. Finalmente, sugieren que es probable que ya se haya establecido un aislamiento reproductivo citológico entre las poblaciones norteñas y sureñas.

La variación cromosómica encontrada en el metorito no es única en su grupo, ya que dentro del género Microtus hay excepciones que tampoco mantienen un número cromosómico constante. Se tiene conocimiento de que existe variación geográfica en el número cromosómico diploide de M. longicaudus (Gaines, 1985), además, el polimorfismo cromosómico encontrado en

poblaciones de M. californicus sugiere que esta especie se encuentre en proceso de especiación (Gill, 1980).

El número cromosómico primitivo de arvicólidos propuesto es $2n=56$ y que la morfología cromosómica es monorrámea (Matthey, 1957). Mediante observaciones previas en Microtus se han mostrado que las fusiones céntricas juegan un papel importante en la evolución de este grupo y con menor frecuencia se presentan inversiones pericéntricas y fisiones (Nadler, 1969). El mecanismo de fusión céntrica es tal vez el rearrreglo cromosómico más común observado en los arvicólidos (Modi, 1987a), produciendo cromosomas birrámeos derivados de los monorrámeos.

Respecto a morfología y distribución geográfica se argumenta que M. mexicanus es una especie que divergió durante el Pleistoceno Tardío (Hoffmann y Koepl, 1985), por lo cual, no parece lógico que aún se encuentre en proceso de diferenciación cromosómica. También, se ha sugerido (Hoffmann y Koepl, 1985) que M. oaxacensis, especie relicta del sureste tropical de México, pudo haber aparecido en el Pleistoceno Medio, lo antiguo de esta especie hace suponer que pudiera presentar un número cromosómico primitivo, alrededor de 56 cromosomas.

El probable número cromosómico de M. mexicanus fulviventis será $2n=48$, parecido a M. m. phaeus y a M. m. mexicanus (Lee y Elder, 1977; Uribe *et al.*, 1977), el cual es menor que el número hipotético antecesor ($2n=56$) y con pocos cromosomas monorrámeos. En cambio, M. oaxacensis, si es más primitivo que M. mexicanus, presentaría un número cromosómico cercano a 56 y con mayor número de cromosomas telocéntricos que M. mexicanus. Además, puesto que

la morfología cromosómica de las especies primitivas tiende a presentar más cromosomas telocéntricos, se espera que M. mexicanus tenga un número mayor de cromosomas metacéntricos como resultado de fusiones céntricas. Los cambios en número y morfología de los cromosomas de las especies primitivas proporcionan evidencias de la evolución cariotípica de Microtus del Nuevo Mundo. Para corroborar estas predicciones, se examinaron los cariotipos de M. mexicanus fulviventer y M. oaxacensis.

El análisis morfométrico craneal es otra herramienta útil para comprender las relaciones filogenéticas entre especies (Wilhelm, 1982). La información que proporciona el análisis morfométrico es muy importante: por ejemplo, se sabe que los patrones y la cantidad de variación morfométrica encontrados en los heterómidos proporcionan elementos para definir su sistemática. Heteromys gaumeri es morfométrica y cromosómicamente distinguible del grupo H. desmarestianus y aparentemente comparte algunos caracteres primitivos con Liomys (Engstrom et al., 1987); sin embargo, en H. gaumeri no se encontró asociación alguna entre los niveles de variación morfométrica intra e interpoblacional para caracteres individuales. Por otro lado, las poblaciones de H. gaumeri fueron monomórficas cromosómicamente. La ausencia de variación tanto morfológica como cromosómica en H. gaumeri contrasta marcadamente con los patrones encontrados anteriormente para otros heterómidos. Por ello, los autores recomiendan que se reclasifique a H. gaumeri del grupo H. desmarestianus.

Existen pocas investigaciones realizadas sobre morfometría en el género Microtus. Por ejemplo, la variación altitudinal examinada en M. mexicanus de seis localidades de Jalisco indica que 17 caracteres presentan variación morfométrica entre localidades (Hamilton y Heidt, 1984), la anchura del rostro, profundidad de la caja craneana y longitud de nasales fueron los caracteres más variables; los individuos de mayor tamaño se encontraron en altitudes más bajas, en cambio los individuos más pequeños se localizaron en altitudes mayores. Es un estudio importante, pero no aporta información acerca de las relaciones sistemáticas entre las subespecies de M. mexicanus analizadas.

En una revisión más detallada para individuos de M. mexicanus pertenecientes a 4 localidades de Nuevo México (Wilhelm, 1982), se examinaron evidencias cariológicas, de morfología del esperma y báculo, electroforéticas y morfométricas. La morfología del báculo, así como atributos cromosómicos y la variabilidad genica son relativamente uniformes para los individuos de las 4 localidades. Sin embargo, en cuanto a los resultados morfométricos se encontró que las 4 poblaciones se separan en 2 grupos, correspondiendo a los mismos 2 grupos producto del análisis del esperma. En consecuencia, se propuso que el metorito de Nuevo México se encontraba pasando por un incipiente proceso de subespeciación. Lo anterior demuestra que tanto la variación cromosómica como morfométrica permiten comprender las relaciones sistemáticas entre especies.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivos examinar y evaluar la variación cromosómica y morfométrica de M.

mexicanus fulviventis y M. oaxacensis para comprender mejor sus relaciones sistemáticas, así como, sus patrones de distribución geográfica tan peculiares.

MATERIALES Y METODOS

Los metoritos de las dos especies fueron colectados vivos utilizando trampas "Sherman" (23 x 7.5 x 9 cm.) y cebo conteniendo hojuelas de avena, maíz quebrado y vainilla; se realizaron un total de ocho muestreos a partir de septiembre de 1989 a diciembre de 1990 con duración de cinco días cada uno.

La captura de Microtus mexicanus fulviventis se realizó en la Sierra de Juárez, Oaxaca, en las cercanías del aserradero Llano de las Flores perteneciente al municipio de San Juan Atepec, se obtuvieron 32 ejemplares correspondiendo a 14 machos y 18 hembras. Además, en la Sierra Mixe se atraparon 3 ejemplares (un macho y dos hembras), en la montaña del Zempoaltepetl cerca de la población de Santa María Yacochi, del municipio de Santa María Tlahuítoltepec (Fig. 3).

Los metoritos Microtus oaxacensis fueron capturados en la Sierra de Juárez, Oaxaca, cerca de la población La Esperanza, perteneciente al municipio de Santiago Comaltepec (Fig. 3), se obtuvieron 29 ejemplares de los cuales 12 fueron machos y 17 hembras.

Los metoritos se transportaron y se mantuvieron en cautiverio en el bioterio del Instituto de Fisiología Celular de la U.N.A.M. para después ser procesados en el laboratorio de Mastozoología del Instituto de Biología, U.N.A.M. Las pieles y esqueletos completos de los ejemplares de referencia se encuentran depositados en la colección Mastozoológica del Instituto de Biología, U.N.A.M., los especímenes de M. m.

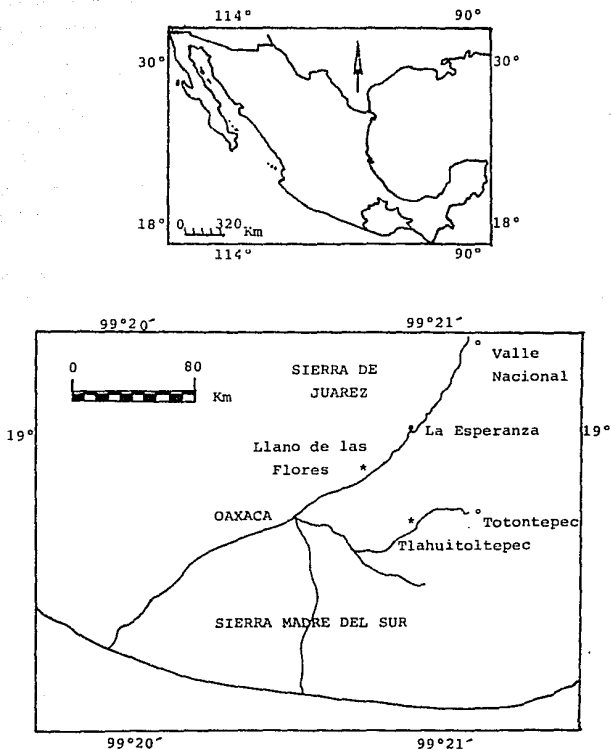


Fig. 3.- Areas de colecta de los meteoritos Microtus mexicanus fulviventris (*) y Microtus oaxacensis (*) en Oaxaca (Modificado de Robertson, Sin año).

fulviventor están catalogados con los números: IBUNAM 27440 ♂, 27441 ♀, 27442 ♂ y 27443 ♀; y los ejemplares de M. paracensis se identifican con los números: IBUNAM 27414 ♂, 27415 ♀, 27416 ♀, 27417 ♀, 27419 ♀, 27420 ♀, 27421 ♀, 27422 ♀, 27423 ♂, 27424 ♂, 27425 ♀, 27426 ♀, 27427 ♂, 27428 ♂, 27429 ♂, 27430 ♀, 27431 ♀, 27432 ♀, 27433 ♂, 27434 ♀, 27435 ♀, 27436 ♀, 27437 ♂, 27438 ♂ y 27439 ♂.

Cariología.

El cariotipo y las bandas G y C se obtuvieron utilizando el método convencional de la médula ósea (Baker et al., 1982; Baker y Qumsiyeh, 1988). El procedimiento consistió en lo siguiente: 24 horas antes de sacrificar a los meteoritos se les aplicó una inyección subcutánea de solución fresca de levadura activa en el dorso (3 g de levadura, 2 g de dextrosa, y 12 ml de agua) en dosis de 0.1 ml/10 g de peso corporal; la levadura sirve para aumentar el índice mitótico, y sólo se aplica a organismos en cautiverio. La levadura debe ser preparada momentos antes de ser usada y debe manifestarse su actividad mediante la presencia de burbujas.

Cuarenta minutos antes de ser sacrificados los meteoritos se inyectaron intraperitonealmente con solución de colchicina (Microlab) al 0.004% en una proporción de 0.1 ml por cada 10 g de peso.

Se sacrificaron a los Microtus por asfixia para extraer los fémures y las tibias. Fue necesario quitar el músculo a los huesos y cortar las epifisis en el extremo proximal con la ayuda

de tijeras, la médula se extrajo inyectando solución hipotónica (KCl 0.075 M) a 37 C con una jeringa, procurando sacar toda la médula para lo cual fue necesario inyectar ambos lados del hueso. La médula se recogió en tubos de centrifuga de 15 ml, que contenían 7 ml de solución hipotónica a 37 C. Se resuspendió con jeringas de 1 ml y agujas del número 23. Se incubaron en baño María a 37 C durante 40 min, en tubos de centrifuga con tapón, procurando agitar suavemente los tubos cuando estaban en baño María cada 10 min aproximadamente. Posteriormente se centrifugó a 800 rpm durante 8 minutos, se eliminó el sobrenadante y se resuspendió con un poco de líquido fijador en proporción al tamaño del paquete celular, para después resuspender con solución fijadora de Carnoy (Metanol absoluto y ácido acético glacial en proporción 3:1, respectivamente), ésta se aplicó cuidadosamente resbalando por la pared del tubo procurando que no cayera directamente sobre las células, y se resuspendió suavemente. Se utilizó una pipeta por cada tubo para evitar contaminación. El fijador debe prepararse 30 min antes de ser utilizado, debe estar frío y únicamente se puede usar 2 o 3 horas después de preparado.

Se colocaron los tubos conteniendo la suspensión celular en el congelador durante 24 horas. Se volvió a centrifugar a 800 rpm durante 8 min, se eliminó el sobrenadante y se resuspendió con solución fijadora fresca. Se cambia el Carnoy y se volvió a centrifugar como se hizo anteriormente hasta que el paquete celular fuera blanquecino, después se agrega solamente un poco de fijador hasta que se viera turbio y se resuspendió para homogeneizar las células.

Se dejaron caer dos o tres gotas con pipeta Pasteur del material celular sobre el portaobjetos limpio inclinado a 45° desde una altura de 80 cm y se dejaron secar a temperatura ambiente en posición inclinada. Las laminillas se observaron al microscopio Carl Zeiss de contraste de fases para asegurarse que hubiera suficientes campos con metafases.

Se tiñó con solución de Giemsa líquida (Microlab) a 1:50 durante 4 min, y las preparaciones se lavaron con agua destilada, se dejaron secar y después se observaron en el microscopio de campo claro.

Si se va a guardar en nitrógeno líquido la suspensión celular debe hacerse una vez después de agregar el fijador por primera ocasión. Únicamente se puede almacenar en este una sola vez, ya descongelado se puede mantener en el congelador por tiempo indefinido, procurando taparlo con papel Parafilm para evitar que se evapore el fijador y se seque la suspensión celular.

Para algunos organismos capturados se realizó la obtención de médula ósea en el campo, hasta la etapa de fijación de los eritrocitos y después se guardaron en nitrógeno líquido para su transportación y posteriormente se realizó su procesamiento en el laboratorio de Mastozoología del Instituto de Biología, U.N.A.M.

En la obtención de bandas G para ambas especies de Microtus se utilizó la técnica de deGrouchy y Turleau, 1977; Patton y Baker, 1978. Se utilizaron laminillas que tenían de 5 a 6 días de edad para obtener mejores resultados. Se colocaron las

preparaciones en una estufa de cultivo a 60° C durante 16 horas para deshidratar los cromosomas y lograr un mejor patrón de bandas. Se sacaron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

Las laminillas se sumergieron en un vaso Coplin que contenga solución de Tripsina Difco 0.025% durante 150 ó 180 segundos ya que fueron los tiempos donde se obtuvo mejor tinción diferencial, la Tripsina disocia la heterocromatina. Las preparaciones se sacaron y se pasaron en dos vasos Coplin que contenían solución amortiguadora de fosfatos de sodio (PBS) durante 10 veces en cada uno, para eliminar el exceso de Tripsina. Se tñeron inmediatamente sin dejar secar en colorante de Giemsa al 2% preparada según Seabright (1971) durante 4 min, está se agitó vigorosamente hasta que estuvo espumosa. Se enjuagaron brevemente en agua destilada y se dejaron secar a temperatura ambiente.

En la elaboración de bandas C para ambas especies de Microtus se utilizó el método descrito por Stefos y Arrighi, 1971; Summer et al., 1971; Arrighi y Hsu, 1971. Se utilizaron laminillas de 5 o 6 días de edad para obtener mejor patrón de bandas. Se sumergieron en un vaso Coplin con solución recién preparada de HCl 0.2 N durante 15 min para remover proteínas. El HCl se preparó cada vez que se utilizó, se lavaron con agua destilada tres veces y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Se colocaron en un vaso Coplin conteniendo solución saturada de hidróxido de bario a 45° C en baño María durante 90 ó 120 segundos ya que en estos tiempos se obtuvo mejor resultado, este compuesto actuó en la disociación de eucromatina. Después se

sumergieron en HCl 0.2 N para detener la reacción del hidróxido de bario e inmediatamente se lavaron tres veces con agua destilada y se dejaron secar al aire.

Las preparaciones se colocaron en una cámara húmeda (caja de Petri conteniendo dos hojas de papel filtro y solución salina de citrato de sodio) a pH 7.0. Debe asegurarse que tenga bastante 2xSSC para que no se seque la cámara húmeda. Se agregaron 4 gotas de 2xSSC con pipeta Pasteur a lo largo de la laminilla y se colocó un cubreobjetos en la parte central. Se incubó a 65 °C durante toda la noche.

Se sacudió la laminilla para retirar el cubreobjetos y se enjuagaron con agua destilada tres veces; posteriormente se lavaron en 2 vasos Coplin durante 5 minutos en cada uno conteniendo etanol al 70 y 95% respectivamente, para evitar la formación de cristales. Se dejaron secar a temperatura ambiente, se enjuagaron con agua destilada y se dejaron secar al aire. Después, se tñieron con colorante de Giemsa al 2% durante 7 min, se enjuagaron brevemente en agua destilada y se dejaron secar. Finalmente, se observaron en el microscopio de campo claro, es necesario e importante usar filtros de colores, de preferencia verdes para observar mejor las bandas.

Los campos seleccionados fueron fotografiados utilizando un fotomicroscopio Carl Zeiss, se utilizó película Technical Pan de alto contraste, revelador HC 110 y se imprimió en papel Kodabrome II RC de grano fino (F3). La elaboración de cariotipos e idiogramas para la comparación cromosómica fue de la siguiente manera: se seleccionaron 16 fotos correspondiendo a diferentes

ejemplares de M. mexicanus fulviventor pertenecientes a ocho hembras y ocho machos; en cambio, para M. oaxacensis se utilizaron ocho fotografías de diferentes individuos para la representación del cariotipo estándar, considerando ambos sexos en la muestra. Los cromosomas de cada una de las fotografías fueron recortados y acomodados por parejas de homólogos para construir cariotipos.

Se midieron utilizando un vernier electrónico y después se clasificaron de acuerdo a su tamaño y posición del centromero; y el número fundamental se determinó conforme al número de brazos autosómicos, utilizando el método de Al-Aish, 1969; Levan et al., 1964; Naranjo et al., 1983, respectivamente. En la elaboración del cariotipo los cromosomas se agruparon en metacéntricos, submetacéntricos, subteloicéntricos y telocéntricos; después se ordenaron de acuerdo con su longitud decreciente (Al-Aish, 1969).

La elaboración del idiograma se hizo con base en el promedio de la longitud absoluta de cada brazo del juego cromosómico. La suma de estos valores promedio fue utilizada para obtener la longitud total y, mediante ella la longitud relativa del promedio de mediciones de cada cromosoma. Este mismo idiograma se usó para trazar las bandas G.

En M. mexicanus fulviventor se midieron cinco complementos cromosómicos con bandas G, de diferentes individuos incluyendo ambos sexos en la muestra y en M. oaxacensis se midieron cinco juegos cromosómicos de diferentes ejemplares, considerando hembras y machos. Los idiogramas con bandas G se realizaron como

se describe a continuación: primero se seleccionaron aquellos cromosomas que tuvierán el mismo número de bandas en sus brazos; segundo se midió el ancho de cada banda, así como el espacio entre bandas en cada cromosoma; tercero se obtuvieron los promedios absolutos para cada banda y cada espacio entre bandas. La suma de estos valores promedio se utilizó para obtener la suma total y, mediante ella la longitud relativa para cada banda en cada cromosoma. Este procedimiento se realizó para cada especie, los cálculos se obtuvieron con la ayuda de LOTUS 123 y los idiogramas se trazaron utilizando el programa FLOW II Charting en una microcomputadora Printaform.

Morfometría

Un total de 269 especímenes de Microtus mexicanus fulviventris y 52 de Microtus oaxacensis fueron utilizados en el análisis morfométrico, considerando hembras y machos. Los metorritos examinados se encuentran depositados en las colecciones de las siguientes instituciones: American Museum of Natural History (AMNH); Museum of Natural History, Universidad de Kansas (KU); National Museum of Natural History (USNM) e Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, (IBUNAM). Cada espécimen fue asignado a una de cuatro categorías de edad (Choate y Williams, 1978), adulto viejo, adulto, subadulto y juvenil, basado en medidas externas y en los siguientes criterios:

Adulto viejo.- Caja craneana aplanada y cráneo angular;

cresta interorbital fusionada o cercanamente fusionada; borde postorbital prominente; suturas craneales fusionadas; pelaje de adulto.

Adulto.- Caja craneana delgadamente redonda y cráneo no angular; cresta interorbital no fusionada; borde postorbital prominente; suturas craneales fusionadas; pelaje de adulto.

Subadulto.- Caja craneana y cráneo distintamente redondeados; sin cresta interorbital; borde postorbital no prominentes; algunas suturas craneales fusionadas; presenta pelaje de adulto.

Juvenil.- Caja craneana y cráneo distintamente redondeados; sin cresta interorbital; borde postorbital ausente; suturas craneales no fusionadas; pelaje de juvenil.

Las cuatro medidas externas o somáticas fueron tomadas directamente del rótulo de campo y las 15 craneales se midieron utilizando un vernier electrónico Marca Mitutoyo con 0.1 mm de precisión; las medidas fueron tomadas como las definen Durrant, 1952; Armstrong, 1972; Choate y Williams, 1978; Wilhelm, 1982.

Medidas externas o somáticas:

1. (LT) Longitud total del cuerpo.- Distancia entre la parte anterior de la nariz hasta la punta de la cola vertebral.
2. (LC) Longitud de la cola vertebral.- Distancia entre la base de la cola hasta el extremo posterior de la última vertebra caudal.
3. (LPA) Longitud de la pata trasera.- Distancia entre el talón y el extremo de la última garra.

4. (LO) Longitud de la oreja.- Distancia entre la escotadura de la oreja y el extremo distal de ésta.

Medidas craneales:

5. (LMC) Longitud mayor del cráneo.- Distancia desde la parte más anterior del rostro en la base de los alveolos de los dientes incisivos, hasta el margen más posterior del cráneo.

6. (LB) Longitud basilar.- Distancia desde el margen posterior de los alveolos de los incisivos hasta el borde superior del forámen magnum.

7. (LD) Longitud del diastema.- Distancia del borde posterior del último incisivo hasta el margen anterior del primer molar.

8. (LFI) Longitud del forámen incisivo.- Distancia mayor de los forámenes anteriores.

9. (LP) Longitud del palatino.- De la parte más anterior del borde posterior del hueso palatino hasta la parte más posterior del alveolo del incisivo.

10. (LN) Longitud de nasales.- Distancia del punto más anterior de los huesos nasales hasta la parte más posterior, tomado de la línea media del cráneo.

11. (LR) Longitud del rostro.- Distancia en línea lateral al hueso lacrimal (sobre el borde de la órbita superior del arco cigomático), anteromedialmente en el extremo de los nasales del mismo lado del cráneo.

12. (LHM) Longitud de la hilera de molares del maxilar.- Distancia del borde anterior del primer molar hasta el último molar de la maxila.

13. (AC) Altura del cráneo.- Distancia del límite dorsal de la caja craneana hasta el borde ventral de la bula auditiva.

14. (AI) Anchura interorbital.- Distancia dorsal entre las órbitas, tomada dorsalmente.

15. (AZ) Anchura cigomática.- Distancia mayor entre los márgenes de los arcos cigomáticos, tomado en ángulo recto al eje del cráneo.

16. (AP) Anchura prelamboidea.- Distancia entre los márgenes medios del fenestro sobre la parte posterodorsal de los huesos escamosales.

17. (AL) Anchura lambdoidea.- Distancia entre los puntos más laterales de la cresta lambdoidea.

18. (AR) Anchura del rostro.- Distancia transversal del rostro, incluyendo el hueso nasolacrimal, anterior a la placa cigomática.

19. (PC) Profundidad de la caja craneana.- Distancia más corta del lado ventral del cráneo entre la sutura basioccipital y basisphenoides hasta la superficie dorsal del cráneo (usualmente no perpendicular al eje mayor del cráneo).

Se escogieron estas medidas porque se han utilizado en estudios previos de variación en otros arvicólidos y mostraron variación geográfica en algunas taxa (Hamilton y Heidt, 1984).

El tratamiento estadístico se realizó empleando subprogramas de Statistical Analysis System (Helwig, 1985). Los metoritos de las especies de M. mexicanus fulviventer y M. oaxacensis se analizaron estadísticamente por separado, y después entre especies aplicando los mismos procedimientos.

El primer análisis consistió en agrupar a machos y hembras correspondientes a las cuatro clases de edad con la finalidad de conocer si existen diferencias significativas entre sexos, utilizando la prueba de t de Student (cuando la aproximación de varianzas fueron desiguales), se realizó mediante la rutina T-test de Statistical Analysis System (SAS).

El análisis de varianza de una vía se utilizó para conocer en que variables existen diferencias significativas entre clases de edad, aplicando el procedimiento GLM; subsecuentemente se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan para determinar los subgrupos que se forman en cada variable. Posteriormente, se compararon las 19 variables de M. mexicanus fulviventor con las de Microtus oaxacensis, para conocer si existían diferencias significativas entre especies, se utilizó la rutina T-test del programa SAS.

RESULTADOS

Carilogía.

El metorito Microtus mexicanus fulviventer presenta un número cromosómico de $2n=48$ y un número fundamental $NF=58$ (Figs. 4 y 5). Los cromosomas birrámeos fueron cuatro pares de metacéntricos y dos pares de submetacéntricos de tamaño pequeño a grande; los cromosomas monorrámeos fueron 17 pares de telocéntricos de pequeños a grandes. El cromosoma X fue un telocéntrico grande, mientras que el cromosoma Y es un telocéntrico pequeño.

En la Tabla 1 se presentan los datos promedio de longitudes relativas (%) de los cromosomas. El idiograma que se ilustra en la Fig. 6 que se obtuvo de acuerdo a los promedios de las longitudes relativas de cada par cromosómico.

Todos los autosomas grandes y los cromosomas sexuales, muestran patrón de bandas G característico, confirmando la correcta identificación de los homólogos. Los cromosomas pequeños tienen pocas bandas G, únicamente están presentes una, dos y tres bandas (Fig. 7).

Los autosomas de M. mexicanus fulviventer manifiestan heterocromatina constitutiva (bandas C) en la región centromérica ó pericentromérica. El cromosoma X tiene heterocromatina en su región centromérica y el cromosoma Y es completamente heterocromático (Fig. 8).

El metorito Microtus oaxacensis presenta un número

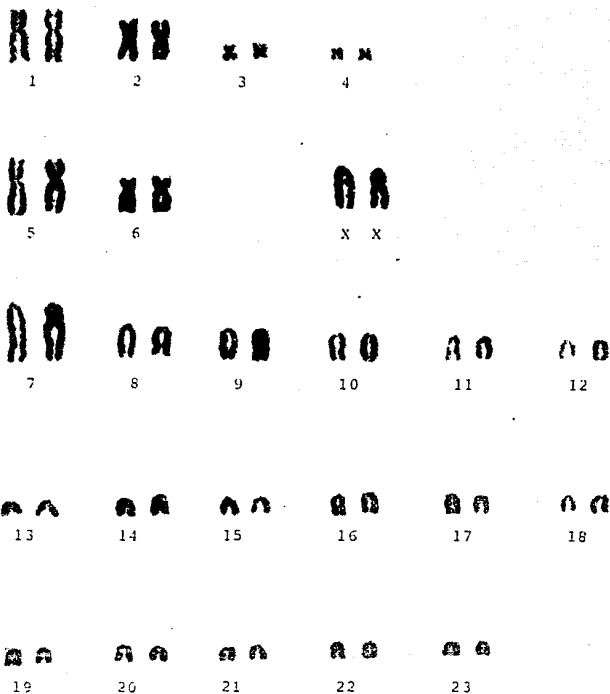


Fig. 4.- Cariotipo de una hembra de Microtus mexicanus
fulviventris (IBUNAM 27441) de 13 Km S Atepec,
 Mpio. Atepec, Oaxaca, 2820 m.

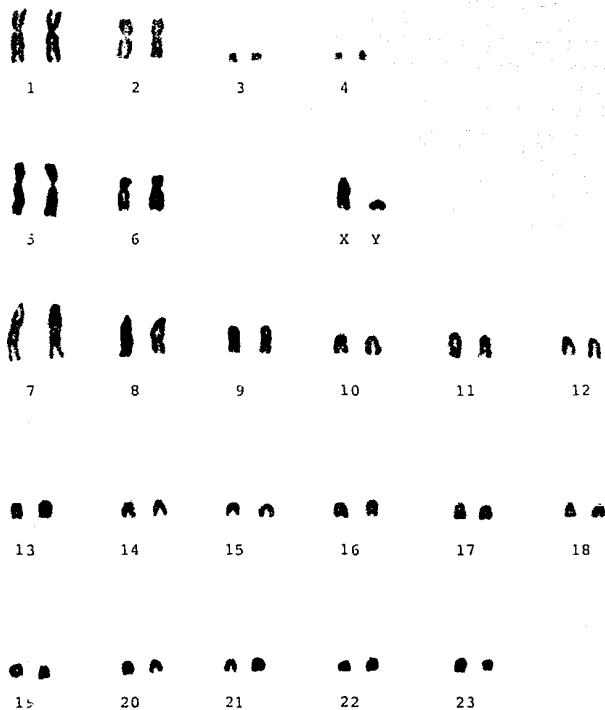


Fig. 5.- Cariotipo de un macho de Microtus mexicanus
fulviventer (IBUNAM 27440) de 13 Km S Atepec,
 Mpio. Atepec, Oaxaca, 2820 m.

Tabla 1.- Promedios relativos de los brazos cromosómicos de Microtus mexicanus fulviventer.

Par	\overline{RLp}	DSp	\overline{RLq}	DSq	$\overline{RLp+q}$	DSp+q	P. B.	Clasificación Según Levan <u>et al.</u> , 1964.
1	3.52	1.67	4.68	1.81	8.20	1.99	1.32	Metacéntrico
2	3.29	1.89	3.62	1.78	6.91	1.82	1.10	Metacéntrico
3	1.02	0.44	1.21	0.43	2.23	0.45	1.16	Metacéntrico
4	0.85	0.32	0.89	0.29	1.74	0.31	1.04	Metacéntrico
5	3.26	1.46	5.41	2.08	8.57	2.31	1.65	Submetacéntrico
6	2.34	1.55	4.45	2.58	6.79	2.49	1.90	Submetacéntrico
7			7.67	2.81	7.67	2.81		Telocéntrico
8			5.04	1.89	5.04	1.89		Telocéntrico
9			4.57	1.69	4.57	1.69		Telocéntrico
10			4.05	1.47	4.05	1.47		Telocéntrico
11			3.79	1.05	3.79	1.05		Telocéntrico
12			3.37	1.63	3.37	1.63		Telocéntrico
13			2.89	1.11	2.89	1.11		Telocéntrico
14			2.87	0.98	2.87	0.98		Telocéntrico
15			2.86	1.05	2.86	1.05		Telocéntrico
16			2.92	1.23	2.92	1.23		Telocéntrico
17			2.79	1.26	2.79	1.26		Telocéntrico
18			2.65	1.25	2.65	1.25		Telocéntrico
19			2.57	1.06	2.57	1.06		Telocéntrico
20			2.45	1.03	2.45	1.03		Telocéntrico
21			2.39	0.95	2.39	0.95		Telocéntrico
22			2.34	1.21	2.34	1.21		Telocéntrico
23			2.20	0.97	2.20	0.97		Telocéntrico
X			5.75	3.19	5.75	3.19		Telocéntrico
Y			2.27	1.67	2.27	1.67		Telocéntrico

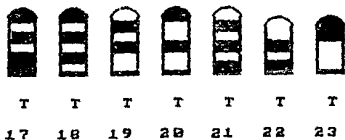
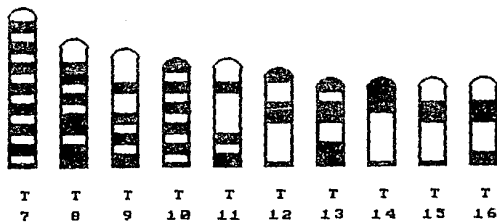
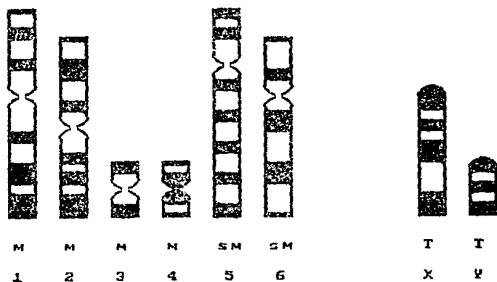
\overline{RLp} = Promedio de la longitud relativa del brazo corto.

\overline{RLq} = Promedio de la longitud relativa del brazo largo.

$\overline{RLp+q}$ = Promedio de la longitud relativa total del cromosoma.

P. B. = Proporción de brazos.

DS = Desviación estándar.



M= METACENTRICO; SM= SUBMETACENTRICO; T= TELOCENTRICO.

Fig. 6.- Idiograma con bandas G de Microtus mexicanus fulviventer.

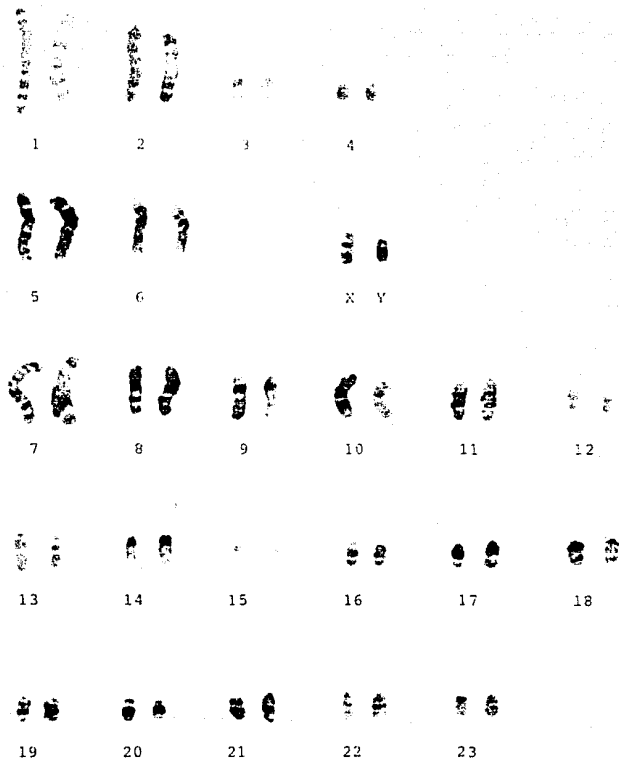


Fig. 7.- Cariotipo con bandas G de un macho de Microtus mexicanus fulviventris (IBUNAM: 27440) de 13 Km S Atepec, Mpio, Atepec, Oaxaca, 2820 m.

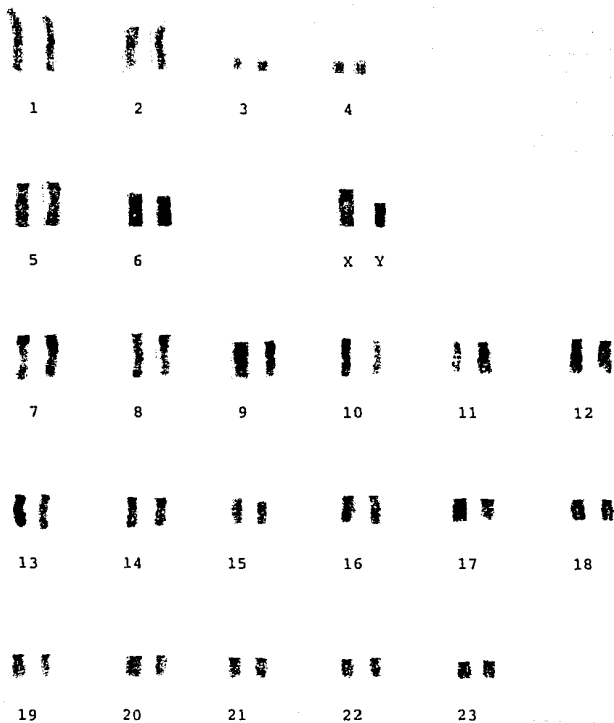


Fig. 8.- Cariotipo con bandas C de un macho de Microtus mexicanus fulviventris (IBUNAM 27440) de 13 Km S Atepec, Mpio. Atepec, Oaxaca, 2820 m.

cromosómico de $2n=30$ y un número fundamental $NF=56$ (Fig. 9 y 10). Todos los autosomas son birrámeos incluyendo 11 pares de metacéntricos de pequeños a grandes; un par submetacéntrico grande y dos pares de submetacéntricos medianos. El cromosoma X es subteloacéntrico de tamaño mediano, mientras el cromosoma Y es un telocéntrico pequeño. Los valores relativos de las medidas de los cromosomas se muestran en la Tabla 2.

En M. oaxacensis cada par de cromosomas tiene un patrón de bandas G característico, que ayudó a una correcta identificación de los cromosomas homólogos (Figs. 11 y 12), y el idiograma correspondiente se presenta en la Fig. 13.

En el cariotipo de M. oaxacensis se aprecia que nueve cromosomas presentan heterocromatina constitutiva en su región centromérica. Sin embargo, en cinco pares autosómicos aparentemente no se observa heterocromatina. El cromosoma X muestra heterocromatina en su región centromérica y el Y es totalmente heterocromático (Fig. 14).

El análisis comparativo de bandas G entre M. mexicanus fulviventis y M. oaxacensis (Fig. 15; Tabla 3) muestra que los cromosomas 2, 10 y 11 de M. oaxacensis aparentemente corresponden a los autosomas 1, 4 y 3 respectivamente, de M. mexicanus fulviventis. En cambio, se encontró semejanza en las bandas del cromosoma 3 de M. oaxacensis con las bandas del 8 y 13 de M. mexicanus fulviventis, probablemente haya ocurrido una fusión tandem. El cromosoma 4 de M. oaxacensis se parece al 16 en su brazo corto y al 12 en el brazo largo de M. mexicanus fulviventis; mediante una fusión céntrica. El brazo corto del

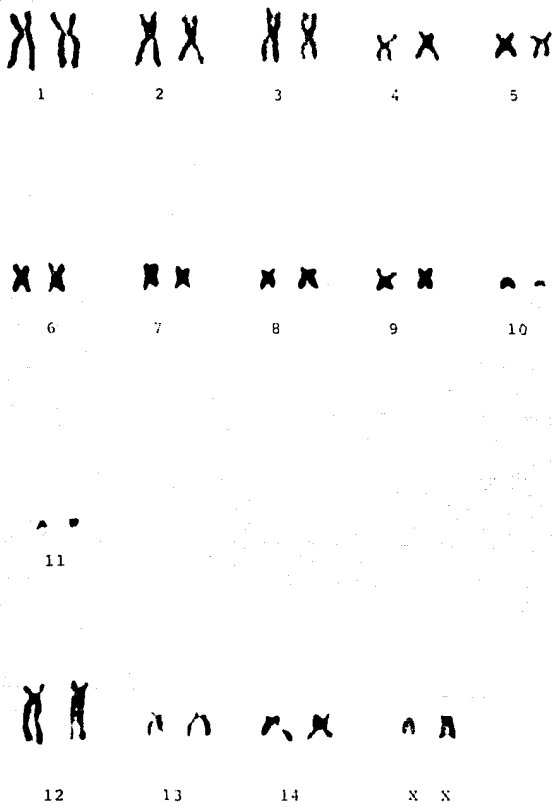


Fig. 9.- Cariotipo de una hembra de Microtus oaxacensis (IBUNAM 37419) de 11 Km SW La Esperanza, Mpio. Santiago Comaltepec, Oaxaca, 2000 m.

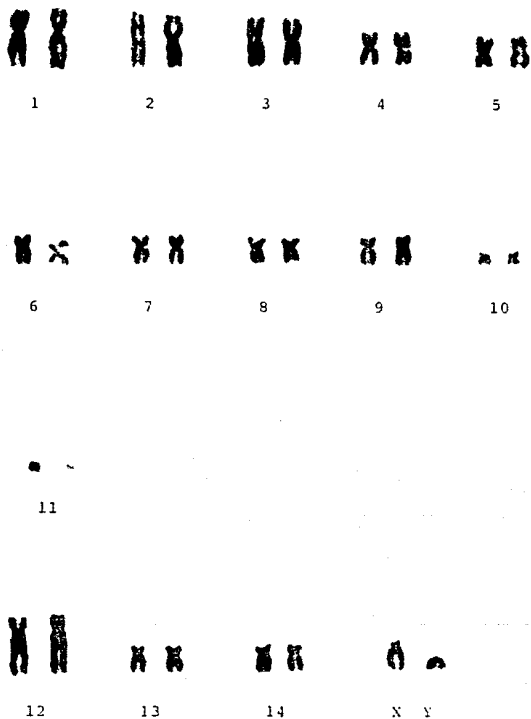


Fig. 10.- Cariotipo de un macho de Microtus oaxacensis
 (IBUNAM 27414) de 11 Km SW La Esperanza, Mpio.
 Santiago Comaltepec, Oaxaca, 2000 m.

Tabla 2.- Promedios relativos de los brazos cromosómicos de *Microtus oaxacensis*.

Par	RLp	DSp	RLq	DSq	RLp+q	DSp+q	P. B.	Clasificación Según Levan <i>et al.</i> , 1964.
1	6.21	0.89	7.06	1.48	13.27	2.14	1.62	Metacéntrico
2	4.74	1.22	5.39	1.20	10.13	2.38	1.09	Metacéntrico
3	4.48	1.03	5.09	0.96	9.57	1.91	1.06	Metacéntrico
4	3.03	0.68	3.45	0.68	6.48	1.17	1.12	Metacéntrico
5	2.78	0.54	3.16	0.69	5.94	1.27	1.12	Metacéntrico
6	2.53	0.68	2.88	0.49	5.41	1.17	1.19	Metacéntrico
7	2.44	0.39	2.77	0.64	5.21	1.28	1.02	Metacéntrico
8	2.43	0.51	2.76	0.60	5.19	0.92	1.05	Metacéntrico
9	2.35	0.68	2.67	0.50	5.02	0.94	1.11	Metacéntrico
10	1.13	1.40	1.28	0.26	2.41	0.58	1.07	Metacéntrico
11	1.04	1.29	1.18	0.08	2.22	0.19	1.04	Metacéntrico
12	3.25	3.70	8.58	1.97	11.83	2.60	2.69	Submetacéntrico
13	2.94	2.23	3.34	0.89	6.28	1.27	1.73	Submetacéntrico
14	2.76	2.04	3.14	0.90	5.90	1.06	1.75	Submetacéntrico
X	1.13	1.29	3.80	1.29	4.93	0.70	3.60	Subtelocéntrico
Y			2.84	1.00	2.84	1.00		Telocéntrico

RLp = Promedio de la longitud relativa del brazo corto.

RLq = Promedio de la longitud relativa del brazo largo.

RLp+q = Promedio de la longitud relativa total del cromosoma.

P. B. = Proporción de brazos.

DS = Desviación estándar.

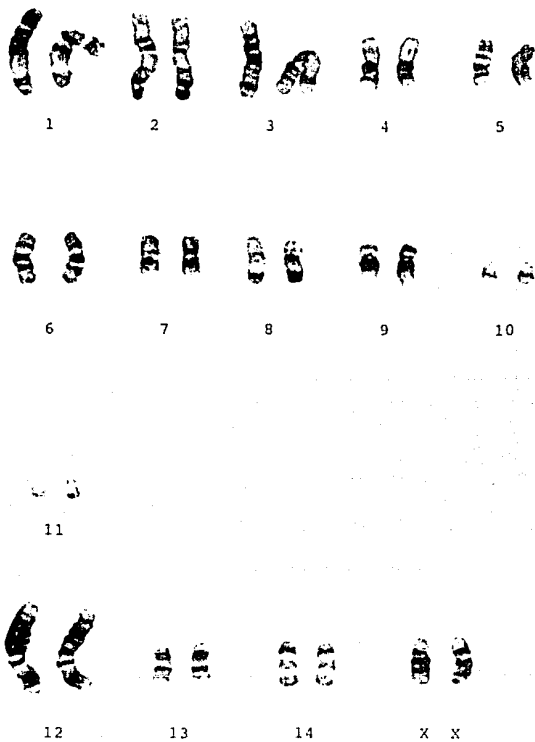


Fig. 11.- Cariotipo con bandas G de una hembra de Microtus oaxacensis (IBUNAM 27415) de 11 Km SW La Esperanza, Mpio. Santiago Comaltepec, Oaxaca, 2000 m.

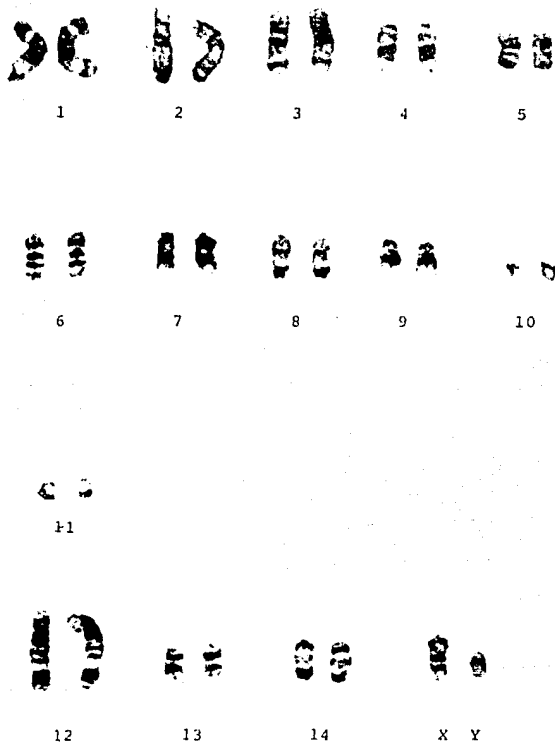
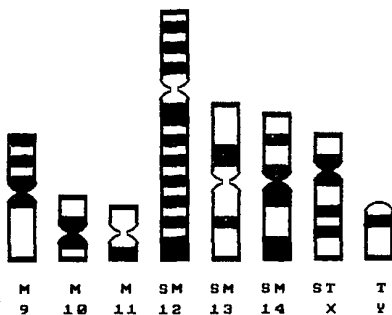
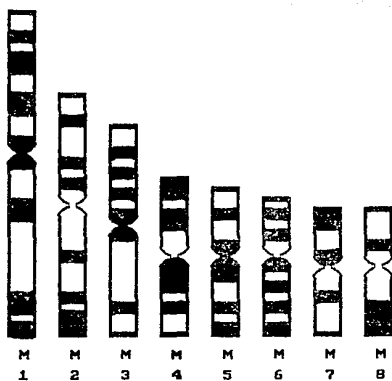


Fig. 12.- Cariotipo con bandas G de un macho de Microtus
Oaxacensis (IBUNAM 27414) de 11 Km SW La Esperanza,
Mpio. Santiago Comaltepec, Oaxaca, 2000 m.



M= METACENTRICO; SM= SUBMETACENTRICO;
 ST=SUBTELOCENTRICO; T=TELOCENTRICO.

Fig. 13.- Idiograma con bandas G de Microtus saxacensis.

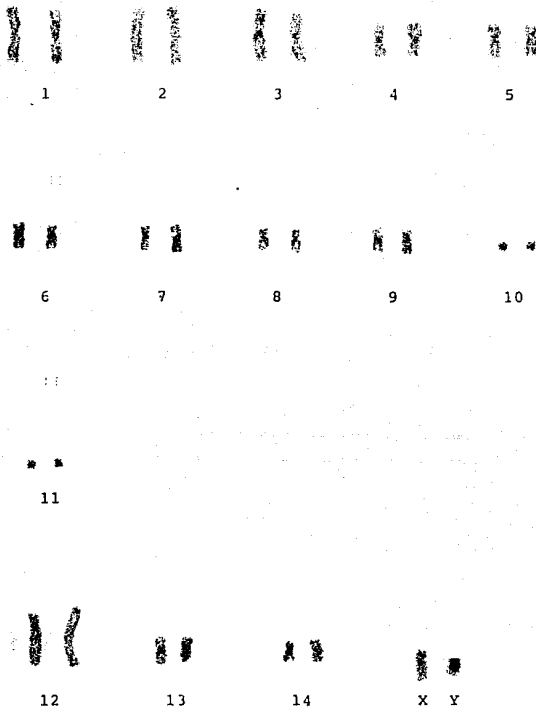


Fig. 14.- Cariotipo con bandas C de un macho de Microtus oaxacensis (IBUNAM 27414) de 11 Km SW La Esperanza, Mpio. Santiago Comaltepec, Oaxaca, 2000 m.

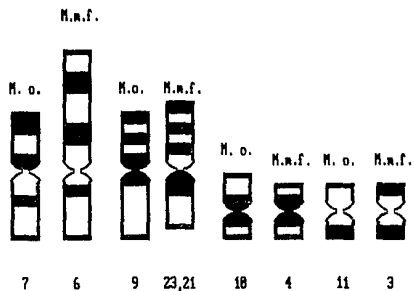
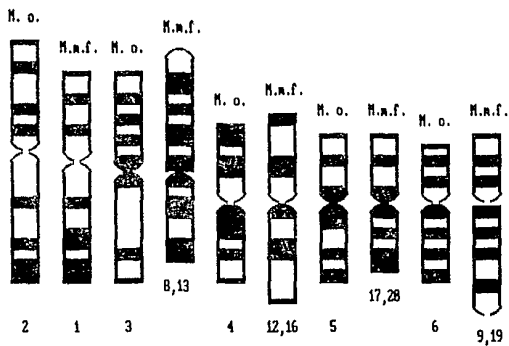


Fig. 13.- Comparación de bandas G entre Microtus oaxacensis (M.o.) y Microtus mexicanus fulviventris (M.m.f.).

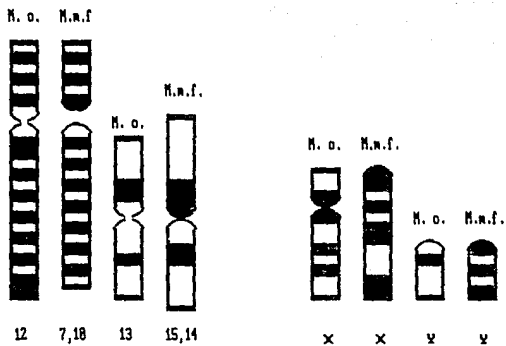


Fig. 15.- Continuación.

Tabla 3.- Comparación de bandas G entre Microtus oaxacensis y Microtus mexicanus fulviventor.

<u>Microtus oaxacensis</u>	Rearreglo cromosómico identificado	<u>Microtus mexicanus fulviventor</u>
1		
2		1
3	(Fusión tandem)	8 y 13
4	(Fusión céntrica)	12 y 16
5	(Fusión céntrica)	17 y 20
6	(Fusión tandem)	9 y 19
7		6
8		
9	(Fusión céntrica)	23 y 21
10		4
11		3
12	(Fusión céntrica)	7 y 10
13	(Fusión céntrica)	15 y 14
14		
X	(Inversión pericéntrica)	X
Y		Y

cromosoma 5 de M. oaxacensis corresponde al 20 y el brazo largo al 17 de M. mexicanus fulviverter, involucrando una fusión céntrica.

El brazo corto del 6 de M. oaxacensis corresponde al 19 y el brazo largo al 9 de M. mexicanus fulviverter, lo que sugiere una fusión tandem, la diferencia de tamaño podría deberse a pérdida o adición de segmentos cromáticos. El cromosoma 7 de M. oaxacensis se parece al 6 de M. mexicanus fulviverter. El brazo corto del cromosoma 9 de M. oaxacensis es similar al 23 y, con respecto al brazo largo corresponde el 21 de M. mexicanus fulviverter, lo que es posible a través de fusión céntrica.

El cromosoma 12 de M. oaxacensis corresponde al 18 en el brazo corto y el 7 para el brazo largo de M. mexicanus fulviverter, se sugiere una fusión céntrica. Para el brazo corto del cromosoma 13 de M. oaxacensis corresponde el 15 y para el brazo largo el 14 de M. mexicanus fulviverter, donde pudo haber ocurrido fusión céntrica. El cromosoma X de M. oaxacensis corresponde al X de M. mexicanus fulviverter, con una inversión pericéntrica. El cromosoma Y de M. oaxacensis es semejante en tamaño al Y de M. mexicanus fulviverter, la diferencia entre ambos radica en que, fulviverter presenta 3 bandas a diferencia de oaxacensis que tiene una.

Por otra parte, para los cromosomas 2, 5, 10, 11 y 22 de M. mexicanus fulviverter, no se pudieron encontrar correspondencias con el cariotipo de M. oaxacensis. No se encontró correspondencia de los autosomas 1, 8 y 14 del cariotipo de M. oaxacensis con algún par del complemento cromosómico de M. mexicanus fulviverter (Fig. 16).

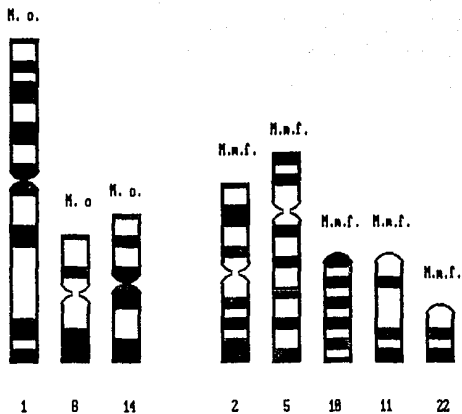


Fig. 16.- Cromosomas que no fue posible identificar su correspondencia entre ambas especies.

Morfometría

Variación sexual secundaria.

En M. mexicanus fulviventis para las 19 variables entre ambos sexos adultos (se agruparon las edades 3 y 4, considerando que en la mayoría de las variables no existen diferencias significativas), los resultados indican que los machos son de mayor talla que las hembras para casi todas las variables, con excepción de la longitud de la hilera de molares de la maxila y la altura del cráneo, en las hembras son ligeramente más grandes.

Existen diferencias significativas entre sexos para 4 variables (longitud del rostro, longitud de la hilera de molares, anchura cigomática y anchura del rostro), determinadas mediante la prueba de t de Student (Tabla 4), las diferencias encontradas no son suficientes para separar hembras y machos, en la comparación entre especies.

Los individuos correspondientes a M. oaxacensis para las 19 variables entre hembras y machos adultos, los resultados muestran que los machos son de mayor talla que las hembras para 12 variables, mientras que, las hembras son ligeramente más grandes en tamaño para 7 caracteres. Por lo cual, se aprecia que existen diferencias significativas entre sexos para 6 variables (longitud total del cuerpo, longitud de la pata trasera, longitud mayor del cráneo, longitud basilar, longitud del rostro y anchura lamboidal), al efectuar la prueba de t (Tabla 5), estas diferencias no son suficientes para separar hembras y machos.

Tabla 4.- Comparación de variables somáticas y craneales entre hembras y machos, considerando solamente individuos adultos para Microtus mexicanus fulviventer. VAR = variable; n = número de individuos; 1 = hembra; 2 = macho; S = desviación estándar; t = t de Student; F = estadístico de Fisher; P = probabilidad; * diferencias significativas ($P < 0.05$).

VAR	SEXO	n	PROMEDIO	S	CUANDO LAS VARIANZAS SON:		PARA Ho: LAS
					DISTINTAS	IGUALES	VARIANZAS SON IGUALES
LT	1	115	141.86	8.92	t=1.9082	t=1.9128	F=1.21
	2	121	143.98	8.12	P=0.0576	P=0.0070	P=0.31
LC	1	114	33.41	3.61	t=1.7721	t=1.7708	F=1.06
	2	120	34.26	3.72	P=0.7777	P=0.0779	P=0.76
LPA	1	115	19.40	0.84	t=1.3699	t=1.3688	F=1.06
	2	121	19.55	0.87	P=0.1720	P=0.1724	P=0.74
LO	1	48	13.20	1.00	t=0.1336	t=0.1352	F=1.23
	2	60	13.23	0.90	t=0.8990	P=0.8927	P=0.44
LMC	1	104	25.79	0.97	t=1.9392	t=1.9413	F=1.12
	2	108	26.04	0.91	P=0.0538	P=0.0536	P=0.56
LB	1	103	22.53	0.97	t=2.8004	t=2.8099	F=1.33
	2	108	22.88	0.84	P=0.0056	P=0.0054	P=0.14
LD	1	116	7.61	0.41	t=2.7466	t=2.7489	F=1.22
	2	118	7.75	0.37	P=0.0065	P=0.0065	P=0.28
LFI	1	116	4.50	0.28	t=1.9207	t=1.9209	F=1.02
	2	118	4.57	0.27	P=0.0560	P=0.0560	P=0.90
LP	1	115	13.09	0.56	t=1.3845	t=1.3849	F=1.15
	2	116	13.19	0.53	P=0.1676	P=0.1674	P=0.46
LN	1	115	7.19	0.37	t=1.8938	t=1.8936	F=1.01
	2	119	7.28	0.37	P=0.0595	P=0.0595	P=0.94
LR	1	114	8.24	0.47	t=1.6057	t=1.6115	F=1.53
	2	118	8.33	0.38	P=0.1098	P=0.1084	P=0.02 *
LHM	1	115	6.83	0.31	t=0.6511	t=0.6541	F=1.53
	2	120	6.80	0.25	P=0.5156	P=0.5137	P=0.02 *
AC	1	107	9.61	0.36	t=0.3585	t=0.3584	F=1.09
	2	109	9.59	0.38	P=0.7203	P=0.7204	P=0.64

Tabla 4.- Continuación.

VAR	SEXO	n	PROMEDIO	S	CUANDO LAS VARIANZAS SON:		PARA Ho: LAS
					DISTINTAS	IGUALES	VARIANZAS SON IGUALES
AI	1	112	3.64	0.18	t=1.2172	t=1.2167	F=1.06
	2	115	3.67	0.18	P=0.2248	P=0.2250	P=0.76
AZ	1	111	14.94	0.65	t=0.7967	t=0.7967	F=1.59
	2	111	15.00	0.51	P=0.4265	P=0.4265	P=0.01 *
AP	1	106	10.45	0.37	t=0.0467	t=0.0467	F=1.04
	2	108	10.45	0.36	t=0.9628	P=0.9628	P=0.83
AL	1	106	11.25	0.50	t=1.4600	t=1.4613	F=1.21
	2	108	11.35	0.45	P=0.1458	P=0.1454	P=0.32
AR	1	115	5.15	0.24	t=2.8514	t=2.8591	F=1.53
	2	118	5.24	0.20	P=0.0048	P=0.0046	P=0.02 *
PC	1	107	7.76	0.30	t=1.5743	t=1.5748	F=1.07
	2	109	7.82	0.29	P=0.1169	P=0.1168	P=0.72

Tabla 5.- Comparación de variables somáticas y craneales entre hembras y machos, considerando solamente individuos adultos para Microtus oaxacensis. VAR = variable; n = número de individuos; 1 = hembra; 2 = macho; S = desviación estándar; t = t de Student; F = estadístico de Fisher; P = probabilidad; * diferencias significativas ($P < 0.05$).

VAR	SEXO	n	PROMEDIO	S	CUANDO LAS		PARA Ho: LAS
					VARIANZAS SON:	VARIANZAS SON	
					DISTINTAS	IGUALES	IGUALES
LT	1	24	164.45	16.57	t=0.3649	t=0.3321	F=4.57
	2	18	163.05	7.74	P=0.7175	P=0.7415	P=0.002 *
LC	1	23	35.82	4.64	t=1.7809	t=1.7743	F=1.06
	2	18	38.38	4.51	P=0.0831	P=0.0838	P=0.91
LPA	1	26	22.30	1.19	t=0.5118	t=0.4597	F=3.72
	2	18	22.16	0.61	P=0.6481	P=0.6981	P=0.007 *
LO	1	26	13.65	2.03	t=0.7247	t=0.6969	F=1.53
	2	18	13.25	1.64	P=0.4728	P=0.4897	P=0.36
LMC	1	24	28.10	0.51	t=0.2891	t=0.3128	F=3.32
	2	18	28.17	0.93	P=0.7749	P=0.7560	P=0.008 *
LB	1	23	24.54	0.52	t=0.7365	t=0.7882	F=3.36
	2	18	24.73	0.96	P=0.4683	P=0.4353	P=0.008 *
LD	1	26	7.93	0.29	t=0.3966	t=0.3962	F=1.01
	2	18	7.96	0.29	P=0.6939	P=0.6939	P=1.00
LFI	1	26	4.74	0.29	t=0.8097	t=0.7862	F=1.38
	2	18	4.81	0.24	P=0.4229	P=0.4362	P=0.50
LP	1	25	14.33	0.46	t=1.4938	t=1.4921	F=1.01
	2	18	14.54	0.46	P=0.1437	P=0.1433	P=0.99
LN	1	27	7.49	0.24	t=0.0931	t=0.0972	F=1.81
	2	20	7.48	0.33	P=0.9264	P=0.9230	P=0.16
LR	1	26	8.85	0.19	t=0.2492	t=0.2755	F=3.30
	2	18	8.82	0.35	P=0.8053	P=0.7843	P=0.006 *
LHM	1	26	7.71	0.22	t=1.1610	t=1.2078	F=1.84
	2	20	7.62	0.30	P=0.2538	P=0.2336	P=0.15
AC	1	25	9.66	0.31	t=0.8859	t=0.8663	F=1.49
	2	20	9.59	0.25	P=0.3806	P=0.3912	P=0.37

Tabla 5.- Continuación.

VAR	SEXO	n	PROMEDIO	S	CUANDO LAS		PARA Ho: LAS
					VARIANZAS SON:		VARIANZAS SON
					DISTINTAS	IGUALES	IGUALES
AI	1	26	3.95	0.22	t=1.1807	t=1.1543	F=1.33
	2	19	4.03	0.19	P=0.2444	P=0.2548	P=0.53
AZ	1	26	16.14	0.32	t=0.6606	t=0.6960	F=2.09
	2	19	16.23	0.47	P=0.5139	P=0.4883	P=0.08
AP	1	26	10.82	0.33	t=0.2112	t=0.2092	F=1.16
	2	20	10.85	0.31	P=0.8337	P=0.8353	P=0.75
AL	1	26	11.81	0.26	t=1.2796	t=1.3581	F=2.61
	2	20	11.95	0.43	P=0.2105	P=0.1813	F=0.02 *
AR	1	27	5.63	0.42	t=1.8516	t=1.7589	F=1.81
	2	19	5.83	0.31	P=0.0708	P=0.0855	P=0.19
PC	1	26	7.55	0.23	t=1.0290	t=1.0502	F=1.36
	2	20	7.63	0.27	P=0.3101	P=0.2993	P=0.46

Variación con la edad.

En Microtus mexicanus fulviventer los resultados muestran que para 19 variables y 4 edades, los adultos viejos (categoría 4) son más grandes en tamaño para todas las variables, excepto para la anchura interorbital en la que los ejemplares correspondientes a la edad 3 (adultos) son más grandes en talla que los individuos de la edad 4. Además, existe diferencia significativa entre adultos viejos y adultos para las siguientes variables: longitud mayor del cráneo, longitud basilar, longitud del diastema, longitud de nasales, longitud del rostro y anchura cigomática, mediante la prueba de análisis de varianza con la rutina GLM (Tabla 6).

En Microtus oaxacensis únicamente se determinaron individuos de las edades 2 (subadultos) y 3 (adultos), los resultados muestran que los adultos son más grandes en tamaño que los subadultos para casi todas las variables, con excepción de la altura del cráneo y la anchura interorbital; los subadultos tienen incremento en tamaño con respecto a los adultos. Estos resultados sugieren que existen diferencias significativas entre subadultos y adultos para 15 variables, utilizando la prueba de análisis de varianza (Tabla 7).

Tabla 6.- Comparación de 4 variables somáticas y 15 craneales entre las categorías de edad de Microtus mexicanus fulviventer, considerando hembras y machos. Las categorías de edad se definen en el texto. VAR = variable; n = número de individuos; CV = coeficiente de variación; DUNCAN = estadístico de Duncan (las medias con la misma letra indican que no existen diferencias significativas); P = nivel de significancia.

VAR	EDAD	n	PROMEDIO	CV	DUNCAN	P
LT	4	60	146.13	5.64	A	0.0001
	3	176	141.86	5.93	A	
	2	23	126.35	6.02	B	
	1	7	103.29	7.73	C	
LC	4	58	34.32	10.58	A	0.0001
	3	176	33.70	10.98	A	
	2	23	30.57	9.95	B	
	1	7	25.14	18.14	C	
LPA	4	60	19.76	4.36	A	0.0001
	3	176	19.38	4.36	A	
	2	23	18.59	4.77	B	
	1	7	17.14	8.54	C	
LO	4	16	13.38	7.66	A	0.0001
	3	92	13.29	7.12	A	
	2	13	11.69	6.42	B	
	1	3	10.00	10.00	C	
LMC	4	57	26.48	3.44	A	0.0001
	3	155	25.72	3.43	B	
	2	22	20.40	2.84	C	
	1	6	17.82	3.55	D	
LB	4	56	23.30	3.44	A	0.0001
	3	155	22.50	3.80	B	
	2	22	20.40	4.45	C	
	1	6	17.82	4.81	D	
LD	4	60	7.90	4.25	A	0.0001
	3	174	7.61	5.12	B	
	2	23	6.93	5.33	C	
	1	7	5.86	5.78	D	
LFI	4	60	4.65	6.08	A	0.0001
	3	174	4.50	5.99	A	
	2	23	4.08	5.97	B	
	1	7	3.65	6.16	C	

Tabla 6.- Continuación.

VAR	EDAD	n	PRMEDIO	CV	DUNCAN	P
LP	4	60	14.12	3.43	A	0.0001
	3	171	13.02	4.02	B	
	2	22	12.02	4.11	B	
	1	7	10.65	4.62	C	
LN	4	60	7.45	5.39	A	0.0001
	3	174	7.17	4.78	B	
	2	23	6.60	3.40	C	
	1	7	5.72	7.28	D	
LR	4	60	8.55	5.18	A	0.0001
	3	172	8.20	4.80	B	
	2	23	7.47	5.01	C	
	1	7	6.60	8.35	D	
LHM	4	60	6.93	3.63	A	0.0001
	3	175	6.78	4.22	A	
	2	23	6.33	4.40	B	
	1	7	5.77	2.62	C	
AC	4	58	9.72	3.81	A	0.0001
	3	158	9.56	3.83	A	
	2	22	9.21	3.72	B	
	1	7	8.55	6.88	C	
AI	4	60	3.59	5.77	B	0.0007
	3	167	3.68	4.68	A B	
	2	23	3.75	4.50	A	
	1	7	3.63	4.88	A B	
AZ	4	57	15.37	3.49	A	0.0001
	3	165	14.84	3.68	B	
	2	23	13.63	3.78	C	
	1	7	12.03	3.35	D	
AP	4	58	10.46	3.79	A	0.0001
	3	156	10.45	3.40	A	
	2	22	10.25	2.94	A	
	1	7	9.73	1.82	B	
AL	4	56	11.50	4.26	A	0.0001
	3	158	11.24	4.07	A	
	2	21	10.44	3.18	B	
	1	7	9.56	2.21	C	

Tabla 6.- Continuación.

VAR	EDAD	n	PROMEDIO	CV	DUNCAN	P
AR	4	60	5.28	4.13	A	0.0001
	3	173	5.18	4.40	A	
	2	23	4.90	4.36	B	
	1	7	4.51	2.32	C	
FC	4	58	7.82	4.05	A	0.0001
	3	158	7.80	3.79	A	
	2	22	7.60	3.76	B	
	1	7	6.94	6.28	C	

Tabla 7.- Comparación de 4 variables somáticas y 15 craneales entre las categorías de edad de Microtus oaxacensis, considerando hembras y machos. Las categorías de edad se definen en el texto. VAR = variable; n = número de individuos; CV = coeficiente de variación; DUNCAN = estadístico de Duncan (las medias con la misma letra indican que no existen diferencias significativas); P = nivel de significancia.

VAR	EDAD	n	PROMEDIO	CV	DUNCAN	P
LT	3	42	163.86	8.18	A	0.0001
	2	5	135.20	9.99	B	
LC	3	41	37.00	12.75	A	0.0001
	2	5	31.40	22.24	B	
LPA	3	44	22.25	4.45	A	0.0001
	2	5	20.60	4.34	B	
LU	3	44	13.50	13.93	A	0.0357
	2	5	11.60	13.07	B	
LMC	3	42	28.14	2.54	A	0.0001
	2	5	22.51	1.88	B	
LB	3	41	24.63	3.03	A	0.0001
	2	5	22.24	2.06	B	
LD	3	44	8.00	3.72	A	0.0001
	2	5	7.01	2.02	B	
LFI	3	44	4.77	5.75	A	0.0025
	2	5	4.36	5.88	B	
LP	3	43	14.42	3.25	A	0.0001
	2	5	13.13	2.74	B	
LN	3	47	7.50	3.76	A	0.0001
	2	5	6.57	1.91	B	
LR	3	44	8.84	3.07	A	0.0001
	2	5	7.85	3.06	B	
LHM	3	46	7.68	3.40	A	0.0001
	2	5	7.04	3.50	B	
AC	3	45	9.80	2.97	A	0.3279
	2	5	9.63	1.66	A	

Tabla 7.- Continuación.

VAR	EDAD	n	PROMEDIO	CV	DUNCAN	P
AI	3	45	4.00	5.37	A	0.0001
	2	5	4.44	5.63	B	
AZ	3	45	16.20	2.45	A	0.0001
	2	5	15.00	2.13	B	
AP	3	46	10.64	2.99	A	0.2606
	2	5	10.70	3.19	A	
AL	3	46	11.90	2.97	A	0.0020
	2	5	11.22	1.59	B	
AR	3	46	5.72	6.95	A	0.0728
	2	5	5.40	6.05	A	
PC	3	46	7.60	3.39	A	0.9057
	2	5	7.58	2.63	A	

Variación interespecífica.

Al comparar los estadísticos de las 19 variables entre Microtus mexicanus fulviventor y M. oaxacensis, se observan diferencias de medias para las 19 variables que permiten distinguir a estas especies entre sí, siendo de mayor tamaño M. oaxacensis que M. m. fulviventor para todos los caracteres. Por lo tanto, los resultados indican que existen diferencias significativas entre especies para 11 variables, determinadas mediante la prueba de *t* de Student (Tabla 8).

Tabla 8.- Comparación de 4 variables somáticas y 15 craneales entre Microtus mexicanus fulviventer y Microtus oaxacensis, considerando hembras y machos. VAR = variable; SP = especie; A = M. m. fulviventer; B = M. oaxacensis; n = número de individuos; S = desviación estándar; t = t de Student; F = estadístico de Fisher; P = probabilidad; * diferencias significativas (P < 0.05).

VAR	SP	n	PROMEDIO	S	CUANDO LAS		PARA Ho: LAS
					VARIANZAS SON:		VARIANZAS SON
					DISTINTAS	IGUALES	IGUALES
LT	A	236	142.95	8.56	t=9.7646	t=13.2199	F=2.44
	B	42	163.85	13.39	P=0.0001	P=0.0001	P=0.000 *
LC	A	234	33.85	3.68	t=4.0020	t=4.7489	F=1.63
	B	41	36.95	4.71	P=0.0002	P=0.0001	P=0.03 *
LPA	A	236	19.47	0.86	t=17.3561	t=19.0730	F=1.32
	B	44	22.25	0.99	P=0.0001	P=0.0001	P=0.20
LD	A	108	13.22	0.95	t=0.8952	t=1.1575	F=3.91
	B	44	13.40	1.87	P=0.3740	P=0.2489	P=0.000 *
LMC	A	212	25.92	0.95	t=17.2368	t=14.3031	F=1.76
	B	42	28.13	0.71	P=0.0001	P=0.0001	P=0.03 *
LB	A	211	22.71	0.92	t=14.4608	t=12.5135	F=1.54
	B	41	24.62	0.74	P=0.0001	P=0.0001	P=0.10
LD	A	234	7.68	0.39	t=5.0943	t=4.1789	F=1.80
	B	44	7.94	0.29	P=0.0001	P=0.0001	P=0.02 *
LFI	A	234	4.54	0.28	t=5.1564	t=5.0784	F=1.05
	B	44	4.77	0.27	P=0.0001	P=0.0001	P=0.89
LP	A	231	13.14	0.55	t=15.9451	t=14.2792	F=1.38
	B	43	14.42	0.47	P=0.0001	P=0.0001	P=0.21
LN	A	234	7.24	0.38	t=5.2410	t=4.3104	F=1.81
	B	47	7.49	0.28	P=0.0001	P=0.0001	P=0.02 *
LR	A	232	8.28	0.43	t=11.0886	t=8.1573	F=2.55
	B	44	8.84	0.27	P=0.0001	P=0.0001	P=0.0005 *
LHM	A	235	6.81	0.28	t=19.9999	t=18.8799	F=1.19
	B	46	7.67	0.26	P=0.0001	P=0.0001	P=0.50
AC	A	216	9.60	0.37	t=0.6607	t=0.5556	F=1.71
	B	45	9.63	0.28	P=0.5790	P=0.5790	P=0.03 *

Tabla 8.- Continuación.

VAR	SP	n	PROMEDIO	S	CUANDO LAS		PARA Ho: LAS
					VARIANZAS SON:		VARIANZAS SON
					DISTINTAS	IGUALES	IGUALES
AI	A	227	3.65	0.18	t=9.6800	t=10.6076	F=1.31
	B	45	3.98	0.21	P=0.0001	F=0.0001	P=0.21
AZ	A	222	14.97	0.58	t=16.9979	t=13.1472	F=2.22
	B	45	16.18	0.39	P=0.0001	P=0.0001	P=0.003 *
AP	A	214	10.45	0.36	t=7.1153	t=6.5714	F=1.28
	B	46	10.84	0.32	P=0.0001	P=0.0001	P=0.33
AL	A	214	11.30	0.48	t=9.2948	t=7.6526	F=1.84
	B	46	11.87	0.35	P=0.0001	P=0.0001	P=0.02 *
AR	A	233	5.20	0.23	t=8.5228	t=12.0906	F=2.99
	B	46	5.71	0.39	P=0.0001	P=0.0001	P=0.000 *
PC	A	216	7.79	0.30	t=4.6713	t=4.2203	F=1.37
	B	46	7.58	0.25	P=0.0001	P=0.0001	P=0.21

DISCUSION

El cariotipo de Microtus mexicanus examinado aquí es el primero que se obtiene de la subespecie fulviventer y es muy parecido en morfología al encontrado para las subespecies de mexicanus (Uribe-Alcocer et al., 1977), phaeus (Lee y Elder, 1977; Modí, 1987a), y madrensis (Lee y Elder, 1977). El complemento cromosómico de M. mexicanus fulviventer es similar en el número diploide y número fundamental así como en morfología al cariotipo de M. mexicanus mexicanus del Valle de México (Uribe-Alcocer et al., 1977), ambos tienen un $2n=48$, $NF=58$ y con la misma morfología de los autosomas, incluyendo a los cromosomas sexuales (Tabla 9). El número diploide observado en M. m. fulviventer $2n=48$, es alto con respecto al juego cromosómico de M. oaxacensis ($2n=30$) y puede ser derivado de la condición primitiva de $2n=56$ a través de fusiones robertsonianas, produciéndose de esta manera seis pares de cromosomas birrámeos. Se sugiere que M. mexicanus es filogenéticamente más reciente que M. oaxacensis (Hoffmann y Koepl, 1985) pero muestra un cariotipo más similar al cariotipo antecesor.

El número diploide de M. oaxacensis se encuentra entre los más bajos para el género junto con M. oeconomus ($2n=30$), M. montanus ($2n=24$) y M. canicaudus ($2n=24$). Se considera que estas tres especies se tuvieron su aparición en el Pleistoceno Medio (Hoffmann y Koepl, 1985). M. oaxacensis presenta un cariotipo con autosomas exclusivamente birrámeos, aunque tiene tres pares de submetacéntricos. Si el cariotipo antecesor fue $2n=56$, y el

Tabla 9.- Comparación cromosómica entre las subespecies de Microtus mexicanus y M. oaxacensis.

	2n	NF	M	Sm	St	A	X	Y
<u>M. mexicanus</u> <u>quadalupensis</u> (Judd, 1980; Wilhelm, 1982)	44	54	2	3	1	15	St	A
<u>M. mexicanus</u> (Matthey, 1957)	44	54,56	2	4		15	Sm	A
<u>M. mexicanus</u> <u>moquillonensis</u> (Judd, 1980).	44	54	2	3	1	15	St	A
<u>M. mexicanus</u> <u>phaeus</u> (Lee y Elder, 1977; Modi, 1987a).	48	57,58	4	2		16	A	A
<u>M. mexicanus</u> <u>mexicanus</u> (Uribe et al., 1977).	48	58	4	2		17	A	A
<u>M. mexicanus</u> <u>fulviventris</u> (Presente estudio).	48	58	4	2		17	T	T
<u>M. oaxacensis</u> (Presente estudio).	30	56	11	3			St	T

2n = Número diploide.

NF = Número de brazos autosómicos.

M = Metacéntrico.

Sm = Submetacéntrico.

St = Subtelocéntrico.

A = Acrocéntrico.

T = Telocéntrico.

X = Cromosoma X

Y = Cromosoma Y

cariotipo de M. oaxacensis es $2n=30$, entonces, representa una condición derivada. Los rearrreglos cromosómicos responsables pudieron involucrar una serie de fusiones céntricas, inversiones pericéntricas y fusiones tandem en donde los elementos telocéntricos originan a los metacéntricos y el número de cromosomas fue decreciendo significativamente.

M. oaxacensis es considerado como primitivo con base en su morfología y distribución (Hoffmann y Koepl, 1985), por lo que los rearrreglos cromosómicos de M. oaxacensis pudieron haber tenido lugar independiente de la edad del linaje, de una manera similar a lo que se manifiesta en otros roedores.

Los estudios sobre la filogenia de los Arvicolidae, basándose principalmente en datos cromosómicos, muestran que los mecanismos citogenéticos de la evolución cariotípica en este grupo son usualmente fusiones céntricas e inversiones pericéntricas (Modi, 1987a). En las diferencias cromosómicas que se observan entre las especies analizadas por medio de las bandas G, se identificaron 5 posibles fusiones céntricas, 2 fusiones tandem y 1 inversión pericéntrica, confirmando esta tendencia. Por otro lado, (Matthey, 1957), encontró que el número cromosómico diploide $2n=56$ es el más frecuente y primitivo en los arvicolidos.

La función de la heterocromatina es desconocida, aunque es posible que la heterocromatina sea adaptativa en ciertas regiones cromosómicas y está podría beneficiar a especies en diferentes caminos evolutivos. Actualmente, sólo se evalúa la cantidad y distribución de heterocromatina constitutiva dentro del

complemento cromosómico en un contexto comparativo. La dirección y extensión de cambios de heterocromatina entre los arvicólidos, nos ayudaría a suponer dónde se encontraba localizada la heterocromatina en un cariotipo primitivo y con esta base examinar los cambios que han ocurrido entre las líneas derivadas (Modí, 1987b). En algunas otras especies de roedores la heterocromatina más común se localiza en la región centromérica para los autosomas grandes. En el presente estudio todos los autosomas de M. mexicanus fulviventis presentan heterocromatina constitutiva en su región centromérica, y lo mismo ocurre en M. oaxacensis lo cual confirma lo encontrado por otros autores (Modí, 1987b; Burgos et al., 1988). Cuando el cromosoma X presenta heterocromatina en su región centromérica y el cromosoma Y es completamente heterocromático, podría ser considerado como un rasgo primitivo (Modí, 1987b). Esta ubicación heterocromática se encontró en los cromosomas sexuales de las especies analizadas en este estudio.

En el grupo de los arvicólidos no es común que exista dimorfismo sexual (Wilhelm, 1982), entre las dos especies examinadas en este trabajo no existen diferencias significativas entre los sexos para la mayoría de los caracteres, lo cual está de acuerdo en parte con las observaciones publicadas anteriormente. Ya que, las hembras de M. mexicanus fulviventis muestran mayor talla en la longitud de la hilera de dientes y la altura del cráneo. Únicamente cuatro variables son estadísticamente significativas entre sexos.

Los machos de M. oaxacensis son de mayor talla que las hembras para 12 variables craneales, aunque sólo existen diferencias significativas para 6 variables. Por lo tanto, las diferencias significativas son pocas para argumentar que exista dimorfismo sexual en M. oaxacensis. En un estudio de M. mexicanus para seis localidades de Jalisco los caracteres más variables fueron: la anchura del rostro, la profundidad de la caja craneana y la longitud de nasales (Hamilton y Heidt, 1984); en M. mexicanus fulviventis se encontró que los caracteres craneales más variables fueron: longitud del rostro, longitud de la hilera de dientes, anchura cigomática y anchura del rostro. Esto nos indica que la forma y tamaño del rostro de mexicanus es muy variable. En cambio, para M. oaxacensis los caracteres craneales más variables son: longitud mayor del cráneo y longitud basilar.

Al comparar los caracteres morfométricos entre M. m. fulviventis y M. oaxacensis se observaron diferencias significativas en tamaño para todas las variables craneales examinadas, lo cual permite distinguir ambas especies entre sí, siendo de mayor talla M. oaxacensis que M. m. fulviventis. Debido a las diferencias significativas encontradas en ambas especies en relación al tamaño, es de esperarse que también se encuentren diferencias en su forma, inclusive al examinar a los ejemplares se pueden apreciar sus diferencias en forma, la cual se evaluará posteriormente mediante métodos de estadística multivariada.

Las subespecies de M. mexicanus de Jalisco se distribuyen de la siguiente manera: los individuos de mayor tamaño se ubican en altitudes bajas y los organismos de menor talla se localizan en altitudes mayores (Hamilton y Heidt, 1984). De igual manera, se encontró el mismo patrón de distribución para las especies de Microtus examinadas, es decir, M. oaxacensis se encuentra en los 2000 m y M. mexicanus fulviventis en los 2800 m.

En conclusión, los resultados del presente estudio no confirman la predicción de que M. oaxacensis podría tener un cariotipo primitivo. Se piensa que M. oaxacensis es una especie primitiva dentro del género; sin embargo, exhibe un cariotipo altamente derivado. Además, esta situación sugiere que números cromosómicos bajos como resultado de fusiones céntricas podrían dirigir el sentido de la evolución cariotípica de Microtus del Nuevo Mundo y que las tasas de evolución cromosómica de los arvicólidos pueden variar dependiendo de la especie.

En lo que respecta a caracteres morfométricos M. m. fulviventis y M. oaxacensis, difieren significativamente en tamaño para todas las variables craneales, lo cual apoya que ambas especies son distintas entre sí.

Tanto resultados cromosómicos como morfométricos sugieren una relación sistemática no muy cercana entre sus poblaciones, debido a respuestas de cada una a factores abióticos y bióticos a las que están sometidas dentro de su distribución tan peculiar en la que se encuentran.

Se propone abordar estudios aloenzimáticos (electroforesis) y secuenciación de ácido desoxirribonucleico (ADN) para comparar

a M. m. fulviventer y M. oaxacensis, y así evaluar con más detalle sus diferencias e interpretar sus relaciones sistemáticas.

Por otra parte, será importante evaluar aspectos cariológicos, morfométricos, electroforéticos y secuenciación de ADN para las otras dos especies relictas mexicanas tales como: Microtus umbrosus y M. quasiater, incluyendo también a M. guatemalensis aunque no es endémico de México pero es importante considerarlo, para comprender adecuadamente la filogenia y sistemática de los arvicólidos mexicanos.

LITERATURA CITADA.

- Al-Aish, M. 1969. Human chromosome morphology. I. Studies on normal chromosome characterization, classification and karyotyping. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 11:370-381.
- Armstrong, D. M. 1972. Distribution of mammals in Colorado. Monography of Museum Natural History, the University of Kansas, 3:1-415.
- Arrighi, F. E. y Hsu, T. C. 1971. Distribution of constitutive heterocromatin in mammalian chromosomes. Chromosoma, 34:243-253.
- Bailey, V. 1900. Revision of American voles of the genus Microtus. North American Fauna, 17:1-88.
- Baker, R. J., M. W. Haiduk, L. W. Robbins, A. Cadena y B. F. Koop. 1982. Chromosomal studies of South American bats and their systematic implication. Pp. 303-327, in: Mammalian biology in South America (N. A. Mares y H. H. Genoways, eds.). Pymatuning Laboratory of Ecology, Vol. IV. Pymatuning, Pennsylvania. U.S.A. 539 pp.
- Baker, R. J. y M. B. Qumstiyeh. 1988. Methods in Chiropteran mitotic chromosomal studies. Pp. 425-435, in: Ecological and behavioral methods for study of bats (T. H. Kunz, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. U.S.A. 533 pp.
- Beck, M. L. y M. L. Kennedy. 1977. Chromosomal study of Liomys

- pictus. Journal of the Tennessee Academy of Science. 52(3):109-110.
- Burgos, M., R. Jiménez y R. Díaz de la Guardia. 1988. Comparative study of G and C-banded chromosomes of five species of Microtidae: a chromosomal evolution analysis. Genome, 30:540-546.
- Carleton, M. D. y G. Muser. 1984. Muroid Rodents. Pp. 314-321. In: Orders and families of recent mammals of the world (Anderson, A. y J. K. Jones Jr., eds). The American Society of Mammalogists. John Wiley & Sons, New York. U.S.A. 686 pp.
- Choate, J. R. y S. L. Williams. 1978. Biogeographic interpretation of variation within and among population of the prairie vole. Microtus ochrogaster. Occasional Papers Museum Texas Tech University, 49:1-25.
- Durrant, S. D. 1952. Mammals of Utha: Taxonomy and Distribution. University of Kansas, Publications of the Museum Natural History, 6:1-549.
- DeGrouchy, J. y C. Turleau. 1977. Clinical Atlas of Human Chromosomes. John Wiley and Sons, New York. U.S.A. pp. 270-271.
- Engstrom, M. D., H. H. Genoways y P. K. Tucker. 1987. Morphological variation, karyology, and systematic relationships of Heteromys gauderi (Rodentia: Heteromyidae). Fieldiana Zoology, 39:289-303.
- Gaines, M. S. 1985. Genetics. Pp. 845-883. In: Biology of new

- world Microtus. (R. H. Tamarin, ed.). Special Publications, No 8, The American Society of Mammalogists. Lawrence, Kansas, 893 pp.
- Gared, A. y W. E. Howard. 1981. A 19-year study of microtine population fluctuations using time-series analysis. Journal of Mammalogy, 62:930-935.
- Gill, A. E. 1980. Partial reproductive isolation of subspecies of the California vole, Microtus californicus. Genetika. 52/53:105-117.
- Goodwin, G. G. 1966. A new species of vole (Genus Microtus) from Oaxaca, Mexico. American Museum Novitates, 2243:1-4.
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico. In the American Museum of Natural History. Bulletin American Museum Natural History, 141:1-269.
- Hall, E. R. 1981. The mammals of North America. 2a. ed. Vol. II. John Wiley & Sons, New York. U.S.A. pp. 814-817.
- Hamilton, M. J. y G. A. Heidt. 1984. Microgeographic variation in the Mexican vole, Microtus mexicanus. Arkansas Academy Science Proceeding, 37:45-48.
- Heilwig, J. T. 1985. SAS Introductory Guide. 3 ed. Cary, North of Carolina, U.S.A. 99 pp.
- Hoffmann, R. S. y J. W. Koepl. 1985. Zoogeography. Pp. 84-115. in: Biology of new world Microtus (R. H. Tamarin, ed.). Special Publications, No.8, The American Society of Mammalogist, Lawrence, Kansas, U.S.A. 893 pp.
- Huxley, J. 1974. Evolution: the modern synthesis. George Allen and Unwin., LTD. London, Great Britain, 617 pp.

- Jones, J. K. Jr. y H. H. Genoways. 1967. Notes on the Oaxaca vole, Microtus oaxacensis Goodwin, 1966. Journal of Mammalogy, 48:320-321.
- Krebs, C. J., M. S. Gains, B. L. Keller, J. H. Myers y R. H. Tamarin. 1973. Population cycles in small rodents. Science, 179:35-43.
- Judd, S. R. 1980. Observations of the chromosomes variation in Microtus mexicanus (Rodentia: Muridae). Mammalian Chromosomes Newsletter, 21:110-113.
- Lee, M. R. y F. F. Elder. 1977. Karyotypes of eight species of Mexican rodents (Muridae). Journal of Mammalogy, 58:479-487.
- Levan, A., K. Fredga y A. A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 52(1):201-220.
- Matthey, R. 1957. Cytologie comparee, systematique et phylogenie des Muridae (Rodentia-Muridae). Revue Suisse Zoologie, 48:27-37.
- Modi, W. S. 1987a. Phylogenetic analysis of chromosomal banding patterns among the Nearctic Arvicolidae (Mammalia: Rodentia). Systematic Zoology, 36:109-136.
- Modi, W. S. 1987b. C-banding analysis and the evolution of heterochromatin among Arvicolid rodents. Journal of Mammalogy, 68:704-714.
- Nadler, C. H. 1969. Chromosomal evolution in rodents. Pp. 277-309. In: Comparative Mammalian Cytogenetics. (K. Benirschke, ed.). Springer-Verlag, New York. U.S.A. 473 pp.

- Naranjo, C. A., L. Poggio y P. E. Brandham. 1983. A practical method of chromosome classification on the basis of centromere position. *Genetica*, 62:51-53.
- Patton, J. C. y R. J. Baker. 1978. Chromosomal homology and evolution of Phyllostomatoid bats. *Systematic Zoology*, 27:449-462.
- Ramírez-Pulido, J., M. C. Britton, A. Perdomo y A. Castro. 1986. Guía de los mamíferos de México. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D. F. 720 pp.
- Robertson, P. B. Sin año. Reproduction and community structure of rodents over a transect in southern México. Tesis de Doctorado. Universidad de Kansas, Lawrence, Kansas, U.S.A. 113 pp.
- Seabright, M. 1971. Rapid banding for human chromosomes. *Lancet*, 2:971.
- Stefos, K. y F. E. Arrighi. 1971. Heterocromatic nature of the W chromosome in birds. *Experimental of Cell Research*, 68:228-231.
- Summer, A. T., H. J. Evans y R. Buckland. 1971. New technique for distinguishing between human chromosomes. *Natural New Biology*, 232:31-32.
- Uribe-Alcocer, M., A. Laguarda-Figueroa y F. Rodríguez-Romero. 1977. The chromosomes of a population of Microtus mexicanus (Muridae-Rodentia) of Central México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, No. 48, serie Biología Experimental, 1:57-63.

- Vaughan, T. 1988. Mamíferos. 3a. ed. Interamericana.
México. 587 pp.
- White, M. J. D. 1973. Animal Cytology and evolution. 3a. ed.
Cambridge University Press. London, pp. 198-784.
- Wilhelm, D. E. Jr. 1982. Zoogeographic and evolutionary the
relationships of selected populations of Microtus mexicanus.
Ocasional Papers Museum Texas Tech University, 75:1-30.