



2ej
9/21

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**ESTUDIO SOBRE TRES SISTEMAS DE APAREAMIENTO
DEL RATON DE LOS VOLCANES (Neotomodon a. alstoni)
SILVESTRE EN EL LABORATORIO**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
KARL JUERGEN HOTH VON DER MEDEN**

MEXICO, D. F.

1986



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.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
Ia. PARTE	
REVISION DE LA LITERATURA	2
A. Los sistemas de apareamiento en la naturaleza.	2
B. Sistemas de apareamiento en el laboratorio	7
1. Ventajas y desventajas	7
a) Monogamia	7
b) Poligamia	7
c) Promiscuo	7
C. <u>Neotomodon a. alstoni</u> silvestre y en el laboratorio	8
Iia. PARTE	
SECCION EXPERIMENTAL	14
A. OBJETIVOS	14
B. Material y Método	14
C. Resultados	18
D. Discusión	29
E. Conclusiones	32
IIIa. PARTE	
RESUMEN GENERAL Y BIBLIOGRAFIA	33
A. Resumen general	33
Resumen general en inglés (General Summary)	34
B. Bibliografía	35

INTRODUCCION

El *Neotomodon a. alstoni* es una especie de ratón (Muridae: Cricetinae) endémica al Eje Neovolcánico Transversal, la cual ha sido estudiada principalmente en el área de genética, taxonomía y biología del desarrollo. Algunos de estos estudios se han encaminado con el fin de establecer a esta especie como un animal de laboratorio. En años recientes se ha estado optando por el uso de alternativas biomédicas, como lo son los medios de cultivo de tejidos o de células, las cuales han mostrado ser para determinados tipos de investigación, más apropiados como modelos experimentales (cf. Rowan 1984). Por otra parte, la información de laboratorio puede mostrar ser de relevancia como auxiliar en la comprensión de los procesos que tienen lugar en condiciones de campo y que difícilmente serían conocidos por observación directa en la vida silvestre.

En el Laboratorio de Biología Animal Experimental, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, se han iniciado estudios con esta especie desde 1974, dirigidos a su establecimiento como nuevo animal de laboratorio debido principalmente a sus características ventajosas de docilidad, longevidad y fertilidad. En este contexto, los objetivos de este trabajo son: conocer el mejor sistema de apareamiento para reproducir al *N. a. alstoni* en condiciones de laboratorio y dar algunas implicaciones biológicas de los resultados obtenidos sobre la reproducción de esta especie.

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Biología Animal Experimental de la Facultad de Ciencias (UNAM), bajo la dirección del Dr. Humberto Granados, Jefe del Laboratorio.

Ia. Parte. REVISION DE LA LITERATURA

A. Sistemas de apareamiento en la naturaleza.

Un sistema de apareamiento se refiere a la estrategia etológica general empleada por los individuos de una población de determinada especie, para obtener consortes; clásicamente, ha sido definido con base en el número de consortes que un sexo pueda reunir con fines reproductores. Esta estructura de relaciones sociales es también una expresión de la adaptación ecológica que influye en la adecuación de los individuos (su relativa capacidad para sobrevivir y transmitir sus genes a la siguiente generación), y comprende principalmente características tales como: 1. El número de consortes adquiridos, 2. El modo de adquisición de consortes, 3. Las características de cualquier unión con fines de apareamiento, y 4. los patrones de cuidado parental provistos por cada sexo.

Básicamente, existen tres sistemas de apareamiento: monogámico o por pareja, poligámico o por harém, y colectivo o promiscuo (cf. Emlen y Oring 1977).

En esencia, el concepto de monogamia implica exclusividad en el apareamiento de un macho y una sola hembra. En este sistema ningún sexo tiene la oportunidad de monopolizar más miembros del sexo opuesto y su adecuación frecuentemente se maximiza a través del cuidado compartido de la cría; en la poligamia, participan un individuo de un sexo con dos o más del sexo contrario, y comprende a la poliginia o harém (donde un macho se aparea con más de una hembra) y a la poliandria (donde una hembra se aparea con más de un macho); en el promiscuo o colectivo, los machos y las hembras no están restringidos a un solo consorte sexual. En estos sistemas el nexo entre los progenitores puede perdurar después de la concepción y durante el cuidado de la cría, y a veces hasta por más de una época reproductora (Jewell 1972, Emlen y Oring 1977, Kleiman 1977, Krebs 1979, Dewsbury 1981).

Para comprender el contexto ecológico-evolutivo de los sistemas de apareamiento, es fundamental ubicar el comportamiento y características morfológicas de las especies con respecto a las condiciones y cambios del medio en que se desarrollan. Se han propuesto varias tesis para explicar esta interrelación: en ella los patrones de distribución espacio-temporal, la densidad y la calidad de los recursos alimentarios son los principales responsables de las diferencias en la densidad y distribución de las especies de mamíferos. Estas diferencias en densidad y distribución de la población, juegan un papel importante en determinar diferencias en los sistemas de apareamiento y estos a su vez afectan una amplia variedad de rasgos morfológicos y fisiológicos de las especies involucradas. Además, Verner (1964) y Emlen y Oring (1977) mencionan que el sistema de apareamiento puede cambiar para diferentes poblaciones de una misma especie, bajo distintas situaciones ambientales, e incluso en distintos momentos de la misma época de reproducción (Fig. 1).

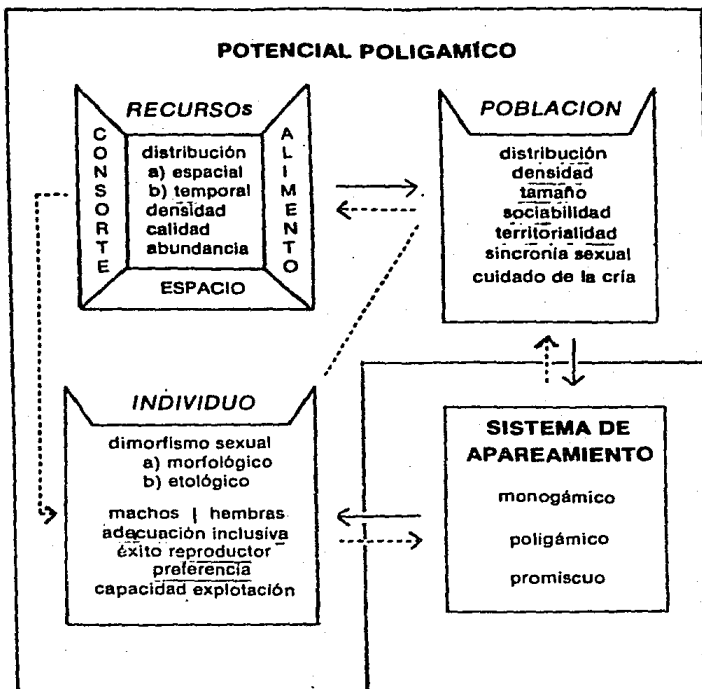


Fig. 1 Cuadro preliminar sobre las principales características ambientales, poblaciones e individuales, y su relación con los sistemas de apareamiento. Información principalmente obtenida en aves y mamíferos, basada en Verner (1964), Verner y Willson (1966), Orians (1969), Emlen y Oring (1977), Clutton-Brock y Harvey (1978) y Wittenberger y Tilson (1980). Las características de la flecha indican la magnitud de la relación (—) mayor y (---) menor.

En general, la ecología y evolución de los sistemas de apareamiento han sido estudiados principalmente en aves y mamíferos. A partir de estos trabajos se ha visto que la poligamia puede evolucionar cuando el macho puede monopolizar los recursos necesitados por las hembras, o cuando éstas mismas pueden ser directamente defendidas. La posibilidad de defender ya sea a los recursos, o a las hembras está determinada por su distribución espacio-temporal, así como por la cantidad de tiempo y energía disponibles por el macho para defender el acceso al apareamiento.

Considerando esta relación de manera simple en un contexto costo-beneficio, que determina el "potencial poligámico", es decir, las posibilidades que el medio ofrece para la monopolización y/o defensa de los recursos o de las consortes de acuerdo a sus patrones de distribución espacio-temporales (sensu Emlen y Oring, 1977). Los prerequisites para que se presenten alguno de los sistemas de apareamiento son: a) la economía de la monopolización de una o varias hembras, y b) la habilidad de los animales para utilizar ese potencial. Además, para el sistema poligámico, deben presentarse todas o algunas de las siguientes condiciones: 1. Que un sexo asuma la mayor parte del cuidado parental; 2. Que los cuidados parentales necesarios sean mínimos, y 3. Que el alimento sea muy abundante, de manera que un solo progenitor pueda cuidar a la cría. Dado que en la mayoría de las especies los machos tienen un gasto energético menor que las hembras en lo relacionado a la producción de crías -como se explica más adelante-, la selección va a favorecer la poliginia más frecuentemente que a la poliandria (Verner y Wilson 1966, Orians 1969, Emlen y Oring 1977, Clutton-Brock y Harvey 1978, Fleming 1979).

Con respecto a la monogamia, Kleiman (1977), con base en la presencia y persistencia de la estructura familiar, propone la existencia de dos formas de monogamia presente en los mamíferos: la facultativa o tipo I, donde los grupos familiares son incipientes o ausentes; y la obligatoria o tipo II, donde existe un grupo familiar bien definido, formado por la pareja de adultos y más de una generación de hijos. Ambos tipos están estrechamente relacionados con la capacidad de la hembra de proveer alimento a la cría y con la capacidad de carga de su habitat. Por otra parte, Emlen y Oring (1977) sugieren que la monogamia ha evolucionado en condiciones de: 1. Ambientes que tengan un reducido potencial poligámico (v.gr. aquellos con los recursos requeridos esparcidos homogéneamente en tiempo y en espacio), y 2. Imposibilidad para tomar ventaja del potencial poligámico (v.gr. necesaria participación paterna en el cuidado de la cría).

De los trabajos realizados sobre la monogamia, el de Wittenberger y Tilson (1980) es uno de los más completos, ya que con las hipótesis que proponen se explica la presencia y evolución de éste sistema de apareamiento, en diferentes grupos taxonómicos (incluyendo artrópodos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos); además, evalúan trabajos previos en este campo. Estas hipótesis, que no son necesariamente excluyentes, son las siguientes:

"La monogamia debería evolucionar cuando:

1. El cuidado paternal no es compartible y es indispensable para el éxito reproductor de la hembra;

2. En especies territoriales, si el aparearse con un macho no apareado, no disponible (espacial y/o temporalmente), es siempre mejor que con un macho ya apareado;

3. En especies no territoriales, cuando la mayoría de los machos puede reproducirse más exitosamente al defender su acceso exclusivo a una sola hembra;

4. Aun cuando el umbral de la poliginia sea excedido, si la agresión realizada por las hembras apareadas impide a los machos adquirir hembras adicionales; y

5. Cuando los machos son menos exitosos con dos consortes que con una sola".

Para que estas hipótesis se cumplan, deben presentarse tres condiciones: a) las hembras deben obtener beneficios del enlace de pareja los cuales no pueden ser obtenidos de otra forma, v.gr., protección, ayuda, evitar competencia con otras hembras, etc.; b) las hembras deben determinar el verdadero status de apareamiento de la pareja potencial, y c) no debe haber deserción de los machos.

En los mamíferos, según varios autores (v.gr. Darwin 1883, Orians 1969, Kleiman 1977, Fleming 1979, Eisenberg 1981) el sistema de apareamiento más común es el poliginico o harém, y es el macho el que exhibe las mayores consecuencias evolutivas (principalmente epigámicas) por la competencia intrasexual. Este punto de vista se basa esencialmente en el costo energético diferencial entre machos y hembras, con respecto a la producción de hijos. La inversión de energía es mayor en las hembras, ya que en ellas se lleva a cabo la gestación y lactancia de la cría, mientras que el macho básicamente sólo fertiliza a las hembras. De esta forma, a diferencia de lo que sucede en la mayoría de las aves, en los mamíferos permite al macho explotar el potencial poligámico existente (Emlen y Oring 1977).

Esto conduce a que el éxito reproductor de las hembras va a estar usualmente limitado por la cantidad de hijos que pueden producir y criar, y el de los machos va a estar frecuentemente limitado por los factores que afectan al número de hembras que puedan fertilizar. Es por ello que se habla (v.gr., Jewell 1972, Wittenberger y Tilson 1980) de que el sistema de apareamiento óptimo para promover los intereses reproductores individuales, frecuentemente difieren para cada sexo; en estas condiciones los intereses de un sexo restringen las opciones reproductoras del otro sexo. Debido a lo anterior, Wittenberger y Tilson (1980) indican que la teoría de los sistemas de apareamiento gira alrededor de dos puntos principales: a) los factores que determinan qué sexo predomina en delinear el sistema de apareamiento, y b) los factores que determinan qué sistema de apareamiento es óptimo para miembros del sexo "controlador".

Sin embargo, regresando al razonamiento previo, la suposición de que la monogamia sea rara en los mamíferos, puede ser un prejuicio debido a que los trabajos que la sustentan han sido efectuados principalmente con especies grandes, conspicuas y diurnas que pueden ser estudiadas por observación directa, mientras que las especies pequeñas, inconspicuas y nocturnas (v.gr., roedores) han sido comparativamente menos estudiadas en este aspecto. Es decir, en este grupo taxonómico la monogamia puede ser más común de lo que se había supuesto anteriormente, e incluso se ha considerado que podría ser prevalente entre los pequeños mamíferos (Emlen y Oring op.cit., Foltz 1981), los cuales constituyen

cerca del 90% de esta clase zoológica (Fleming 1979).¹

Wittenberg y Tilson (op.cit), con base en los estudios realizados con los mamíferos monogámicos conocidos, entre ellos varias especies de carnívoros (la mayoría de los cánidos, algunos mustélidos y vivérridos, pero ningún félido o hiénido), otras de primates, artiodáctilos y roedores, han visto que las hipótesis 2 y 4, y raramente la 3, son las que mejor pueden explicar la presencia de la monogamia en el grupo. Esta afirmación la hacen porque se ha visto que estas especies frecuentemente mantienen la relación de pareja a través de la agresión intrasexual, sostenida por ambos sexos.

En los roedores, la evolución social ha sido influida, como en otros grupos, por varios factores, entre los cuales se destacan los patrones de actividad circadiana y anual, la distribución y abundancia del alimento, la distribución del hábitat favorable y la duración de la época de crecimiento (Vaughan 1978). Por otra parte, es probable que dentro de una misma especie, sujeta a condiciones cambiantes, varíen las fases de organización social (crianza, alimentación, refugio y sistema de apareamiento) en las diferentes poblaciones (Dewsbury 1981, Eisenberg 1981). En general, las organizaciones sociales de los roedores son relativamente simples: según Eisenberg (1963), han evolucionado como continuación de la unidad familiar, y no hay una división compleja del trabajo o interdependencia persistente más allá del periodo de la relación entre la progenitora y el neonato.

La organización social de una determinada especie de mamífero solo podrá conocerse de manera definitiva con base en trabajos de campo; sin embargo, dado el comportamiento críptico, hábitos nocturnos y al pequeño tamaño de muchos roedores, para conocer la historia natural de una especie es necesario coordinar la información obtenida en condiciones silvestres con aquella obtenida en condiciones de laboratorio (Eisenberg 1963).

Finalmente, asociadas a la monogamia en mamíferos se han propuesto varias características morfológicas y etológicas, si bien Kleiman (1977) advierte que éstas no son exclusivas de las especies monogámicas, ni tienen que presentarse todas en cada una de ellas. Estas características fueron retomadas por Dewsbury (1981) en su escala de predicción monogámica mencionada más adelante.

B. Sistemas de Apareamiento en el Laboratorio.

Para las condiciones de laboratorio es de importancia práctica conocer el sistema de apareamiento característico de una especie dada, ya que se busca producir animales de laboratorio lo más económicamente posible, en número suficiente y con determinadas características para satisfacer los requerimientos experimentales.

Los sistemas de apareamiento para colonias obtenidas por endogamia (donde el entrecruzamiento se efectúa entre individuos no relacionados, y entre aquellos relacionados de manera consanguínea, respectivamente), pueden dividirse en dos sistemas: a) "continuos", donde se utiliza el estro postparto para apareamientos sucesivos, y b) "discontinuos", aquellos en que se separa al macho de la hembra, al menos por el periodo de estro postparto, y usualmente hasta el término de la lactancia.

De acuerdo con la integración de los participantes, son tres los sistemas generalmente empleados: por pareja, por harém y el colectivo (i.e., monogámico, poligámico y promiscuo). En condiciones de laboratorio estos tres sistemas de apareamiento tienen diferentes ventajas y desventajas, las cuales van a influir considerablemente sobre la producción por unidad de área, costos y calidad laborales (Festing 1972).

a) Monogamia (Pareja): desde el punto de vista operativo, los pares monogámicos son más fáciles de manejar y pueden producir el mayor número de crías por hembra en un tiempo dado. Este método se usa comúnmente en la producción de líneas endogámicas de ratas y ratones (Short 1969), y es considerado el mejor método para reproducir el ratón (Mitruka 1976). Granados y Dam (trabajo no publicado) realizaron en el jaster dorado (*Mesocricetus auratus*) estudios sobre el récord reproductor comparativo de los sistemas de apareamiento por pareja, por harém y colectivo, con resultados a favor del apareamiento por pareja.

Las desventajas de este sistema son: tienen que mantenerse un gran número de machos debido a que las parejas están albergadas individualmente, ocupan mayores áreas de estante, y se necesita mucho equipo y trabajo, aún para una colonia pequeña. Además, la productividad expresada con base en cada animal apareado, puede ser menor que la obtenida en harém (Lane-Petter 1971, Festing 1972, Baker 1979).

b) Poligamia (Harem).

Aquí las ventajas son: si una hembra no está receptiva, entonces el macho podrá aparearse con otra que si lo está (Jung 1958); usa menos machos y por lo tanto representa ahorros en alimentación y en limpieza; además, se requiere de poco espacio para la producción de un número relativamente grande de animales en apareamientos continuos; pero en este caso, al permanecer las hembras juntas en una sola jaula, es prácticamente imposible seguir el récord reproductor por hembra (Short 1969).

c) Colectivo (Promiscuo).

En este tipo de apareamiento, a diferencia del harém, se supera la inapetencia y la impotencia sexual, y/o la esterilidad de un solo macho al disponer para el apareamiento de dos o más de ellos (Bennett 1970).

En el caso de los ratones y las ratas, la desventaja de este sistema consiste en que al hacer un grupo colectivo (i.e. integrado por varias hembras y más de un macho), siempre se ha encontrado que un macho se establece como dominante y realiza la mayor parte de los apareamientos (Lane-Petter 1971).

En los dos últimos sistemas de apareamiento el número de hembras empleado está limitado a la capacidad del macho, al tamaño de la jaula o a los hábitos de los animales.

Con los ratones, las proporciones machos a hembras en los apareamientos, pueden variar desde 1:1 hasta 1:6 o 1:7; sin embargo, en el sistema por harén regularmente se aparean hasta cuatro hembras por un macho. En general, el espacio recomendado para un ratón albino en el laboratorio es de 260 cm² (Mitruka 1976); para los sistemas por pareja y harén esta área por individuo fluctúa desde 92 hasta 530 cm² (Short 1969, Festing 1972, Buchland 1981). Por otra parte, también se ha recomendado un área de 960 cm² para una hembra con crios (Baker 1979).

En general, el método o sistema de apareamiento a elegir depende principalmente de las características biológicas de la especie (época de reproducción, comportamiento de la hembra, presencia de estro postparto, tolerancia de la hembra a la presencia de otros animales durante el parto, etc.) y de la información requerida sobre el animal en cuanto a la edad, así como del tipo de bioterio (Festing 1972, Peplow 1974).

C. *Neotomodon a. alstoni*: silvestre y en el laboratorio.

El *Neotomodon a. alstoni* o ratón de los volcanes es una especie de roedor (Myomorpha: Muridae: Cricetinae; Hall 1981) endémica al Eje Neovolcánico Transversal, de la cual se han publicado cerca de 60 trabajos de distinta índole.

Ha sido estudiada principalmente desde el punto de vista del crecimiento y desarrollo (Martin 1967, Guzmán 1969, Granados et al. 1979, Zarco 1981, Zarco y Granados 1981, Martin y Alvarez 1982, Chávez y Sánchez 1983, Ramirez y Granados 1985, Ramirez 1986), reproducción (Asdell 1964, Estrada et al. 1976, 1977, 1978, Granados y Hoth 1984, Olivera 1984, Luis 1986), parasitología (Jameson 1951, Traub y Hoff 1951, Barrera 1953, 1954, 1968, 1969, Traub y Barrera 1955, Hoffmann 1965, Hentzchel 1979, Ponciano et al. 1985, y trabajo en preparación), genética (Uribe 1972, Uribe, et al. 1973, 1974, Rodríguez 1974, et al. 1975, Rodríguez y Uribe 1975, Yates 1979), taxonomía (Merriam 1898, Yates et al. 1979, Carleton 1980), habiendo sido también estudiada desde el punto de vista anatómico (Carleton 1973, Esquivel 1975 y 1981, Montoya 1978, Méndez 1981, Morales 1983, Carruba y Mena 1984, Monter 1986, Parra 1986), ecológico (Sanchez-Cordero 1980, Canela 1981, Canela y Sanchez-Cordero 1984, Rojas 1984), etológico (Olivera et al. 1983), paleontológico (Hoffmeister 1945, Alvarez 1966), biogeográfico (Goldman et al. 1946, Rapoport 1975) y en trabajos generales: Davis 1944, Davis y Follansbee 1945, Villa 1953, Ramirez-Pulido 1969, Granados 1976, Nowak y Paradiso 1983, Ceballos y Galindo 1984, Williams et al. 1985).

Es importante mencionar que en trabajos recientes, Uribe et al. (1977) han sugerido que esta especie pertenezca al género *Peromyscus*;

además, Yates et. al (1977), Williams y Ramirez-Fulido (1984), y Williams, Ramirez-Fulido y Baker (1985) ya han sustituido la denominación genérica y además mencionan que se trata de una especie monotípica, i.e., cancelan las subespecies *N. a. alstoni* y *N. a. perotensis*. En este trabajo se mantiene el nombre genérico de *Neotomodon*, debido a que en un trabajo de Carleton (1980) sobre las relaciones filogenéticas de roedores Neotominos-Feromyscinos, no se encontró (usando diferentes análisis cladísticos) consistencia en la agrupación de *Neotomodon* dentro del grupo *Peromyscus* y concluye que *Neotomodon* "no está cercanamente relacionado con *Peromyscus sensu strictu*" (Carleton 1980, p.126). Williams et al. (1985) admiten que futuras investigaciones en sistemática podrán apoyar la continuación del nombre genérico de *Neotomodon*.

A partir de los resultados obtenidos en varios laboratorios sobre la biología de la reproducción del *N. a. alstoni*, se conocen ya varios de sus parámetros reproductivos básicos. En la tabla No. 1 éstos se presentan comparados con los del ratón (*Mus musculus*) y la rata (*Rattus norvegicus*) albinos usados comunmente el el laboratorio.

TABLA No. 1

Parámetros reproductivos del Neotomodon a. alstoni, comparados con los del ratón (Mus musculus) y la rata (Rattus norvegicus) albinos, en condiciones de laboratorio.*

MACHOS

Edad al apareamiento (semanas)	10 - 11	6	10	1
Peso al apareamiento (g)	280 - 300	18 - 25	33	1
Peso promedio del adulto	300 - 400	25 - 40	38(S);62(L)	3,4

HEMBRAS

Edad al apareamiento (semanas)	10 - 11	6	10	1
Peso al apareamiento (g)	180 - 200	18 - 25	33	1
Peso promedio del adulto (g)	250 - 320	25 - 35	45(S);65(L)	3,4
Tipo de ciclo estral	Poliestro	Poliestro	Poliestro	1,2
Duración del ciclo estral (días)	4 - 5	4 - 5	4 - 5	1
Duración del estro (horas)	10 - 20	10 - 20	24	1
Mecanismo de ovulación	Espontáneo	Espontáneo	Espontáneo	1
Tiempo de ovulación (horas después inicio estro)	8 - 11	2 - 3	?	
Epoca reproductora	Todo el año	Todo el año	Todo el año	2,3
Sistema de apareamiento	M - H	M - H	M	5
Tiempo de implantación (día)	5 tardío	5 temprano	?	
Periodo de gestación (días)	20 - 22	19 - 21	27.3	1
Duración de pseudopreñez (días)	12	12	?	
Tamaño promedio de camada al nacimiento y rango	8 7 - 14	8 6 - 12	3 1 - 6	1,3 1
Peso de la cría al nacimiento (grs)	5 - 6	1 - 3	3 - 4	1
Edad de destete (días)	21	21	20 - 30	1,2,3
Peso al destete (grs)	40 - 50	10 - 12	25	4
Estro postparto	+	+	+	1

*La información de Rattus y Mus fue obtenida de Peplow et al. (1974).

M= sistema monogámico; H= harem; (S)= en condiciones silvestres; (L)= en condiciones de laboratorio.

1. Olivera 1984; 2. Martín y Alvarez 1982; 3. Estrada 1978; 4. Ramírez 1986; 5. Presente trabajo.

A pesar del número de estudios ya realizados con ⁴ esta especie, aún se conoce muy poco de su organización social, y más aún se desconoce el sistema de apareamiento en condiciones silvestres y hasta ahora no habían sido estudiado los sistemas de apareamiento en el laboratorio; sólo ha sido apareado rutinariamente por pareja por Estrada (1977) y Olivera (1984). No obstante, con la información sobre su reproducción y desarrollo es posible efectuar una predicción tentativa sobre el posible sistema de apareamiento seguido por esta especie. Dewsbury (1981) propone una escala de predicción de monogamia en el campo, con base en la correlación de varias características morfológicas y etológicas obtenidas en el laboratorio, de 42 especies de otros roedores muróideos. Esta escala de valor heurístico, va de + 16 a - 16 para especies con alta y baja posibilidad de ser monogámicas, respectivamente. Cada carácter considerado tiene asignado un valor de +2 a -2 o de +1 y -1, y son: dimorfismo sexual, latencia de intromisión, aloicalamiento, número de eyaculaciones, Efecto de Coolidge (cuando la actividad copulatoria del macho es renovada al cambiar de hembra consorte), presencia del tapón vaginal, potencial reproductor (v.gr., tamaño de la camada), comportamiento paternal (incluye acarreo, alimentación, defensa y/o socialización de la cría), tasa de maduración física (v.gr., edad en la que los crios abren los ojos), tasa de maduración sexual y existencia de escroto. Dewsbury (1981) no utiliza los dos últimos caracteres por su poca consistencia; sin embargo, si han sido considerados por otros autores tales como Kleiman (1977) y Bedford (1978).

De estas once características, seis se conocen para *N. a. alstoni*, y todas coinciden con los atributos característicos de mamíferos monogámicos:

1. Según Williams y Ramirez-Pulido (1984) no hay dimorfismo sexual en *N. a. alstoni*, ya que en 10 medidas craneales y cuatro externas de 1100 especímenes, no se revelaron diferencias significativas atribuibles a una variación sexual secundaria. Además, siguiendo el criterio de Dewsbury, a los 90 días de edad no hay diferencias significativas entre los pesos de machos y hembras (Zarco 1981, Ramirez 1986).
2. Tapón vaginal: Según Olivera (comunicación personal) no hay tapón vaginal en *N. a. alstoni* del tipo presentado en la rata o ratón albinos.
3. El potencial reproductor es relativamente bajo, ya que el tamaño de la camada es en promedio de 3.07 (Olivera 1984).
4. Comportamiento paternal: sólo se ha reportado la conducta de recuperación de la cría por el macho, el cual presenta una significativa incidencia en este sexo, aunque es muy irregular y poco eficiente en comparación a la hembra (Olivera 1983).
5. Tasa de maduración física (edad a la que abren los ojos): Es comparativamente tardía, ya que abren los ojos en promedio a los 18.6 días (Martin 1967, Olivera 1984).
6. Sobre la existencia de escroto, Martin (1967) menciona que apenas a los 14 meses de edad los machos (N=2) tenían ya testículos escrotados; sin embargo, Olivera (1984) en 78 machos observados desde el nacimiento hasta los 79 días de edad, ninguno de ellos presentó descenso de los testículos al escroto, a pesar de que a los 65 días de edad los machos ya muestran actividad reproductora.

Con seis de diez características, y en la escala de predicción monogámica, el ratón de los volcanes tiene una cuenta final de + 7. Considerando sólo a los *Peromyscus* analizados por Dewsbury (op.cit), *N.*

a. *alstoni* formaría parte del grupo de ratones para los cuales se diagnosticaría una fuerte predicción de monogamia (Tabla No. 2).

TABLA No. 2

Escala monogámica de Dewsbury (1981) y comparación de las cuentas finales de diferentes especies del género Peromyscus y de Neotomodon a. alstoni, para los cuales se tienen cinco o más caracteres correlacionados con la monogamia. La escala va de +16 a -16 para especies con alta y baja propensión a la monogamia, respectivamente. *

Especie	1. Dimor- fismo sexual	2. Latencia de intro- misión	3. Alcaci- calami- ento	4. No. de eyacu- laciones	5. Efecto Coolidge	6. Tapón vaginal	7. Tamaño de camada	8. Comporta- miento paternal	9. Tasa de maduración física	(10) Escroto	TOTAL y (No. de medidas
1. <u>P. californicus</u>		+2	+2				+2	+1	+1		+10 (6)
2. <u>N. alstoni</u>	+2					+1	0	+1	+2	(+1)	+6 (6)
3. <u>P. mexicanus</u>		+1				-1	+2	+1	+2		+5 (5)
4. <u>P. melanocarpus</u>		-1				-1	+2	+1	+2		+3 (5)
5. <u>P. leucopus</u>	-2	+1	+2	+1		-1	-1	+1	0		+1 (8)
6. <u>P. maniculatus</u>	-2	+1	-1	0	-2	-1	-1	+1	0		-5 (9)

* Basada en la información reportada por Dewsbury (1981). La información del N. a. alstoni fue obtenida de Zarco (1981), Martín y Álvarez (1982), Olivera (1983, 1984), Williams y Ramírez-Pulido (1984) y Ramírez (1986).

II a. Parte. SECCION EXPERIMENTAL

A. Objetivo

El objetivo de este trabajo fue el de comparar el récord reproductor del ratón de los volcanes (*Neotomodon a. alstoni*) silvestre en el laboratorio, siguiendo tres sistemas de apareamiento (por pareja, por harem y colectivo), y discutir sus posibles implicaciones biológicas.

B. Material y Método

Trabajo de Campo

Las capturas de los *Neotomodon a. alstoni* silvestres se efectuaron en dos periodos:

Lote 1 (L1), del 20 de Febrero al 17 de Abril de 1983;

Lote 2 (L2), del 15 de Mayo al 7 de Octubre de 1984.

Los ejemplares fueron capturados en un area de 25 Km2 al SO de Parres (Delegación Tlalpan, Mexico, D.F.). En cada trapeo se utilizaron aproximadamente 70 trampas de aluminio, plegables, tipo Sherman, las cuales fueron cebadas con mantequilla de cacahuete y hojuelas de avena, o solo con estas últimas. Las trampas se colocaron al crepúsculo en los zacatonales. El método de trapeo fue indiscriminado en siete líneas de 10 trampas cada una, separadas estas últimas por aproximadamente cinco metros. Las trampas se dejaron durante la noche y fueron recogidas a la mañana del siguiente día.

Actividades en el Laboratorio

1. Incorporación a la colonia

Al llegar al Laboratorio todos los animales fueron puestos en campanas de vidrio con éter etílico, para eliminar los ectoparásitos, los cuales fueron recolectados para su estudio. Este material se encuentra en el Museo de Zoología y en el Laboratorio de Acarología, de la Facultad de Ciencias.

Se tomaron los siguientes datos merísticos por individuo: largo total, cola vertebral, pata trasera, oreja y peso ("peso a la captura"); además, fueron sexados. Los individuos de cada lote fueron marcados numericamente por separado.

2. Mantenimiento.

Los ratones fueron reunidos por sexos en grupos de tres, en jaulas pequeñas de policarbonato (19.5 x 30 cm), y mantenidos en cuarentena bajo observación por un mínimo de 30 días. A cada jaula se proporcionó aserrín como cama, el cual se cambió cada tercer día o antes si era necesario. La colonia fue mantenida en un cuarto con temperatura y luz ambientales; durante el día también estuvo alumbrado con luz artificial.

Se les proporcionó, ad libitum, alimento para roedores Albi-Lab (Albinosa, Mexico D.F.) y agua corriente; como suplemento se les suministraron zanahoria y lechuga.

A partir de su incorporación a la colonia todos los ejemplares fueron pesados una vez por semana, con una balanza OHAUS de triple barra con precisión de decigramos. Los crios se pesaron a partir del séptimo

día de vida.

3. Apareamientos.

Los sistemas de apareamiento empleados fueron el de pareja, el de harèm (un macho con cuatro hembras) y el colectivo (dos machos con cuatro hembras). Se realizaron dos series que constaron cada una de cuatro apareamientos sucesivos con cada sistema: en la primera serie se compararon pareja vs. harèm (del 27 de Junio 1983 al 17 de Febrero de 1984), y en la segunda, pareja vs. colectivo (del 10 de Noviembre de 1984 al 29 de Junio de 1985). Todos los apareamientos se hicieron durante 12 días completos, al cabo de los cuales se separaron los machos, y las hembras fueron albergadas individualmente.

En el apareamiento por pareja se emplearon jaulas pequeñas (19.5 x 30 cm), donde el área por individuo es de 295 cm², mientras que en los apareamientos por harèm y colectivo se utilizaron jaulas medianas (25 x 40 cm), con un área por individuo de 200 y 167 cm², respectivamente. Los apareamientos y separaciones de los lotes 1 y 2 siempre se efectuaron en el transcurso de la mañana (i.e., de las 09:00 a las 12:00).

Al inicio de cada serie de apareamientos, cada sistema constó de 25 hembras, cuyo número disminuyó al avanzar los apareamientos debido a muerte por agresión o por enfermedad. Los machos usados inicialmente en los sistemas por pareja, harèm y colectivos fueron 25, 6 y 12, respectivamente. En el sistema por harèm el número inicial de 6 grupos se mantuvo hasta el último apareamiento. Sin embargo al final, sólo en tres grupos se mantuvo el número de hembras inicial; en el resto el número de hembras disminuyó a 3 por grupo. En el sistema colectivo, el número inicial de grupos si disminuyó al progresar los cuatro apareamientos, de 6 a 4, 3 y 2 grupos, respectivamente. En este último sistema siempre se mantuvo la composición de los grupos, es decir, se mantuvieron integrados por seis individuos, completándolos con las hembras sobrevivientes del apareamiento anterior. El número de machos utilizados estuvo en función del número de hembras sobrevivientes, i.e., en caso de muerte una hembra no fue sustituida, pero un macho si.

Se procuró juntar machos y hembras de fechas de colecta distantes y de pesos similares, para así evitar los posibles apareamientos entre individuos emparentados (característica indispensable en apareamientos exogámicos) y de edades similares (sin embargo después de la edad de adulto joven no se observa una relación directa entre su peso y edad -cf. Ramírez 1986-)

Ya que la hembra de *N. a. alstoni* entra en estro cada 4.5 días con una variación de 3 a 7 días (Olivera 1984), se dejó que los ratones permanecieran juntos durante el apareamiento por 12 días completos, bajo la suposición de que en este tiempo la mayoría de las hembras estuvieron al menos dos veces en estro.

Al 13er día los animales fueron segregados por sexo y vueltos a aparear una semana después del último destete. Los machos fueron reunidos nuevamente en grupos de tres y las hembras individualmente.

4. Cuidado de la cría, sexado y destete.

Una vez nacidas, las crías no se manipularon sino hasta la primera semana de vida, cuando se les pesó y sexó, para evitar el posible rechazo de los crios por parte de la madre (observado en experiencias previas con esta especie en el laboratorio). A esta edad ya es posible apreciar la mayor distancia ano-genital del macho con respecto a la de

la hembra; además, en esta última se distinguen ya las seis marcas ventrales de las futuras glándulas mamarias (Fig. 2). Al mes de vida los crios fueron destetados, marcados y reunidos por sexos en grupos de tres; ya que con este número observamos una menor frecuencia de muertes por agresión al tener albergados varios animales adultos del mismo sexo, reunidos en las jaulas pequeñas. Para obtener la proporción de sexos, solo fueron consideradas aquellas camadas sin pérdida detectada de algún crío antes de su sexado.

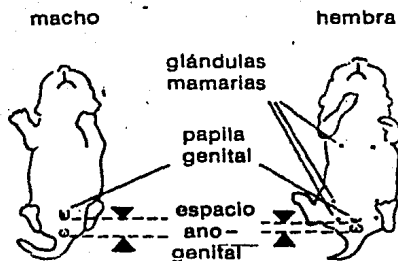


Fig. 2 Características sexuales externas en crías de *Neotomodon alstoni* a la semana de vida. Esc.=1:1 (Basado en el diagrama presentado por Baker, 1979).

5. Registros.

De cada apareamiento se anotó la siguiente información: fecha de apareamiento, identificación de los individuos apareados y tipo de apareamiento. De los resultados de los apareamientos se anotó: fecha de nacimiento de los crios, número de crios vivos a la primera semana de vida y al destete, cuando se consignó el nuevo registro en el laboratorio.

6. Análisis Estadísticos empleados.

Para los resultados del número de hembras embarazadas por cada sistema de apareamiento se aplicó la prueba de Xi cuadrada (X^2) usando tablas de contingencia de 2×2 ; por lo tanto, con un grado de libertad. Para el análisis de X^2 de estas tablas de contingencia, se usó la siguiente fórmula, sin la corrección de Yates para tablas con un grado de libertad debido al tamaño grande de la muestra (cf. Zar 1974):

$$X^2 = \sum \frac{(f_{ij} - F_{ij})^2}{F_{ij}}$$

F_{ij}

donde

f, es la frecuencia observada;

i, j, representan, respectivamente, el valor en la hilera o columna;

y

F, es la frecuencia esperada, si la hipótesis nula es cierta.

Para analizar el promedio de tamaño de la camada por sistema, y según la experiencia reproductora (número de embarazos/hembra) se aplicó un análisis de varianza de un solo criterio (ONE WAY ANOVA). Para analizar el cuidado maternal (número de hijos sobrevivientes/camada), se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis (Análisis de varianza por rangos).

C. Resultados

Los resultados del presente estudio son los siguientes:

1. Apareamientos por pareja vs. harém (Tabla 3):

a) El número de hembras embarazadas y sus respectivos porcentajes, fueron siempre notablemente superiores para los cuatro apareamientos sucesivos por pareja ($X^2 = 51.59$, $gl = 1$, $P < 0.001$; Tabla 4). En el cuarto evento no hubo fertilidad en el apareamiento por harém.

b) El número de hijos nacidos en todos los eventos fue muy superior en el apareamiento por pareja con respecto al apareamiento por harém.

c) El promedio de hijos por camada fue bastante similar en los cuatro apareamientos de los dos sistemas.

d) El porcentaje de hijos vivos a la primera semana de vida y al destete, fue apreciablemente superior en el apareamiento por harém.

e) Por otra parte, los resultados en el sistema por pareja no muestran una consistente correspondencia consistente en la proporción de machos a hembras. Sin embargo, la proporción de machos siempre es mayor para los apareamientos del sistema por pareja que por harém.

2. Apareamientos por pareja vs. colectivo (Tabla 5):

a) El número de hembras embarazadas y sus respectivos porcentajes, fueron considerablemente superiores ($X^2 = 23.9$, $gl = 1$, $P < 0.001$; Tabla 6), en todos los apareamientos por pareja.

b) El número de hijos nacidos en todos los apareamientos por pareja fue muy superior al de los apareamientos colectivos.

c) El promedio de hijos por camada fue muy similar en los cuatro apareamientos por los dos sistemas.

d) El porcentaje de hijos vivos a la primera semana de vida y al destete, fue apreciablemente superior en los apareamientos colectivos.

e) La proporción de machos a hembras en los dos sistemas, no muestra una consistente correspondencia en los cuatro eventos.

3. Resultados globales de los sistemas por pareja, por harém y colectivo (Tabla 7):

a) En el transcurso de esta investigación hubo 63 bajas. La principal causa de muerte fue por agresión (94%), y la mayor parte de ellas (58%) ocurrió durante la reunión de los machos con las hembras; las muertes restantes ($N = 4$) se debieron a posibles parasitosis. Entre apareamiento y apareamiento fue más frecuente la muerte de machos, y durante los apareamientos la muerte de hembras (Tabla 8).

Por otra parte, durante los apareamientos hubo dos veces más

muerres por agresión en el sistema colectivo que por harèm, mientras que el promedio de estas muerres en el sistema por pareja fue muy similar al de por harèm (Fig. 3).

b) El número y porcentaje de hembras embarazadas fue consistente y notablemente superior en los apareamientos por pareja; sin embargo, no hubo diferencias significativas ($\chi^2 = 0.070$, $g1 = 1$, $P > 0.90$) entre los sistemas por harèm y colectivo (Fig. 4).

c) El total de hijos nacidos siempre fue considerablemente mayor en el sistema por pareja.

d) El promedio de hijos por camada fue muy similar en los tres sistemas de apareamiento.

e) El porcentaje de hijos vivos a la primera semana de vida y al destete fue menor en el sistema por pareja, intermedio en el sistema por harèm y mayor en el sistema colectivo. Estas diferencias fueron de casi 20% entre los sistemas (Fig. 4).

f) Los apareamientos por harèm y colectivo mostraron una menor proporción de machos que de hembras. Por otra parte, en los dos apareamientos por pareja se observó una proporción similar de machos a hembras, semejante al del total sumando los tres sistemas.

4. Día de coito fértil:

Del total de apareamientos fértiles observados ($N=104$) durante los 12 días completos de apareamiento, el 88% ($N=92$) de los coitos se realizaron en los primeros seis días; de ellos, el mayor porcentaje (30%) se presentó al 4o. día del inicio del apareamiento. Estos resultados, que se presentan en la Fig. 5, se distribuyen a manera de una curva binomial, leptocurtica y con sesgo a la derecha, cuya media fue de 4.2 días.

5. Incidencia de preñez.

De las 99 hembras iniciales utilizadas para los tres sistemas, solo la mitad ($N=48$) mostró actividad reproductora. En el sistema por pareja se presentó la mayor cantidad de hembras reproductoras ($N=41$, 85%); de ellas, el 68% tuvo más de dos embarazos. En el apareamiento por harèm sólo una de las cinco hembras presentó más de dos embarazos, mientras que en el apareamiento colectivo las dos hembras preñadas presentaron dos eventos de embarazo.

6. Frecuencia de embarazo y tamaño de camada.

No se observaron diferencias significativas en el incremento del número de embarazos por hembra ni en el tamaño de la camada ($F = .718$, $g1 = 3$, 98 ; $P > 0.50$)

7. Frecuencia de parto y cuidado de la cría.

No se observaron diferencias significativas en el cuidado de la cría (según el porcentaje de hijos vivos por camada) con respecto al aumento en el número de partos por hembra ($\chi^2 = 0.05$, $3 = 7.815$; $0.25 < P < 0.50$; Tabla 9)

TABLA No.3

Cuadro comparativo del récord reproductor del Neotomodon a. alstoni siguiendo los sistemas de apareamiento por pareja y por harém.

Número y sistema de apareamiento	I		II		III		IV	
	Pareja	Harém	Pareja	Harém	Pareja	Harém	Pareja	Harém
No. de Hembras apareadas	25	25	25	22	23	21	21	21
No. de Hembras embarazadas	13	1	16	4	11	1	13	0
Porcentaje de Hembras embarazadas	52	4	64	18	48	5	62	0
Total de hijos nacidos	47	3	55	11	41	3	35	0
Promedio de hijos por camada	3.6	3	2.4	2.7	3.4	3	2.7	0
No. de hijos vivos a la 1a. semana de vida	40	3	30	8	25	3	21	0
Porcentaje de hijos vivos a la 1a. semana de vida	85	100	55	73	61	100	60	0
No. de hijos vivos al destete	40	3	30	8	24	3	21	0
Porcentaje de hijos vivos al destete	85	100	55	73	59	100	60	0
Relación y proporción de hijos machos - hembras	17/23	1/2	16/14	2/6	10/14	1/2	15/6	0
	.7:1	.5:1	1.1:1	.3:1	.7:1	.5:1	2.5:1	0:0

TABLA No. 5

Cuadro comparativo del récord reproductor del Neotomodon a. alstoni siguiendo los sistemas de apareamiento por pareja y colectivo.

Número y sistema de apareamiento	I		II		III		IV	
	Pareja	Col.	Pareja	Col.	Pareja	Col.	Pareja	Col.
No. de Hembras apareadas	25	24	25	16	25	12	20	8
No. de Hembras embarazadas	4	1	13	1	11	1	13	1
Porcentaje de Hembras embarazadas	16	4	52	6	44	8	65	12.5
Total de hijos nacidos	11	3	34	3	31	3	32	4
Promedio de hijos por camada	2.7	3	2.6	3	2.8	3	2.5	4
No. de hijos vivos a la 1a. semana de vida	3	3	13	3	21	3	20	4
Porcentaje de hijos a la 1a. semana de vida	27	100	38	100	67	100	62	100
No. de hijos vivos al destete	3	3	13	3	21	3	20	4
Porcentaje de hijos vivos al destete	27	100	38	100	67	100	62	100
Relación y proporción de hijos machos - hembras	1/2	2/1	11/2	1/2	10/11	1/2	11/9	1/3
	.5:1	2:1	5.5:1	.5:1	.9:1	.5:1	1.2:1	.3:1

TABLA No. 7

Cuadro comparativo global del récord reproductor del Neotomodon a. alstoni, siguiendo los sistemas de apareamiento por pareja, por harém y colectivo.

Número y sistema de apareamiento	P1	H	P2	C	Pt	Total
No. de Hembras apareadas	94	89	95	60	189	338
No. de Hembras embarazadas	53	5	41	4	94	104
Porcentaje de Hembras embarazadas	56.5	6.7	43.2	6	49.7	30.8
Total de hijos nacidos	178	17	108	13	286	316
Promedio de hijos por camada (D.E. y rango)	3.3 (1.14) 1-6	2.8 (.75) 2-4	2.7 (.76) 2-4	3.3 (.50) 1-4	3.04 (1.03) 1-6	3.04 (1.0) 1-6
No. de hijos vivos a la 1a. semana de vida	116	14	57	13	173	200
Porcentaje de hijos vivos a la 1a. semana de vida	65	82	53	100	60.5	66.6
No. de hijos vivos al destete	115	14	57	13	172	199
Porcentaje de hijos vivos al destete	64.6	82	53	100	60.1	63
Relación y proporción de hijos machos - hembras	58/57 1:1	4/10 .4:1	33/24 1.3:1	5/8 .6:1	91/81 1.1:1	100/99 1:1

P1= Pareja 1a. serie (Pareja vs. Harém); P2= Pareja 2a. serie (Pareja vs. Colectivo); Pt= P1 + P2; H= Harém; C= Colectivo.

TABLA No. 8

No. de animales muertos por agresión durante apareamientos y entre apareamiento y apareamiento.

	P1		P2		H		C		Total
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
Muertes durante apareamientos	1	3	3	6	1	5	5	10	34
Muertes entre apareamientos	8	2	7	2	3	1	1	1	25
									==== 59

TABLA No. 9

Cuidado de la cría con respecto al número de camadas por hembra.

Porcentaje de sobrevivencia	1er. cam. (Rango)	2a. cam. (Rango)	3a. cam. (Rango)	4a. cam. (Rango)
0	18(26.5)	12(25)	5(23)	1(14.5)
25	1(14.5)	0(5)	1(14.5)	0(5)
33	2(20.5)	1(14.5)	1(14.5)	0(5)
50	1(14.5)	2(20.5)	1(14.5)	1(14.5)
66	1(14.5)	0(5)	0(5)	0(5)
75	1(14.5)	0(5)	0(5)	0(5)
100	26(28)	18(26.5)	8(24)	4(22)
Total (N)	50(133)	33(101.5)	16(100.5)	6(71)

cam. = camada.

* porcentaje de sobrevivencia = $\frac{\text{No. de hijos vivos}}{\text{No. de hijos nacidos}} \times 100.$

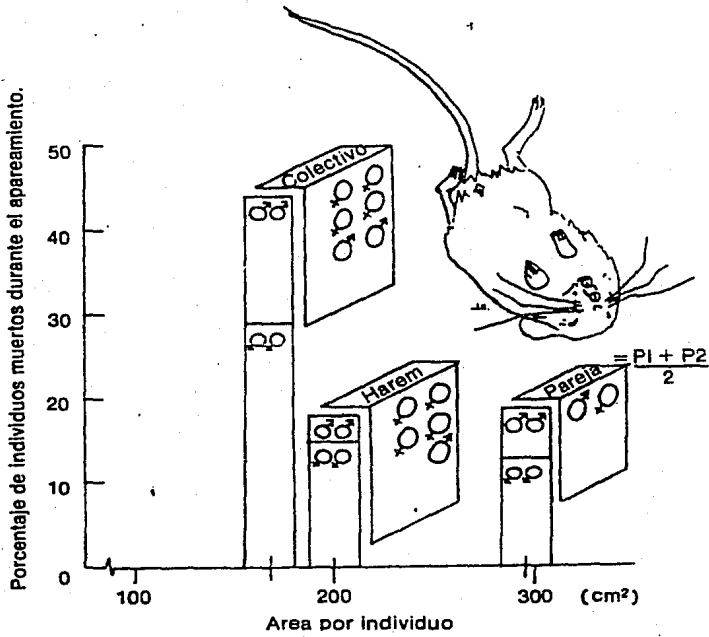


Fig. 3 Relación de animales muertos por agresión (N = 34) al apareamiento, con respecto al área por individuo. En los recuadros se muestra la composición de los grupos apareados en cada sistema. Para los sistemas de apareamiento colectivo y por harem se usaron el mismo tamaño de jaula mediana (25 x 40 cm), y para el sistema por pareja se usó jaula pequeña (19.5 x 30 cm).

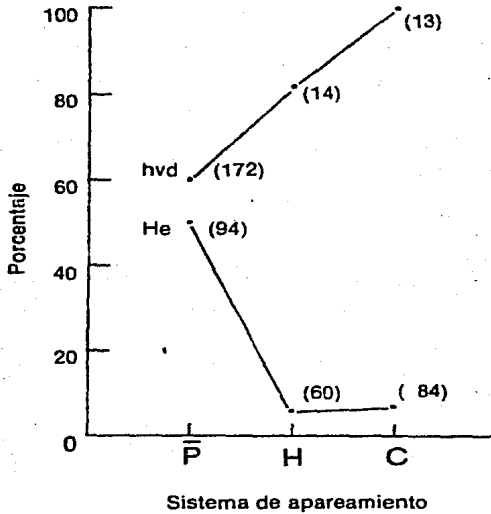


Fig. 4 Record reproductor de *Neotomodon alstoni* producido por tres sistemas de apareamiento: pareja (P), harem (H) y colectivo (C). He= Hembras embarazadas; hvd= hijos vivos al destete. Entre paréntesis se presenta el tamaño de la muestra.

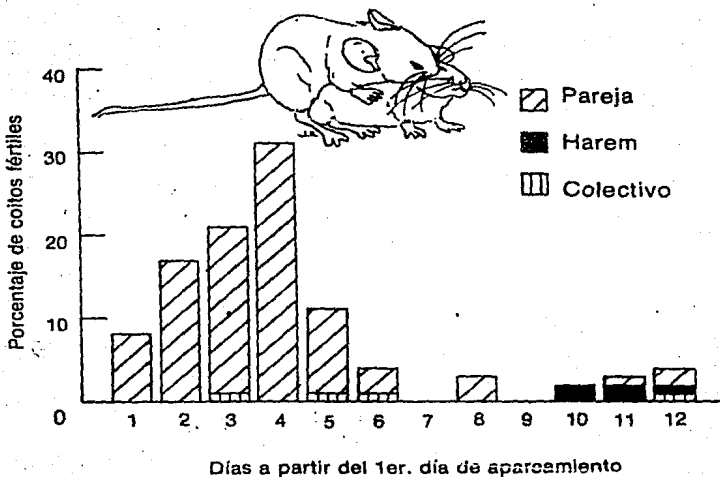


Fig. 5 Distribución binomial de los porcentajes de coito para los 12 días de apareamiento. Basada en la resta del período de gestación (27.3 días; Olivera 1984) del *Neotomodon alstoni*, a partir de las fechas de nacimiento.

D. Discusión

La discusión del presente trabajo se desarrolla principalmente sobre los siguientes puntos: diferencias entre los tres sistemas de apareamiento, basadas en el número de hembras embarazadas, en el número de hijos producidos, en la proporción de sexos y en las diferencias entre el número de hijos a la primera semana de vida y al destete. Además, se hace un análisis del resultado del periodo de máxima frecuencia de coito fértil durante los apareamientos.

1. Animales muertos por agresión.

La composición del grupo parece haber sido importante causa del mayor número de muerte por agresión, junto con las diferencias de área por individuo. Las muertes por agresión fueron notablemente mayores cuando se encontraban los machos juntos (tanto en grupos hetero como homosexuales), es decir, durante los apareamientos y entre apareamiento y apareamiento. Por otra parte, al estar las hembras en presencia de dos machos en el apareamiento colectivo, hubo más muertes por agresión entre ellas que al estar albergadas con un solo macho, tanto en el apareamiento por pareja como en el colectivo. Esto hace suponer que pudo establecerse una jerarquía más marcada entre los machos que entre las hembras. Lo anterior coincidiría con la hipótesis 3 de Wittenberger y Tilsen (1980), donde los machos son territoriales y defienden el acceso a la hembra. Por otra parte, Lane-Peters (1971) ha observado en los ratones y ratas albinos de laboratorio, que al haber varios machos juntos, uno de ellos se establece como dominante.

2. Número de hembras embarazadas.

El número consistentemente mayor de hembras embarazadas obtenidas en el sistema por pareja, comparado con el obtenido en los sistemas por harém y colectivo pudo deberse a varias razones:

a) Que efectivamente el apareamiento por pareja (monogámico) sea el sistema característico de esta especie, lo cual ha sido observado ya para otras especies de roedores, entre ellas varias del género *Peromyscus* (v.gr. Eisenberg 1963; Dewsbury 1981; Foltz 1981), al cual está filogenéticamente más cercanamente relacionado (Carleton 1980), y para el jámster dorado estudiado por Granados y Dam (estudio no publicado). Además, sería consecuente con la posición de *Neotomodon* en la escala de predicción de monogamia propuesta por Dewsbury (1981), hecha con base en seis de las características morfológicas y etológicas conocidas para esta especie.

b) Que las diferencias en espacio por animal debidas al tamaño de la jaula, hayan incrementado la incidencia de agresión, con la consecuente interferencia en las condiciones de apareamiento. Los ratones albergados en jaulas pequeñas y apareados por pareja tuvieron comparativamente entre el 30 y el 50% más área por individuo que los ratones apareados por los sistemas por harém y colectivo. Se sabe que el tamaño de la jaula afecta directamente el desempeño reproductor (Festing, 1972).

3. Número de hijos nacidos

El que siempre el número de hijos nacidos haya sido muy superior en el sistema por pareja, comparado con los otros dos sistemas, se debe al número considerablemente mayor de hembras embarazadas en el sistema por pareja. Aquí el parámetro comparativo más importante por considerar es que el tamaño promedio de camada (de 3.04 crios por camada), no

mostró diferencias significativas entre los diversos sistemas y fue similar al reportado por Martín (1967) y Olivera (1984).

4. Frecuencia de embarazos (experiencia reproductora):

El que no existieran diferencias significativas entre el tamaño de la camada y la experiencia reproductora de las madres, puede deberse al hecho de que la mayor parte de las hembras silvestres apareadas posiblemente no fueron primiparas. Para el caso del *Mus musculus*, en el laboratorio, es en el segundo embarazo cuando se ha observado el mayor tamaño de la camada (Whitten 1978).

5. Hijos vivos al destete y a la primera semana de vida:

El periodo crítico de sobrevivencia de los crios observado para los tres sistemas, se presentó antes de la primera semana de vida; las principales causas de muerte de los crios fueron debidas principalmente al canibalismo y al abandono por parte de las madres. Sólo alrededor de 2/3 partes de las crias nacidas sobrevivieron este periodo, lo cual pudo deberse a uno o varios de las siguientes factores:

a) Si efectivamente es un animal monogámico, se ha visto que además de la progenitora otros individuos llegan a participar de manera importante en el cuidado de la cría (v.gr. el macho consorte, hipótesis 1 de Wittenberger y Tilsen, 1980); por lo tanto, al encontrarse la hembra sola después del periodo de apareamiento, esto pudo haber tenido como consecuencia un mayor descuido de la camada. Esta suposición puede verse apoyada por el hecho observado en este trabajo, de que al aumentar la experiencia maternal de la hembra, no se observó un significativo incremento proporcional en la sobrevivencia de la camada, y en la observación de Olivera et al. (1983) de que el macho participa significativamente en el cuidado de la cría; el cuidado paternal ha sido estrechamente asociado en los mamíferos, con la monogamia (v.gr., Clutton-Brock 1978). El que las hembras siempre dispusieron de abundantes recursos alimenticios, también sugiere que posiblemente el descuido se debió a factores sociales. Debido a lo anterior, sería importante hacer un estudio comparativo sobre la sobrevivencia de la camada dejando al macho junto con la hembra hasta el término de la lactancia. No obstante, debe tomarse en cuenta la observación de Wittenberger y Tilsen (1980) de que posiblemente ningún mamífero deba su status de monogámico a la asistencia paterna en la crianza de la progenie.

b) Debido a la deficiente adaptación a las condiciones de cautiverio, y/o al manejo de los animales durante el periodo de cuidado maternal, vgr., la manipulación semanal de las progenitoras para su pesado.

6. Porcentaje de hijos vivos al destete.

El que el porcentaje de hijos vivos al destete haya sido considerablemente mayor en los apareamientos por harén y colectivo con respecto al sistema por pareja, no puede considerarse como una característica real, ya que esta diferencia pudo deberse principalmente a las diferencias en el tamaño de las muestras con respecto al número de crios nacidos (17 y 13 en los sistemas por harén y colectivo vs. 286 en total en el sistema por pareja).

7. Proporción de sexos.

La diferencia de la proporción de sexos entre los sistemas por harén y colectivo vs. el sistema por pareja, con una mayor proporción de

machos con respecto a hembras en los dos primeros, pudo deberse a las diferencias entre los sistemas del tamaño de las muestras con respecto al número de camadas sexadas y completas (sin pérdidas observadas). En diferentes trabajos se han obtenido diferentes proporciones, v.gr., Olivera (1984), quien en apareamientos por pareja encontró una mayor proporción de hembras (1:1.6, N= 421).

B. Día secuencial de coito fértil.

Al observar la distribución de la curva binomial del día de coito, con mayor incidencia a los 4.2 días, con una moda de 4 días, sugiere una posible similitud con el "Efecto de Whitten" (Whitten 1958, 1978), y cuya comprobación requiere futura investigación.

Asimismo, el que la mayor frecuencia de coitos haya sucedido al cuarto día del apareamiento, coincide con la duración del ciclo estral del *Neotomodon a. alstoni* (4.5 días) observado por Olivera (1984).

Según Weir (1973), es difícil que el Efecto de Whitten tenga lugar bajo condiciones naturales, pues menciona que las hembras (en este caso habla de *Peromyscus* a nivel generico) raramente están alejadas del macho y también pocas veces no están preñadas; en suma, Weir opina que este efecto podría ser un artefacto de laboratorio. No obstante, Canela y Sanchez-Cordero (1984) observaron que en condiciones de campo (en condiciones perturbadas), los machos y las hembras de *N. a. alstoni* presentan en promedio un bajo solapamiento anual (36%) de áreas de actividad; siendo mayor en primavera e inicios del verano (51%). El solapamiento en esta época, que presumiblemente es la principal época reproductora, podría inducir la sincronización de estros en las hembras para las cuales también es la época con mayor solapamiento observado (40% vs. 13% para el resto del año), con la consiguiente limitación al macho para monopolizar las posibilidades de coito, fenómeno ya reportado por Verner (1964) y por Emien y Oring (1977); además, esta es también la época con mayor solapamiento de áreas de actividad observada. Así, se estaría propiciando un menor potencial poligámico ya que la sincronía de estros, y por lo tanto de receptividad de las hembras obstaculizaría a un solo macho impedir su acceso por otros machos.

D. Conclusiones

La presente investigación permite concluir que para el *Neotomodon a. alstoni* silvestre en condiciones de laboratorio, el sistema de apareamiento monogámico o por pareja, produce un mayor récord reproductor y una menor mortalidad por agresión, comparado con los sistemas poligámico (harém) y promiscuo (colectivo).

Los resultados obtenidos sugieren que esta especie pudiera ser monogámica en condiciones silvestres por estar de acuerdo con la predicción hecha con base en seis de sus características morfológicas y etológicas, y por la interpretación de la evidencia de campo con base en la información de laboratorio, de algunas de sus características reproductoras. Si bien, la prevalencia del sistema monogámico tendrá que ser cotejada y confirmada con estudios en condiciones silvestres, por medio de evidencias genéticas (vgr. Foltz 1981) o por radiotelemetría.

Las muertes por agresión fueron notables, y en ellas participan posiblemente factores sociales, además del efecto que pudiera tener el área disponible por individuo.

Además, este estudio demuestra que hubo coitos fértiles a lo largo de los 12 días de apareamiento, pero la mayor frecuencia de ellos (obtenidos a partir de la fecha de nacimiento, y con base en el período de gestación de *N. a. alstoni*) se presentó en los primeros seis días de apareamiento, con una mayor incidencia al cuarto día.

IIIa. Parte. RESUMEN GENERAL Y BIBLIOGRAFIA

A. Resumen General

En este trabajo se compara en condiciones de laboratorio, el record reproductor del *Neotomodon a. alstoni* silvestre por medio de tres sistemas de apareamiento: por pareja (monogámico), por harém (poligámico) y colectivo (promiscuo); se discuten las posibles implicaciones biológicas de los resultados obtenidos. El estudio comprende tres partes:

Ia. Parte, "Revisión de la literatura": incluye definiciones de conceptos sobre los sistemas de apareamiento, un análisis sobre sus principales explicaciones ecológico-evolutivas, y las aplicaciones de estos sistemas en el laboratorio. Se abarcan también aspectos relacionados con la biología de la reproducción del *N. a. alstoni*, los cuales sustentan la predicción de que esta especie posiblemente sea monogámica.

Ila. Parte, "Sección experimental": describe las características del trabajo de campo relacionado con la recolecta de especímenes, y el trabajo del laboratorio relacionado con el mantenimiento de la forma en que se aplicaron y analizaron los diferentes sistemas de apareamiento. Los resultados más importantes obtenidos aquí son: a) en el sistema por pareja se obtuvo el mayor número de hembras embarazadas y la menor cantidad de muertes por agresión; b) el mayor porcentaje de coitos fértiles se presentó en los primeros seis días de apareamiento, y c) ni el tamaño de la camada, ni el cuidado de la cría se modificó significativamente con el incremento de la experiencia materna. Se discuten algunas de las implicaciones ecológicas del mejor sistema de apareamiento.

La principal conclusión es la siguiente: para el *N. a. alstoni* en el laboratorio, el sistema de apareamiento por pareja produce el mejor record reproductor, lo cual es consecuente con la predicción hecha con base en algunas de sus características morfológicas y etológicas.

IIIa. Parte, "Resumen general y bibliografía", incluye además del resumen general y las referencias sobre el marco teórico, un exhaustivo enlistado de los trabajos publicados hasta la fecha sobre el *N. a. alstoni*.

General summary:

The breeding record of the volcano mouse (*Neotomodon a. alstoni*) is here compared under laboratory conditions, using three different mating systems: by pairs (monogamy), by harem (polygamy), and collective (promiscuity); possible biological implications of the obtained results are also discussed. The study consisted of three main sections:

Section I. "Revision of the literature", includes definitions of concepts on the mating systems, an analysis of its main evolutive-ecological explanations, and applications of these systems to the laboratory. Known aspects on the breeding biology of *N. a. alstoni*, that support the monogamy prediction for this species are also considered.

Section II. "Experimental section": describes the field work related to the collection of specimens, and the laboratory work related to the maintenance of the colony and the way the different mating systems were applied and the breeding results analyzed. The principal results are: a) with the pair bond system the highest number of pregnant mice was obtained as well as the lowest quantity of aggression-killed individuals; b) the highest percentage of fertile matings occurred in the first six mating days, and c) neither litter size nor litter care increased significantly with the maternal experience.

Some of the ecological implications of the best mating system are discussed.

The most important conclusion is the following: under laboratory conditions, the monogamous mating system yielded the highest breeding record, this was shown to be consequent with the prediction supported by some of the morphological and behavioural features of this species.

Section III. "Summary and references": includes the summary, references related to the theoretical framework and an up-to-date bibliography pertaining to *N. a. alstoni*.

B. REFERENCIAS

- Alvarez T. 1966. Roedores fósiles del pleistoceno de Tequesquinhua, Estado de México. Acta Zool. Mex. 8 (3): 1- 9.
- Baker E.J.D. 1979 Reproduction and breeding. In: The laboratory rat. Baker J.H., J.L. Russell and S.H. Weisbroth. American college of laboratory animal medicine series. Vol. I. Chapter 7: 153 - 168.
- Barrera A. 1953. Sinopsis de los sifonápteros de la cuenca de México. (Ins., Sph.). An. Esc. Nac. Cienc. Biol., VII (1-4): 155- 245.
- _____, 1954. Notas sobre sifonápteros. VIII. Nuevas localidades de especies conocidas y nuevas para México y diagnosis de *Pleochaetis apollinaris aztecus*, subsp. nov. Ciencia, XIV (7- 8): 137- 139).
- _____, 1968. Distribución cliserial de los sifonaptera del volcán Popocatepetl, su interpretación biogeográfica. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. de México. 39, Ser. Zool., (1): 35- 100.
- _____, 1969. Notes on the behaviour of *Loberopsyllus traubi*, a cucujoid beetle associated with the volcano mouse, *Neotomodon alstoni*, in Mexico. Proc. Entomol. Soc. Washington. 71: 481- 486.
- Bedford J.M. 1978. Anatomical evidence for the epididymis as the prime mover of the scrotum. An. J. Anat. 152: 483- 508.
- Bennett J.P. and B.H. Vickery. 1970. Rats and Mice. In: Reproduction and breeding techniques for laboratory animals. Ed. Hafez E.S.E. Leo & Febirger. USA. chapter 17: 299 - 315.
- Canela R.M. 1981. Ambito hogareno del ratón de los volcanes *Neotomodon a. alstoni* (Rodentia: Cricetinae) en la sierra del ajusco. Tesis Profesional, Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.
- Canela R.M. y V. Sánchez-Cordero. 1984. Patrón del area de actividad de *Neotomodon alstoni alstoni* (Rodentia: Cricetinae). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. de México 55, ser. Zool. (2): 285- 306.
- Carleton M.D. 1973. A survey of gross stomach morphology in new world cricetinae (Rodentia, Muroidea), with comments on functional interpretations. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. of Michigan. No. 146, 43pp.
- Carleton M.D. 1980. Phylogenetic relationships in Neotomine-Feromyscine rodents (Muroidea) and a reappraisal of the dichotomy within new world cricetinae. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan. No. 157. 146 pp.
- Carruba C.M. y L.F. Mena. 1984. Estudio comparado de la histología del oviducto del ajolote *Ambystoma mexicanum* y el ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni alstoni*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.
- Ceballos G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. LIMUSA. México: 215- 216.

- Chávez T.C. y C. Sánchez. 1983. Variación del tamaño y peso de *Neotomodon alstoni alstoni* (Rodentia: Cricetinae) en la Sierra del Ajusco, México, D.F. VII Congr. Nal. Zool. Xalapa, Ver. Resúmenes, p.146.
- Clutton-Brock T.H. and P.H. Harvey. 1978. Mammals, resources and reproductive strategies. *Nature* Vol. 273: 191 - 195.
- Darwin C. 1883. *The descent of man and selection in relation to sex.* Appleton N.Y. 688 pp.
- Davis W.B. 1944. Notes on Mexican mammals. *J. Mam.*, 25: 370- 403.
- _____ and L.A. Follansbee. 1945. The Mexican Volcano Mouse *Neotomodon*. *Jour. Mam.*, 26: 401- 411.
- Dewsbury D.A. 1981. An exercise in the prediction of Monogamy in the field from laboratory data on 42 species of murid rodents. *The Biologist*, 63, 4: 138 - 162.
- Eisenberg J. 1963. *The behavior of heteromyd rodents.* University of California Press. 100 pp.
- _____. 1981. *The mammalian radiations.* The University of Chicago Press. USA. 610 pp.
- Emlen T.S. and L.W. Oring. 1977. Ecology, sexual Selection, and the Evolution of Mating Systems. *Science*. Vol. 197.: 215 - 223.
- Esquivel M.F. 1975. Estudio de la musculatura craneal y cervical en el ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* (Merriam, 1898). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.
- Esquivel M.F. 1981. Estudio comparativo de la musculatura craneo-cervical de *Neotomodon alstoni alstoni* (Davis 1944) y *Peromyscus boylii levipes* (Osgood 1909) (Rodentia- Cricetinae). *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. de México.* 51, (1980) Ser. Zool. (1): 525- 562, 28-XII-1981.
- Estrada L.E. 1978. Estudio sobre la reproducción del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) silvestre y nacido en el laboratorio (F1 y F2). Tesis Profesional. Dep. de Biología, Fac. de Ciencias, UNAM. México. 96 pp.
- Festing F.W.M. 1972. Production methods. In: *The UFAW handbook on the care and management of laboratory animals.* UFAW (ed.). Livingstone limited. UK. Chapter 5: 56 - 72.
- Fleming T.H. 1979. Life-history strategies. In: *Ecology of small mammals.* Stoddard D.M: (Ed.). Chapman and Hall.London: 1 - 61.
- Foltz D.W. 1981. Genetic evidence for long-term monogamy in a small rodent, *Peromyscus polionotus*. *Am. Nat.* 117 (5): 665 - 675.
- Granados H. 1976. Estudios sobre la biología del ratón de los volcanes

(*Neotomodon alstoni* Merriam, 1898). I. Observaciones introductorias. XIX Congr. Nal. Cienc. Fisiol. Durango, Dgo. Programas y resúmenes, p.91.

----- y H. Dam. Estudios en el jámster dorado sobre el récord reproductor comparativo de los sistemas de apareamiento por pareja, por harem y colectivo. (1949- 1950): investigaciones no publicadas.

-----, E. Estrada y B. Zarco. 1979. Estudios sobre la biología del ratón de los volcanes. IV. Fertilidad y Longevidad de animales silvestres en el laboratorio. XXII. Congr. Nal. Cienc. Fisiol., Aguascalientes, Aqs. México. Resúmenes, p. 108.

Hall E.R. 1981. The mammals of North America. John Wiley & Sons. Vol. II: 745.

Hentzchel A.E. 1979. Biología del pseudoescorpión *Dinocheirus* sp. asociado a *Neotomodon alstoni* (Mammalia: Rodentia). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Hoffmann A. 1965. Contribuciones al conocimiento de los trombicúlidos mexicanos (Acarina: Trombiculidae), IIA. parte. Folia Entomol. Mex. 9. 27pp.

Hoffmeister D.F. 1945. Cricetinae rodents of the Middle Pliocene of the Mulholland Fauna, California. J. Mamm., 26: 186- 191.

Jameson E.W. 1951. *Eubrachylaelops martini*, a new mite (Acarina: Laelaptinae) from the volcano mouse (Mammalia: Cricetinae). J. Parasitol., 37: 556- 559.

Jewell. 1972. Selection for reproductive success. In: Reproduction in Mammals. Austin C.R. and R.V. Short (Eds.). Cambridge University Press, U.K. Book 6: 71- 109.

Jung S. 1958. Zucht und Haltung der wichtigsten labororium Versuchtiere. G. Fischer. Jena: 291-296.

Kleiman D.G. 1977. Monogamy in Mammals. Quart. Rev. Biol. 52: 39- 69.

Krebs C.J. 1979. Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row. New York. 678 pp.

Lane-Petter W. and A.E.G. Pearson. 1971. The laboratory animal-principles and practice. Academic Press. London. 293 pp.

Luis-D, J. 1986. Estudio comparativo sobre la reproducción del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni alstoni*) en el laboratorio con hembras apareadas durante uno y dos ciclos estrales. Tesis profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Martin E. 1967. Crecimiento y desarrollo en el laboratorio de *Neotomodon alstoni* (Rodentia-Cricetidae). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

----- y T. Alvarez. 1982. Crecimiento y desarrollo en el laboratorio de *Neotomodon alstoni* (Rodentia: Cricetidae). An. Esc. Nac. Cienc.

Biol., México, 26: 55 - 84.

Méndez U.M. 1981. Estudio histológico comparado de la retina en cinco vertebrados. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Mitruka B.M., H.M. Rawnsley and D.V. Vadehra. 1976. Animals for medical research. John Wiley & Sons. New York. 591 pp.

Monter M.S. 1986. Estudio histológico comparado del páncreas en cuatro especies de vertebrados. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Montoya C.G. 1978. Morfología del aparato reproductor masculino de *Neotomodon alstoni* Merriam, 1898 (Mammalia: Cricetidae). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Morales A.M. 1983. Estudio histológico comparado del ovario de cuatro vertebrados. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Nowak M.R. and Paradiso. 1983. Walker's mammals of the world. 4th edition. Johns Hopkins University Press. Vol. II: 612- 613.

Olivera L.J., J. Calvo, J. Vieyra y J. Ramírez-Pulido. 1983. Conducta materna en el *Neotomodon* (*Neotomodon a. alstoni*). Recuperación de los crios. VII Congr. Nac. Zool. Xalapa, Ver. Resúmenes, p.147.

Orians G.H. 1969. On the evolution of mating systems in birds and mammals. Amer. Natur. Vol. 103, No.934: 589- 603.

Parra G.L. 1986. Estudio histológico de la vagina de *Neotomodon alstoni* durante las fases del ciclo estral (estro, proestro, metaestro y diestro). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Peplow A.M., F.V. Peplow and E.S.E. Hafez. 1974. Parameters of reproduction. In: Handbook of laboratory animal science. Ed. Melby C.E. CRC Press. USA. Vol. I.: 107 - 116.

Ponciano R.G., F. Ponciano y A. Lasoya. 1985. Estudio preliminar sobre las relaciones foréticas de algunos artrópodos con *Neotomodon alstoni* Merriam, 1898 (Rodentia). VIII. Congr. Nac. Zool., Saltillo, Coah. Memorias p.142.

Ponciano R.G. (En preparación). Artrópodos epizoicos del ratón de los volcanes (*Neotomodon a. alstoni*). Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Ramírez-Pulido J. 1969. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala" Morelos, México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón de México, Ser. Zool (2): 253 - 290.

Ramírez J. y H. Granados 1985. Estudios sobre la biología del ratón de los volcanes. VII. Crecimiento en el laboratorio de animales silvestres. XXVIII Congr. Nal. Cienc. Fisiol. Puebla, Pue. México. Resúmenes.

resumen 122.

Ramirez J. 1986. Investigación sobre el crecimiento del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni alstoni*), silvestre y nacido en el laboratorio (F1). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Rapoport E. 1975. Areografía. Fondo de Cultura Económica, México: 170.

Rodriguez-Romero F. 1974. Estudios citogenéticos en *Neotomodon alstoni perotensis*. Merriam 1898. Tesis Profesional. Univ. Nac. Autón. de México.

-----, M. Uribe-Alcocer and A. Laguarda-Figuera. 1975. Chromosome analysis of *Neotomodon alstoni perotensis*, Mamm. Chromosome Newsl., 16: 117-119.

----- y A.M. Uribe. 1975. Estudios citogenéticos en *Neotomodon alstoni perotensis*. Memorias del II Encuentro Nac. de Genética. Mazatlán, Sin. Memorias: 300-311.

Rojas M. A. 1984. Descripción del microhabitat de cinco especies de ratones de la sierra del ajusco. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Rowan A. 1984. Of Mice, Models and Men. A critical evaluation of Animal Research. State University of New York Press. 323 pp.

Sánchez-Cordero V. 1980. Patterns of demography and reproduction in a rodent community in Central México. Tesis Maestría. Univ. Michigan, Ann Arbor.

Short D.J. and D.P. Woodnot. 1969. Breeding of common laboratory animals. In: The IAT manual of laboratory animal practice and technology. Crosby Lockwood & Sons, Ltd. UK. 461 pp.

Smith R.L. 1980. Ecology and field biology. Harper & Row. USA. 835 pp.

Traub R. y C.C. Hoff. 1851. Records and descriptions of fleas from New Mexico (Siphonaptera). Amer. Mus. Nov., (1530): 1-23.

-----, and A. Barrera. 1955. Three new fleas of the genus *Strepsylla* Traub (Siphonaptera: Hystrichopsyllidae). Fieldiana: Zoology, 37: 541-550.

Uribe A. M. 1972. Estudios citogenéticos en *Neotomodon a. alstoni*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Univ. Nac. Autón. de México.

-----, A. Laguarda and J. Romero. 1973. Chromosome analysis and meiotic behavior of *Neotomodon alstoni*. Mamm. Chromosome Newsl., 14: 12-13.

-----, A. Laguarda, J. Romero, J. Paulette and S. Scaglia de Paulette. 1974. Cytogenetic analysis of *Neotomodon a. alstoni*. Cytologia, 38: 437-442.

-----, 1977. Estudios citogenéticos de algunas especies de

roedores y lagomorfos de México. Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias, Univ. Nac. Autón. de México.

_____, F. Rodríguez and A. Laguarda. 1977. Cytogenetic contribution to the taxonomy of the volcano mouse, *Neotomodon alstoni* (Cricetidae, Rodentia). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. de México. 48, Ser. Biol. Exp. (1): 45 - 56.

Vaughan A.T. 1978. Mammalogy. Saunders. 522 pp.

Verner J. 1964. Evolution of polygamy in the long billed marsh wren. Evolution. 18: 252- 262.

_____ and M.F. Willson. 1966. The influence of habitats on mating systems of North American passerine birds. Ecology 47: 143 - 147.

Villa R.B. 1953. Mamíferos silvestres del Valle de México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. de México, 23 : 269 - 492.

Weir J.B. and I.W. Rowlands. 1973. Reproductive strategies of mammals. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4: 139- 163.

Whitten W.K. 1958. Modification of the oestrous cycle of the mouse by external stimuli associated with the male. J. Endocrin. 17: 307- 313.

Whitten W.K. and A.K. Champlin. 1978. Pheromones, Estrus, Ovulation, and Mating. In: Methods in Mammalian Reproduction. Daniel J.L. (Ed.). Academic Press, Inc. New York: 403 - 417.

Williams S.L. and J. Ramirez-Pulido. 1984. Morphometric variation in the volcano mouse, *Peromyscus (Neotomodon) alstoni* (Mammalia: Cricetidae). Annals of Carnegie Museum, Pennsylvania, USA. Vol. 53, Article 6: 163 - 183.

Williams S. L., J. Ramirez-Pulido and R.S. Baker. 1985. *Peromyscus alstoni*. Mammalian species. American Society of Mammalogists. No. 242: 401- 411.

Wittenberger J.F. and R.L. Tilson. 1980. The evolution of Monogamy: Hypothesis and Evidence. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 197- 232.

Yates T.L., R.J. Baker and R.K. Barnett. 1979. Phylogenetic analysis of karyological variation in three genera of peromyscine rodents. Syst. Zool. 28: 40 - 48.

Zar J.H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice Hall. USA. 620 pp.

Zarco-P.,B. 1981. Estudio sobre el crecimiento del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) nacido en el laboratorio (F1 y F2). Tesis profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México.

Zarco-P.,B. y H. Granados. 1981. Estudios sobre la biología del ratón de los volcanes. V. Crecimiento de las dos primeras generaciones nacidas en el laboratorio. V Congr. Nal. Zool., Cuernavaca, Mor., México. Resúmenes, p.81.