

9
2 y 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO COPULATORIO EN EL RATON DE LOS VOLCANES (*Neotomodon a. alstoni*, Merriam 1898)"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A :

MARIA TERESA ARENAS JIMENEZ

DIRIGIDA POR DRA. JUANA ALBA LUIS DIAZ

MEXICO, D. F.

1996



FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Estudios del comportamiento copulatorio en el ratón de los volcanes (Neotomodon a. alstoni, Merriam 1898)".

realizado por ARENAS JIMENEZ MARIA TERESA

con número de cuenta 8232939-4 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dra. Juana Alba Luis Díaz

Propietario

M. en C. Graciela Gómez Alvarez

Propietario

M.V.Z. Mario Javier Soriano Bautista

Suplente

M.V.Z. Agustín Carmona Castro

Suplente

Biól. Sabel Hernández Reyes Gómez

Consejo Departamental de Biología

ADMINISTRACION GENERAL
DE BIOLOGIA

CONTENIDO

Dedicatorias	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
INTRODUCCION	1
I. Antecedentes	2
1. Características generales	2
1.1 Habitat	2
1.2 Posición taxonómica	3
2. Reproducción sexual	4
2.1 Atrayentes sexuales	6
2.2 Fecundación interna	8
3. Cortejo	8
4. Comportamiento copulatorio	9
4.1 Parámetros del comportamiento copulatorio	10
5. Patrones copulatorios en los roedores	12
5.1 Patrón copulatorio en llave	12
5.2 Patrón copulatorio con movimientos pélvicos o "thrusting" intravaginal	12
5.3 Patrones con una o múltiples intromisiones	13
5.4 Patrones con una o múltiples eyaculaciones	13
6. Hormonas y comportamiento copulatorio	14
7. Regulación neural del comportamiento copulatorio	18
7.1 Bulbo olfatorio	21
7.2 Amígdala	23
II. HIPOTESIS	25
III. OBJETIVOS	25
MATERIAL Y METODOS	26

RESULTADOS	29
1. Cortejo	29
2. Latencia de inicio	30
3. Parámetros copulatorios	30
4. Períodos refractarios	32
5. Comportamientos observados en los períodos refractarios	33
DISCUSION	43
CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS	52

DEDICATORIAS

A mis padres, Joaquín y Carmelita: por brindarme en todo momento su amor, comprensión y apoyo incondicional para realizar una de mis metas.

A mis hermanos, Carmen y Alvaro: por todo su amor y apoyo.

A mis sobrinos, con cariño.

A mis abuelitos, Tello y Meche, a mi prima Maritza y a mi sobrino Mario: con mucho cariño para ustedes, que siempre me han dado su amor y comprensión.

A mis familiares que siempre me han alentado para seguir adelante, especialmente a mi tío Rubén y a mi tía Reyna.

A Guillermo, Carlos, Juanita y Agustín quienes me han brindado su amistad y apoyo.

A mis maestros, amigos y compañeros de escuela que contribuyeron a mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Juanita Luis Díaz le agradezco su invaluable colaboración y gran interés en la dirección de esta tesis, y por los conocimientos y consejos que siempre me brindó como maestra y amiga.

Al Dr. Humberto Granados y al M.V.Z. Mario Soriano, les agradezco la oportunidad que me brindaron de poder realizar el presente estudio en el Bioterio de la Facultad de Ciencias UNAM.

Agradezco en forma muy especial a los sinodales, por su valiosa participación en la revisión del presente trabajo y por sus acertadas sugerencias que sin duda lo mejoraron.

Asimismo, deseo agradecer muy sinceramente a los Biólogos Guillermo Espinosa y Carlos Mújica, y al M.V.Z. Agustín Carmona por su generosa cooperación que en diversas formas me otorgaron para el desarrollo de este trabajo.

También agradezco a las Biólogas Dora Salazar e Isabel Antúnez por su gentil compañerismo y comprensión.

RESUMEN

El estudio del comportamiento copulatorio del ratón de los volcanes se realizó con 50 parejas de animales silvestres que fueron capturados en una zona de la Sierra del Ajusco, situada entre los kilómetros 44 y 60 de la Carretera Federal a Cuernavaca. Las observaciones se realizaron de forma directa, en períodos nocturnos utilizando como iluminación luz roja. Cada pareja fue observada en una jaula de acrílico (32x23x15 cm), con cama de aserrín limpio, agua y alimento *ad libitum*, las observaciones se continuaron hasta la saciedad del macho. El ratón de los volcanes copula en series, con un rango de una a seis, aunque el 70.96% de los animales observados (n=31), sólo presentaron una y dos series copulatorias. En cada serie se ejecutaron los siguientes patrones motores: montas simples, con intromisión, eyaculación y movimientos pélvicos rítmicos o "thrusting". La frecuencia y duración con la que se ejecutan estas conductas están dentro del rango señalado para otros roedores. De acuerdo a este estudio el ratón de los volcanes presenta un patrón copulatorio no en llave, con múltiples intromisiones, múltiples eyaculaciones y movimientos pélvicos rítmicos o "thrusting".

INTRODUCCION.

El ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni alstoni*, Merriam 1898) es un roedor endémico de México, que habita la región del Eje Neovolcánico Transversal de este País (Villa 1952).

Desde que Martín (1967) realizó el primer trabajo sobre la biología del desarrollo postnatal del ratón de los volcanes, a la fecha se han estudiado diversos aspectos de este roedor. Las investigaciones realizadas en el Laboratorio de Biología Animal Experimental de la Facultad de Ciencias de la UNAM mostraron que este roedor reúne características muy especiales (Ramírez 1986) para ser utilizado como un modelo experimental, por lo que Granados (1994) lo declaró un nuevo animal de laboratorio, ofreciéndolo como la cepa exogámica GFC-UNAM.

Desde otro aspecto, los estudios sobre la biología básica de este roedor, son importantes por tratarse de una especie única en la fauna mexicana.

El presente trabajo es un estudio del comportamiento copulatorio del ratón de los volcanes, el cual se realizó con la finalidad de contribuir al conocimiento biológico de esta especie. Asimismo, se espera que la determinación del patrón copulatorio de este roedor contribuya a definir la posición

taxonómica del género *Neotomodon* y sus relaciones filogenéticas, pues como se señala más adelante, se ha sugerido que este roedor pertenece al género *Peromyscus* (Williams y Ramírez-Pulido 1985).

I. Antecedentes

1. Características Generales

1.1 Habitat

El ratón de los volcanes es una especie endémica que habita en el Eje Neovolcánico Transversal de nuestro País, su distribución va de un rango altitudinal de los 2440 a los 4500 m. s. n. m. (Villa 1952).

El habitat de este roedor está constituido por bosque mixto de pino-encino en las partes bajas y pino y abeto en las partes altas, encontrándose en la línea de nieve perpetua bosque formado principalmente por pino, asociadas a este tipo de vegetación se encuentran varias gramíneas de los géneros *Stipa*, *Muhlenbergia* y *Festuca*, llamadas comúnmente zacatón y que

constituyen uno de los factores más importantes de su habitat (Villa 1952).

1.2 Posición taxonómica

Merriam en 1898 describe por primera vez al género *Neotomodon* con tres especies: *Neotomodon alstoni*, *Neotomodon perotensis* y *Neotomodon orizabae*. El ejemplar tipo del género fue colectado en Nahuatzen, Michoacán a una altitud de 2592 m. s. n. m., este espécimen se encuentra en National Museum, Biological Survey Collection en Estados Unidos de Norteamérica (Merriam 1898). Miller y Rhen (1902) corroboran la existencia de las especies descritas por Merriam y colocan al género *Neotomodon* en la Subfamilia Neotominae de la Familia Muridae. Sin embargo, Goldman (1910) incluye a este género en la Subfamilia Cricetinae, junto con *Peromyscus* y otros géneros semejantes. Posteriormente Davis y Follansbee (1945) basándose en un estudio de la morfología somática y craneal consideraron que el género *Neotomodon* solo incluía una especie con dos subespecies o razas geográficas; *Neotomodon alstoni alstoni* y *Neotomodon alstoni perotensis*. Además, al comparar las características taxonómicas del género *Neotomodon* con las de

Peromyscus y *Neotoma*, establecieron una relación filogenética entre *Neotomodon alstoni* y *Peromyscus melanotis*.

Asimismo, algunos estudios citogenéticos (Uribe *et al.* 1974, Uribe 1977) realizados con el ratón de los volcanes mostraron que el género *Neotomodon* y *Peromyscus* están emparentados filogenéticamente. Yates *et al.* (1979) señalaron que *Neotomodon* es cogenérico de *Peromyscus* considerando a la especie de este género como politípica, Williams y Ramírez-Pulido (1985) con base en un estudio morfométrico de este roedor, concuerdan con lo anterior, pero señalan que la especie es monotípica (*Peromyscus alstoni*). En este estudio se conservó el nombre original del género, debido a que el cambio taxonómico sugerido por Williams y Ramírez-Pulido, no ha sido reconocido por las autoridades taxonómicas correspondientes.

2. Reproducción sexual

La reproducción sexual es un fenómeno prácticamente universal, aunque hay que advertir que sexualidad y reproducción son dos procesos diferentes, la sexualidad implica la recombinación genética de dos individuos diferentes en una nueva

disposición, la cual puede ocurrir separadamente de la reproducción como en las bacterias. Por otra parte, la reproducción es el fenómeno a través del cual un individuo se multiplica y puede ocurrir independientemente de la sexualidad, e. g., a través de la fisión (Gilbert 1988).

En los animales superiores la reproducción, generalmente implica sexualidad, ya que a través de este proceso el material proveniente de dos fuentes diferentes se recombina, permitiendo el surgimiento de nuevos caracteres, de esta manera se incrementa la variabilidad intraespecífica, sobre la cual actúa la selección natural (Elkin 1972).

En la reproducción sexual es necesaria la participación sincronizada de los padres, para así asegurar un mayor éxito de la unión gamética. En los organismos acuáticos de fecundación externa la unión de los gametos se realiza al azar; las hembras y machos liberan los óvulos y espermatozoides en el agua, medio en el cual se realiza la fecundación. Sin embargo, estos organismos también han desarrollado comportamientos reproductivos que aumentan la probabilidad de fertilización, e. g., en los organismos más simples la tendencia más común es la agregación. Los peces presentan comportamientos de apareamiento que permiten un estrecho acercamiento entre el macho y la hembra, de

tal forma que el líquido espermático es expelido directamente sobre los óvulos (Etkin 1972).

Los comportamientos de apareamiento son complejos y requieren de una coordinación en el desarrollo reproductivo de ambos sexos y movimientos específicos que facilitan el reconocimiento entre los machos y hembras de una misma especie (Etkin 1972), además en la reproducción sexual existen señales químicas que hacen más factible la unión de la pareja (Vanderbergh 1988).

2.1 Atrayentes sexuales

Los mamíferos liberan a su ambiente una variedad de olores, los cuales provienen de las glándulas de su piel y de los productos de excreción. Cuando estas sustancias funcionan como señales químicas, que desencadenan respuestas sexuales son llamadas feromonas o atrayentes sexuales (Vanderbergh 1988).

Las feromonas tienen mayor importancia en las especies de mamíferos pequeños y de hábitos nocturnos, como los roedores, en los cuales se ha establecido la importancia que tiene la comunicación química en ambientes nocturnos (Vanderbergh 1988).

Las ratas machos son capaces de discriminar entre los olores de una hembra y un macho, y muestran una preferencia especial hacia olores de hembras en estro; machos castrados o inmaduros no muestran esta preferencia. Estudios electrofisiológicos del área hipotalámica y del bulbo olfatorio, mostraron que la respuesta del macho hacia olores provenientes de la orina de hembras en estro y diestro es independiente de los niveles de andrógenos en plasma, sin embargo, el tratamiento con testosterona puede aumentar la capacidad de detección de estos olores, lo cual sugiere que los andrógenos afectan la región neural asociada con la preferencia hacia olores de hembras en estro (Pfaff y Gregory 1971).

El ratón de laboratorio y el hamster dorado también muestran preferencia por el olor de una hembra en estro; la fuente principal de este atrayente sexual está presente en el flujo vaginal y es altamente específico. En el hamster, el flujo vaginal, es capaz de inducir las siguientes respuestas: acercamiento del macho hacia la fuente de olor, e inclusive puede lamer y consumir las secreciones, asimismo, se estimula la respuesta sexual, lo cual puede desencadenar la cópula (Vanderbergh 1988).

2.2. Fecundación interna

En la fecundación interna los espermias son introducidos en el cuerpo de la hembra durante un proceso llamado cópula (Etkin 1972).

Con el desarrollo de la fecundación interna también ocurrió el surgimiento de estructuras especializadas en la transmisión y recepción del semen, así como una serie de conductas que constituyeron el comportamiento copulatorio (Etkin 1972).

3. Cortejo

Antes de dar una definición de lo que es el comportamiento copulatorio, debe mencionarse que a éste, le precede una serie de conductas sexuales que integran el cortejo, de cuya realización exitosa depende el seguimiento de la cópula.

Generalmente a la cópula le precede el cortejo, que en algunas especies de roedores como *Mus musculus* y *Rattus norvegicus* dura unos segundos y se limita a olfateos y exploración oral de la región perineal de la hembra. Sin embargo, en otros como los Proboscidae y Delphinidae está integrado por

una secuencia compleja de patrones motores y estimulación sensorial (Sachs y Meisel 1988).

Durante el período precopulatorio los machos y las hembras de los roedores pueden emitir vocalizaciones, que probablemente aumenta la excitación del otro y/o incrementan su propia excitación; el macho de *Rattus norvegicus* puede frotar el dorso de la hembra y con frecuencia se orina en una parte del espacio en que se mueve, una hembra en estro puede corresponder a este comportamiento, corriendo hacia el macho con un paso muy estereotipado. Se ha señalado que estos movimientos de la hembra son muy importantes en la invitación a la primera monta, para los machos sin experiencia sexual o hipoactivos (Madlafousek y Hliňák 1983).

4. Comportamiento copulatorio

El comportamiento copulatorio podría ser definido como el conjunto de patrones conductuales que se realizan con determinada frecuencia y que tienen como finalidad principal la transmisión del semen (Dewsbury 1979).

En varias especies de roedores, se ha señalado que el comportamiento copulatorio tiene por lo menos tres funciones adicionales a la trasmisión del semen, e. g., la estimulación cervicovaginal que recibe la hembra durante la cópula desencadena un reflejo neuroendocrino que resulta en un incremento en el nivel de progesterona, lo cual facilita la implantación del óvulo fecundado (Conaway 1971).

4.1 Parámetros del comportamiento copulatorio

Aunque existe una diversidad de posiciones en el comportamiento copulatorio, es posible indicar que éste se integra principalmente por los siguientes parámetros: montas, intromisiones y eyaculaciones (Dewsbury 1978, Sachs y Meisel 1988).

Montas: el macho generalmente monta a la hembra por la región trasera apoyando las patas posteriores en el piso y las anteriores en los flancos de la hembra.

En los macacos el macho monta a la hembra apoyando las patas traseras en los tobillos de ésta, y en otros como los mustélidos y los félidos, mientras el macho monta a la hembra también la sujeta, con los dientes fuertemente del cuello.

En los roedores el macho durante la monta generalmente se sujeta de los flancos de la hembra o los palpan, antes o durante la iniciación de los movimientos pélvicos, estos comportamientos estimulan a la hembra para adoptar la postura receptiva.

Intromisiones: las intromisiones también incluyen un patrón de monta en la que ocurre penetración vaginal, la cual puede ser muy breve y única, como en el bisonte, las ovejas y muchos otros ungulados. En los roedores las intromisiones tienen una duración de 200 a 400 milisegundos y se presentan en series.

En los roedores el papel de la hembra durante las intromisiones no es pasivo; por el contrario permite que esta acción sea exitosa arqueando el dorso "lordosis", asimismo, mueve la región perineal para facilitar la inserción.

Eyaculaciones: se define como la fuerte expulsión de semen a través de la uretra e incluye, además la monta y la intromisión.

En los roedores las montas, intromisiones y eyaculaciones ocurren en series, en cada una de las cuales se presenta solamente una eyaculación, que generalmente siempre ocurren al final de este período.

5. Patrones copulatorios en los roedores

Los patrones copulatorios en los roedores pueden ser clasificados con respecto a la presencia o ausencia de las siguientes características (Dewsbury 1978):

5.1 Patrón copulatorio en llave

En las especies (e. g., *Tylomys nudicaudus*, *Neotoma albigula*), que presentan este patrón copulatorio existe un mecanismo de atadura entre el pene y la vagina, que impiden la separación inmediata después de la cópula.

5.2 Patrón copulatorio con movimientos pélvicos o "thrusting" intravaginal

En algunas especies (e. g., *Mus musculus*, *Microtus ochrogaster*), de roedores el patrón copulatorio se caracteriza por múltiples movimientos pélvicos o "thrusting" antes de la eyaculación, otras como *Rattus norvegicus* exhiben un sólo "thrusting".

5.3 Patrones con una o múltiples intromisiones

En algunos roedores, como en la rata de laboratorio son necesarias múltiples intromisiones para alcanzar la eyaculación; mientras que en otras, como *Cavia porcellus*, la eyaculación ocurre en la primera intromisión.

5.4 Patrones con una o múltiples eyaculaciones

Finalmente mientras que en la mayoría de las especies (e. g., *Mesocricetus auratus*, *Rattus norvegicus*), se presentan múltiples eyaculaciones en un solo periodo, (e. g., *Baiomys taylori*, *Cavia porcellus*) otras dejan de copular enseguida de una simple eyaculación.

Basándose en estas características es posible obtener 2^4 (16) posibles patrones copulatorios, sin embargo, existe toda una diversidad de comportamientos copulatorios en el Orden Rodentia, e. g., mientras en algunas cepas del ratón de laboratorio, raramente se completan dos series copulatorias, en el hamster sirio, típicamente se registran 10 series.

6. Hormonas y comportamiento copulatorio

El comportamiento reproductivo depende de la compleja interacción entre los factores ambientales, el sistema nervioso y el sistema endócrino.

Se ha señalado que en los machos de los vertebrados el comportamiento reproductor se origina por la acción de los andrógenos, se supone que la testosterona que es uno de los principales andrógenos es aromatizada y convertida en estradiol en el cerebro, y que es esta hormona la que activa el comportamiento sexual del macho. Sin embargo, aún faltan más estudios para generalizar este mecanismo (Christensen y Clemens 1975).

El método de estudio más directo para mostrar la relación entre las hormonas gonadales y el comportamiento sexual ha sido la castración, la cual en la mayoría de las especies conduce a una disminución de la respuesta sexual, e. g., en la rata, la orquidectomía ocasiona una inmediata y progresiva disminución de la respuesta sexual, la cual eventualmente desaparece. Sin embargo, en algunas especies de serpientes la orquidectomía no produce la pérdida del potencial copulatorio (Sachs y Meisel 1988).

A este respecto se ha mencionado que la respuesta sexual después de la castración tiene una persistencia variable

tanto individual como interespecífica, a pesar de que la testosterona en sangre desaparece pocas horas después de la orquidectomía; esta persistencia en la respuesta sexual puede durar días, semanas e inclusive años, en especies de longevidad prolongada. Esta persistencia fue atribuida al efecto de los andrógenos producidos por la corteza adrenal, sin embargo, estudios posteriores realizados con roedores, a los cuales al mismo tiempo que se les orquidectomizaba, se les extirpaba también la corteza adrenal, mostraron que la persistencia de la respuesta sexual no se debía a este factor, a la fecha se desconoce que es lo que mantiene la respuesta sexual temporal después de la castración (Davidson 1975, Sachs y Meisel 1988).

En *Rattus norvegicus* el primer efecto de la orquidectomía es una reducción en el número de intromisiones, lo cual reduce el número de eyaculaciones, posteriormente desaparecen los comportamientos de montas con intromisiones y finalmente las montas (Sachs y Meisel 1988).

Los efectos de la orquidectomía sobre el comportamiento sexual pueden ser revertidos con la administración de testosterona, lo cual indica que la actividad sexual en los machos está dada principalmente por los efectos de esta hormona (Sach y Meisel 1988).

En varios estudios realizados con *Mus musculus* se ha observado que los cambios del nivel de testosterona en sangre se correlacionan con el comportamiento sexual de tal forma que los machos con altos niveles de testosterona en sangre exhiben más series copulatorias, además los niveles de testosterona registrados antes de que se inicie el comportamiento sexual son más grandes y declinan durante la serie copulatoria (Batty 1978).

En otros estudios realizados con varias cepas de *Mus musculus* se ha encontrado que la proximidad de una hembra en estro eleva los niveles de testosterona en el macho, especialmente en aquellas cepas que tienen un nivel basal bajo de esta hormona.

En las hembras de mamíferos no primates durante su ciclo reproductivo existe un período llamado estro en el cual las hembras exhiben comportamiento sexual, este comportamiento está dado por la acción de los estrógenos. El estro coincide con la ovulación, asegurándose con esto una mayor probabilidad de fertilización.

En las ratas ovariectomizadas la administración de estradiol induce el comportamiento de lordosis, pero si se administran estrógenos y enseguida progesterona se obtienen comportamientos sexuales bien definidos.

Se ha señalado que los estrógenos inducen este comportamiento, debido a su acción directa sobre el cerebro antes que sobre la hipófisis, puesto que en ratas ovariectomizadas e hipofisectomizadas, la administración de estrógenos también induce respuesta sexual (Hafez 1970).

La biología reproductiva del lagarto verde constituye un interesante ejemplo, de la interacción del medio ambiente y el sistema neuroendócrino. En este reptil la temperatura induce en el macho la liberación de la hormona gonadotrópica que estimula la espermatogénesis y la producción de testosterona. La concentración creciente de testosterona en sangre actúa sobre zonas específicas del cerebro para modular las secreciones ulteriores de gonadotropina y activar el comportamiento sexual. El despliegue del comportamiento sexual del macho constituye un factor importante en el ambiente que desencadena la producción de hormona gonadotrópica en la hembra, la cual a su vez induce el desarrollo ovárico, la estereidogénesis y el comportamiento sexual. La respuesta sexual de la hembra influye sobre el macho de tal forma que el ciclo se reinicia (Crews 1982).

7. Regulación neural del comportamiento copulatorio

Las funciones motoras del comportamiento sexual son mediadas por estructuras neurales centrales del cerebro anterior, mientras que la neocorteza integra los mecanismos de estimulación sexual.

El orden en el cual desaparecen los elementos del patrón copulatorio en el ratón, después de la castración (primero las eyaculaciones, enseguida las intromisiones y finalmente las montas), refleja las diferencias en el umbral de disparo de los mecanismos neurales que median esos patrones (Aronson 1959).

En los mamíferos los mecanismos neuronales que controlan el comportamiento sexual se hacen más y más dependientes de la activación de la neocorteza de acuerdo al desarrollo filogenético alcanzado. Asimismo, la influencia de las hormonas gonadales en el comportamiento sexual también depende del desarrollo filogenético de cada grupo (Aronson 1959).

En los primates la influencia de las hormonas gonadales en el comportamiento sexual no es tan notoria como en los roedores, en los cuales, como ya ha sido mencionado, la castración ocasiona la desaparición del comportamiento sexual a los pocos días, mientras que en los primates el patrón copulatorio

puede prevalecer meses o años. Asimismo, en las hembras de mamíferos no primates la receptividad sexual está estrictamente asociada a la actividad cíclica de los ovarios, por lo que la castración también ocasiona la desaparición del comportamiento sexual. Sin embargo, en los primates la receptividad sexual de la hembra es independiente de la condición ovárica y puede continuar aún después de la ovariectomía (Aronson 1959).

Los estudios sobre la regulación neural del comportamiento copulatorio han sido enfocados principalmente hacia las vías de integración del cerebro anterior, por lo que las vías aferentes y eferentes del área medial preóptica, la cual es un componente integral muy importante de este sistema, han sido ampliamente estudiadas (Sachs y Meisel 1988).

Se ha descubierto que el área medial preóptica tiene una importante función en la regulación neuroendócrina de la cópula, debido a que la lesión de esta zona ocasiona la desaparición del comportamiento sexual en varios vertebrados como el hamster, ratón, cobayo, perro (Gibson 1986, Sachs y Meisel 1988).

En la rata las lesiones en el área medial preóptica que se extienden hasta la región anterior rostral del hipotálamo, eliminan el comportamiento sexual, en animales con experiencia. La administración crónica de testosterona no restablece el

comportamiento sexual lo que indica que los efectos de las lesiones en esta área no se deben a una disminución de la función gonadal (Gibson 1986, Sachs y Meisel 1988).

En ratas la lesión del área medial preóptica generalmente elimina la cópula, sin embargo, también se ha observado que existe una relación entre la severidad y localización de la lesión, y los daños ocasionados en el comportamiento copulatorio, así se tiene que las lesiones que sólo incluyen el área medial preóptica rostral provocan daños menores en el comportamiento copulatorio. Asimismo, se ha señalado que en el hamster, lesiones menores en el área medial preóptica, como la región peristriar, zona que recibe terminales de la amígdala media caudal, elimina la cópula, similarmente en el jerbo lesiones menores del área medial preóptica también ocasiona grandes daños (Sachs y Meisel 1988).

Se ha cuestionado si los efectos de las lesiones en el área medial preóptica, sobre el comportamiento copulatorio, se debían verdaderamente a la destrucción de los cuerpos celulares que confluyen en esta área, este hecho ha llevado a realizar un estudio, en el cual se utilizó ácido iboténico, una neurotoxina que destruye selectivamente los cuerpos neuronales. Tanto las lesiones neurotóxicas como las electrolíticas eliminaron la cópula

indicando que las neuronas del área medial preóptica juegan un papel importante en la activación del comportamiento copulatorio (Hansen *et al.* 1982).

7.1 Bulbo olfatorio

El bulbo olfatorio tiene un papel importante en la regulación del comportamiento copulatorio, como ha sido demostrado a través de la bulbotomía, la cual afecta la capacidad copulatoria. Esta disminución en la capacidad copulatoria fue en un principio atribuida a la pérdida del olfato, sin embargo, ha sido argumentado que los bulbos olfatorios tienen otras funciones integrativas, además de su papel sensorial (Sachs y Meisel 1988).

El bulbo olfatorio recibe la inervación de los receptores del epitelio nasal y del órgano vomeronasal. La contribución de cada uno de estos sistemas en la disminución de la capacidad copulatoria ha sido investigada a través de diversos diseños experimentales, *e. g.*, la irrigación nasal con sulfato de zinc, produce la pérdida del olfato, debido a que este compuesto destruye los receptores del epitelio nasal, en el hamster algunos estudios señalan que esto provoca grandes trastornos, mientras que otros

mencionan que el comportamiento copulatorio no es afectado (Sachs y Meisel 1988).

Se ha señalado la deservación de las estructuras accesorias del bulbo olfatorio, provenientes del nervio vomeronasal afecta el comportamiento copulatorio del hamster de 0 al 44% (Meredith 1986).

También se ha mencionado que cuando el tratamiento con sulfato de zinc es combinado con el seccionamiento del nervio vomeronasal, en el hamster, el comportamiento copulatorio es eliminado (Sachs y Meisel 1988).

En la rata (*Rattus norvegicus*) la disección del órgano vomeronasal, en machos con experiencia sexual, incrementa la latencia de la primera intromisión y disminuye la ocurrencia de éstas con duraciones más largas en la eyaculación.

En otras especies de mamíferos el sistema olfatorio no tiene gran importancia en la realización de la cópula como se ha demostrado en cánidos, galos y monos rhesus (Sachs y Meisel 1988).

7.2 Amígdala

El papel que la amígdala desempeña en el control del comportamiento copulatorio en los roedores, ha sido estudiado a través de dos lesiones diferentes en esta zona; una de ellas involucra la región corticomedial y la otra la basolateral (Sachs y Meisel 1988).

Se ha señalado, que las lesiones en la región basolateral de la amígdala, en las ratas machos y en el hamster, no tienen ningún efecto sobre el comportamiento copulatorio, sin embargo, cuando se lesiona la región corticomedial se producen grandes trastornos en el comportamiento copulatorio de ambas especies. Las ratas machos con este tipo de lesiones presentan latencias de eyaculación más largas y un número menor de eyaculaciones que los controles. El alargamiento de las latencias de eyaculación es el resultado del incremento en el número de intromisiones que la preceden y por los largos intervalos entre las intromisiones (Harris y Sachs 1975).

En el Hamster las lesiones en la región rostral de la amígdala corticomedial eliminan la cópula, mientras que si la lesión es producida en la región caudal los trastornos en el comportamiento copulatorio son leves.

Otros estudios han mostrado que los trastornos ocasionados por las lesiones de la región rostral de la amígdala corticomedial se deben principalmente a la destrucción del núcleo rostral (Sachs y Meisel 1988).

HIPOTESIS

El patrón copulatorio del ratón de los volcanes (*N. a. alstoni*) se espera sea similar al descrito para otros roedores del género *Peromyscus*, debido a su estrecha relación filogenética con este género.

OBJETIVOS

Objetivos generales

Estudiar el comportamiento copulatorio del ratón de los volcanes (*N. a. alstoni*), con la finalidad de establecer los parámetros que lo integran, así como su patrón copulatorio.

Objetivos particulares

- a). Describir las conductas que preceden al comportamiento copulatorio de este roedor.
- b). Determinar los parámetros que integran su patrón copulatorio.
- c). Ubicar de acuerdo a la clasificación de Dewsbury (1978) el patrón copulatorio que exhibe.

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó con 50 parejas de ratones de los volcanes silvestres, los cuales fueron capturados de marzo a septiembre de 1991, en una zona de la Sierra del Ajusco, comprendida entre los kilómetros 44 y 60 de la Carretera Federal a Cuernavaca.

Para las capturas se utilizaron trampas Sherman plegables, las cuales se colocaron entre las 16.00 y 18.00 hr y fueron recogidas al día siguiente entre las 08.00 y 10.00 hr, utilizándose como cebo hojuelas de avena.

Los animales capturados fueron llevados al laboratorio, en donde fueron sexados y ectodesparasitados (Ramírez 1986).

En el laboratorio fueron mantenidos bajo temperatura y humedad ambientales, con un fotoperíodo (luz artificial) de 11.00 hr.

Se les proporcionó como alimento "nutricubos purina" para roedores pequeños y agua corriente *ad libitum*.

Las observaciones se realizaron en forma directa de las 19.00 a las 02.00 hr del siguiente día, utilizándose como iluminación luz roja.

Cada pareja fue observada en una jaula de acrílico (32x23x15 cm) con cama de aserrín limpio, en la cual los animales se introdujeron simultáneamente, durante la observación se les proporcionó alimento y agua *ad libitum*.

Cabe señalar que en un principio sólo se observaron aquellas parejas, en las que previamente se había determinado, a través de frotis vaginales, que la hembra estaba en estro, sin embargo, este método no fue efectivo, debido a que la mayoría de las hembras en las que se había determinado el estro, no copulaban, por lo cual se optó por observar a las 50 parejas, las cuales fueron observadas en grupos de ocho y 10 parejas. Cada pareja fue observada en su jaula respectiva durante un período de 30 minutos, durante el cual si no exhibían comportamiento copulatorio eran cambiadas.

Las observaciones del comportamiento copulatorio de este ratón se realizaron de noviembre de 1991 a noviembre de 1993 en el bioterio de la Facultad de Ciencias, con sesiones de trabajo de una y dos veces por semana.

Se registraron los siguientes parámetros del comportamiento copulatorio: latencia de inicio, número y duración de las montas simples, con intromisión y de las montas con eyaculación, número y duración de las series copulatorias y

períodos refractarios. Asimismo, se registraron los comportamientos de cortejo así como las posiciones de monta y las actividades que realizaron los integrantes de las parejas durante los periodos refractarios.

A las hembras que copularon, después de cada observación se les tomó un frotis vaginal para determinar la presencia de espermatozoides.

Las observaciones del comportamiento copulatorio se continuaron hasta la saciedad del macho.

Se calcularon los promedios con su respectiva desviación estándar del número y la duración de las montas simples, con intromisión y eyaculación. Asimismo, se realizaron representaciones gráficas de los resultados obtenidos.

RESULTADOS

Los resultados del estudio del comportamiento copulatorio del ratón de los volcanes se presentan en las Tablas de la 1 a la 4, y Figuras de la 1 a la 3.

1. Cortejo

En la Tabla 1 se describen las conductas que se observaron previamente a la cópula y que constituyen el cortejo. El cortejo del ratón de los volcanes lo integran conductas de olfateo y algunas veces de danza; el macho al percibir a la hembra, la persigue para olfatearle la región trasera, la hembra en respuesta a este comportamiento, gira rápidamente y se olfatean de frente, en algunas ocasiones, la hembra después de olfatear de frente al macho, también busca olfatearle la región trasera. El comportamiento de danza se observó en el periodo de latencia de inicio y en los refractarios, durante la danza, el macho de frente a la hembra rasca con los miembros anteriores el piso de la jaula, mientras se balancea rítmicamente en el plano lateral.

2. Latencia de inicio

El valor promedio de la latencia de inicio de la cópula de este roedor fue de $531.66 \text{ s} \pm 648.82$ (Tabla 2), en este período se ejecutaron conductas exploratorias y de cortejo.

3. Parámetros copulatorios

El patrón copulatorio de este ratón no es en llave, y está integrado por los siguientes parámetros: monta simple, monta con intromisión y monta con eyaculación (Tabla 1). La monta simple se caracteriza por efectuarse con una gran rapidez, en la cual el macho apoya los miembros anteriores en los flancos de la hembra momentáneamente, teniendo una duración en promedio de $1.14 \text{ s} \pm 0.36$ (Tabla 2, Fig. 1). En la monta con intromisión el macho también apoya los miembros anteriores en los flancos de la hembra, logrando la intromisión, este comportamiento se distingue del anterior porque la hembra adopta una posición lordótica, por su duración que fue considerablemente mayor, en promedio $4.34 \text{ s} \pm 2.34$ (Tabla 2, Fig. 1), además de que

generalmente el macho y la hembra se asean los genitales al finalizar la monta. Durante la monta con eyaculación los patrones motores exhibidos por el macho y la hembra fueron muy similares a los observados en la monta con intromisión, sin embargo, en algunas ocasiones se observó que el macho mientras montaba a la hembra, le mordía el dorso o levantaba uno de los miembros posteriores de tal forma que todo su cuerpo lo apoyaba sobre ésta. La monta con eyaculación fue la última de una serie copulatoria, el aseo de los genitales tanto del macho como de la hembra, estuvo siempre asociado con este tipo de montas, además de que su duración fue apreciablemente mayor. La duración de una monta con eyaculación fue en promedio de 6.41 s. \pm 4.66 (Tabla 2, Fig 1).

Las montas con intromisión y eyaculación son acompañadas por movimientos pélvicos rítmicos o "thrusting". El macho del ratón de los volcanes durante la cópula persigue constantemente a la hembra, debido a que ésta, sólo se detiene en el momento de la monta, y para asearse brevemente los genitales al término de ésta.

Las montas simples, con intromisión y eyaculación ocurrieron en series; de las 31 observaciones realizadas se obtuvo un rango de 1 a 6 series copulatorias (Tabla 3, Fig. 2). El 35.48 %

de las parejas observadas presentó una serie copulatoria, el 35.48 % dos series, el 12.90 % tres series, el 6.45% cuatro series y el 9.67 % seis series.

El número promedio de montas simples por serie fue de 5.19 ± 2.33 , el de montas con intromisión de 6.74 ± 2.8 y el de montas con eyaculación de 1.0 ± 0 (Tabla 2, Fig. 3).

4. Períodos refractarios

El período refractario entre la primera y la segunda serie fue en promedio de 1091.0 s, entre la segunda y tercera serie de 1179.0 s, entre la tercera y cuarta serie de 1441.0 s, entre la cuarta y quinta serie de 1270.0 s y entre la quinta y sexta serie de 1020.0 s (Tabla 2).

Durante las observaciones del comportamiento copulatorio de este ratón se registraron conductas estereotipadas como fueron: montas de larga duración (de 10 a 25 segundos), que normalmente ocurrieron a la mitad de la serie copulatoria. Por otra parte, también se observó que dos hembras

presentaron comportamiento de monta de manera similar a la del macho, y un macho se mostró indiferente ante la presencia de la hembra.

Cabe mencionar también, que en algunas parejas el macho mostró agresión hacia la hembra, cuando ésta no aceptaba ser montada.

Por otra parte, de las 31 hembras que copularon sólo dos (6.45%) resultaron preñadas.

5. Comportamientos observados en los períodos refractarios

En la Tabla 4 se describen los comportamientos exhibidos por el macho y la hembra del ratón de los volcanes durante los períodos refractarios, los cuales consistieron en: descanso, aseo individual y mutuo, actividad motora, vocalizaciones, danza, olfateo, persecución, roer y alimentación. Uno de los comportamientos más notorios que se observó en los períodos refractarios fue el siguiente: el macho de frente a la hembra, la empuja con la cabeza, hasta obligarla a caerse dorsalmente, de inmediato da media vuelta para lamerle los genitales.

Tabla1. Componentes del comportamiento sexual del ratón de los volcanes.

Comportamiento	Descripción
Cortejo	
Olfateo	El macho al percibir a la hembra, busca la región trasera de ésta y le olfatea la región perineal.
Danza	El macho, frente a la hembra, rasca con los miembros anteriores el piso de la jaula mientras balancea el cuerpo rítmicamente en el plano lateral.
Comportamiento copulatorio	
Monta simple	El macho monta a la hembra por la región trasera tan rápidamente, que apenas logra tocarla.
Monta con intromisión	El macho monta a la hembra por la región trasera y logra la intromisión porque, ésta adopta posición lordótica. Durante la monta con intromisión el macho exhibe movimientos pélvicos o "thrusting".

Continuación de la tabla 1.

Monta con eyaculación	El macho monta a la hembra por la región trasera, mientras la hembra adopta posición de lordosis, ocurre la penetración y la eyaculación, generalmente es de mayor duración que la monta con intromisión, y durante ella el macho ejecuta movimientos pélvicos o "thrusting".
-----------------------	---

Tabla 2. Parámetros del comportamiento copulatorio del ratón de los volcanes

		Duración promedio en segundos
Latencia de inicio		531.66 ± 648.82 (8'51")
	Número promedio de montas por serie	
Montas simples	5.19 ± 2.33	1.14 ± 0.36
Montas con intromisión	6.74 ± 2.8	4.34 ± 2.34
Montas con eyaculación	1 ± 0	6.41 ± 4.66
Duración del período refractario		
1a. serie		1091.0 (18'11")
2a. serie		1179.0 (19'39")
3a. serie		1441.0 (24'1")
4e. serie		1270.0 (21'10")
5e. serie		1020.0 (17'0")

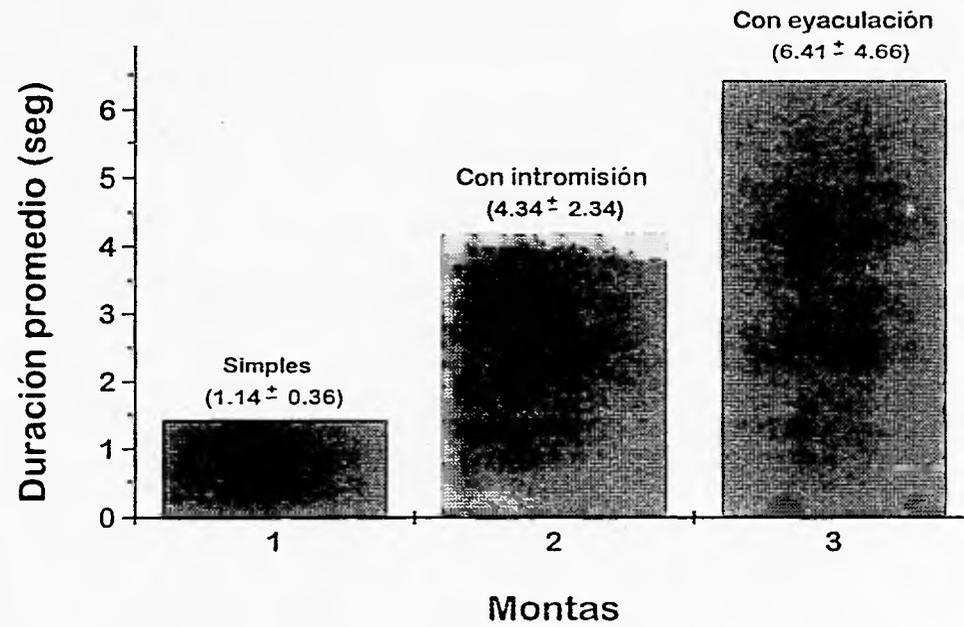


Fig. 1. Duración promedio de las montas simples, con intromisión y eyaculación del ratón de los volcanes (*N. a. alstoni*).

Tabla 3. Número y porcentaje de series copulatorias exhibidas por el ratón de los volcanes

Número de serie	Número de parejas.	Porcentaje
Una	11	35.48
Dos	11	35.48
Tres	4	12.90
Cuatro	2	6.45
Cinco	0	0.00
Seis	3	9.67

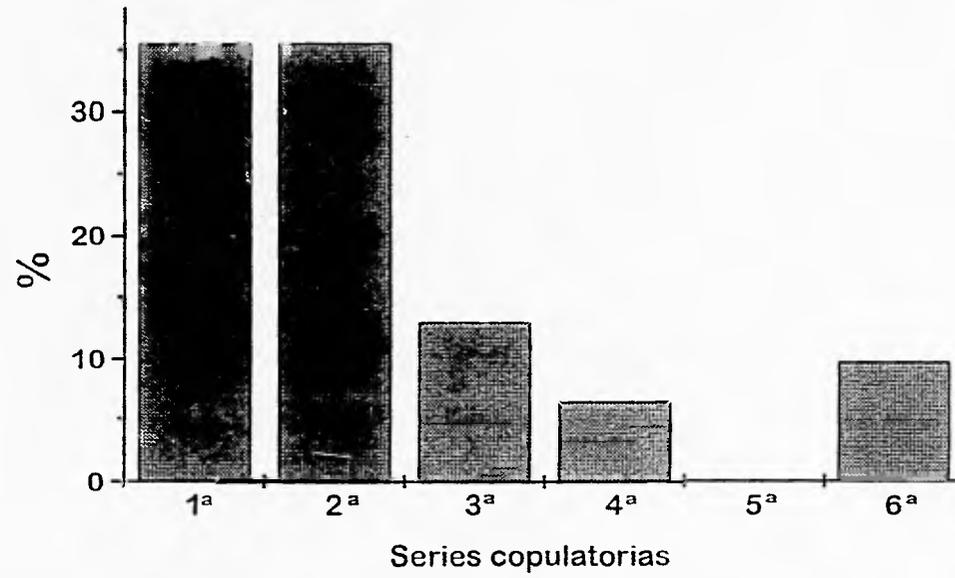


Fig. 2. Porcentaje de las parejas del ratón de los volcanes (*N. a. alstoni*) que presentaron de una a seis series copulatorias.

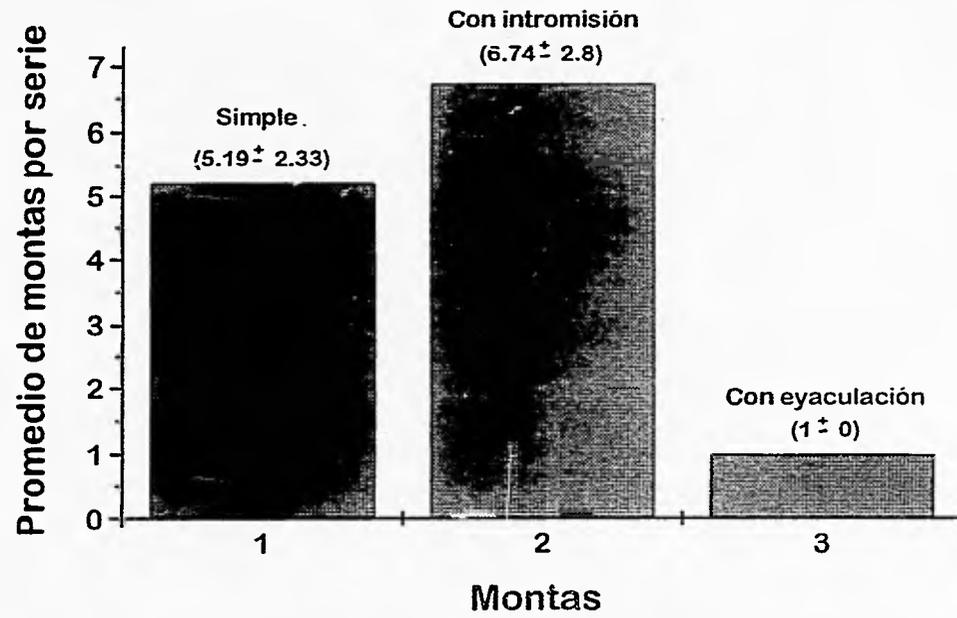


Fig.3. Promedio de montas simples, con intromisión y con eyaculación por serie copulatoria del ratón de los volcanes (*N. a. alstoni*).

Tabla 4. Comportamientos exhibidos por el ratón de los volcanes durante los períodos refractarios.

Descanso	<p>Apoyados sobre los miembros posteriores, permanecen sentados, con la cabeza levantada.</p> <p>Apoyados sobre los cuatro miembros permanecen echados, con la cabeza levantada o sobre el piso de la jaula.</p>
Aseo.	
Individual	<p>Frotándose rápidamente las extremidades anteriores y poniendo saliva en ellas, se tallan la cabeza, la cara y las regiones laterales, también se lamen la región abdominal y la cola. Genitales; sentado, con los miembros posteriores separados, inclina la cabeza para lamerse los genitales.</p>
Mutuo	<p>El macho o la hembra asean a su pareja, lamiéndole la cabeza y el dorso.</p>
Actividad motora	<p>Tanto el macho como la hembra caminan o corren por toda la jaula.</p>

Continuación de la tabla 4.

Vocalizaciones	El macho o la hembra al ser aseados por su pareja pueden emitir vocalizaciones.
Olfateo	Se olfatean a distancia, orientando las cabezas, uno hacia el otro, mientras mueven la nariz y las vibrisas rítmicamente.
Persecución	El macho persigue a la hembra tratando de olfatearle los genitales o montarla.
Roer	Con los miembros anteriores sostienen pedazos de aserrín para roerlos.
Alimentación	Cualquier miembro de la pareja suele tomar agua o ingerir alimento.

DISCUSION

Las observaciones realizadas en este estudio muestran que el ratón de los volcanes generalmente, al inicio de cada serie copulatoria, exhibe un breve "cortejo", el cual consiste en olfateo y algunas veces "danza"; el olfateo es una conducta que se presenta en todas las especies de roedores estudiadas. Sin embargo, el comportamiento de danza no ha sido señalado como un elemento del cortejo en otros estudios realizados con roedores. En este trabajo se incluyó como parte del cortejo del ratón de los volcanes, pero haciendo hincapié de que su exhibición no fue constante. Los patrones motores que integran la "danza", también forman parte del comportamiento agonístico de este roedor; el macho dominante ante el subordinado ejecuta esta misma acción (Granados *et al.* en prensa). Sin embargo, esta conducta no es la única que se presenta tanto en el comportamiento sexual como en el agonístico, pues en los períodos refractarios se observó con frecuencia, que el macho de frente a la hembra se recargaba hasta obligarla a acostarse dorsalmente y, de inmediato se volteaba para lamerle los genitales. Este comportamiento también es exhibido por el macho dominante de esta especie, frente al subordinado (Granados *et al.* en prensa), estas observaciones concuerdan con lo señalado en otros estudios, en los que se menciona que elementos del comportamiento

agonístico de una especie, también forman parte de su conducta sexual (Eibl-Eibesfeldt 1975).

La latencia de inicio de la cópula de este ratón, la cual fue de 531.66 ± 648.82 es más larga que la señalada para *Microtus montanus* (102 s) y *M. ochrogaster* (172 s), otros roedores como *Peromyscus leucopus* y *P. gossypinus*, presentan latencias de inicio muy largas 1301 y 1100 s, respectivamente (Dewsbury 1975, Lovecky *et al.* 1979). Dewsbury (1971) señala que las latencias de larga duración en los roedores podrían estar asociadas con una tendencia a aparearse monogámicamente en condiciones naturales, sin embargo, especies como *Microtus ochrogaster* (Elwood 1983) que es monogámico, tienen una latencia de inicio de cópula corta, lo mismo sucede con el ratón de los volcanes, el cual tiene una alta predicción hacia la monogamia, debido a que exhibe cuidados paternos (Zamora 1995). Los estudios realizados sobre el comportamiento copulatorio de los roedores pone de manifiesto que el parámetro de la latencia de inicio varía grandemente según la especie, y algunos factores como la experiencia tienen gran influencia sobre este parámetro, pues un macho experimentado tarda menos tiempo que un inexperto en iniciar la cópula.

El patrón copulatorio del ratón de los volcanes lo integran conductas que esencialmente consisten en persecución y montas, las

cuales pueden ser simples, con intromisión y eyaculación, además estos patrones motores son ejecutados en series. Los patrones que integran este comportamiento básicamente son similares a los observados en los otros roedores, e.g., *Rattus norvegicus* (Barnett 1975), *Mus musculus* (Dewsbury et al. 1979), *Mesocricetus auratus* (Bradford et al. 1977), *Onychomys leucogaster* (Lanier y Dewsbury 1977), *Peromyscus maniculatus* (Dewsbury 1987).

El promedio por serie de las montas simples de este ratón fue de $5.19 \text{ s} \pm 2.33$, este valor es similar al de *Microtus ochrogaster*, en el cual se señala una frecuencia promedio de 4.3 (Gray y Dewsbury 1973), y al de *Peromyscus leucopus* con 4.8 (Dewsbury 1975). Otros roedores, a diferencia del ratón de los volcanes, como *Peromyscus gossypinus*, pueden no presentar montas simples, ni con intromisión, de tal forma que la primera monta es con eyaculación, por lo cual la frecuencia promedio por serie de las montas simples es muy baja, de 0.3 a 0.6 (Lovecky et al. 1979). Respecto a la duración promedio de las montas simples ($1.41 \text{ s} \pm 0.36$) de este ratón, cabe señalar que éste es uno de los patrones motores que se ejecuta con mayor rapidez, debido a que el macho sólo toca momentáneamente con los miembros anteriores los flancos de la hembra. Además, durante la realización de las montas simples, la hembra corre constantemente, por lo cual el macho la persigue mientras la monta y desmonta.

El número promedio de montas con intromisión de 6.74 ± 2.8 , que exhibió el neotomodon* es similar al de *Peromyscus polionotus* (Dewsbury 1975), el cual se menciona es de 7.8, y ligeramente menor a los señalados para *Microtus ochrogaster* y *Rattus norvegicus*, los cuales son de 9.5 y 9.0, respectivamente (Carlsson y Larsson 1962, Gray y Dewsbury 1973). Sin embargo, en otras especies, e. g., *Microtus montanus* y *Peromyscus leucopus* las frecuencias de intromisión por serie van de 15.1 a 17.1 (Dewsbury 1973, 1975). La duración promedio de las montas con intromisión fue de $4.34 \text{ s} \pm 2.34$, este valor indica que los patrones motores se realizan con mayor lentitud que durante la monta simple, además, la hembra adopta la posición lordótica, facilitando la intromisión. En el ratón de los volcanes, como en la rata de laboratorio, al final de una monta con intromisión le sigue un período de limpieza genital (Dewsbury 1975). Otra característica importante del comportamiento copulatorio de este ratón son las montas con intromisión de larga duración (de 15 a 30 s), las cuales también se han observado en *Peromyscus polionotus*, *Mesocricetus auratus* y *Sigmodon hispidus* (Dewsbury 1972, 1975, Bunnell 1977), la función que estas montas

*El nombre genérico *Neotomodon*, en este trabajo es usado como nombre común "neotomodon".

podieran tener se desconoce, sin embargo, podría sugerirse que aumentan la estimulación del macho, para alcanzar la eyaculación.

El número de eyaculaciones que exhibió el neotomodon estuvo en el rango de una a seis, pero el 70.96 % de los machos sólo eyacularon una o dos veces por prueba. En *Peromyscus polionotus* y *P. leucopus* el número promedio de eyaculaciones es de 2.7, en *P. gossypinus* es de 2.4 (Dewsbury 1975, 1978), valores que son similares a los de este ratón. Sin embargo, en *Rattus norvegicus* y en *Mesocricetus auratus*, el número de eyaculaciones oscila entre 7.0 y 10.1 (Bunnell *et al.* 1977). La monta con eyaculación fue de mayor duración (6.41 s \pm 4.66) que la monta con intromisión (4.17 s \pm 2.34), pues aunque los patrones motores que se ejecutan son muy similares, en la monta con eyaculación hay un tiempo invertido en la transferencia del semen.

El bajo porcentaje de preñez que se observó en las hembras que aceptaron copular durante las pruebas, probablemente se deba, a que esta especie no está adaptada al cautiverio; en un estudio sobre el rendimiento reproductivo de este ratón se señala que las hembras silvestres con períodos de apareamiento de 13 días, presentan porcentajes de preñez del 30 al 50% (Luis 1989).

Los períodos refractarios de este roedor oscilaron entre 1020 y 1441 s, para *Microtus ochrogaster* se señala una duración de 1117 s, valor que no difiere grandemente del de neotomodon, sin

embargo, respecto a este parámetro también existe gran variación interespecífica, e. g. en *Peromyscus gossypinus* tiene un rango de 305.5 a 655.3 s, mientras que *P. leucopus* es de 450 s (Gray y Dewsbury 1973, Dewsbury 1975, Lovecky et al. 1979).

Durante las observaciones del comportamiento copulatorio del neotomodon, se registraron conductas peculiares, como fueron las montas exhibidas por algunas hembras. Beach (1968) menciona que este fenómeno se presenta en varios órdenes de mamíferos y se le denomina comportamiento sexual heterotípico. En la rata de laboratorio las montas exhibidas por las hembras se deben, por lo menos parcialmente a la exposición prenatal de andrógenos y/o estrógenos provenientes de sus hermanos de camada (Thornton 1986).

Respecto a la indiferencia que mostró uno de los machos de este roedor, ante la presencia de la hembra, no se encontró ninguna explicación que justificara esta conducta, sin embargo, pudo deberse a una producción baja de testosterona.

Los comportamientos que presentó el ratón de los volcanes en los períodos refractarios como fueron: descanso, aseo individual y mutuo, actividad motora, vocalizaciones, olfateo, persecución, roer y alimentación, también son exhibidos por otros roedores como, *P. leucopus* (Dewsbury 1975), *Mesocricetus auratus* (Bunnell et al. 1977), *Microtus ochrogaster* (Gray y Dewsbury 1973), *Microtus*

montanus (Dewsbury 1973) y *Onychomys leucogaster* (Lanier y Dewsbury 1977).

De acuerdo al esquema de clasificación de los patrones copulatorios en roedores propuesto por Dewsbury (1978), este roedor presenta un patrón copulatorio no en llave, con múltiples intromisiones necesarias para la eyaculación y múltiples eyaculaciones, además de movimientos pélvicos rítmicos o "thrusting" (Dewsbury 1978). Este patrón copulatorio que presenta el ratón de los volcanes ha sido observado también en *Microtus montanus* (Dewsbury 1973), *M. ochrogaster* (Gray, et al. 1973), *Mus musculus* (McGill 1962) y *Peromyscus eremicus* (Dewsbury 1974).

El patrón copulatorio descrito para este roedor es el número 9 según la clasificación de Dewsbury (1978), este patrón difiere del de la mayoría de las especies del género *Peromyscus*, estudiadas a la fecha, como *P. leucopus* y *P. polionotus*, las cuales se incluyen en el patrón número 13 (no presentan llave ni "thrusting", con múltiples intromisiones y múltiples eyaculaciones); otras como *P. gossypinus* y *P. floridanus* exhiben el 15 (no presentan llave, ni "thrusting", sin múltiples intromisiones y con múltiples eyaculaciones); mientras que *P. californicus* exhibe el número 11 (no presentan llave, con "thrusting", sin múltiples intromisiones y con múltiples eyaculaciones); finalmente está *P. eremicus*, cuyo patrón copulatorio es el número 9, y como ya se

mencionó lo comparte con *Neotomodon a. alstoni*. Como puede observarse en los roedores, el patrón copulatorio presenta una gran variación aún dentro del mismo género, por lo cual esta característica no podría ser empleada para establecer relaciones filogenéticas o de emplearse tendría que tomarse como una herramienta complementaria.

CONCLUSIONES

1. El ratón de los volcanes presenta un patrón copulatorio no en llave, con múltiples intromisiones, múltiples eyaculaciones y movimientos pélvicos rítmicos o "thrusting".
2. El patrón copulatorio que exhibe este roedor también lo presentan *Microtus ochrogaster*, *M. montanus*, *Mus musculus* y *Peromyscus eremicus*.
3. Sólo el 6.45% de las hembras que aceptaron copular quedaron preñadas.
4. Es probable que *N. a. alstoni* presente comportamiento sexual heterotípico.
5. Elementos del comportamiento sexual de este roedor también forman parte de su comportamiento agonístico.
6. La latencia de inicio de este ratón se puede considerar corta.

REFERENCIAS

- Aronson, L. R. 1959. Hormones and reproductive behavior: some phylogenetic considerations, in: Mammalian sexual behavior. Dewsbury, A. Donald (ed.). Hutchinson Ross Publishing, p. 98-120.
- Barnett, A. S. 1975. The rat a study in behavior. The University of Chicago Press, p. 104-136.
- Batty, J. 1978. Acute changes in plasma testosterone levels and their relation to measures of sexual behavior in the male house mouse (*Mus musculus*). Anim. Behav., 26:349-357.
- Beach, F. A. 1968. Factors involved in the control of mounting behavior by female mammals, in: Perspectives in the reproduction and sexual behavior. M. Diamond, (ed.). Indiana University Press. Bloomington, Ind, p. 83-131.
- Bunnell, B. N., B. D. Boland y D. A. Dewsbury. 1977. Copulatory behavior of golden hamsters (*Mesocricetus auratus*). Behaviour, 61:180-206.
- Carlsson, S. G. y K. Larsson. 1962. Intromission frequency and intromission duration in the male rat mating behavior. Scand. J. Psychol., 3:189-191.

REFERENCIAS

- Aronson, L. R. 1959. Hormones and reproductive behavior: some phylogenetic considerations, in: Mammalian sexual behavior. Dewsbury, A. Donald (ed.). Hutchinson Ross Publishing, p. 98-120.
- Barnett, A. S. 1975. The rat a study in behavior. The University of Chicago Press, p. 104-136.
- Batty, J. 1978. Acute changes in plasma testosterone levels and their relation to measures of sexual behavior in the male house mouse (*Mus musculus*). Anim. Behav., 26:349-357.
- Beach, F. A. 1968. Factors involved in the control of mounting behavior by female mammals, in: Perspectives in the reproduction and sexual behavior. M. Diamond, (ed.). Indiana University Press. Bloomington. Ind, p. 83-131.
- Bunnell, B. N., B. D. Boland y D. A. Dewsbury. 1977. Copulatory behavior of golden hamsters (*Mesocricetus auratus*). Behaviour, 61:180-206.
- Carlsson, S. G. y K. Larsson. 1962. Intromission frequency and intromission duration in the male rat mating behavior. Scand. J. Psychol., 3:189-191.

- Chistensen, L. W. y L. G. Clemens. 1975. Blockade of testosterone-induced mounting behavior in the male rat with intracranial application of the aromatization inhibitor, androst-1,4,6-triene-3,17-dione. *Endocrinology*, 97:1545-1551.
- Conaway, C. H. 1971. Ecological adaptation and mammalian reproduction. *Biol. Reprod.*, 4:239-247.
- Crews, D. 1982. On the origin of sexual behavior. *Psychoneuroendocrinology*, 7:259-270.
- Davidson, J.M. 1975. Hormones and sexual behavior in the male. *Hosp. Pract.*, 10:126-132.
- Davis, W. B. y L. A. Follansbee. 1945. The mexican volcano mouse, *Neotomodon*. *J. Mamm.*, 26:401-411.
- Dewsbury, D. A. 1970. Copulatory behavior, in: *Reproduction and breeding techniques for laboratory animals*. E. S. E. Hafez (ed.). Lea and Febiger. Philadelphia, p. 123-136.
- Dewsbury, D. A. 1971. Copulatory behaviour of old-field mice (*Peromyscus polionotus subgriseus*). *Anim. Behav.*, 19:192-204.

- Dewsbury, D. A. 1972. Copulatory behavior of cotton rats (*Sigmodon hispidus*). *Z. Tierpsychol.*, 30:477-487.
- Dewsbury, D. A. 1972. Patterns of copulatory behavior in male mammals. *Quarterly Review of Biology*, 47:1-33.
- Dewsbury, D. A. 1973. Copulatory behavior of montane voles (*Microtus montanus*). *Behaviour*, 44:186-202.
- Dewsbury, D. A. 1974. Copulatory behavior of wild-trapped and laboratory-reared cactus mice (*Peromyscus eremicus*) from two natural populations. *Behav. Biol.*, 11:315-326.
- Dewsbury, D. A. 1975. Copulatory behavior of white-footed mice (*Peromyscus leucopus*). *J. Mamm.*, 56:420-428.
- Dewsbury, D. A. 1978. The comparative method in studies of reproductive behavior, in: *The comparative method in studies of reproductive behavior*. Mc Gill, T. E., D. A. Dewsbury y B. D. Sachs, (eds.). Sex and Behavior. University of Florida, Gainesville, Florida, p. 83-112.
- Dewsbury, D.A. 1979. Description of sexual behavior in research on hormone-behavior interactions, in: *Endocrine control of sexual behavior*. Beyer, C., (ed.). Raven Press, New York, p. 3-32.

- Dewsbury, D. A. y P. E. Jansen. 1972. Copulatory behavior of southern grasshopper mice (*Onchomys torridus*). *J. Mamm.*, 53:267-278.
- Dewsbury, D. A., J. M. Oglesby, S. L. Shea y J. L. Connor. 1979. Inbreeding and copulatory behavior in house mice: a further consideration. *Behavior Genetics*, 9:51-163.
- Dewsbury, D. A., L. E. Shapiro y S. A. Taylor. 1987. Disruption of ejaculates by male in deer mice (*Peromyscus maniculatus*). *Physiol. Behav.* 41:53-58.
- Eibl-Eibesfeldt, I. 1975. *Ethology*. Holt, Kinehart and Winstor. New York, pp. 625.
- Elwood, R. W. 1983. *Paternal care in rodents*. John Willey and sons Ltd., New York. p. 235-257.
- Etkin, W. 1972. Reproductive behaviors, in: *Social behavior and organization among vertebrates*. Etkin, W. (ed.). The University of Chicago, p. 75-116.
- Gibson, J. M. 1986. Role of the preoptic area in the neuroendocrine regulation of reproduction: an analysis of functional preoptic homographs, in: *Reproduction and behavior, neuroendocrine*

- sciences. Annals New York Academy of Sciences. New York, 474:53-63.
- Gilbert, S. E. 1988. Biología del desarrollo. Ediciones Omega, Barcelona, p. 31-72.
- Goldman, E. A. 1910. Revision of the wood rats of the genus *Neotoma*, U. S. Dept. Agric., Bur. Biol. Surv., N. Amer. Fauna, 31:1-124.
- Granados, H. 1994. The volcano mouse (*Neotomodon alstoni alstoni*, Merriam 1898), A new laboratory animal: Strain GFC-UNAM. The FASEB JOURNAL, U. S. A., 8(4).
- Gray, D. G. y D. A. Dewsbury. 1973. A quantitative description of copulatory behavior in prairie voles (*Microtus ochrogaster*). Brain. Behav. Evol. 8:437-452.
- Haféz, E. S. 1970. Reproduction and breeding techniques for laboratory animals. Lea and Febiger, Philadelphia, p. 375.
- Hansen, S., C. Köhler y S. B. Ross. 1982. On the role of the dorsal mesencephalic tegmentum in the control of masculine sexual behavior in the rat, in: Effects of electrolytic lesions, ibotenic acid and DSP4. Brain Res., 240:311-320.

- Harris, U. S. y B. D. Sachs. 1975. Copulatory behavior in male rats following amygdaloid lesions. *Brain Res.*, 86:514-518.
- Hot, Von D. M. J. 1986. Estudio sobre tres sistemas de apareamiento del ratón de los volcanes (*Neotomodon a. alstoni*) silvestre en el laboratorio. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Lanier, D. L. y D. A. Dewsbury. 1977. Studies of copulatory behaviour in northern grasshopper mice (*Onychomys leucogaster*). *Anim. Behav.*, 25:185-192.
- Lovecky, V. D., Q. D. Estep y D. A. Dewsbury. 1979. Copulatory behaviour of cotton mice (*Peromyscus gossypinus*) and their reciprocal hybrids with white-footed mice (*P. leucopus*). *Anim. Behav.*, 27:371-375.
- Luis, D. J. 1989. Estudio sobre la capacidad reproductora de hembras silvestres del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni alstoni*) en el laboratorio, en 15 apareamientos sucesivos. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Madlafoosek, J., y Z. Hlíňák. 1983. Importance of females precopulatory behaviour for the primary initiation of males

- copulatory behaviour in the laboratory rats. *Behaviour*, 86:237-249.
- Martín, F. E. 1967. Crecimiento y desarrollo en el laboratorio de *Neotomodon alstoni*, (Rodentia: Cricetidae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- McGill, T. E. 1962. Sexual behavior in three inbred strains of mice. *Behaviour*, 19:341-350.
- Meredith, M. 1986. Vomeronasal organ removal before sexual experience impairs male hamster mating behavior. *Physiol. Behav.*, 36:737-743.
- Merriam, C. H. 1898. A new genus (*Neotomodon*) and three new species of murine rodents from the mountains of southern México. *Proc. Biol. Soc.*, 12:127-129.
- Miller, G. S. y A. G. Rhen. 1902. Systematic results of the study of North American land mammals to the close of the year 1900. Boston, Soc. Nat., XXX, 1:1-352.
- Pfaff, D. y E. Gregory. 1971. Olfactory coding in olfactory bulb and medial forebrain bundle of normal and castrated male rats. *J. Neurophysiol.*, 34:208-216.

- Ramírez, C. J. 1986. Investigación sobre el crecimiento del ratón de los volcanes (*Neotomodon a. alstoni*) silvestre y nacido en el laboratorio (F1). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Sachs, B. D. y R. L. Meisel. 1988. The physiology of male sexual behavior, in: The physiology of reproduction. Knobil E., J. Neill, L. L. Ewing, G. S. Greenwald, C. L. Markert y D. W. Pfaff (ed.). Raven Press, Ltd., New York, p. 1393-1485.
- Thornton, J. E. 1986. Heterotypical sexual behavior: implications from variations, in: Reproduction and behavior, neuroendocrine sciences. Annals New York Academy of Sciences. New York, 479:362-371.
- Uribe, A. M., F. A. Laguarda, J. J. Romero, J. Paulette y S. de Paulette. 1974. Cytogenetic Analysis of *Neotomodon alstoni alstoni*. Cytologia, 39:437-442.
- Uribe, A. M. 1977. Estudios citogenéticos en algunas especies de roedores y lagomorfos de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Vanderbergh, G. J. 1988. Pheromones and mammalian reproduction. in: The physiology of reproduction. Vol. 2. Knobil, E., J. Neill, L. L. Ewing, G. S. Greenwald, C. L. Markert y D. W. Pfaff (ed.). Raven Press. Ltd., New York, p. 1679-1696.
- Villa, B. 1952. Mamíferos silvestres del Valle de México. An. Inst. de Biol. UNAM, 23:269-492.
- Williams, S. L., J. Ramírez-Pulido y R. J. Baker. 1985. *Peromyscus alstoni*. Mammalian Species, 242:1-4.
- Yates, T. L., R. J. Baker y R. K. Barnett. 1979. Phylogenetic analysis of karyological variation on three genera of peromyscine rodents. Syst. Zool., 28:40-48.
- Zamora, G. F. 1995. Estudio del comportamiento paterno en el ratón de los volcanes (*Neotomodon a. alstoni*, Merriam 1898). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.