

16



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO.

FACULTAD DE CIENCIAS

“EFECTO DE LA PRESENCIA DEL MACHO
SOBRE LAS ACTIVIDADES MATERNAS Y LA
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS
CRIAS EN EL POSTPARTO DEL RATÓN DE LOS
VOLCANES (*Neotomodon a. alstoni*)”.

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 :

MARÍA ISABEL ANTUNEZ DE LA ROSA

DIRECTOR DE TESIS: DRA. JUANA ALBA LUIS DÍAZ

2002

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR





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.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA

**Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente**

Comunico a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "EFECTO DE LA PRESENCIA DEL MACHO SOBRE LAS ACTIVIDADES MATERNAS Y LA SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS CRIAS EN EL POSTPARTO DEL RATON DE LOS VOLCANES (Neotomodon a. alstoni)"

realizado por MARIA ISABEL ANTUNEZ DE LA ROSA

con número de cuenta 7853148-2 , quién cubrió los créditos de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

**Director de Tesis
Propietario**

DRA. JUANA ALBA LUIS DIAZ

Propietario

DR. RENE DE JESUS CARDENAS VAZQUEZ

Propietario

M.V.Z. MARIO JAVIER SORIANO BAUTISTA

Suplente

M. en C. MARTHA PATRICIA SALINAS ROSALES

Suplente

M.V.Z. AGUSTIN CARMONA CASTRO

**FACULTAD DE CIENCIAS
U N A M.**

Consejo Departamental de BIOLOGIA

DRA. PATRICIA RAMOS MORALES



**DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA**

Contenido

	Pág.
Resumen	i
Introducción	1
1.- Generalidades de la especie en estudio	2
1.1 Hábitat	2
1.2 Características generales	3
1.3 Posición taxonómica	4
2.- Comportamiento materno	5
2.1 Bases neurales	6
2.2 Bases hormonales	9
2.2.1 Lactógenos placentarios	15
2.3 Bases sensoriales	16
Objetivo General	19
Objetivos Particulares	19
Hipótesis	19
Material y Método	20
Resultados	22
Discusión	29
Conclusiones	32
Referencias	33

Dedicatorias

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de obtener mi formación profesional.

A la Memoria del Dr. Humberto Granados.

A mi madre Juana de la Rosa Pérez: admirando su fortaleza, bondad y responsabilidad, agradeciendo su apoyo y paciencia.

A mi hija Aurora: agradeciendo a la vida por tenerla y ser el motor más importante para continuar con mi vida.

A Juanita Luis por ser uno de los seres humanos más grandes que he conocido y que la vida me permitió encontrarla y aprender de ella.

A mis hermanos: Ma. Dei Rocío, Mónica, Sergio, José Antonio, Alonso y Ma. Guadalupe: por su cariño, respeto y apoyo en todo momento de mi vida.

A mis sobrinos con amor.

Agradecimiento

A mi Director de Tesis la Dra. Juana Alba Luis Díaz, por su acertada dirección del presente trabajo.

Al maestro MVZ Mario J. Soriano Bautista por su apoyo incondicional.

A MVZ Agustín Carmona Castro por todo su apoyo al presente trabajo.

Agradeciendo a los sinodales: Dr. René de Jesús Cárdenas Vázquez y M. en C. Martha Patricia Salinas Rosales, por su valiosa participación en la revisión del presente estudio.

A mi compañera y amiga Dora María Salazar Castelo por su valioso apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Resumen

En algunas especies de roedores se ha demostrado que la presencia del padre durante el periodo de lactancia influye en las actividades maternas y en la sobrevivencia y crecimiento de los hijos. Principalmente en aquellas especies en donde el macho participa en el cuidado de las crías. El ratón de los volcanes en cautiverio exhibe conducta paterna, proporcionando a sus hijos los mismos cuidados de la hembra, excepto el amamantamiento. En este estudio se analizaron los efectos de la presencia del macho durante el postparto sobre las actividades maternas y el crecimiento y sobrevivencia de los hijos. La presencia del macho del ratón de los volcanes redujo significativamente el tiempo que la hembra invirtió en el abrigo y el amamantamiento. Asimismo, cuando la hembra permaneció con el macho se redujo significativamente la frecuencia de aseo y olfateo de las crías por la madre. La sobrevivencia y crecimiento de las crías fue significativamente mayor cuando ambos padres criaron a sus hijos. La reducción de las actividades maternas en esta especie y un mejor resultado reproductivo, expresado como una mayor sobrevivencia y tasa de crecimiento sugiere que el macho contribuye de manera importante en el éxito reproductivo de esta especie.

Introducción

En los mamíferos, especialmente en los roedores, las hembras cuidan solas a sus hijos, mientras que el papel que los machos desempeñan en el cuidado de las crías varía desde la ausencia de cuidados paternos a extensivos cuidados del macho. La presencia del macho durante el periodo de lactancia, cuando éste participa en el cuidado de las crías, está generalmente asociada con un mejor desarrollo de las crías (Elwood 1983, Cantón y Brown 1997).

La presencia del macho durante el periodo de lactancia no sólo influye en el crecimiento y sobrevivencia de los hijos sino también en el comportamiento materno. En *Microtus pennsylvanicus* la hembra permanece más tiempo con sus crías, cuando el macho está presente, debido a que reacciona agresivamente cuando éste intenta entrar al nido (Wang y Novak 1992). En *Rattus norvegicus* (Calhoun 1962) y *Meriones unguiculatus* (Elwood Broom 1978) la presencia del macho está asociada con bajos niveles de actividades maternas. En *Microtus ochrogaster*, especie monógama, en la que el macho participa en el cuidado de los hijos la presencia del padre no tiene ningún efecto sobre la conducta materna (Wang y Novak 1992).

El macho del ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* en cautiverio proporciona a sus crías los mismos cuidados que la hembra, excepto el amamantamiento. El macho de este roedor abriga, asea y

olfatea a las crías, además de participar en el mantenimiento o reconstrucción del nido (Luis *et al.* 2000). La participación del macho en el cuidado de las crías no solo puede influir en el desarrollo y sobrevivencia de las crías, sino también en las actividades maternas, modificando probablemente la frecuencia con la que se realizan algunas pautas de esta conducta. Con la finalidad de establecer si la presencia del macho durante el periodo de lactancia tiene algún efecto en la conducta materna se realizó el presente estudio.

1. Generalidades de la especie en estudio

1.1 Habitat

El ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni alstoni* (Merriam 1898) es roedor exclusivo de la fauna mexicana que habita en el Eje Neovolcánico Transversal de México, también llamado Cordillera o Sierra Volcánica Transversal. Esta región se localiza entre los 18° y 22° de latitud norte, abarcando los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

Este roedor se distribuye en un rango altitudinal de los 2400 a 3500 msnm, su habitat está constituido por bosque mixto de pino-encino en las partes bajas y pino-abeto en las partes altas, asociada a este tipo de

vegetación existe una variedad de gramíneas, llamadas comúnmente zacatón, entre las que se encuentran los géneros *Stipa*, *Muhlenbergia* y *Festuca* (Villa 1953_).

En las comunidades de roedores de la Sierra del Volcán Ajusco, el ratón de los volcanes es la especie más abundante, comparte este habitat con *Reithrodontomys megalotis saturatus*, *Peromyscus maniculatus labecula*, *Peromyscus melanotis melanotis* y *Microtus m. mexicanus* (Rojas 1984).

1.2 Características generales

El ratón de los volcanes es un roedor que mide entre 149 a 240 mm de longitud, el largo de la cola es aproximadamente la mitad de la longitud corporal, presentan pelaje abundante, cuya coloración varía según la zona del cuerpo: en el dorso es de color gris oscuro, la abdominal blanquecina y la pectoral de color castaño, sus ojos son grandes y negros (Martín y Alvarez 1982). Este roedor se reproduce todo el año, tanto en cautiverio como en condiciones naturales, alcanzando su mayor actividad en primavera - verano (Chávez 1988). Este pico en la actividad reproductora sugiere patrones de reproducción predecibles en respuesta a ambientes predecibles, de tal forma que cuando las condiciones son favorables exhiben un patrón poliéstrico continuo, es decir, presentan estros en forma consecutiva durante todo el año, mientras que cuando las condiciones son extremosas la continuidad de

los estros se limita a una o dos estaciones del año, siendo este patrón el poliéstrico estacional (Sánchez *et al.* 1989.). Las hembras de esta especie alcanzan la madurez sexual a los 49 días de edad, tiempo en que se observa por primera vez el desarrollo de folículos antrales o preovulatorios, y los machos a los 59 días, edad en la que es posible observar espermatozoides libres en los túbulos seminíferos del testículo (Ortiz *et al.* 1987, 1988). El ratón de los volcanes tiene en promedio tres hijos por camada, sus crías son altricias: nacen desnudas y con un pobre desarrollo de los órganos de los sentidos. Se cubren de pelo a los 11 días, la abertura de los párpados se efectúa entre los 18 y 20 días, la separación del pabellón de la oreja se inicia entre los días 3 y 4, ocurriendo la abertura ótica entre los 15 y 17 días. Los incisivos emergen a partir del día 10 y a los 30 días de edad poseen la dentición completa (Martín y Alvarez 1982).

1.3. Posición taxonómica

El género *Neotomodon* fue descrito en el año de 1898, con tres especies (Merriam 1898). En 1924 se publicó una lista de los roedores de Norteamérica en la que se coloca al género *Neotomodon* en la familia Cricetidae, subfamilia Cricetinae (Miller 1924). Davis y Follansbee (1946) basándose en la morfología somática y craneal, señalan que el género *Neotomodon* es monotípico, con dos subespecies. Yates, *et al.* (1979) realizaron estudios genéticos del género *Neotomodon*, concluyendo que

éste es cogenérico de *Peromyscus*, y que se trata de una especie politípica. Williams y Ramírez- Pulido (1984) corroboraron lo anterior, pero señalan que la especie es monotípica. En este estudio se conservó el nombre original del género.

2. Comportamiento materno

En los mamíferos las interacciones madres-hijos constituyen estrategias obligatorias en la supervivencia de estos vertebrados. Un desarrollo embrionario interno y la dependencia alimentaria de los hijos al nacer, exclusivamente de la madre, involucran una serie de conductas que integran el comportamiento materno.

El comportamiento materno en los mamíferos varía de acuerdo al grado de desarrollo con el que nacen las crías; en las especies con crías precoces, como los ungulados (e.g. ovejas y caballos) en las que los hijos son capaces de seguir a la madre poco después del nacimiento, las conductas maternas son básicamente amamantamiento, aseo, olfateo, protección y sociabilización (Rosenblatt y Siegel 1983, Numan 1988). Mientras que en los mamíferos con crías altricias, como la mayoría de los roedores (e. g., ratón, rata y hamster) que paren crías desnudas e incapaces de regular su temperatura y con un pobre desarrollo de los órganos de los sentidos, el comportamiento materno, además del amamantamiento, aseo y protección, incluye abrigo, construcción y

mantenimiento del nido. Entre estas dos estrategias existe una diversidad de patrones en el comportamiento materno de los mamíferos, la cual está evolutivamente relacionada con el grado de desarrollo de los hijos al nacimiento.

Los primeros estudios sobre el comportamiento materno en los roedores fueron realizados en la rata y ratón de laboratorio, en estos animales se describieron los patrones del comportamiento materno, y se determinó que entre las bases biológicas que regulan esta conducta se encuentran factores neurales, hormonales, lactógenos placentarios y sensoriales (Rosenblatt y Siegel 1983, Numan 1988).

2.1 Bases neurales

Los estudios realizados en la rata de laboratorio señalan que el área preóptica media y lateral, así como el área tegmental ventral intervienen en la regulación neural del comportamiento materno. Estudios realizados en la rata de laboratorio han mostrado que el área preóptica media desempeña un papel muy importante en la regulación neural del comportamiento materno; lesiones en esta región del cerebro ocasionan trastornos en la conducta de amamantamiento y construcción del nido, desapareciendo por completo la conducta de recuperación de las crías (Jacobson *et al.* 1980, Miceli *et al.* 1983). La pérdida de esta conducta no se debe a daños motores, debido a que los animales lesionados son

capaces de recoger con la boca pedacitos de caramelo (Numan 1986). Implantes de estradiol en el área preóptica media facilitan el comportamiento materno de ratas histerectomizadas y ovariectomizadas en el día 16 de la gestación, mientras que estos mismos implantes en otras regiones del cerebro no tienen el mismo efecto. No todas las neuronas del área preóptica media intervienen en la regulación del comportamiento materno, en esta zona del cerebro también se localizan neuronas que intervienen en la regulación de la temperatura corporal. Se calcula que alrededor del 50% de las neuronas de esta zona son termosensitivas, lo cual evidencia que hay una relación entre la temperatura corporal y el comportamiento materno. Animales con lesiones en el área preóptica media no muestran hipotermia, pero el comportamiento materno desaparece, lo cual puntualiza que aunque el 50% de las neuronas de esta región son termosensitivas, no significa que ese 50% de neuronas intervengan en la regulación de la temperatura. Rosenblatt et al. (1979) sugieren que algunas de esas neuronas termosensitivas podrían también estar involucradas en la regulación del comportamiento materno, y su termosensibilidad podría ser la vía a través de la cual la temperatura corporal afecta dicha conducta.

Estudios realizados en la rata y hamster sugieren que las proyecciones eferentes laterales del área preóptica media también desempeñan un papel muy importante en la regulación de la conducta materna. Estudios en ratas, a las que se les hicieron cortes que dañaron las proyecciones laterales, dorsales, anteriores y posteriores del área

preóptica media indicaron que únicamente las lesiones a las proyecciones eferentes laterales provocaron trastornos en el comportamiento materno, señalándose que la conducta de recuperación de las crías y construcción del nido fueron las más afectadas.

Entre las estructuras inervadas por las proyecciones eferentes laterales del área preóptica media que participan en la regulación del comportamiento materno se encuentran el área preóptica lateral y el área tegmental ventral.

Las rutas por las que las proyecciones del área preóptica media impactan el área tegmental ventral son: a través de la proyección directa del área preóptica media y a través del área preóptica lateral que a su vez se proyecta sobre el área tegmental ventral.

Lesiones del área preóptica media producidas por la administración bilateral del ácido N-metil-DL-aspartico, aminoácido excitotóxico, que destruye selectivamente los cuerpos neuronales, indican que las neuronas del área preóptica media y sus vías eferentes son importantes en la regulación del comportamiento materno.

En el área preóptica media hay neuronas con una gran cantidad de receptores de progesterona y estradiol, lo cual señala que éste es uno de los sitios, en el cual actúan las hormonas esteroides para disparar la respuesta materna (Pfaff y McEwen 1983, Numan 1988).

2.2 Bases hormonales

Aunque aún falta por determinarse la posible influencia de una serie de hormonas en la conducta materna, las evidencias muestran que la progesterona, los estrógenos, prolactina, oxitocina y los lactógenos placentarios intervienen en la regulación de esta conducta.

Los cambios en la relación progesterona/estrógenos al término de la preñez sugieren que estas hormonas desempeñan un papel muy importante en el desencadenamiento del comportamiento materno: en la rata los niveles plasmáticos más altos de progesterona se presentan en los días 14 y 15 de la gestación, declinando a partir del día 19. Mientras que los niveles de estrógenos se empiezan a elevar a partir del día 16, alcanzando su nivel más alto el día 22. En el ratón de laboratorio la relación progesterona/estrógenos sigue un patrón muy similar al de la rata (Numan 1998).

Los cambios en la relación progesterona/estrógenos al final de la preñez sugieren que estas hormonas pueden desempeñar un papel muy importante en el desencadenamiento del comportamiento materno: varios estudios han mostrado que la histerectomía en hembras primigestas al final de la gestación facilita la respuesta materna: ratas de laboratorio primigestas e histerectomizadas entre los días 15 y 17 de la gestación que fueron sometidas a pruebas de sensibilización (exposición a crías ajenas de la misma especie) entre las 24 y 48 horas siguientes a la cirugía,

presentaron latencias (tiempo en que tarda en presentarse la respuesta) en la exhibición de la conducta materna de 0 a un día, en contraste con latencias de cuatro a cinco días de las control (hembras primigestas intactas). Esta facilitación de la conducta materna en hembras preñadas histerectomizadas se debe a una disminución en los niveles de la progesterona con una sobreposición de una mayor secreción de estradiol (Rosenblatt y Siegel 1975a). La histerectomía ocasiona una caída en los niveles de progesterona, probablemente debido a que al diseccionar la placenta se interrumpe la estimulación luteotrópica de las hormonas lactógenas que inducen la liberación de progesterona en la segunda mitad de la preñez (Numan 1988).

El papel que los estrógenos desempeñan en la facilitación de la conducta materna ha sido demostrado en varios estudios: cuando se administra benzoato de estradiol a hembras histerectomizadas y ovariectomizadas en el día 16 de la preñez, el 80% de éstas exhiben conducta materna en la primera exposición, mientras que las hembras no tratadas presentan latencias de tres días. El incremento en la respuesta materna de las hembras preñadas ovariectomizadas e histerectomizadas con la administración de estrógenos, se correlaciona con un incremento en la concentración de receptores a estrógenos en el área preóptica media. Al inicio de la preñez la concentración de receptores a estrógenos en el área preóptica media es baja, pero a partir del día diez empieza a incrementarse, alcanzando su máxima concentración el día 16, y así se mantiene hasta el

parto. La concentración alta de receptores a estrógenos en el área preóptica media coincide con una mayor sensibilidad de la hembra a la estimulación de la presencia de las crías.

La histerectomía y ovariectomía pueden facilitar la conducta materna aun en ausencia de la administración de benzoato de estradiol: hembras histerectomizadas y ovariectomizadas en el día 17 de la preñez y sometidas a pruebas de sensibilización 24 horas después, presentan latencias más cortas que las hembras intactas. Esta facilitación del comportamiento materno es bloqueada si se administra progesterona en el momento de la cirugía, lo cual muestra que la falta de progesterona, por si misma, tiene efectos facilitadores de la conducta materna (Rosenblatt y Siegel 1983, Numan 1988).

Cuando a ratas vírgenes ovariectomizadas se les implanta subcutáneamente con cápsulas silásticas que contienen estradiol y progesterona, cuya liberación mimetiza los niveles plasmáticos de esas hormonas de la mitad de la preñez a su término, se comportan maternalmente en el primer o segundo día de exposición a las crías, mientras que las hembras con implantes blancos (sin hormonas) presentan latencias de siete días.

En el ratón de laboratorio también se ha observado un incremento en la respuesta materna en el último tercio de la preñez, e. g., hembras nulíparas al final de la gestación recuperan más rápidamente a las crías que hembras vírgenes adultas (Noirot y Goyens 1971).

En la rata de laboratorio el estado fisiológico asociado a la preñez o el parto, no constituyen una condición necesaria para el disparo de la conducta materna, debido a que cuando hembras vírgenes se sensibilizan a través de la exposición a crías recién nacidas, después de un periodo de varios días, estas hembras se comportan en forma materna. El comportamiento materno evocado por sensibilización puede ser mantenido tanto tiempo como el que permanezcan las crías con la hembra y aún por periodos más largos. Los patrones motores que integran la conducta materna evocada por sensibilización son similares a los de las hembras en el postparto, excepto por la ausencia de lactancia. Sin embargo, al comparar latencias en la respuesta materna de hembras vírgenes adultas y primigestas en el último tercio de la preñez, se observa que estas últimas presentan latencias significativamente más cortas que las hembras vírgenes. Asimismo, cuando se compara la conducta de recuperación de hembras en el postparto con la de hembras sensibilizadas, usando un laberinto en T, se observa que sólo las verdaderas madres recuperan a sus hijos. Otra diferencia notoria entre la conducta materna espontánea y la evocada, es que en las hembras sensibilizadas no se observa la característica agresión de las madres en el postparto (Numan 1988).

Otras hormonas que también influyen en la conducta materna son la prolactina y la oxitocina, el efecto facilitador de estas hormonas en la conducta materna depende de la estimulación previa de estrógenos.

Los niveles de prolactina se incrementan al final de la preñez en respuesta a un aumento en la liberación de estradiol ovárico.

La prolactina es una molécula proteica de gran tamaño, por lo que se cree que no puede atravesar la barrera hematoencefálica y llegar al sistema nervioso central. Sin embargo, cuando es perfundida en el líquido cerebroespinal del ventrículo lateral o directamente en el área preóptica media de hembras previamente tratadas con estrógenos induce conducta materna. Está claramente establecido que la prolactina puede actuar en el área preóptica media y en otros sitios del sistema nervioso central.

Por otra parte, a través de las técnicas de RIA e inmunocitoquímicas se ha demostrado que la hipófisis no es la única fuente de prolactina, debido a que se ha encontrado que dentro del mismo cerebro existen células que sintetizan esta hormona. Estas células se han localizado en diferentes zonas del cerebro, encontrándose que sus fibras se proyectan a zonas relacionadas con la conducta materna, como el área preóptica media.

Aunque no ha sido establecido si la prolactina hipofisiaria puede entrar normalmente al cerebro y estimular así el comportamiento materno, si se ha demostrado que la prolactina circulante penetra hasta el líquido cerebroespinal y presumiblemente al cerebro, por medio de un sistema de transporte localizado en el plexo coroideo lateral del tercer y cuarto ventrículos. Sin embargo, aún se desconoce si las fluctuaciones en los niveles de prolactina circulante de origen hipofisiario afectan los niveles de esta hormona en el líquido cerebroespinal y otros sitios del cerebro.

Bridges *et al.* (1990) señalan que la prolactina participa en la iniciación de la conducta materna: hembras ovariectomizadas que fueron tratadas con estrógenos y progesterona durante 11 días, simulando el estado fisiológico natural, mostraron un rápido desencadenamiento del comportamiento materno, pero si se les extirpa la hipófisis al comienzo del tratamiento con las hormonas esteroides, el inicio de la conducta materna se retrasa significativamente. Asimismo, el comportamiento materno puede ser bloqueado si al final de la preñez se realiza la hipofisectomía o se administra bromocriptina, sustancia que inhibe la secreción de prolactina (Rosenblatt 1992).

Como anteriormente se mencionó la oxitocina tiene un papel facilitador de la conducta materna: cuando a ratas ovariectomizadas se les somete a un pretratamiento de estrógenos y dos días después se les administra oxitocina en el líquido cerebroespinal del ventrículo lateral, exhiben comportamiento materno dentro de las primeras horas siguientes a la administración, mientras que las hembras que no reciben el tratamiento con estrógenos no responden maternalmente con la administración de oxitocina (Siegel 1986, Rosenblatt 1992).

La administración de antagonistas de la oxitocina en el líquido cerebroespinal ocasiona un considerable retraso en la conducta materna de hembras preñadas sometidas a ovariectomía e histerectomía y pretratadas con estrógenos. Asimismo, cuando a hembras parturientas se les

administran antagonistas de la oxitocina también se observa un retraso en el inicio de la conducta materna (Rosenblatt 1992).

La oxitocina también influye en el comportamiento materno del ratón: en los ratones silvestres las hembras preñadas generalmente canibalizan a las crías que se les presentan antes del parto. Sin embargo, si se les administra oxitocina mientras canibalizan a las crías terminan por mostrar comportamiento materno (Numan 1988).

En la rata de laboratorio lesiones de los núcleos paraventriculares (región en la que se localizan la mayoría de las neuronas que secretan oxitocina) durante la preñez, ocasionan un incremento en el canibalismo y latencias de recuperación muy largas, así como evidentes trastornos en las conductas de abrigo, recuperación, aseo y reconstrucción del nido (Numan 1988, Rosenblatt 1992).

2.2.1 Lactógenos placentarios

Los lactógenos placentarios son hormonas proteicas liberadas por la placenta, que como la prolactina promueven el desarrollo de la glándula mamaria y tienen efectos luteotróficos. La rata secreta dos hormonas lactogénicas placentarias, las cuales alcanzan su nivel máximo circulante en la segunda mitad de la preñez y son detectadas en el líquido cerebroespinal en el día 18 de la gestación (Numan 1988).

Se ha mostrado que los lactógenos placentarios intervienen en la regulación del inicio de la conducta materna: cuando ratas nulíparas previamente tratadas con esteroides y bromocriptina (substancia que inhibe la liberación de prolactina) son perfundidas con estas hormonas, directamente en el área preóptica media se estimula un rápido inicio de la respuesta materna. Además, in vitro lactógenos placentarios radiomarcados se unen a receptores localizados en el área preóptica media, una de las regiones más importantes en la regulación neural del comportamiento materno. También se ha demostrado que los lactógenos placentarios secretados por el embrión están presentes en el líquido cerebroespinal durante la segunda mitad de la preñez.

2.3 Bases sensoriales

Varios estudios señalan que la conducta materna de la rata de laboratorio en el postparto es mantenida por la presencia de las crías: cuando a ratas primíparas se les separa de sus hijos inmediatamente después del parto y cuatro días después se les somete a pruebas de sensibilización, se observa una evidente afectación de la conducta materna. Sin embargo, si las crías son separadas a los tres días de nacidos, no se observan alteraciones. Estos resultados sugieren que los cambios fisiológicos asociados al parto, aunados a la estimulación de la presencia de las crías al inicio del postparto son determinantes para el establecimiento de

la conducta materna (Numan 1988). En el hamster la separación de las crías a las 24 horas siguientes al parto ocasiona que una semana después, las madres exhiban conducta infanticida, mientras que si las crías permanecen con la madre, ésta es capaz de adoptar a crías ajenas (Swanson y Campbell 1980).

En otros estudios se ha podido prolongar la conducta materna de la rata, hamster y jerbo, sustituyendo a las crías viejas por recién nacidas, observándose que la cantidad y calidad de la conducta materna depende de la edad de las crías. Esto señala que los niveles altos de la conducta materna en el inicio del postparto son debidos a la estimulación evocada por las crías recién nacidas, mientras que las crías viejas no son capaces de inducir los mismos niveles. Estos estudios señalan que la presencia de las crías desempeña un papel muy importante en el mantenimiento de la conducta materna, aunque se desconocen los mecanismos a través de los cuales la estimulación sensorial pudiera ser traducida en cambios neuroendócrinos (Numan 1988).

Otras investigaciones han tratado de establecer la importancia que tienen los estímulos olfatorios y auditivos en la regulación del comportamiento materno: en la rata de laboratorio se ha demostrado que las hembras lactantes son atraídas por las vocalizaciones de las crías, mientras que se muestran indiferentes ante sonidos control (Raisman 1972).

Asimismo, vocalizaciones de los infantes también estimulan la conducta de búsqueda de las hembras lactantes en el ratón de laboratorio y en el cuyo (Numan 1988).

En la rata la estimulación olfatoria de las crías interactúa con las vocalizaciones en la atracción de las hembras lactantes, pero el estímulo direccional lo constituyen las vocalizaciones. Aunque en la rata se ha demostrado que los estímulos olfatorios y auditivos influyen en la conducta materna, otros estímulos como los táctiles, gustativos y aun visuales, podrían también ejercer efectos estimulantes en el comportamiento materno de este roedor (Numan 1988).

Rosenblatt (1986) sugiere que el comportamiento materno inmediato al parto es mediado por factores endógenos que operan durante la preñez, y que después es mantenido por la estimulación de las crías.

Objetivo General

Establecer el efecto de la presencia del macho sobre la conducta materna y el crecimiento y sobrevivencia de los hijos en el periodo de lactancia en el ratón de los volcanes *Neotomodon a. alstoni*.

Objetivos Particulares

Determinar que actividades maternas se modifican por la presencia del macho en el posparto.

Correlacionar las actividades maternas con la edad de las crías para establecer diferencias entre las condiciones: de madre sola y madre con el macho.

Determinar si la presencia del macho en el periodo de lactancia tiene algún efecto sobre el crecimiento y sobrevivencia de los hijos.

Hipótesis

En algunos roedores se ha establecido que la presencia del macho puede ocasionar un incremento o disminución de las actividades maternas, dependiendo de si participa o no en el cuidado de las crías; el macho del ratón de los volcanes en cautiverio proporciona cuidados a sus crías, por

lo que se espera que su presencia en el postparto ocasione una disminución en las actividades maternas y tenga un efecto positivo en el crecimiento y sobrevivencia de los hijos.

Material y Método

El presente trabajo se realizó con ratones silvestres de los volcanes que fueron capturados en una zona de la Sierra del Volcán Ajusco, ubicada entre los kilómetros 42 y 45 de la Carretera Federal a Cuernavaca. Para las capturas se utilizaron trampas Sherman para roedores pequeños, las cuales se colocaron entre las 17 y 18 horas y se recogieron entre las 10 y 12 horas del día siguiente, se utilizaron como cebo hojuelas de avena. Los ratones capturados fueron transportados al laboratorio en donde fueron ectodesparasitados y marcados. Se les mantuvo bajo un fotoperiodo de 14:10 horas de luz:oscuridad y a temperatura ambiental de laboratorio, la cual tuvo un rango de variación de 17 a 20 C°. Dos ratones del mismo sexo fueron puestos en cajas de acrílico (17 x 15 x 12 cm) con cama de aserrín. Fueron alimentados con Nutricubos Purina para pequeños roedores y agua corriente *ad libitum*: Después de un periodo de 30 días los animales fueron apareados por pareja. En este estudio se utilizaron 40 ratones; 20 hembras y 20 machos, los cuales fueron apareados al azar. Los apareamientos se realizaron de octubre del 2000 a febrero del 2001. En 10 parejas el macho fue separado de la hembra después del parto (12-14 hr postparto),

mientras que en las otras 10 parejas, el macho permaneció con la hembra hasta el destete de las crías. Se registró el tiempo de abrigo, la frecuencia y duración del aseo, olfateo y mantenimiento del nido (la descripción de estas conductas se detallan al final de esta sección), así como el tiempo de permanencia en el nido tanto de las madres que criaron solas a sus hijos como de las que permanecieron con el macho, durante los primeros 30 días del postparto. Los registros de la conducta materna se realizaron entre las 11 y 17 hr, utilizando para esto un etograma, realizándose las observaciones en forma directa a una distancia aproximada de 50 m de la jaula de nidación. Se registró el peso de las crías al destete de (28 a 30 días de edad) y la sobrevivencia. Los registros obtenidos de las actividades maternas fueron agrupados en periodos de observación de tres días. El análisis estadístico se realizó aplicando un análisis de varianza de dos vías con repetición de medidas, la prueba t Students, X^2 y correlaciones lineares.

Descripción de las actividades maternas en el ratón de los volcanes.

Abrigo de la cría: Apoyadas sobre sus extremidades mantienen el cuerpo arqueado, mientras que las crías permanecen bajo su abdomen.

Amamantamiento de la cría:

a.- Apoyadas sobre sus extremidades mantienen a sus crías debajo del abdomen, levantando ligeramente el cuerpo para permitirles acomodarse y alimentarse.

b.- Acostadas lateralmente con el cuerpo extendido, alimentan a sus crías.

c.- Acostadas boca arriba, con las patas anteriores y posteriores semiextendidas alimentan a las crías que se distribuyen a ambos lados.

Aseo de la cría: Con los miembros anteriores sostienen a la cría y lamen todo el cuerpo, principalmente la región perineal, las patas anteriores y posteriores.

Olfateo de la cría: Moviendo rítmicamente las vibrisas orientan y acercan su hocico a las crías, en algunas ocasiones hacen contacto con ellas.

Mantenimiento del nido: Con los miembros anteriores amontonan el material del nido, para darle concavidad a éste..

Resultados

Durante el periodo de observación la hembra en ausencia del macho invirtió en el abrigo de las crías significativamente más tiempo que cuando el macho estuvo presente ($F = 64.54$, d. f. =1, 9, $P < 0.05$, Fig. 1). El tiempo que la hembra invirtió en el abrigo se correlacionó significativamente con la edad de las crías en ausencia ($r = -0.81$, $P < 0.05$) y presencia del macho ($r = -0.46$, $P < 0.05$), aunque cuando la hembra abrigó sola a las crías la correlación fue mayor. Tanto en presencia como en ausencia del macho la

hembra dejó de abrigar a las crías entre los días 27 y 28 del postparto. El tiempo que la hembra invirtió en el amamantamiento de sus hijos fue significativamente mayor cuando el macho estuvo ausente ($F = 32.32$, d. f. = 1, 9, $P < 0.05$, Fig. 2). Cuando la hembra permaneció sola en el nido el tiempo invertido en el amamantamiento se correlacionó significativamente con la edad de los hijos ($r = -0.31$, $P < 0.05$), mientras que en presencia del macho la correlación no fue significativa ($r = 0.06$, $P > 0.05$). La frecuencia de aseo de las crías fue significativamente mayor cuando las hembras cuidaron solas a sus hijos que en presencia del macho ($F = 41.93$, d. f. 1, 9, $P < 0.05$, Fig. 3). Mientras que el tiempo invertido en esta actividad no fue significativamente diferente ($t = -1.53$, d.f. = 48, $P > 0.05$) en ausencia (45.28 ± 22.97 s) y presencia (35.68 ± 21.09 s) del macho. La hembra olfateo a las crías con una frecuencia significativamente más alta cuando permaneció sola en el nido que en presencia del macho ($F = 27.96$, d. f.=1,9, $P < 0.05$, Fig. 4). En ausencia del macho la frecuencia con la que la hembra olfateo a las crías se correlacionó con la edad de estos ($r = -0.27$, $P < 0.05$). El tiempo que la hembra invirtió en el olfateo en ausencia del macho (6.68 ± 4.07 s) fue significativamente mayor ($t=2.31$, d.f. 48, $P < 0.05$) que cuando el macho permaneció en el nido (4.44 ± 2.61 s). En la frecuencia de mantenimiento del nido no se encontraron diferencias significativas en presencia y ausencia del macho ($F=0.02$, d. f. = 1, 9, $P > 0.05$, Fig. 5). El tiempo que la hembra invirtió en esta actividad no fue significativamente diferente cuando la hembra cuidó sola a las crías que

cuando el macho estuvo ausente (hembra sola: 3.15 ± 2.40 , hembra con el macho: 2.15 ± 1.34 s, $t=1.31$, d.f.=24, $P > 0.05$). El tiempo que la hembra permaneció en el nido en ausencia del macho fue significativamente mayor ($F = 35.3$, d. f. 1,9, $P < 0.05$, Fig. 6) que cuando el macho estuvo presente. La sobrevivencia de las crías al destete cuando las hembras permanecieron solas en el nido fue del 46.4 % ($n = 28$) y del 84.0% ($n = 25$) cuando el macho estuvo presente (Tabla 1). Esta diferencia fue significativa ($\chi^2 = 1.2$, d. f. 1, $P < 0.05$). El promedio de los hijos por camada de las hembras que permanecieron solas en el nido fue de 2.8 ± 1.40 y de 2.5 ± 1.8 cuando permanecieron con el macho (Tabla 1). No se encontraron diferencias significativas entre el tamaño de las camadas ($t = -0.41$, d. f.18, $P > 0.05$). Los hijos que fueron criados sólo por la madre tuvieron un peso promedio de 17.40 ± 4.07 g, mientras que los que crecieron con ambos padres pesaron en promedio 20.65 ± 4.72 g, estos valores fueron significativamente diferentes ($t = 2.33$, d. f. 38, $P < 0.05$).

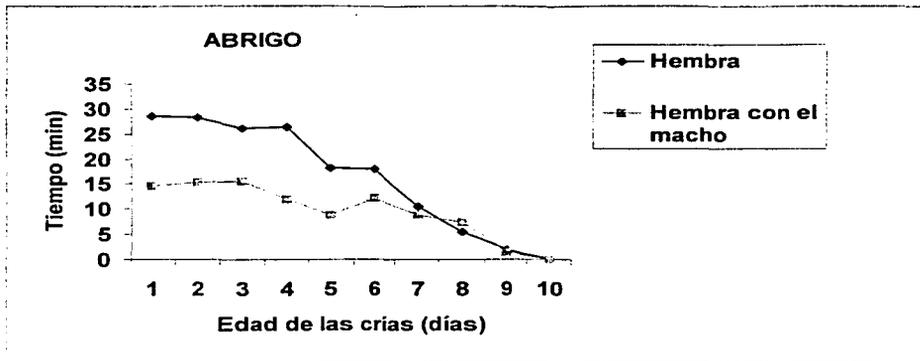


Fig. 1. Cuando la hembra del ratón de los volcanes permanece sola en el nido invierte significativamente ($P < 0.05$) más tiempo en el abrigo de las crías que en presencia del macho.

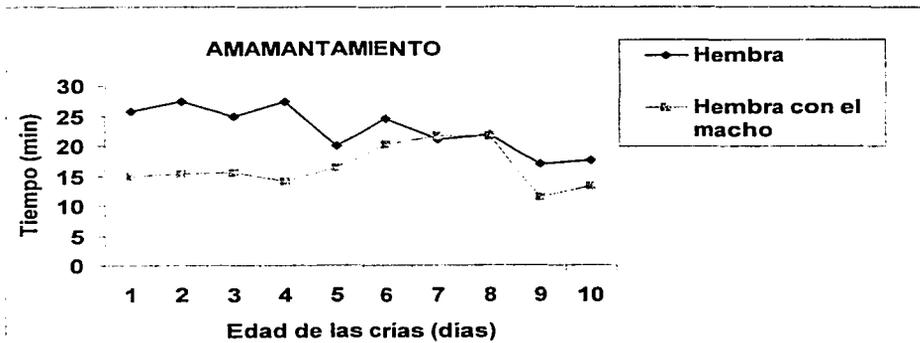


Fig. 2. En ausencia del macho la hembra del ratón de los volcanes invierte más tiempo en el amamantamiento que cuando está con el macho.

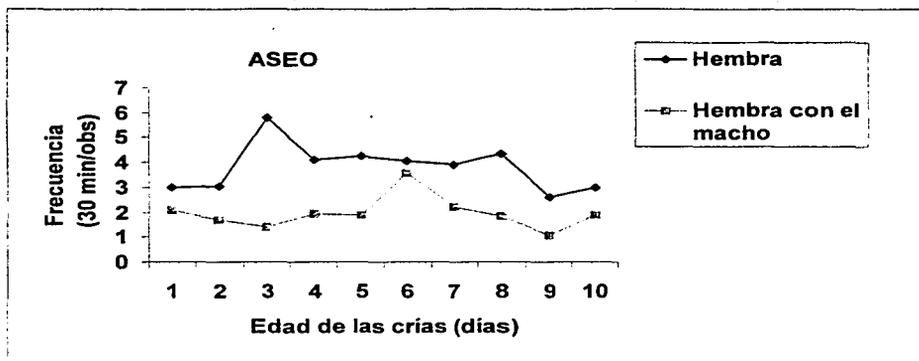


Fig. 3. Cuando la hembra del ratón de los volcanes permanece sola en el nido acicala a las crías con una frecuencia significativamente más alta ($P < 0.05$) que cuando el macho está presente.

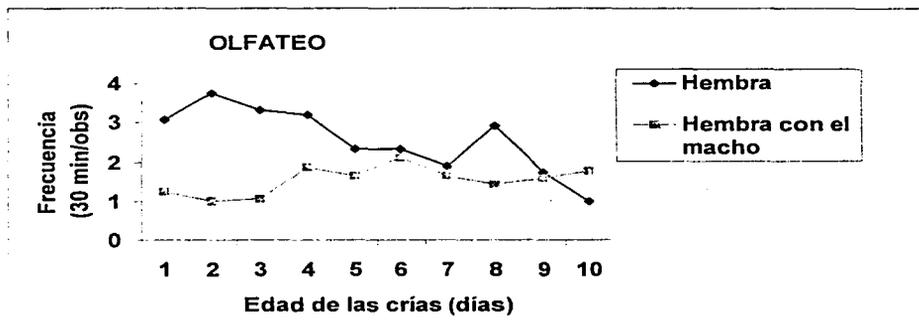


Fig. 4. Cuando la hembra permaneció sola en el nido olfateó con una frecuencia significativamente mayor ($P < 0.05$) que cuando el macho estuvo presente.

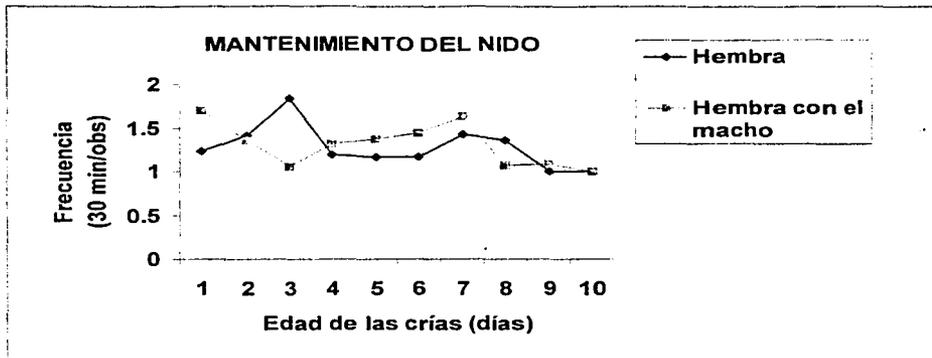


Fig. 5. La frecuencia del mantenimiento del nido exhibida por la hembra no fue significativamente diferente ($P > 0.05$) cuando permaneció sola o con el macho en el nido.

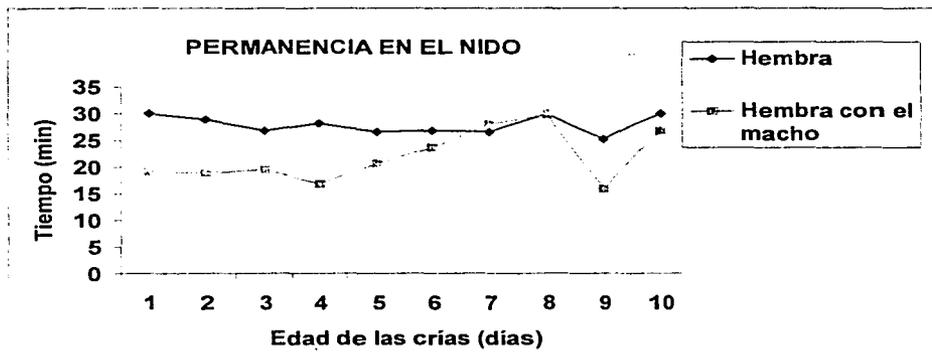


Fig.6. La hembra del ratón de los volcanes permaneció significativamente ($P < 0.05$) más tiempo en el nido cuando el macho estuvo ausente.

♀ con el ♂	No. de crías al nacimiento	Sobrevivencia al destete		♀ sin el ♂	No. de crías al nacimiento	Sobrevivencia al destete	
		Vivos	Muertos			Vivos	Muertos
1	4	4	0	11	2	2	0
2	4	2	2	12	2	0	2
3	3	3	0	13	3	3	0
4	4	4	0	14	4	0	4
5	2	2	0	15	4	0	4
6	2	2	0	16	5	0	5
7	1	1	0	17	2	2	0
8	2	0	2	18	4	4	0
9	2	2	0	19	1	1	0
10	1	1	0	20	1	1	0
Total	25	21	4	Total	28	13	15
Porcentaje	$\bar{X} = 2.5 \pm 1.80$	84%	16%	Porcentaje	$\bar{X} = 2.8 \pm 1.40$	46.4%	53.6%

Tabla 1.- Muestra el número de crías por camada de hembras que permanecieron solas y con el macho durante periodo de lactancia, así como la sobrevivencia de las crías al destete.

Discusión

Estudios anteriores de animales en cautiverio mostraron que el macho y la hembra del ratón de los volcanes permanecen en el mismo nido durante el apareamiento y la lactancia (Luis et al. 2000). En este trabajo en ninguna de las parejas se observó conducta agresiva por parte del macho o la hembra.

De manera general el presente estudio mostró que la presencia del macho redujo significativamente las actividades maternas y favoreció la sobrevivencia y crecimiento de los hijos.

En los roedores, el abrigo es una de las actividades maternas determinantes en la sobrevivencia de los hijos, debido a que las crías no tienen la capacidad de regular su temperatura, la cual es muy importante en el desarrollo de los mamíferos altricio. La presencia del macho del ratón de los volcanes durante el postparto redujo significativamente el tiempo que la hembra invirtió en el abrigo de las crías. Además, cuando el macho no estuvo en el nido, el tiempo que la hembra invirtió en el abrigo tuvo una correlación mayor con la edad de las crías que cuando éste estuvo presente. En *Peromyscus californicus* y *Meriones unguiculatus* una de las principales contribuciones del macho es el mantenimiento de la temperatura de los hijos (Dudley, 1974; Elwood and Broom, 1978). En *P. campbelli* la presencia del macho durante el periodo de lactancia permite a la hembra abandonar el nido y reducir la hipertemia materna que se

presenta en esta especie durante el periodo de amamantamiento, ya que mientras tanto, el macho se encarga de abrigar a las crías (Walton y Wynne-Edwards 1998). Sin embargo, contrario a lo que ocurre en el ratón del los volcanes, en esta especie las hembras apareadas incrementan la cantidad de tiempo que invierten en contacto con sus crías en presencia del macho (Wynne-Edwards 1995). El tiempo que la hembra de este ratón invirtió en el amamantamiento fue significativamente mayor cuando permaneció sola en el nido, esto pudo deberse a que al permanecer más tiempo abrigando a las crías, éstas aprovechaban para alimentarse, lo cual explicaría también porque en esta condición el tiempo que la hembra invirtió en esta actividad tuvo una correlación mayor con la edad de las crías que en presencia del macho. En especies como "redbacked voles", la presencia del macho ocasiona que las hembras inviertan menos tiempo en el amamantamiento, aunque los machos de este roedor no participan en el cuidado de los hijos (McGuire 1997).

La frecuencia de aseo de las crías también fue significativamente mayor cuando la hembra permaneció sola en el nido, pero no se encontraron diferencias significativas en el tiempo promedio en el que realizan esta actividad. De manera similar, en ratones como "redbacked voles" las hembras asean a sus hijos con una frecuencia menor cuando el macho está presente. Las hembras del ratón de los volcanes que criaron solas a sus hijos permanecieron más tiempo en el nido que las que estuvieron con el macho, en todas las parejas se observó que cuando la

hembra estaba fuera del nido el macho permaneció con las crías. Estos resultados coinciden con lo observado en *P. campbelli*; las madres solas salen con menos frecuencia del nido que las que se encuentran apareadas (Wynne-Edwards 1995).

Con relación al efecto del macho en el éxito reproductivo, se encontró que las crías de las hembras que permanecieron con el macho durante el periodo de lactancia tuvieron un porcentaje de sobrevivencia y un peso promedio al destete significativamente mayor que el de las crías que permanecieron sólo con la hembra. Aunque cabe señalar que en este trabajo no se ajustó el tamaño de las camadas, no se encontraron diferencias significativas en el tamaño promedio de éstas entre los grupos. Estos resultados señalan que la presencia del macho en el postparto parece contribuir al éxito reproductivo de la especie. Cuando el macho permanece con la hembra no sólo proporciona calor a las crías, lo cual es determinante para su crecimiento, sino que también ocasiona una disminución de las actividades maternas, que puede traducirse en un menor desgaste energético de la hembra y quizás en una mayor producción de leche. En *Microtus pennsylvanicus* en condiciones de laboratorio las crías que crecieron con ambos padres ganaron significativamente más peso que las que permanecieron sólo con la hembra. Asimismo, la sobrevivencia fue comparativamente más alta cuando las crías permanecieron con ambos padres. (Storey & Snow 1987). En *P. campbelli* en condiciones de laboratorio las crías que durante el periodo de lactancia permanecieron con

ambos padres tuvieron una sobrevivencia y un peso significativamente mayor que las que fueron criadas sólo por la hembra (Wynne-Edwards 1987, Wynne-Edwards and Lisk 1989).

Conclusiones

La presencia del macho en el postparto ocasionó en general una disminución de las actividades maternas.

Cuando el macho permanece con la hembra la sobrevivencia y crecimiento de los hijos es mayor, lo cual sugiere que el macho en esta especie contribuya al éxito reproductivo.

En condiciones naturales la presencia del macho puede ser crítica en la sobrevivencia y desarrollo de los hijos, debido que al participar en el cuidado de las crías ocasiona que la hembra invierta menos energía en las actividades maternas lo cual puede redundar en una mayor producción de la leche.

Referencias

Allin, J. T., & E. M. Banks. 1972. Functional aspects of ultrasound production by infant albino rats (*Rattus norvegicus*). Anim. Behav., 20: 175 - 185.

Alvarez, T. & E. Mayo - Aceves. 1993. Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni* Merriam, 1898) . Acta Zoológica Mexicana, 59: 1 - 51.

Arenas-Jiménez, T. 1996. Estudio del comportamiento copulatorio en el ratón de los volcanes (*Neotomodon a. alstoni*, Merriam 1898). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Bridges, R. S. 1990. Endocrine regulation of parental behavior in rodents, in: Mammalian parenting (Krasnegor, N. A. & R.S. Bridges, eds.) Oxford University Press, New York, p. 93 - 132.

Bridges, RS. 1996. Biochemical basis of parental behavior in the rat. Adv. Stud. Behav. 25, 215-242.

Bridges, RS, MC Robertson, PC Shiu, HG Friesen, AM Stuer & PE Mann. 1996. Endocrine Communication between conceptus and mother: Placental Lactogen Stimulation of Maternal behavior. Neuroendocrinology 64:57-64.

Calhoun, J. B. 1962. The ecology and sociology of the Norway rat. Public Health Service Publication, United States Department of Health,

Education and Welfare, Public Health Service, Bethesda, Maryland, 1008: 1-288

Cantón, D. & R. E. Brown. 1997. Paternal investment and reproductive success in the California mouse *Peromyscus californicus*. *Animal Behavior* 54: 377 – 386.

Cárdenas, R., Carmona, A. & Luis J. 1997. Grow and matter digestibility of the volcano mouse (*Neotomodon a. alstoni*) on low and high fibre diets. Seventh International Theriological Congress, p. 56. Acapulco. México.

Chávez, T. C. 1988. Diversidad y comportamiento poblacional de una comunidad de roedores de la Sierra del Ajusto. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Chávez, T. C. & R. V. Gallardo. 1993. Demografía y reproducción de *Neotomodon alstoni* en la Sierra del Ajusto, México, en: Avances en el estudio de los mamíferos de México. (Medellin, R. A. & G. Ceballos eds.), Vol. 1. Asociación Mexicana de Mastozología, México, p. 317 - 331.

Clutton-Brock, T. H. 1991. The evolution of parental care (Monographs in behavior and ecology, Princeton University Press, New Jersey, p. 12 - 30.

Davis, W. B. & L. A. Follansbee. 1946. The Mexican volcano mouse *Neotomodon*. *J. Mammal.*, 26 (4): 401 - 411.

Diamond, M. & M. Mast. 1978. Crowding, reproduction and maternal behavior in the golden hamster. *Behav. Biol.* 23: 477 - 486.

Dudley, D. 1974. Contributions of parental care to the growth and development of the young in *Peromyscus californicus*. . Behavioral Biology, 12: 155 – 156.

Elwood, R. W. & D. M. Broom. 1978. The influence of litter size and parental behaviour on the development of the Mongolian gerbil pups. Animal Behaviour. 26: 438 – 454.

Elwood, R. W. 1983. Paternal care in rodents. John Willey, New York, p. 235 - 257.

Felton, M.T., N. Linton & J. S. Rosenblatt. 1999. Estrogen implants in the lateral habenular nucleus do not stimulate the onset of maternal behavior in female rats. Hormones and Behavior, 35:71-80.

Gilbert, A. N.; R. J. Pelchat & N. T. Adler. 1980. Post partum copulatory and maternal behaviour in Norway rats under semi-natural conditions. Animal Behav, 28: 989 - 995.

Granados, H. 1994. The volcano mouse (*Neotomodon a. alstoni*, Merriam 1898). A new laboratory animal: Strain GFC-UNAM. The FASED Journal, 8 (4): 1.

Granados, H., J. Luis, A. Carmona, G Espinosa & Arenas T. 1996. Comportamiento agresivo del macho del ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* (Rodentia: Cricetidae). Rev. Biol. Trop., 44 (2): 861 - 865.

Gubernick, J. D. & J. R. Alberts. 1989. Postpartum maintenance of paternal Behaviour in the biparental California mouse, *Peromyscus californicus*. *Animal Behavior* 37: 656-664.

Gubernick, J. D., S. L. Wright & R. E. Brown. 1993. The significance of father's presence for offspring survival in the monogamous California mouse, *Peromyscus californicus*. *Animal Behavior*, 46: 539-546.

Hofer, M. A. 1970. Physiological responses of infant rats to separation from their mothers. *Science*, 168: 871 - 873.

Horner, B. E. 1974. Paternal care of young mice in the genus *Peromyscus*. *J. Mammals*, 28: 31 - 36.

Jacobson, C. D., J. Terkel, R. A. Gorski & C. H. Sawyer. 1980. Effects of small medial preoptic area lesions on maternal behavior retrieving and nest building in the rat. *Brain Res.*, 194: 471 - 478.

King, J. A. 1963. Maternal behavior in *Peromyscus*, in: *Maternal behavior in mammals* (Rheingold, L. H. ed.). John Willey, New York, p. 58 - 93.

Klieman, D. G. & J. R. Malcom. 1981. The evolution of male parental investment in mammals, in: *Parental care in mammals* (Gubernick, D. J. & Klopfer, P. H. eds.). Plenum Press, New York, p 347-387.

Luis, J. A. Carmona C., Espinosa G. & Cárdenas R. 1997. Huddling conduct in the volcano mouse male (*Neotomodon a. alstoni*, Rodentia: Cricetidae). *Seventh International Theriological Congress*, p. 213, Acapulco, México.

Luis, J., A. Carmona, J. Delgado, F. A. Cervantes & R. Cárdenas. 2000. Parental Behavior of the volcano mouse, *Neotomodon alston* (Rodentia: Muridae), in captivity, *Journal of Mammalogy*, 81(2): 600-605.

McGuire Betty. 1997. Influence of father and pregnancy on maternal care in red-backed voles. *Journal of Mammalogy* 78 (3): 839-849.

Martín, F. E. & S. T. Alvarez. 1982. Crecimiento y desarrollo en el laboratorio de *Neotomodon a. alstoni* (Rodentia: Cricetidae). *An. Esc. Nat., Cien. Biol., México*, 26: 55 - 84.

Mayer, A. D. 1983. The ontogeny of maternal behavior in rodents, in: Parental behavior of rodents, (Elwood R. W., ed.). John Wiley & Sons, Chichester, p. 1-21.

Merrian, 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.

Miceli, M.; A. Fleming & C. Malsbury, 1983. Disruption of maternal behavior in virgen and postparturient rats following sagittal plane knife cuts in the preoptic area - hypothalamus. *Behav. Brain Res.* 9: 337 - 360.

Miller, G. S. 1924. List of north american recent mammals 1923. *Bull. Us. Not. Mus.*, 128 (1 - XV 1): 1 - 673.

Noirot, E. & J. Goyens. 1971. Changes in maternal behavior during gestation in the mouse. *Horm. Behav.* 2: 207 - 215.

Noirot, E. 1972. The onset of maternal behavior in rats, hamsters and mice, in: *Advances in the study of behavior.* (Lehrman, D. S., Hinde R. A. & Shaw E. eds.), Vol. 4, Academic Press, New York, p. 107 - 145.

Numan, M. 1986. The role of the preoptic area in the regulation of maternal behavior in the rat, in: *Reproduction and behavior, neuroendocrine sciences.* Annals New York Academy of Sciences, New York, 479: 227 - 233.

Numan, M. 1988. Maternal behavior, in: *The physiology of reproduction,* (Knobil , E., Neill J. Ewing L. Greenwald G. Market C. & Pfaff D. eds.), Raven Press, New York, p. 1569 - 1645

Numan, M y MJ Numan. 1994. Expresión of Fos-like immunoreactivity in the preoptic area of maternally behaving virgen and postpartum rats. *Behavior Neurosciences*, 108:379-394.

Olivera, L. J. 1984. Reproducción de *Neotomodon a. alstoni* (Rodentia - Cricetidae) en condiciones de laboratorio.. Tesis de Maestría. UAM, Iztapalapa, México.

Ortiz, R., C. Aguilar y H. Granados. 1987. Histología de la madurez gonadal en la hembra del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni alstoni*). XXX Congr. Nal. Cien. Fisiol., Jalapa, Ver., Resumen A27.

Ortiz, R., C. Aguilar y H. Granados. 1988. Estudios sobre la biología del ratón de los volcanes (*N. A. alstoni*). XVIII. Histología de la madurez testicular. XXXI Congr. Nal. Cien. Fisiol., Querétaro, Qro., Resumen C17

Pfaff, D. & B. Mc. Ewen. 1983. Actions of estrogens and progestins on nerve cells. *Science* 219: 808 - 814.

Plaut, S.M. & J. M. S Davis. 1972. Effects of mothers-litter separation on survival, growth, and brain amino acid levels. *Physiol. Behav.* 8: 43 - 51.

Priestnall, R. & S. Young. 1978. An observational study of caretaking behavior of male and female mice housed together. *Devl. Psychobiol.*, 11: 23 - 30.

Raisman, G. 1972. An experimental study of the amygdala to the accessory olfactory bulb and its relationship to the concept of a dual olfactory system. *Exp. Brain Res.*, 14: 395 - 341.

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.

Rojas, M. A. 1984. Descripción del microhabitat de cinco especies de ratones en la Sierra del Ajusco. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rosemblatt, J. S. & H. I. Siegel. 1975. Hysterectomy-induced maternal behavior during pregnancy in the rat. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 89: 685-700.

Rosenblatt, J. S, H. I. Siegel & A. D. Mayer. 1979. Progress in study of maternal behavior in the rat: Hormonal , nonhormonal, sensory, and developmental aspects , in: *Advances in the study of behavior*, (Rosenblatt,

J.S., Hinde R.A., Beer C. G. & Busnel M. C.eds.). Academic Press, New York, vol. 10, p. 225-311.

Rosenblatt, J. S. 1983. Physiological and behavioural changes during pregnancy and parturition underlying the onset of maternal behaviour in rodents, in: Parental behaviour of rodents (Elwood, R. W., ed.). John Wiley, New York., P. 23-66

Rosenblatt, J.S., Mayer A.D. Adhieh H., & Siegel H.I. 1988. Hormonal basis during pregnancy for the onset of maternal behavior in the rat. *Psychoneuroendocrinology*, 13:29-46.

Rosenblatt, J. S. 1992. Hormone-Behavior relations in the regulation of parental behavior, in: *Endocrinology .behavior.* (Becker B.J., Breedlove S. M. & Crews D. eds.). A Bradford Book Mit Press, London, p 219-285.

Rosenblatt, J. S., A. Olufowobi & H.I. Siegel. 1998. Effects of pregnancy hormones on maternal responsiveness, responsiveness to estrogen stimulation of maternal Behavioral, and the lordosis response to estrogen stimulation. *Hormones and Behavior* 33:104 -114.

Sánchez, H. C., A. Rojas & C. Chávez. 1989. Fluctuación poblacional de *Neotomodon alstoni alstoni* (Rodentia: Cricetidae). En la Sierra del Ajusco, México, in: *Ecología Urbana.* (Gio-Argaés, R., Y. Hernández-Ruiz & E. Saénz-Hernández, eds.). Museo Nacional de Historia Natural, México, p 105-112.

Siegel, H. I. 1986. Hormonal basis of maternal behavior in the rat, in: *Reproduction in behavior, neuroendocrine sciences*, Annals New York Academy of Sciences, New York, 474: 202-215.

Storey, A. E. & D. T. Snow. 1987. Male identity and enclosure size affect paternal attendance of meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*. *Animal Behavior* 35: 411-419.

Swanson, L. J. & C.S. Campbell. 1981. The role of the young in the control of the hormonal events during lactation and behavioral weaning in the golden hamster. *Hormones and Behavior*, 15:1-15.

Villa, R. B. 1953. Mamíferos silvestres del valle de México. *An. Inst. Biol., UNAM*, 23: 269-492

Walton, M. J. & K. Wynne-Edwards. 1998. Paternal care reduces maternal hypertemia in Djungarian hamsters (*Phodopus campbelli*). *Physiology and Behavior* 63 (1): 41-47

Wang, Z. & M. A. Novack. 1992. Influence of the social environment on parental behavior and pup development of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) and prairie voles (*M. ochrogaster*). *Journal of Comparative Psychology*, 106:163-171.

Williams, S. L. & Ramirez-Pulido J. 1984. Morphometric variation in the volcano mouse, *Peromyscus (Neotomodon) alstoni* (Mammalia: Cricetidae). *Ann. Carnegie Museum Nat. Hist.*, 53: 163-183

Wynne-Edwards, K. E. 1987. Evidence for obligate monogamy in the Djungarian hamster. *Phodopus campbelli*: pup survival under different parenting conditions. *Behavior Ecology Sociobiology*, 20: 427-437.

Wynne-Edwards, K.E. & R.D. Lisk. 1989. Differential effects of paternal presence on pup survival in two species of Dwarf hamster (*Phodopus sungorus* and *Phodopus campbelli*). *Physiology of behavior*, 45:465-469.

Wynne-Edwards, K. E. 1995. Biparental care in Djungarian but not Siberian dwarf Hamster (*Phodopus*). *Animal Behavior*, 50:1571-1585.

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