

Portada



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

**Descripción de las conductas de construcción del nido de
crianza en el topillo de la pradera
(*Microtus ochrogaster*) en cautiverio**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

Roberto Karim López Hernández

Director

Dr. Kurt Leroy Hoffman

Co-director

Dr. Jorge Vázquez Pérez

Tlaxcala, Tlax

Marzo, 2023



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Descripción de las conductas de construcción
del nido de crianza en el topillo de la pradera
(*Microtus ochrogaster*) en cautiverio

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Roberto Karim López Hernández

Comité Tutorial

Director

Dr. Kurt Leroy Hoffman

Codirector

Dr. Jorge Vázquez Pérez

Tutores

Dra. Bibiana Montoya Loaiza

Dr. Sergio Iván Ancona Martínez

Hoja de financiamiento

El presente proyecto de investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Animal (CIRA), con ubicación en Panotla, Tlaxcala, y que forma parte de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx). Asimismo, el financiamiento de este proyecto fue posible gracias a la beca proporcionada al estudiante con clave 1081170 otorgada por el CONACYT. La Maestría en Ciencias Biológicas tiene su registro en el Padrón de Programa Nacional de Posgrados de Calidad. (PNPC).



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Centro Tlaxcala Biología de la Conducta (CTBC)

Maestría en Ciencias Biológicas

Proceso: Posgrado CTBC

Registro: Carta Autorización de Impresión de Tesis

Código: 503-RGE-26

Revisión: 03

**COORDINACIÓN DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE
LA CONDUCTA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
TLAXCALA
P R E S E N T E**

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del proyecto de tesis que **Roberto Karim López Hernández** realiza para la obtención del grado de **Maestro en Ciencias Biológicas**, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es **“Descripción de las conductas de construcción del nido de crianza en el topillo de la pradera (*Microtus ochrogaster*) en condiciones de cautiverio”**.

Sin otro particular, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E


DR. KURT LEROY HOFFMAN TIBER


DRA. VERÓNICA REYES MEZA

TLAXCALA, TLAX., MARZO 28 DE 2023


DRA. MARÍA DE LOURDES ARTEAGA
CASTAÑEDA


DR. RAYMUNDO DOMÍNGUEZ ORDÓÑEZ


DR. MARCOS GARCÍA JUAREZ



Universidad Autónoma de Tlaxcala
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN REPRODUCCIÓN ANIMAL
(C.I.R.A.)

**COMITÉ ACADÉMICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Sirva este medio para describir el proceso de revisión de la tesis realizada por el estudiante **ROBERTO KARIM LÓPEZ HERNÁNDEZ** titulada “Descripción de las conductas de construcción de nido en el topillo de la pradera (*Microtus ochrogaster*) en cautiverio” para optar por su grado de **Maestro en Ciencias Biológicas**.

El documento de la tesis de **ROBERTO KARIM LÓPEZ HERNÁNDEZ** fue revisado por mi como director de tesis antes de presentarse en cada examen tutorial y, posteriormente a los exámenes tutorales, los miembros de su comité tutorial realizaron también sus respectivas observaciones. De manera que el documento, llevó un proceso de revisión por varios profesores expertos en el tema. En el mes de marzo, el documento final de la tesis fue procesado con el programa del Turnitin marcando poco texto con similitudes (14% similitud general). Revisando el texto, la mayoría del texto detectado con similitud fuera en la sección de referencias, y muy poco texto dentro del documento propio.

Por lo anterior, confirmo que **el estudiante no incurrió en ninguna práctica no deseable** en la escritura de la tesis.

Sin más por el momento, reciban atentos saludos.

CORDIALMENTE
Tlaxcala, Tlax., a 29 de marzo de 2023

Dr. Kurt Leroy Hoffman

Agradecimientos

Agradezco al Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UATx, por la atención y apoyo brindados.

Agradezco al Centro de Investigación en Reproducción Animal (CIRA) de Panotla por brindarme de la manera más atenta el espacio y recursos para el desarrollo de mi proyecto.

Agradezco a CONACYT por la beca proporcionada (Clave 1081170).

Agradezco al Dr. Kurt Leroy Hoffman y al Dr. Jorge Vázquez Pérez, por aceptarme y guiarme en el desarrollo práctico y teórico de este proyecto bajo su dirección. Su experiencia y perspectivas me fueron de gran ayuda para darle una coherencia y dirección al presente trabajo. También quiero agradecer a la Dra. Bibiana Montoya y al Dr. Sergio Iván Ancona por los consejos dados que derivaron en esclarecer agujeros relacionados a la naturaleza de mi modelo de estudio que no había considerado originalmente, haciendo a su vez, de mi trabajo algo más completo.

Agradecimientos a título personal

Agradezco en demasía a los miembros de mi familia. A mis padres por brindarme su inmenso cariño y apoyo en el camino que he querido tomar; a mis hermanos, Lincoln y Arturo, por su empatía y guía en retos que se me presentan; y a mis cuñados, Misael y Johana, que no solo tienen un sitio en la familia, sino también lo tienen en mi corazón.

Agradezco a mis amigos y compañeros José Manuel, Alondra, Enrique Basurto, Dulcinea, Imelda, Karla Lima, Víctor, Karen Amairani, Aylin, Héctor, Alberto, Santiago Lara, Paola Lazcano, Alex, Paola Rivera, Kevin García, Mariel Urbina, Marco Migale, Ángel, Reil, Nataly, Raúl López, Vianey, Chloe, Blanca Luna, Jairo, Raúl Maldonado, Karen Rodríguez, Oscar, César, Yareli, Amauri, Erika, Nadia, Moisés, Ana María, Van Gerónimo, Rafael, Grace, Omar, Karla Durán, Imelda, Antonio Fuentes, Daniel Cano, Yirino, Nayelli, Itzel, Estrella Castillo, Isaac Muñoz, Zeltzin y Blanca Batana. Han hecho de este viaje más interesante con sus perspectivas y matices. Nunca los cambiaría por nada.

Por último, agradezco a tres personas muy importantes en mi vida. A Miguel, un hermano mayor cuya charla, compañía y ocurrencias fueron menesteres en momentos alegres y complicados por igual. A Dennise, una amiga que, desde que tengo memoria, ha tenido los dones de escuchar con grata atención, hablar de la realidad desenfadadamente y romper el silencio de ser necesario. Y a Selma, persona en la que se da una mescolanza entre el ímpetu para proyectar un viaje hacia el firmamento y la sensibilidad para esbozar trazos y sonrisas mías, te quiero mucho.

Resumen

El topillo de la pradera (*Microtus ochrogaster*) es un roedor que se ha consolidado como modelo animal para el estudio de la formación de vínculos de pareja y del cuidado biparental. Una conducta propia del cuidado biparental de esta especie, la construcción del nido de crianza, ha sido estudiada con descripciones cualitativas en las que se sugiere una participación mayor del macho en comparación a la hembra en actividades relacionadas con dicha conducta. En el presente estudio se hipotetizó que, si bien ambos sexos participan en la construcción del nido, habría una división marcada de labores entre ellos: el macho realiza acarreos de material para construir el nido, mientras que la hembra permanece en el interior del nido y le da forma al material proporcionado por el macho al empujarlo con su cuerpo. Para probar esta hipótesis, se utilizaron 10 parejas compuestas por un macho y una hembra de topillos de la pradera procedentes del Centro de Investigación en Reproducción Animal (CIRA), en Panotla, Tlaxcala. Dichas parejas fueron alojadas en un recinto compuesto por una cámara central y 4 cámaras de nido (2 de macho y 2 de hembra); fueron videograbadas desde el día 1 de gestación hasta el tercer día posparto para posteriormente cuantificar las frecuencias de acarreos de material de nido, los muestreos instantáneos de ubicación en cada sitio del recinto y las latencias en segundos para el inicio de la conducta de acarreo en ambos sexos. Se encontró que 1) los topillos machos realizaron mayor cantidad de acarreos de material que las hembras en los días de gestación 13 y 17 ($p < 0.05$), 2) el sitio preferido para construir el nido fue la cámara de nido de la hembra, 3) los topillos machos se ubicaron durante una mayor cantidad de tiempo en la cámara de nido de hembra en los días de gestación 13 y 17, mientras que las hembras permanecieron más tiempo en la cámara central ($p < 0.05$) en los días de gestación 13, 15 y 17 y 4) los topillos machos tuvieron una latencia menor que las hembras para iniciar con la conducta de acarreo para la construcción del nido ($p < 0.05$) en el día de gestación 17. A partir de los resultados obtenidos, se propone que machos y hembras del topillo de la pradera pueden desplegar labores similares durante la construcción del nido, pero que dichas labores difieren cuantitativamente entre ambos sexos.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Hábitat y alimentación	1
1.3. Organización social	2
1.4. Comportamiento reproductivo	4
1.4.1. Madurez sexual y actividad reproductiva	4
1.4.2. Estro, ovulación y gestación	4
1.4.3. Monogamia en el topillo de la pradera	5
1.4.4. Cuidado biparental	6
1.5. El topillo de la pradera como modelo animal	7
2. Antecedentes	8
2.1. Conducta de construcción de nido de crianza	8
2.1.1. Selección del sitio del nido	8
2.1.2. Construcción del nido de crianza	9
2.1.3. Ocupación y mantenimiento del nido	10
3. Justificación	11
4. Hipótesis	11
4.1 Predicciones	12
5. Objetivos	12
5.1. General	12
5.2. Específicos	12
6. Metodología	12
6.1. Animales	12
6.2. Material de construcción de nido	13
6.3. Recinto de alojamiento	13
6.4. Sistema de videgrabación	15
6.5. Formación de parejas de topillos	15
6.6. Pruebas de construcción de nido	17
6.7. Registro de datos	18
6.8. Análisis estadístico	19
7. Resultados	19

7.1. Animales y vídeos de pruebas	19
7.2. Descripción cualitativa de la construcción del nido.....	20
7.2.1. Acarreos	20
7.2.3. Cooperación.....	20
7.2.3. Usos y características de las cámaras de nido	21
7.2.4. Senderos	21
7.2.5. Periodo posparto temprano.....	21
7.2.6. Defensa de territorio.....	22
7.3. Descripción cuantitativa de la construcción del nido	22
7.3.1. Ubicación de los Sitios Finales del Nido en cada día de prueba	22
7.3.2. Frecuencias de acarreo.....	23
7.3.3. Ubicación de los individuos durante las pruebas de construcción de nido.....	27
7.3.4. Latencias de inicio de acarreo de material.....	31
7.4. Análisis complementario de acarreo	32
7.4.1. Disminución progresiva del número de acarreo de las hembras	32
7.4.2. Relación entre las frecuencias de acarreo durante la última semana de gestación y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1	33
7.5. Análisis de ubicación de los individuos en el recinto	35
7.5.1. Conductas de las hembras en la cámara central.....	35
7.5.2. Relación entre los avistamientos de ubicación durante la última semana de gestación y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1	38
8. Discusión.....	40
9. Conclusiones.....	46
10. Perspectivas	47
11. Referencias	48
12. Anexos	54

1. Introducción

1.1. Generalidades

El topillo de la pradera (*Microtus ochrogaster*), es una de varias especies del género *Microtus* que habita en el Nuevo Mundo. Se han reportado registros fósiles de esta especie de más de 30 sitios en 14 estados de Estados Unidos, que datan del Pleistoceno al Holoceno (Chaline y Graf 1988). Existen 7 subespecies de topillo de la pradera, de las cuales se considera actualmente extinta a la subespecie *Microtus ochrogaster ludovicianus* (Stalling 1990).

La longitud corporal de los topillos de la pradera va de 12.5 a 18 cm y la cola comprende 2.5 a 3.9 cm, y su peso corporal ronda de 26 a 38 gramos. Tienen un pelaje grueso, de color gris oscuro entrecano en el dorso (mezcla de pelos largos negros y leonados) y de color canela o gris pálido en el vientre; mudan su pelaje a los 24 días de edad y requieren de 3 semanas para completar la muda, la cual puede realizarse en cualquier época del año (Jameson 1947; Stalling 1990; Naughton y cols. 2012). Poseen una cabeza pesada y aplanada, ojos pequeños y orejas parcialmente ocultas, y extremidades y cola cortos, características que sugieren un modo de vida semifosorial (Getz y cols. 1990). Constituyen una fuente alimentaria para varios depredadores como zorros, coyotes, musarañas, aves rapaces, serpientes y comadrejas, para lo que han adoptado estrategias como no tener patrones de actividad fijos, huida a túneles, construcción de madrigueras y el color de su pelaje (Pritchett-Corning y Winnicker 2021). En vida silvestre tienen una esperanza de vida de 2 a 12 meses, en tanto que en cautiverio pueden alcanzar una longevidad de 2 a 2.5 años (Stalling 1990; Pritchett-Corning y Winnicker 2021).

1.2. Hábitat y alimentación

El hábitat común del topillo de la pradera (*Microtus ochrogaster*) comprende a las praderas con una vegetación dominante de pastos altos y tréboles, campos de barbecho, áreas con hierbas o maleza, así como a la orilla de caminos y campos de cultivo de soya y alfalfa de la parte central y norte de Estados Unidos (Jameson 1947; Getz y cols. 1979; Naughton y cols. 2012). A diferencia de otros roedores con los que cohabitan en las mismas zonas, los topillos de la pradera prefieren ocupar áreas con vegetación más corta, seca y variada (Kurta 2017).

Durante el verano, los topillos construyen y mantienen una red de caminos o senderos de aproximadamente 5 cm de ancho sobre terrenos de suelo compactado y libres de vegetación; es común que también construyan madrigueras superficiales de 10 – 15 cm de diámetro. Igualmente, construyen nidos en forma de cúpula con pastura seca a una profundidad de 15 – 45 cm por debajo del suelo dentro de una cavidad (o cámara) esférica de 15 – 20 cm de longitud y 8 – 10 cm de altura, que cuenta con dos túneles con pisos cubiertos de pasto y hojas secas, que llegan a la superficie (Jameson 1947; Getz y Hofmann 1986). En otoño, se dedican a construir grandes sistemas de madrigueras de 4 – 5 cm de diámetro, que pueden hallarse a 5 – 45 cm por debajo de la superficie; cada una de las madrigueras cuenta con un montículo central y varios túneles que conducen a un nido. Durante el invierno, se trasladan hacia áreas que cuentan con mayor protección, como zonas de arbustos, restringen su actividad sobre la superficie y crean caminos o senderos debajo de la nieve (Jameson 1947).

La alimentación de los topillos de la pradera en estado silvestre consta principalmente de hojas y semillas de pasto, plantas leguminosas (trébol y alfalfa), plantas compuestas (diente de león) y artrópodos (Fish, 1974); además, suelen construir escondites subterráneos para almacenar semillas y raíces comestibles para subsistir durante el invierno (Jameson 1947; Naughton y cols. 2012).

1.3. Organización social

En estado silvestre, los territorios para la anidación de los topillos de la pradera pueden ser ocupados por al menos uno de los siguientes grupos sociales: (1) parejas macho-hembra con o sin crías no destetadas, (2) hembras solitarias, (3) individuos deambulantes y (4) grupos comunales (Getz y Hofmann 1986; Getz y cols. 1993; Getz y cols. 2003).

En vida libre, las parejas macho-hembra ocupan 70% de todos los sitios de anidación cuando la densidad poblacional es baja; sin embargo, en condiciones de alta densidad poblacional dicho porcentaje disminuye a 43% (Getz y Hofmann 1986); el macho y la hembra que conforman la pareja también son conocidos como “residentes”, ya que son individuos que se establecen en un territorio y lo defienden de otros topillos del mismo sexo o del sexo contrario con el apoyo de

su compañero (Madrid y cols. 2020).

Las hembras solitarias proceden de parejas en las que sus integrantes no han vuelto a aparearse o en las que el macho ha muerto, tienen por compañeros a machos deambulantes y pueden continuar pariendo camadas durante la época reproductiva (Solomon y Jacquot 2002). En cautividad, las hembras solitarias tienen preferencia por aparearse con machos jóvenes y con machos fundadores, en otras palabras, individuos machos que son liberados en recintos al inicio de experimentos (Lin y cols. 2006).

Los individuos deambulantes son topillos adultos solitarios de ambos sexos que se caracterizan por no aparearse para defender o establecer un territorio y por visitar territorios de topillos residentes; pueden llegar a ser capturados estando cerca de 2 o 4 nidos que contienen individuos residentes (Cochran y Solomon 2000). Durante el periodo de cría, el 45% de los topillos machos en una población pueden ser deambulantes y vagar continuamente en una población; por otro lado, el 24% de las hembras de una población son deambulantes durante el periodo de cría, y a diferencia de los machos, llegan a establecerse en un nido (Getz y cols. 1993; Solomon y Jacquot 2002).

El grupo comunal consta de una pareja macho-hembra de topillos o una hembra solitaria con la adición de individuos filopátricos, es decir, individuos adultos que permanecen en el territorio en el que fueron criados por sus padres, y que ayudan en la crianza de futuras camadas (Getz y cols. 2003). Getz y cols. (1993) reportaron que en el centro-este de Illinois, aproximadamente 1/4 de los grupos sociales de topillos de la pradera fueron comunales durante la primavera y principios de otoño; por otro lado, a finales de otoño y en invierno, más de 2/3 de los grupos fueron comunales; la disminución de grupos comunales estaría ligada a que, durante el verano, los topillos juveniles que conformarían dichos grupos abandonan el nido y tienen una alta mortalidad por depredación de serpientes u otros factores (Getz y cols. 1990, 1993; Barret y Young 2015). Solomon (1991), describió que en condiciones de laboratorio, la presencia de individuos filopátricos no reproductores, también conocidos como ayudantes, brindó beneficios para las crías de menor edad como un aumento en la masa corporal en un 13%; asimismo, Wang

y Novak (1992) describieron ventajas de la presencia de juveniles para ambos miembros de la pareja en condiciones de laboratorio: las madres tuvieron una menor carga de trabajo al desplegar menos conductas maternas y pudieron invertir más tiempo en alimentarse o beber, mientras que los padres invirtieron menos tiempo permaneciendo en el nido e interactuando con las madres; ocasionalmente los padres construían un nido secundario en el que pasaban tiempo en compañía de sus crías de la primera camada.

1.4. Comportamiento reproductivo

1.4.1. Madurez sexual y actividad reproductiva

Las hembras alcanzan la madurez sexual a los 30 a 40 días de edad, mientras que los machos la alcanzan un poco después, a los 35 a 45 días de edad (Hoffman y Getz 1988; Stalling 1990; Mateo y cols. 1994). Respecto a su temporada reproductiva, los topillos de la pradera pueden aparearse en cualquier época del año; sin embargo, su actividad reproductiva suele ser mayor entre los meses de mayo a octubre, y disminuye en los meses de diciembre y enero (Keller 1985).

1.4.2. Estro, ovulación y gestación

El estro, es decir, el periodo durante el cual la hembra de topillo de la pradera acepta al macho para aparearse con él y durante el cual ocurre la ovulación, es inducido por señales químicas presentes en la orina de machos sin parentesco, la cual puede entrar al cuerpo de la hembra cuando olfatea los genitales de los machos o al ingerirla mientras se acicala (Kruckenberg y cols. 1976; Carter y cols. 1980; Kenkel y cols. 2021); la duración del estro es de 48 horas y puede presentarse también después del parto, de tal forma que la hembra puede aparearse pocas horas después (Hoffman y Getz 1986); las hembras en condiciones de cautiverio, durante el estro posparto, prefieren aparearse con el macho cohabitante, pero si tienen la oportunidad, cuando hayan terminado de aparearse con su compañero se aparearán con otros machos (Getz y cols. 2003). Por otro lado, las hembras que son alojadas continuamente con machos pueden presentar un estro persistente durante aproximadamente 1 mes (Stalling 1990; Kenkel y cols. 2021).

La gestación en esta especie tiene una duración de 21 a 24 días, tiempo tras el cual pueden parir una camada de 3 a 4 crías en vida libre, y este número puede aumentar a 8 crías en condiciones de cautiverio (Gier y Cooksey 1967; Innes y Millar 1994). Las crías de topillo de la pradera son altriciales, es decir, nacen desprovistas de pelo y tienen los ojos cerrados; no obstante, su desarrollo es rápido, ya que su pelaje crece al segundo día de edad, gatean a los 5 días de edad, consumen alimentos sólidos a los 12 días de edad, y son destetados a las 2 – 3 semanas de edad (Stalling 1990).

1.4.3. Monogamia en el topillo de la pradera

En términos generales, la monogamia puede definirse como un sistema de apareamiento en el cual un macho y una hembra de una especie forman una pareja, además de que forman y mantienen un vínculo temporal o permanente, y ninguno de los individuos monopoliza la adición de miembros del sexo opuesto (Kleiman 1977; Goymann 2019); en particular, los topillos de la pradera forman vínculos de monogamia social, dicho de otro modo, eligen a un compañero conocido por encima de un topillo extraño (Kenkel y cols. 2021). Las parejas macho-hembra de topillos de la pradera en vida libre se han observado juntas, y también capturado juntas, lo cual es un indicador de la existencia de un vínculo monógamo porque pasan la mayor parte del tiempo unidas, incluso se ha reportado que las parejas pueden permanecer juntas hasta que uno de los miembros fallece (Getz y Hofmann 1986). Asimismo, en condiciones de laboratorio, una hembra de la pareja que se encuentre en estro posparto es susceptible a mostrar agresión hacia machos desconocidos y tiene una mayor tendencia a aparearse con el macho con el cual engendró una camada previamente (Getz y cols. 1981).

En condiciones de laboratorio, la monogamia del topillo de la pradera se ha medido a través de una prueba de preferencia selectiva definida por Insel y Hulihan (1995). Consiste en exponer a un topillo hembra a un macho por 24 horas, para después colocarla durante 3 horas en la cámara central de un aparato de tres cámaras, y en las otras dos se pone al macho con el que ya se apareó durante el tiempo de exposición y a un macho desconocido, respectivamente; los machos quedan restringidos físicamente para moverse y la hembra tiene libertad para entrar a las cámaras de los machos; la preferencia selectiva por un compañero se determina cuando la hembra invierte más

del doble de tiempo en contacto lateral (también conocido como acurrucamiento, es el contacto corporal entre los flancos laterales de dos topillos de sexos contrarios) con el macho conocido que con el macho desconocido (Williams y cols. 1992; Ahern y cols. 2009).

1.4.4. Cuidado biparental

Los machos y hembras de las parejas de topillos de la pradera despliegan diferentes conductas hacia sus crías, pues los machos de cualquier edad exhiben interés por las crías, mientras que las hembras sin experiencia de crianza tienden a ser infanticidas y solo adoptan conductas maternales hasta una etapa tardía de la gestación, poco antes de la lactancia, en resumen, cuando están en condición de gestantes-lactantes (Oliveras y Novak 1986; Lonstein y De Vries 1999b). En estudios conductuales en los que se alojó a varios grupos sociales de topillos de la pradera en condiciones seminaturales se observó que las hembras de parejas macho-hembra fueron reproductivamente exitosas, es decir, que produjeron una o más camadas, y se sugirió que esto se debió a que los machos participaron activamente en el cuidado de las crías (Thomas y Birney 1979).

Ambos miembros de la pareja participan en el cuidado de la progenie. Las actividades más importantes del cuidado maternal y paternal son las siguientes:

- 1) Amamantamiento: durante los primeros 10 días de nacidas, las crías altriciales de esta especie son totalmente dependientes de su madre y de su manutención nutricional. Ocasionalmente la hembra deja el nido para forrajear, para lo cual remueve a las crías de sus pezones con sus dientes incisivos hasta que se suelten. Si la madre se siente amenazada, inmediatamente huye del nido sin desprender a las crías de su cuerpo (Thomas y Birney 1979).
- 2) Acicalamiento: ambos padres se acicalan a sí mismos, a su compañero y a sus crías. Al acicalar a una cría adoptan una posición bípeda, se inclinan sobre ella y la manipulan con sus patas delanteras. El macho suele limpiar y acicalar a los neonatos (Gier y Cooksey 1967).
- 3) Recuperación: ambos padres recuperan a las crías al tomarlas por la nuca con sus dientes incisivos. Ante una perturbación en el nido, los machos huyen y corren alrededor de las paredes interiores y la hembra permanece en el nido; pero si la amenaza continúa

presente, la hembra huye con las crías unidas a sus pezones. Si una cría se queda atrás, el macho regresa por ella y la recupera con su hocico. La recuperación es frecuente cuando las crías tienen 3 a 14 días de nacidas y son más activas, pero tienen poca coordinación motora. La recuperación por parte de los padres disminuye cuando las crías logran cierta independencia (Thomas y Birney 1979).

- 4) Termorregulación de las crías: es fundamental para un cuidado parental exitoso, esta se logra al construir nidos térmicamente eficientes y al acurrucarse los padres con las crías, ya que estas son incapaces de mantener una endotermia (Hill 1992). Como los neonatos son ciegos y desnudos, su desarrollo se limita al interior del nido. La termorregulación del nido mejora con la presencia de miembros conespecíficos (compañeros de camada, o uno de los padres), incrementando, a su vez, la tasa de crecimiento de los neonatos. Ambos padres se acurrucan, y en contadas ocasiones, solo lo hace el macho. Asimismo, el macho suele construir un nido secundario y temporal para acurrucarse con una parte de la camada. Las crías mayores también participan en actividades parentales (acicalamiento, recuperación de sus hermanos y el acurrucarse con ellos) pero las realizan con menor atención y eficiencia (Thomas y Birney 1979).

1.5. El topillo de la pradera como modelo animal

Debido a particularidades sociales de esta especie, tales como la monogamia social a largo plazo y el cuidado biparental, el topillo de la pradera ha sido fundamental para entender varios fenómenos neurobiológicos en seres humanos, tales como la importancia de la estructura social temprana, la agresión y la formación del vínculo de pareja (McGraw y Young 2010).

El conocimiento de los mecanismos neuroendocrinos subyacentes a la formación de vínculo de pareja puede ayudar en el estudio del procesamiento de la información social, y la comprensión de los desórdenes asociados a las conductas sociales en humanos (Aragona y Wang 2004); el topillo de la pradera fue clave para determinar el papel de la oxitocina y otros neurotransmisores para la formación de vínculo de pareja y la socialización, así como el posible rol terapéutico de la oxitocina en individuos con ansiedad y esquizofrenia, en prevención de la senescencia celular, etc. (Carter y cols. 1992; Donaldson y Young 2008; Stevenson y cols. 2019); asimismo, se han

hecho estudios sobre este modelo que nos han ayudado a comprender particularidades del vínculo de pareja, tales como el sustrato neurológico que regula el consuelo entre los integrantes de la pareja para enfrentar situaciones estresantes, la influencia de presiones medioambientales sobre la adopción de determinadas estrategias de apareamiento, etc. (Burkett y cols. 2016; Donovan y cols. 2018).

No obstante, otros aspectos del comportamiento social del topillo de la pradera que podrían ampliar sus uso como modelo para el estudio de la monogamia y el cuidado biparental permanecen poco estudiados en condiciones de laboratorio, tales como la conducta de construcción del nido de crianza, que no ha estudiado de manera detallada y cuya descripción cuantitativa podría ser de utilidad para ampliar el conocimiento que se tiene del repertorio conductual de la especie y sobre la participación de los miembros de la pareja en el cuidado biparental.

2. Antecedentes

2.1. Conducta de construcción de nido de crianza

Un componente del comportamiento reproductivo y parental de aves y mamíferos es la construcción de nidos, que es la colecta de materiales del entorno circundante y la subsecuente organización de dichos materiales para formar una estructura que sea útil como refugio para individuos adultos o para la crianza de su descendencia (Soler y cols. 1998; Mainwaring 2019). Pese a que ha habido pocas descripciones de la conducta de construcción de nido en el topillo de la pradera, se han reportado datos de la división de actividades entre sexos al desplegar esta conducta.

2.1.1. Selección del sitio del nido

En cuanto a la selección de un sitio de nido para descansar, Newman y Halpin (1988) observaron que topillos de ambos sexos eligieron sitios en los cuales detectaron el aroma de su compañero con el que habían formado una pareja. La colecta y acarreo de materiales para construir un nido de crianza podrían tener un rol en el cortejo y selección de pareja. De acuerdo a las descripciones de un artículo de revisión de Carter, DeVries y Getz (1995), los topillos de la pradera machos en condiciones naturales y seminaturales son los principales responsables de la construcción del

nido y las hembras suelen acarrear materiales hacia un compañero preferido; por su parte, citaron una observación de datos no publicados de Reeder y Carter, que detalla que el topillo macho distribuye materiales para construcción de nido de forma equitativa entre hembras familiares y desconocidas. Dichas observaciones pueden llevar a suponer que los materiales compartidos entre topillos de ambos sexos para construcción de nido podrían ser utilizados como un índice de la preferencia por un compañero.

Al respecto, podemos comentar que no existen estudios en los que se describan particularidades como el inicio de la construcción del nido de crianza en relación **con** la formación del vínculo de pareja y el apareamiento; también se desconoce si el sitio de anidación es seleccionado por el macho o por la hembra, o si este sitio de nido para las crías es distinto del sitio de nido que ocupan los individuos para dormir.

2.1.2. Construcción del nido de crianza

Thomas y Birney (1979), fueron los primeros en describir la conducta de construcción del nido de crianza en el topillo de la pradera. En condiciones seminaturales, y antes del parto, la hembra y el macho de una pareja monógama presentaron una marcada división de labores durante la construcción del nido: las hembras permanecieron en el sitio del nido mientras los macho reunía tallos de paja en su hocico y los transportaba hacia el nido, donde trituraba el material hasta convertirlo en fibras finas que eran colocadas en la base exterior del nido, al empujarlas con su nariz a modo de *bulldozer*; hembra agrupaba el material desde el interior, y le daba forma de cúpula al empujarlo con su cuerpo. Sin embargo, estas observaciones no fueron acompañadas de registros cuantitativos, por lo que se desconocen aspectos temporales de esta conducta.

En un estudio donde se pretendía evaluar las diferencias sexuales en la conducta de anidación en cautiverio, Solomon (1993) reportó que la conducta de construcción de nido posparto, al igual que otras conductas parentales indirectas como el mantenimiento de senderos y el almacenamiento de comida, fue observada infrecuentemente; por este motivo, dichas conductas fueron agrupadas en la categoría de conducta no parental, lo cual hizo imposible evaluar las diferencias entre sexos.

2.1.3. Ocupación y mantenimiento del nido

En algunos estudios de laboratorio, se pudo comprobar la coordinación de topillos de la pradera hembras y machos en actividades relacionadas con la construcción del nido de crianza, pero de manera cualitativa (Gruder-Adams y Getz 1985). Ambos integrantes participaron en la construcción y mantenimiento del nido, es decir, triturar o arreglar el material de nido; también reportaron que durante los primeros 12 días de edad de la primera camada, el macho y la hembra permanecieron juntos 43% del tiempo en el nido y que este porcentaje aumentó a 58% en el periodo comprendido entre 13 y 22 días de edad de la primera camada.

En condiciones seminaturales, McGuire y cols. (2003) observaron que las hembras de topillo de la pradera realizaron la conducta de mantenimiento del nido con mayor frecuencia que los machos durante las primeras 3 horas posparto. El factor clave para la obtención de estos resultados era que las hembras fueron agresivas tras el parto con los machos y no les permitieron ingresar al nido, lo cual limitó la permanencia y actividades de los machos en ese sitio; las hembras dejaron de comportarse agresivamente antes de haber transcurrido el primer día de edad de la camada.

Mcguire y cols. (2007) estudiaron diferencias sexuales entre topillos de la pradera en condiciones seminaturales durante el periodo posparto temprano y registraron que durante los primeros 3 días de edad de la camada de topillos, las hembras realizaron mantenimiento del nido con mayor frecuencia que los machos. Sin embargo, esta diferencia entre sexos en la conducta de mantenimiento del nido no fue estadísticamente significativa.

Por consiguiente, quedan muchas preguntas abiertas referentes a los detalles de la construcción de los nidos de cría en el topillo de la pradera tales como: ¿Existen diferencias cuantitativas entre sexos respecto a la frecuencia con la que acarrear materiales para la construcción de nido de elección del nido? ¿Hay diferencias cuantitativas entre sexos en cuanto a la frecuencia con la que se ubica cada uno en el interior del nido? ¿Cuál de ambos sexos tiene una mayor motivación por iniciar la construcción del nido cuando los recursos para la conducta están disponibles?

¿Existe una preferencia por elegir un espacio para construir el nido durante la gestación y el periodo posparto temprano? ¿Las labores desplegadas por ambos sexos durante la construcción del nido tienen cambios entre la gestación y el periodo posparto temprano?

El presente trabajo se enfoca en contrastar las descripciones realizadas por Thomas y Birney por medio de registros y cuantificaciones de las conductas de interés; ellos reportaron una clara división de labores entre el macho y la hembra de topillo de la pradera durante la construcción del nido de crianza: el macho reúne material para la construcción del nido en su hocico y lo acarrea al sitio del nido, mientras que la hembra permanece en dicho sitio para recibir el material y darle forma a éste. En investigaciones posteriores se describió la participación de ambos sexos en tareas similares durante la construcción del nido, pero no se han hecho descripciones cuantitativas detalladas. Nosotros esperamos que, si existe una participación de ambos sexos en la construcción del nido, el macho tendrá una participación mayor en labores realizadas fuera del nido mientras la hembra permanezca en el interior del nido organizándolo y que se presenten diferencias estadísticas entre sexos al desplegar la conducta.

3. Justificación

La construcción del nido forma parte del repertorio conductual de las parejas de topillo de la pradera cuando realizan cuidado biparental en estado silvestre y en cautiverio, por lo que es importante describir esta conducta y conocer cómo participan los miembros de la pareja en su despliegue. Al realizar este estudio se tendría mayor conocimiento de la participación de ambos sexos del topillo de la pradera durante el despliegue de la construcción de nido en condiciones de cautiverio. Posteriormente, si se reportan diferencias cuantitativas entre sexos durante la construcción del nido, podrían investigarse los componentes neuroendocrinos implicados para su inicio y mantenimiento en ambos integrantes, así como su relevancia para el fortalecimiento del vínculo de pareja en esta especie.

4. Hipótesis

Durante la construcción del nido hay una división de trabajo entre los sexos: el macho realizará acarreos de material fuera del nido y la hembra permanecerá en el interior del nido dándole forma de domo con su cuerpo.

4.1 Predicciones

Se espera que, durante la construcción del nido, en comparación a las hembras de topillo de la pradera:

- 1) Los machos realizarán una mayor cantidad de acarreo de material para construcción del nido.
- 2) Los machos se encontrarán con menos frecuencia dentro del sitio del nido.
- 3) Los machos iniciarán antes la conducta de acarreo de material para construcción del nido.

5. Objetivos

5.1. General

Describir cuantitativamente las diferencias sexuales en la conducta de construcción de nido en el topillo de la pradera (*Microtus ochrogaster*) a lo largo de la gestación y el periodo postparto temprano, bajo condiciones controladas de laboratorio.

5.2. Específicos

1. Describir las pautas conductuales de los machos y hembras de topillos de la pradera durante la construcción del nido con un enfoque cualitativo.
2. Determinar las diferencias en las frecuencias de acarreo entre machos y hembras de topillos de la pradera durante la construcción del nido.
3. Determinar las diferencias en los avistamientos de ubicación en diferentes sitios entre machos y hembras de topillos de la pradera durante la construcción del nido.
4. Determinar las diferencias de la latencia para iniciar los acarreo entre machos y hembras de topillos de la pradera durante la construcción del nido.

6. Metodología

6.1. Animales

En el presente trabajo se utilizó una n de 20 topillos de la pradera (*Microtus ochrogaster*), 10 machos y 10 hembras, provenientes de una colonia mantenida en un bioterio ventilado del

Centro de Investigación en Reproducción Animal (CIRA), en Panotla, Tlaxcala (Anexos, Figura 1). Las parejas reproductoras de la colonia están alojadas en cajas de tamaño estándar para ratas y se les proporciona agua y alimento *ad libitum*; el alimento consiste en pellets de conejina Purina®, los cuales son suplementados semanalmente con semillas de girasol y maíz rolado (Anexos, Figura 2). Cada 21 a 25 días las parejas reproductoras de la colonia generalmente tienen camadas de 2 a 4 crías; las camadas son separadas de sus padres a la edad de 21 a 28 días y son alojadas en cajas de bioterio más pequeñas. Al cumplir 8 semanas de edad, se seleccionaron topillos de ambos sexos de camadas distintas, para que cumplieran con los requisitos de ser vírgenes, sin parentesco entre ellos y con la edad suficiente para tener actividad sexual.

6.2. Material de construcción de nido

Para las pruebas de construcción de nido se utilizaron fibras largas de paja de avena (*Avena sativa*). La paja fue extraída directamente de pacas comerciales para alimentación de ganado y fue almacenada en una habitación seca dentro de costales vacíos de alimento para conejos sin recibir tratamiento alguno. Antes de las pruebas correspondientes, se pesaron varios cúmulos de 10 g de paja y se guardó cada uno en pequeñas bolsas plásticas transparentes.

6.3. Recinto de alojamiento

El recinto de alojamiento consistió en una cámara central (40 cm de largo × 40 cm de ancho × 20 cm de altura) 4 cámaras de nido (2 para machos y 2 para hembras), tubos intermedios y barreras de acrílico (Fig. 1).

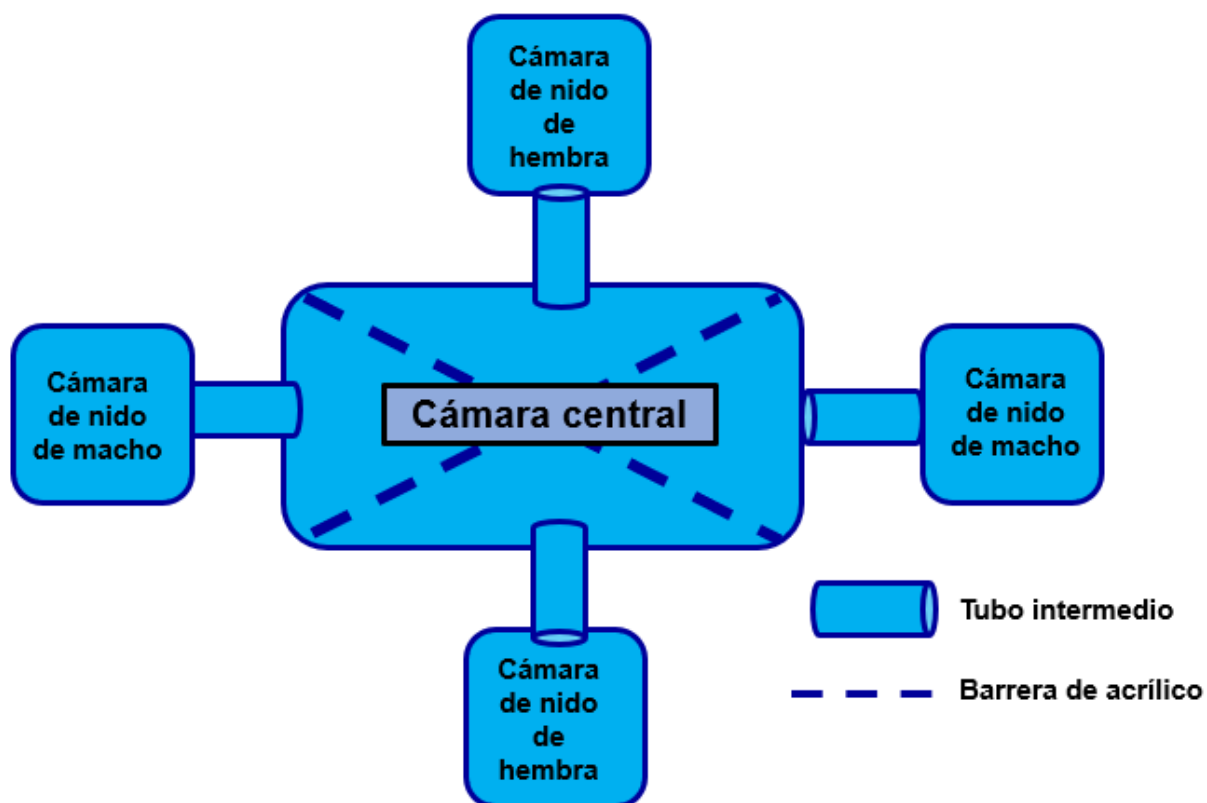


Figura 1. Recinto de alojamiento. Las cámaras de nido están conectadas a la cámara central mediante tubos de acrílico. Se colocaron barreras de acrílico en la cámara central que permitían dividir el recinto, ya fuera para delimitar el espacio para cada topillo o para las parejas macho-hembra asignadas.

La cámara central tiene barreras de acrílico removibles extendidas de esquina a esquina; al colocar estas barreras, la cámara central quedaba dividida en 4 secciones (cada sección de 10 cm de largo \times 10 cm de ancho \times 20 cm de altura), una para cada cámara de nido. Las barreras tuvieron pequeños orificios en su parte inferior, de tal forma que al ensamblar ambas mediante una ranura presente en su parte central, permitieron a los topillos verse y olfatearse, pero no tener un contacto físico. Estas características del recinto permitieron controlar las entradas y salidas a la cámara de nido, así como el poder regular las interacciones sociales en la cámara central.

Cada una de las caras de la cámara central tuvo una cámara de nido (20 cm \times 20 cm \times 20 cm) vinculada a ella por un túnel transparente de acrílico (15 cm de largo \times 6 cm de ancho \times 6 cm de altura) cuya parte superior estuvo cubierta por una malla metálica, que a su vez estuvo adherida a sus extremos con cinta de aislar negra.

El recinto fue colocado a nivel del suelo en una habitación adyacente a la colonia de topillos principal; la habitación para el recinto fue iluminada con una lámpara de LED-170 Volteck®, la cual fue encendida en un horario de 7:00 am a 9:00 pm.

El suelo de todas las cámaras del recinto fue cubierto con una cama de aserrín, la cual fue retirada y cambiada una o dos veces por semana, esto dependiendo de qué tan sucia estuviese la cama de aserrín.

6.4. Sistema de videograbación

Se utilizó una videocámara Sony Handycam DCR-SR80 colocada sobre un trípode de altura ajustable y los topillos fueron videograbados con una vista cenital. Las videograbaciones se realizaron en horario matutino, desde las 7:00 am en adelante, ya que los topillos tienen la particularidad de poder ser activos a lo largo del día (Madison 1985; Kenkel y cols. 2021).

6.5. Formación de parejas de topillos

Para asignar parejas para las pruebas conductuales correspondientes se realizaron los siguientes procedimientos:

- **Día 1 (Identificación y habituación):** se seleccionaron cuatro individuos procedentes de la colonia, mayores de 8 semanas de edad, vírgenes y sin parentesco (2 machos y 2 hembras); fueron identificados con un cincho sujetacables de un color llamativo colocado en el cuello (Anexos, Figura 4) y cada uno de ellos fue alojado en una caja convencional de bioterio para ratas con alimento y agua, en la misma habitación que el recinto de alojamiento esto con el fin de que se habituaran a las condiciones en las que fueron alojados y sujetos a las observaciones pertinentes (Anexos, Figura 3). Los cinchos sujetacables que se les colocaron a los topillos fueron revisados semanalmente para determinar si era necesario removerlos para evitar asfixia en los animales.
- **Día 2 (Establecimiento de territorio No. 1):** los topillos fueron extraídos de las cajas y cada uno de ellos fue alojado en una cámara de nido; se les colocó una pequeña tabla

de acrílico en el extremo del tubo del recinto que conecta con la cámara central, la cual fue adherida con cinta de aislar, esto para impedir el paso de los topillos hacia las otras cámaras del recinto. Se les proporcionó alimento y agua en frascos *ad libitum* en las cámaras de nido, así como paja de avena para que la utilizaran como material para construir un nido.

- **Días 3 – 6 (Establecimiento de territorio No. 2):** se retiraron las tablas de acrílico para que los individuos tuvieran acceso a la cámara central, pero las barreras de acrílico impidieron el contacto físico e interacciones directas entre topillos; solo tuvieron contacto visual y olfativo mediante los pequeños orificios de la parte inferior de las barreras de acrílico. Asimismo, se cambiaron de lugar los frascos de alimento y agua a la cámara central para brindarles más espacio en las cámaras de nido (Anexos, Figura 5).
- **Día 7 (Interacción Social No. 1):** en este día, se removieron las barreras de acrílico de la cámara central durante 1 hora en horario matutino para que topillos de ambos sexos tuvieran contacto directo entre ellos y tuvieran interacciones entre ellos. Se videograbó a los topillos con el fin de observar si existía un interés entre individuos de ambos sexos por permanecer en contacto entre ellos. Transcurrido ese tiempo, los individuos fueron devueltos a sus cámaras de nido correspondientes y las barreras se colocaron de nuevo en su sitio.
- **Día 8 (Interacción Social No. 2):** las barreras fueron removidas nuevamente, y se videograbó a los topillos durante 3 horas continuas en horario matutino. Transcurrido ese tiempo, los individuos fueron devueltos a sus cámaras de nido correspondientes y las barreras se colocaron de nuevo en su sitio.
- **Días 9 – 11 (Interacción Social Extendida):** las barreras fueron removidas de la cámara central y se videograbó a los topillos durante 8 horas continuas. Culminado el tiempo de videograbación, los individuos fueron devueltos a las cámaras de nido y las barreras de la cámara central fueron colocadas de nuevo en su sitio. De los vídeos se consideró la duración en que un macho y una hembra en específico permanecieron juntos en un mismo espacio o en la cámara de nido del sexo opuesto para asignar parejas. En casos en los que no había una preferencia obvia, se asignaron las parejas al azar.

- **Días 12 – 13 (Asignación de parejas y emparejamiento):** tras asignar las parejas, se colocaron las barreras en la cámara central y se dividió el recinto en dos mitades, y cada pareja de topillos fue alojada en una mitad del recinto. No se realizaron videgrabaciones durante este día. (Anexos, Figura 6).

6.6. Pruebas de construcción de nido

Después de asignar las parejas macho-hembra de topillos de la pradera, se realizaron pruebas de construcción de nido como se describe a continuación:

- **Día 1 – Día parto (Construcción de nido de pareja):** para el primer día de este periodo, y cada tercer día subsecuente hasta el día de posparto 1, se preparó la videocámara y se inició la grabación de una de las dos parejas; pocos segundos después, en la mitad de la cámara central correspondiente a dicha pareja se colocaron 10 g de paja de avena, para así videgrabar los acarreos de material y la frecuencia de avistamientos de ubicación de los individuos en cada uno de los sitios del recinto; cada vez que los topillos acarreaban la mayor parte de la paja de avena desde la cámara central, se colocaban otros 10 g de paja hasta que las 2 horas de videgrabación culminasen. Cuando terminó la sesión de videgrabación con una de las parejas, el material de nido fue removido de todas las cámaras del recinto, esto con el fin de colocar preparar la videocámara en la otra mitad del recinto para videgrabar la de 2 horas con la otra pareja. En cada día de pruebas se cambió el orden para videgrabar a las dos parejas del recinto en horario matutino. Por ejemplo, en el primer día de prueba se videgrabó a la "Pareja 1" de 7:00 am a 9:00 am, y después se hizo la prueba con la "Pareja 2" de 9:10 am a 11:10 am. En la siguiente sesión de prueba, se cambió el orden y se videgrabó primero a la "Pareja 2" de 7:00 am a 9:00 am y después a la "Pareja 1" de 9:10 am a 11:10 am, de esta manera se cambió el orden para videgrabar a las parejas entre sesiones de prueba hasta el día posparto 1. Todos los días en horario matutino se revisaron las cámaras del recinto para comprobar si ya habían tenido crías las parejas de topillos.
- **Día posparto 1 – Día posparto 3 (Construcción de nido de crianza):** cuando una de las parejas tuvo crías, se repitieron los pasos de videgrabación de la prueba anterior, o sea, se colocaron 10 g de paja de avena en la cámara central al inicio de la prueba, y cada vez que los topillos terminaron de acarrear dicha cantidad de material de construcción, se les agregó

la misma cantidad de paja hasta terminar la sesión de videograbación de 2 horas. Al finalizar la grabación del día posparto 1, se retiró el material de todas las cámaras del recinto, excepto de la cámara en la cual la pareja de topillos tuvo a sus crías y eligió para construir su nido (cámara de Sitio Final del Nido). En los días siguientes de videograbación (días posparto 2 y 3), 2 horas antes de iniciar la videograbación, se retiró parcialmente el material de nido de la cámara ocupada para el nido de las crías antes de iniciar con la prueba.

Mediante el evento del parto se pudo estimar durante qué días ocurrió la gestación, es decir, se tendrían 10 sesiones de pruebas de construcción de nido correspondientes a ese periodo que, al añadir las 3 sesiones de prueba durante los días posparto 1, 2 y 3, debería proporcionarnos en el mejor de los casos de 13 vídeos de pruebas construcción de nido por cada pareja (130 vídeos en total).

6.7. Registro de datos

Se registraron los siguientes datos a partir de las videograbaciones:

- A. Número de acarreo de material para construcción de nido:** frecuencia con la que un individuo despliega la conducta de tomar una o varias fibras de material (paja de avena) con su hocico y las transporta desde la cámara central hacia otra diferente.
- B. Sitio Final del Nido:** cámara o cámaras del recinto en las que la pareja de topillos de la pradera elige construir un nido por cada sesión de prueba (Tabla 1).
- C. Muestreos instantáneos de ubicación de ambos sexos en las cámaras del recinto:** registro hecho por cada minuto a partir del momento en que se coloca el material para construcción del nido en la cámara central (120 muestreos instantáneos en total por cada sesión de videograbación, considerando que cada una duró 2 horas) del sitio en específico del recinto que estaban ocupando los topillos de la pradera (cámara central, cámara de nido de macho, cámara de nido de hembra u otros sitios).
- D. Latencia de acarreo de material de ambos sexos:** es el tiempo en segundos que tarda un individuo en iniciar la conducta de acarreo de material (transporte de paja de avena

desde la cámara central hacia otra diferente) en relación al momento en que se coloca el propio material en la cámara central.

6.8. Análisis estadístico

Se compararon los datos de topillos machos y hembras correspondientes a cada día de prueba de construcción de nido durante el periodo de gestación (días G1, G3, G5, G7, G9, G11, G13, G15, G17 y día parto) y el período posparto temprano (días posparto 1, 2 y 3) mediante el software SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*). Las frecuencias de acarreo y el número de avistamientos de ubicación fueron comparados entre topillos machos y hembras por medio de una prueba de T para muestras pareadas, en las que los datos de ambos sexos se trataron como datos pareados. Los datos de latencias para iniciar el acarreo de material no tuvieron una distribución normal debido a que muchos de los individuos no realizaron ningún acarreo, lo cual resultó en latencias de 7200 segundos. Entonces, para comparar las latencias de acarreo entre ambos sexos se aplicó una prueba de Wilcoxon.

Para determinar si la frecuencia de acarreo cambió a lo largo de la gestación y en el periodo posparto, se realizaron dos ANOVAs de medidas repetidas, uno para los machos y otro para las hembras, en los cuales los acarreo de material fueron la variable dependiente y el factor repetido fueron los días de prueba de construcción de nido (día G1 - día parto 3).

Los resultados de los análisis estadísticos se representaron en forma de gráficas mediante el software SigmaPlot Versión 11.0.

7. Resultados

7.1. Animales y vídeos de pruebas

Se utilizaron 16 topillos machos y 16 topillos hembras en total para formar parejas y para las pruebas de construcción de nido subsecuentes. Solo 10 de las parejas de topillos macho-hembra fueron consideradas para el registro de datos y análisis estadísticos correspondientes debido a que las hembras de estas parejas quedaron gestantes y produjeron camadas; en dos casos, las parejas canibalizaron a sus crías después del día parto 1, por lo que hubo ausencia de datos

de construcción de nido de esos días. Aquellas parejas de topillos que no tuvieron crías fueron devueltas a la colonia y se introdujeron otros topillos para asignar parejas y realizar pruebas de construcción de nido de nueva cuenta.

Debido a factores como que las parejas no tuvieran crías, agotamiento de la batería de la videocámara, falta de iluminación durante la sesión de prueba, escape de los individuos y canibalismo de todas las crías de la camada, no se tomaron en cuenta las sesiones de prueba que tuvieran estos artefactos para el registro de datos y fueron registradas las sesiones como Sin datos (S/D) (Tabla 1); por ello, se registraron y analizaron datos de 112 sesiones de pruebas de construcción de nido en total, cada una registrada en vídeo con una duración de 2 horas.

7.2. Descripción cualitativa de la construcción del nido

Durante las pruebas de construcción del nido de crianza pudieron observarse ciertas pautas conductuales.

7.2.1. Acarreos

Al inicio de las pruebas, los topillos se aproximaron a inspeccionar e ingresar en el interior del cúmulo de paja de avena proporcionado en la cámara central; manipularon las fibras de paja con sus patas delanteras y las roían con sus dientes incisivos. La conducta de acarreo podía considerarse como iniciada cuando el topillo tomaba una o más fibras enteras o roídas con su hocico y las transportaban hacia otra parte de la cámara central o bien, hacia alguna de las cámaras de nido; los acarreos podían ser realizados durante periodos de tiempo de duración variable, con pausas para descansar y desplegar conductas no relacionadas con la construcción del nido. Asimismo, si un montón de paja de avena se atascaba o algunas fibras eran dejadas en alguno de los tubos del recinto, el topillo que había acarreado ese material en un inicio se encargaba de terminar de introducirlo en la cámara de nido.

7.2.3. Cooperación

Conforme una o más cámaras del recinto eran llenadas con fibras de paja de avena, uno de los integrantes de la pareja permanecía en la cámara del nido royendo aún más el material, organizándolo para darle forma al nido o descansando, mientras el otro realizaba los acarreos entrando y saliendo de la cámara elegida para construir el nido. En ocasiones, ambos integrantes de la pareja participaban en el acarreo, de tal forma que uno de los topillos acarreaba paja con

su hocico desde la cámara central hasta la entrada de un tubo donde se encontraba su compañero, para que éste último tomase las fibras de paja en su hocico y terminara con el acarreo hacia una de las cámaras de nido.

7.2.3. Usos y características de las cámaras de nido

Algunas parejas de topillos, además de utilizar una o más cámaras para realizar acarreos y la posterior construcción de nido, las ocuparon para almacenar pellets de conejina; pudo observarse entre sesiones de prueba que aquellas cámaras de nido que eran ocupadas para construir nidos o para almacenar alimento tenían una mayor cantidad de aserrín en comparación a las otras cámaras, lo cual sugiere que los topillos también acarreaban aserrín. En algunos casos, los topillos utilizaron una de las cámaras de nido como sanitario, lo cual era notorio por la presencia de muchas heces y poco aserrín en el suelo de dicha cámara. Durante las sesiones de prueba correspondientes al periodo posparto temprano (día posparto 1 – día posparto 3), al no recoger las fibras de paja en la cámara del recinto en la que habían construido un nido hasta el día siguiente, se observó que los topillos royeron la paja de avena material hasta el punto que las fibras tenían una textura más fina y que el nido tenía una forma casi circular con un espacio vacío en el centro que era ocupado por la pareja de topillos y sus crías.

Al terminar algunas de las sesiones de pruebas de construcción de nido, se les colocó un pedazo de cartón lo suficientemente grande en la parte superior de las cámaras del recinto para evitar que los animales escaparan; al día siguiente y al quedar pocas fibras de paja en el recinto, prefirieron construir un pequeño nido en la cámara o cámaras que contaba con la sombra del pedazo de cartón.

7.2.4. Senderos

Los topillos creaban un camino libre de aserrín en la cámara central que conectaba la cámara de nido de macho y la cámara del nido de la hembra, el cual les facilitaba el paso al realizar acarreos y almacenar comida en dichas cámaras; estos senderos eran mantenidos al escarbar el aserrín con sus patas delanteras y empujarlo hacia los lados.

7.2.5. Periodo posparto temprano

Cuando las parejas de topillos tuvieron crías en una de las cámaras del recinto, normalmente

realizaban los acarreos hacia la cámara en la que se encontraran las crías. Algunas parejas de topillos durante una sesión o entre sesiones de prueba de construcción en los días posparto temprano, llegaban a cambiar de cámara de nido, para lo cual transportaban a sus crías en el hocico antes de hacerlo; por ejemplo, si un nido había sido construido en el día posparto 1 en la cámara del nido del macho, para antes de la prueba correspondiente al día posparto 2, las crías y el material acarreado en el día anterior ya se encontraban en la cámara del nido de la hembra.

7.2.6. Defensa de territorio

Durante las pruebas de construcción de nido se observó que uno o ambos integrantes de la pareja de topillos roían la barrera de acrílico que dividía en dos secciones la cámara central del recinto, sobre todo cuando estaban muy cerca topillos al otro lado de la barrera. También se observó que algunas parejas de topillos hurtaban fibras de paja de avena (con sus hocicos y paras delanteras) de otras parejas de topillos alojadas en el recinto si tenían la oportunidad de hacerlo. Es decir, fibras de paja que pudieran haber pasado por debajo de la barrera divisoria.

7.3. Descripción cuantitativa de la construcción del nido

7.3.1. Ubicación de los Sitios Finales del Nido en cada día de prueba

Para conocer la frecuencia con que uno o más sitios del recinto fueron elegidos para el acarreo de material y la posterior construcción del nido se registraron las ubicaciones del Sitio Final del Nido en tres áreas durante la construcción del nido: la cámara del nido del macho (M), la cámara del nido de la hembra (H) y la cámara central (C) al final de cada sesión de videograbación (Tabla 1).

En los casos en que más de una cámara del recinto era elegida como Sitio Final del Nido, por ejemplo, la cámara de nido de hembra y la cámara de nido de macho, se registraron ambos para una sesión de prueba, “M, H” o “H, M”. Se registraron en orden de acuerdo a cuántos acarreos realizaron hacia determinada cámara, es decir, si aplicamos el ejemplo anterior, si los topillos realizaron mayor cantidad de acarreos hacia la cámara de nido de hembra y menos hacia la cámara de nido de macho, entonces el orden para su registro sería el de “H, M”.

En determinados casos, debido a factores como agotamiento de la batería de la videocámara, falta de iluminación, escape de los individuos y canibalismo de todas las crías de la camada no se tomó en cuenta la sesión para el registro de datos y se registró el día de prueba como Sin datos (S/D).

Considerando que hubo 112 sesiones de pruebas de construcción de nido válidas para el registro de datos, se obtuvieron los siguientes porcentajes de Sitios Finales para Nido: en 23.21% de las pruebas se eligió la cámara de nido de macho (M), en 34.82% de las pruebas la cámara de nido de hembra (H) y en 8.04% la cámara central (C); por el otro lado, en 29.46% de las pruebas se eligieron las cámaras de nido de ambos sexos a la vez (M, H / H, M), la cámara de nido de macho y la cámara central en 1.79% de las pruebas (M, C) y la cámara de nido de hembra y la cámara central en 2.68% de las pruebas (H, C).

Tabla 1. Sitios Finales para Construcción del Nido durante la gestación y días posparto. (H= cámara de nido de hembra, M= cámara de nido de macho, C= cámara central, S/D= Sin datos, *Cambio de sitio para construcción del nido).

Pareja	DÍAS DE VIDEOGRABACIÓN												
	G1	G3	G5	G7	G9	G11	G13	G15	G17	Preparto	PP1	PP2	PP3
1	H,M	M,H	M	M	M	H,M	H	H	H	H	H	H	S/D
2	H,M	M	H,M	H	M,H	M	H	H	C	M	M	M	H
3	S/D	S/D	S/D	S/D	C	S/D	C	C	C	H	H	H	S/D
4	M	H	H	H	H,M	H	H	H,M	H	H,M	M	H,M.*	H,M*
5	H,M	H,M	M	M	S/D	M	M	M	M	M	M	M	M
6	H	M,H	H,M	S/D	S/D	H	H	C	C,M	M,C	S/D	H	H
7	M	M	H	H	H	H	H	C	H, C	H	S/D	S/D	M
8	H	S/D	H	H,M	H,C	H,C	H,M	C	M,H	M	C	S/D	S/D
9	H,M	M	H,M	H,M	H,M	M,H	M,H	H,M	H,M	M,H	H	S/D	S/D
10	H,M	H,M	H,M	H	H	H	H,M	H	H	H,M	H	M	M,H

7.3.2. Frecuencias de acarreos

7.3.2.1. Acarreo de material de nido

Para determinar si los topillos machos acarrear material de nido con una mayor frecuencia que las hembras durante todas las pruebas de construcción de nido, se sumaron las frecuencias de acarreos realizados hacia cada una de las tres cámaras del recinto, el resultado de la suma se comparó entre ambos sexos.

Los topillos de la pradera machos realizaron una mayor cantidad de acarreos de material de nido en comparación a las hembras, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en los días de gestación G13 ($t=2.82$, $gl=9$, $p=0.020$) y G17 ($t=2.773$, $gl=8$, $p=0.024$) (Fig. 2.).

7.3.2.2. Frecuencias de acarreos de material del nido hacia el Sitio Final del Nido y hacia las cámaras del recinto

Se analizaron las frecuencias de acarreos realizados por ambos sexos hacia el Sitio Final del Nido (Tabla 1 y Fig. 3), hacia la cámara central (Fig. 4) la cámara de nido de macho (Fig. 5) y hacia la cámara de nido de hembra (Fig. 6).

Los topillos machos realizaron más acarreos que las hembras hacia el Sitio Final del Nido durante las pruebas de construcción de nido. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre sexos en los días G13 ($t=2.590$, $gl=9$, $p=0.029$) y G17 ($t=2.891$, $gl=8$, $p=0.020$) (Fig. 3).

Las frecuencias de acarreos realizados por ambos sexos hacia la cámara central y la cámara del nido del macho fueron bajas y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) (Figuras 4 y 5).

Las frecuencias de acarreos realizados por los machos hacia la cámara del nido de la hembra fueron estadísticamente mayores que las de las hembras en los días G13 ($t=2.678$, $gl=9$, $p=0.025$) y G17 ($t=2.446$, $gl=8$, $p=0.040$) (Fig. 6).

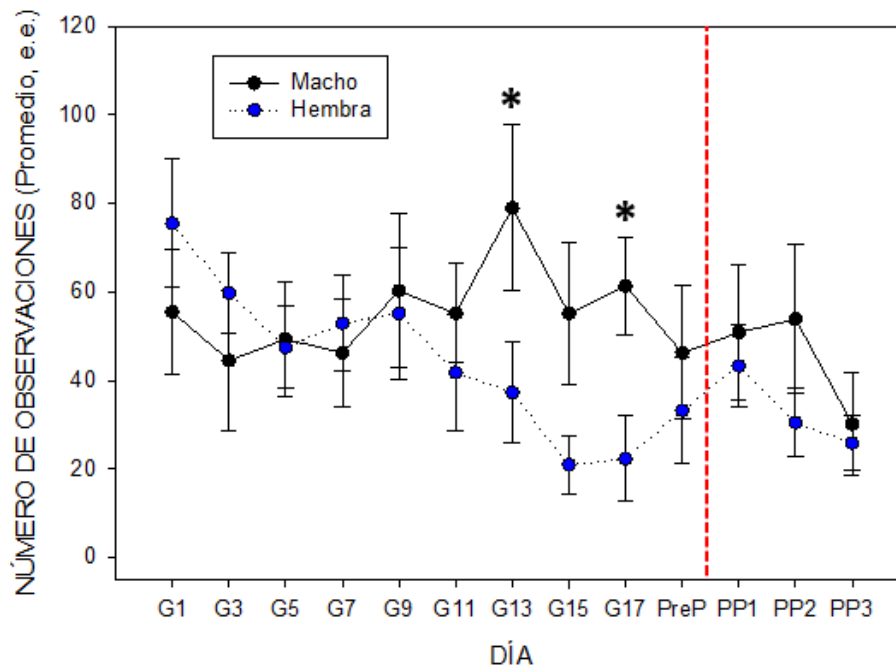


Figura 2. Totales de acarreo de material de nido realizados por machos (línea continua) y hembras (línea punteada) *= $p < 0.05$, G= día de gestación, PreP=día preparto, PP= día posparto ($n = 6 - 10$). La línea punteada roja representa el día del parto.

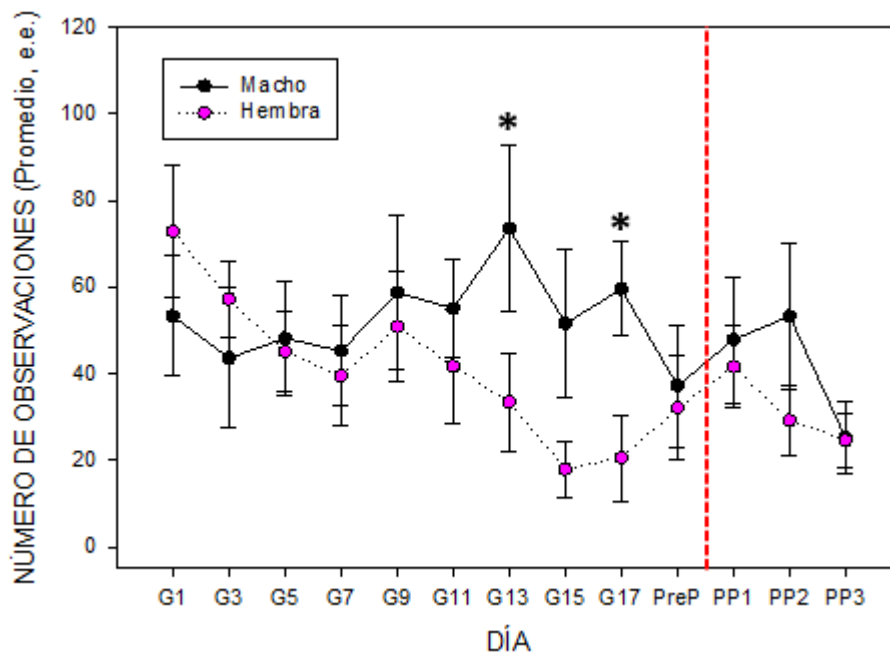


Figura 1. Frecuencias de acarreo de material de nido realizados por topillos de la pradera de ambos sexos hacia el Sitio Final del Nido. Los topillos machos tuvieron frecuencias de acarreo estadísticamente mayores (*= $p < 0.05$) en comparación a las hembras en los días G13 y G17 ($n = 6 - 10$).

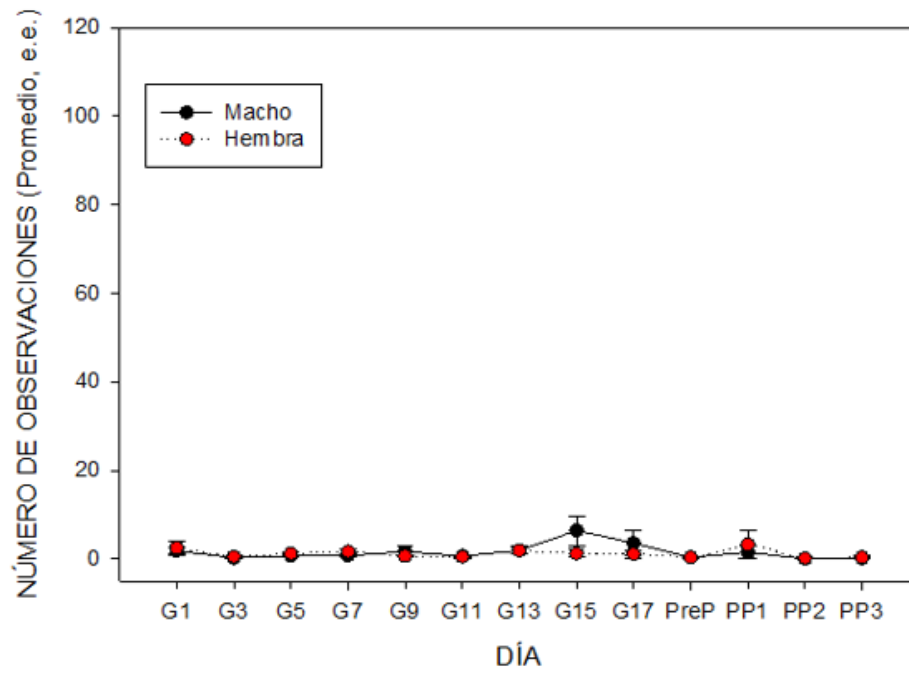


Figura 2. Frecuencias de acarreo de material de nido realizados por topillos de la pradera de ambos sexos hacia la cámara central. Las frecuencias de acarreo hacia esta cámara fueron muy bajas y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre sexos ($p > 0.05$) ($n = 6 - 10$).

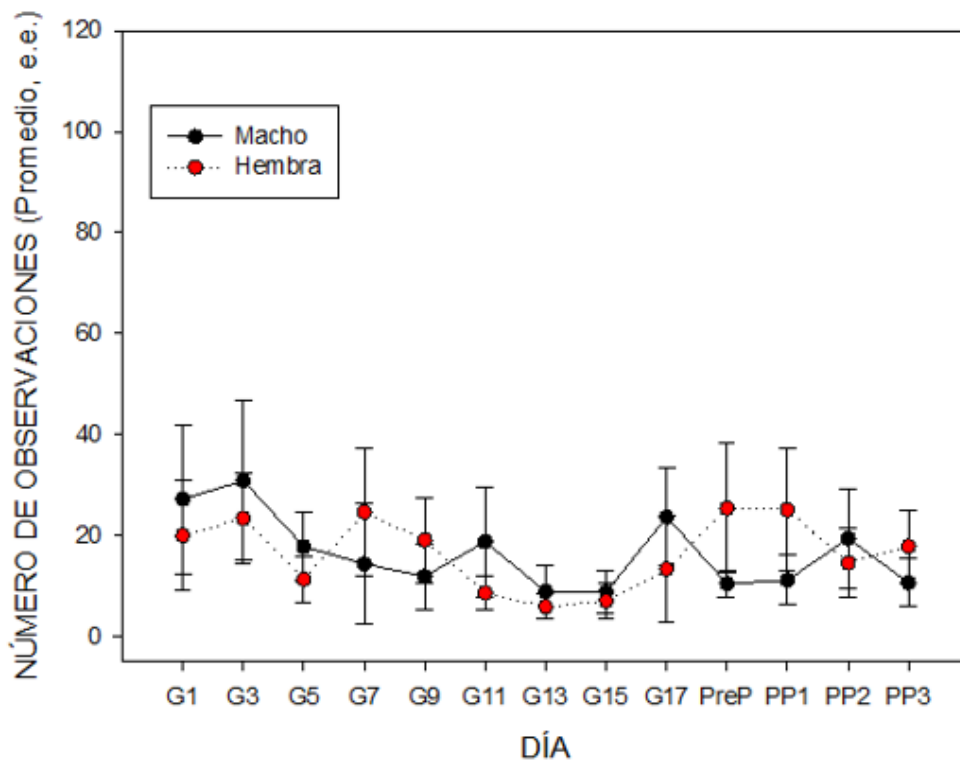


Figura 3. Frecuencias de acarreo de material de nido realizados por topillos de la pradera de ambos sexos hacia la cámara de nido de macho. Las frecuencias de acarreo hacia esta cámara fueron muy bajas y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre sexos ($p>0.05$) ($n= 6 - 10$).

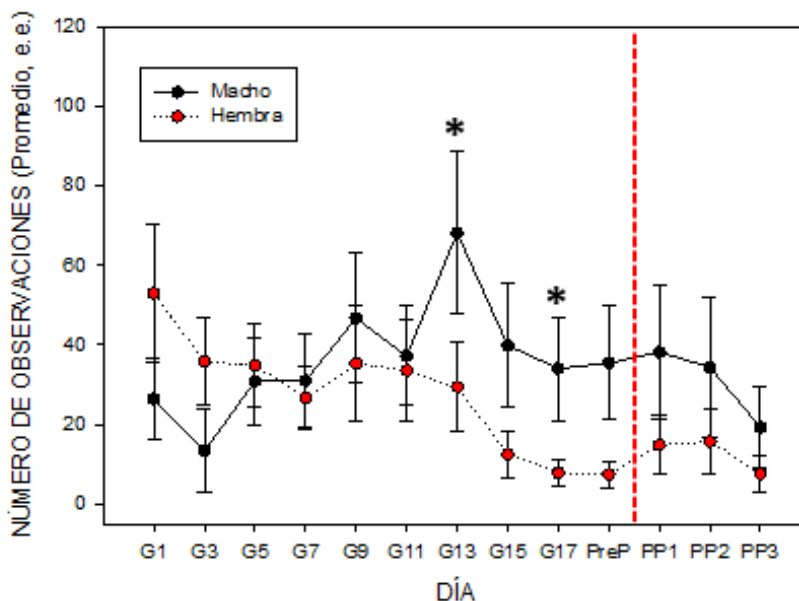


Figura 4. Frecuencias de acarreo de material de nido realizados por topillos de la pradera de ambos sexos hacia la cámara de nido de macho. Las frecuencias de acarreo realizadas por los machos hacia esta cámara fueron estadísticamente mayores ($*= p<0.05$) que las frecuencias de las hembras en los días G13 y G17 ($n= 6 - 10$).

7.3.3. Ubicación de los individuos durante las pruebas de construcción de nido

Para determinar si alguno de los sexos tuvo una mayor frecuencia de ubicación en alguna de las cámaras de nido durante las pruebas de construcción de nido, se analizó el número de avistamientos por minuto (120 muestreos por una sesión de 2 horas) en los que individuos focales de ambos sexos se ubicaron en cada una de las tres cámaras del recinto durante todas las sesiones de construcción del nido, es decir, la frecuencia con la que fueron avistados en la cámara de nido de macho, en la cámara de nido y en la cámara central.

Los avistamientos de ubicación de las hembras en el Sitio Final del Nido (la cantidad de muestreos instantáneos por cada minuto en los que la ubicación de las hembras fue en el sitio elegido por la pareja para construir un nido) no fueron mayores que los de los machos ($p>0.05$). Por el contrario, se observó que los machos tuvieron mayor cantidad de avistamientos en el Sitio Final del Nido que las hembras con una diferencia estadísticamente significativa en el día de

gestación G13 ($p < 0.05$) ($t = 2.894$, $gl = 9$, $p = 0.018$) (Fig. 7).

Posteriormente, se analizaron las diferencias entre machos y hembras con respecto a la frecuencia en que fueron encontrados los individuos en otros sitios del recinto: otros sitios (tubos), cámara central, cámara de nido de hembra y cámara de nido de macho.

No hubo diferencias entre sexos en cuanto a los avistamientos de ubicación en los tubos del recinto, salvo por el en el día de gestación G3, en el que los avistamientos de las hembras fueron estadísticamente mayores que los de los machos ($p < 0.05$) ($t = 2.404$, $gl = 7$, $p = 0.047$) (Fig. 8).

El número de avistamientos de ubicación de las hembras en la cámara central fue estadísticamente mayor que los avistamientos de los machos en dicha cámara ($p < 0.05$) durante los días G13 ($t = 3.682$, $gl = 9$, $p = 0.005$), G15 ($t = 2.859$, $gl = 9$, $p = 0.019$) y G17 ($t = 4.095$, $gl = 8$, $p = 0.003$) (Fig. 9).

El número de avistamientos de ubicación de ambos sexos en la cámara de nido de macho fueron infrecuentes y no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p > 0.05$) (Fig. 10). Por otro lado, los avistamientos de ubicación de los machos en la cámara de nido de hembra fueron estadísticamente mayores que los avistamientos de las hembras ($p < 0.05$) en los días G13 ($t = 2.875$, $gl = 9$, $p = 0.018$) y el día parto ($t = 2.474$, $gl = 8$, $p = 0.038$) (Fig. 11).

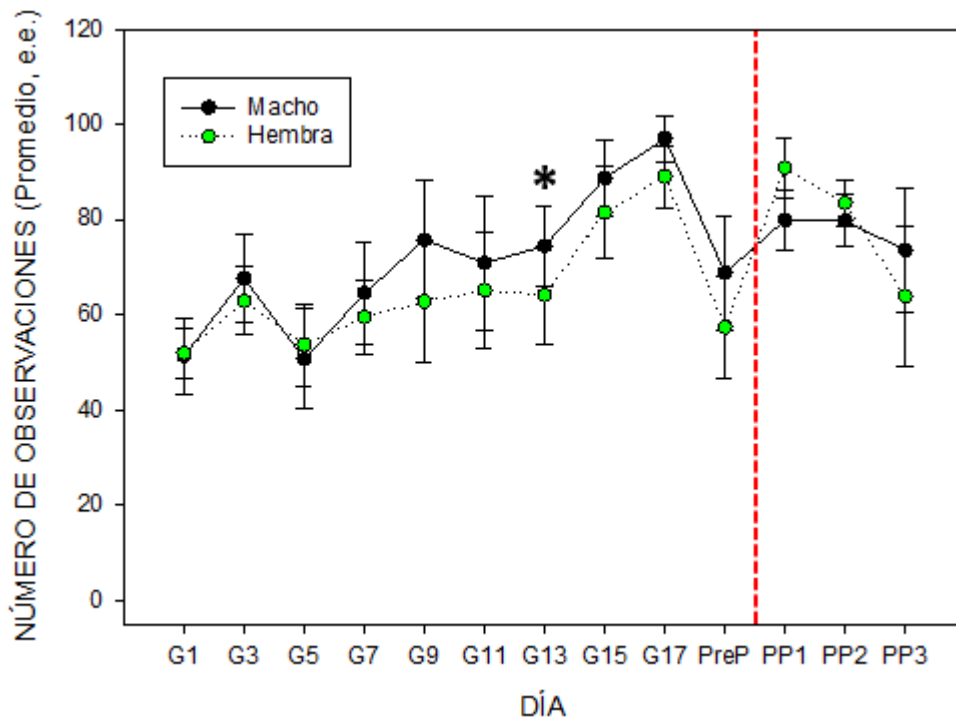


Figura 5. Totales de avistamientos de ubicación de topillos de la pradera de ambos sexos en el Sitio Final del Nido. En general, los topillos machos tuvieron una mayor cantidad de avistamientos de ubicación en del Sitio Final del Nido en comparación a las hembras, pero únicamente hubo diferencias estadísticamente significativas entre sexos (*= $p < 0.05$) en el día G13 ($n = 6 - 10$).

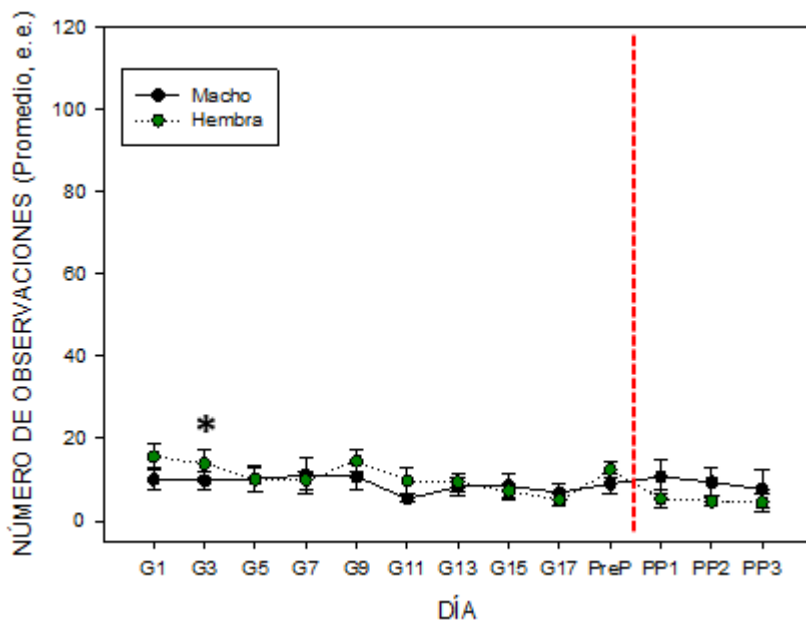


Figura 6. Avistamientos de ubicación de ambos sexos en Otros Sitios (Tubos). Durante todo el periodo de pruebas no hubo diferencias notables entre sexos para ubicarse en este sitio del recinto, a excepción del día G3, en el que esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$), ya que de las hembras se registró una mayor cantidad de ubicación en los tubos que los machos ($n = 6 - 10$).

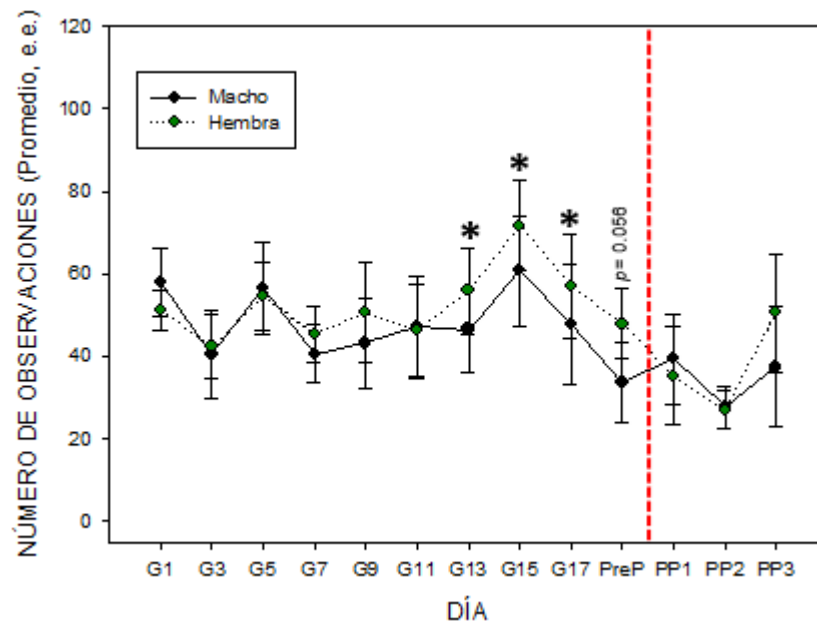


Figura 7. Avistamientos de ubicación de ambos sexos en la cámara central. En los días G13, G15 y G17, las hembras tuvieron una mayor cantidad de avistamientos en esta cámara en comparación a los machos (*= $p < 0.05$) ($n = 6 - 10$).

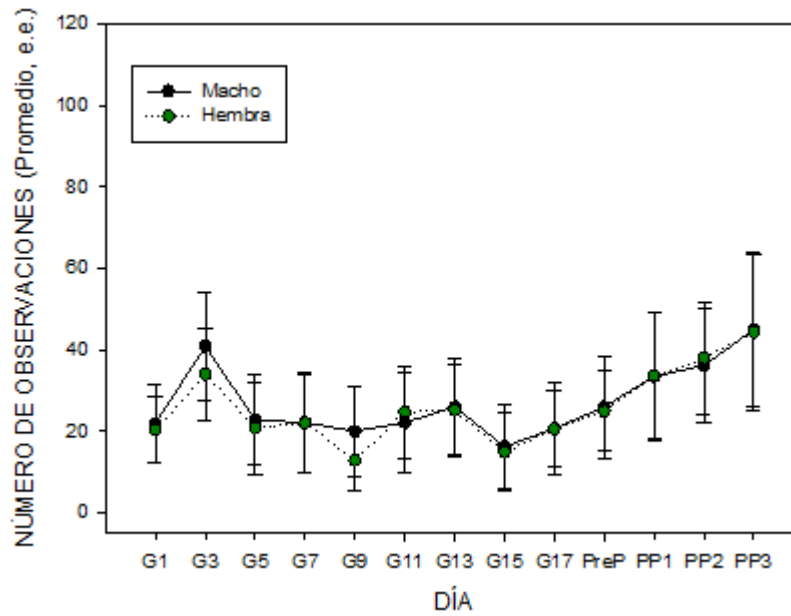


Figura 8. Avistamientos de ubicación de ambos sexos en la cámara de nido de macho. No hubo diferencias significativas en cuanto al número de avistamientos de ubicación de ambos sexos en esta cámara ($p > 0.05$) ($n = 6 - 10$).

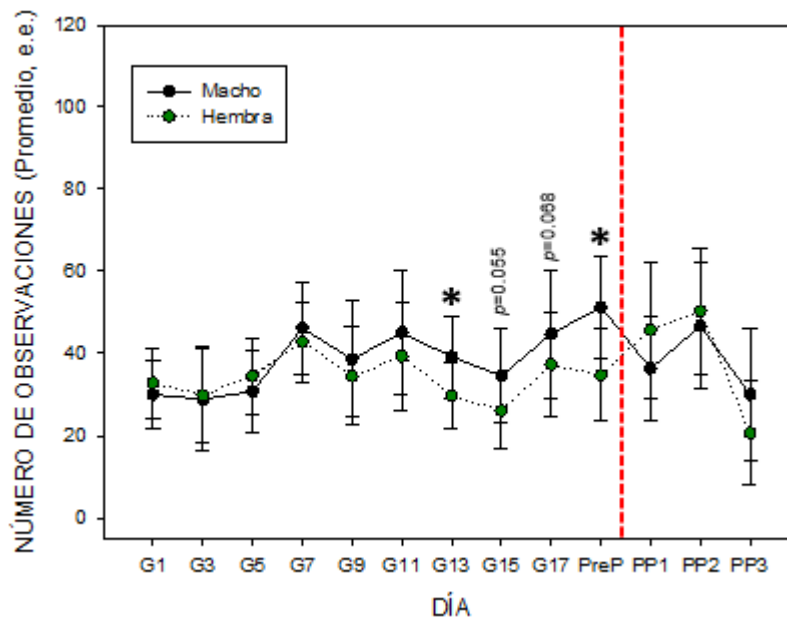


Figura 9. Avistamientos de ubicación de ambos sexos en la cámara de nido de hembra. En los días G13, G15 y G17, los machos tuvieron una mayor cantidad de avistamientos en esta cámara en comparación a las hembras (*= $p < 0.05$) ($n = 6 - 10$).

7.3.4. Latencias de inicio de acarreo de material

Para determinar si los topillos machos iniciaron con los acarreo antes que las hembras durante las pruebas de construcción del nido, se analizaron las latencias para iniciar acarreo de ambos sexos durante el periodo de gestación y el periodo posparto temprano. Ambos sexos no presentaron diferencias estadísticamente significativas en sus latencias para iniciar acarreo ($p > 0.05$). Sin embargo, en el día de gestación G17 los topillos machos tuvieron una latencia estadísticamente menor que las hembras ($p < 0.05$) ($Z = 2.073$, $p = 0.038$) (Fig. 12).

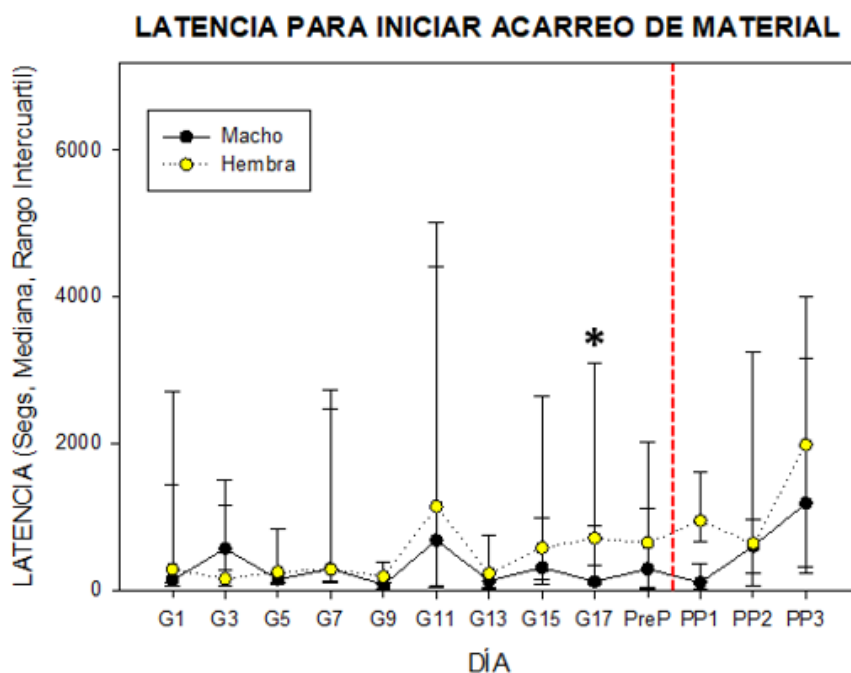


Figura 12. Latencias en segundos de topillos de la pradera hembras y machos para inicio del acarreo de material para construcción de nido. En general las hembras tuvieron una latencia mayor que los machos para iniciar con la conducta de acarreo de material para nido, pero no se registró un valor estadísticamente significativo ($p < 0.05$) hasta el día G17 ($n = 6 - 10$).

7.4. Análisis complementario de acarreos

7.4.1. Disminución progresiva del número de acarreos de las hembras

Para determinar si las frecuencias de acarreos variaron a lo largo del periodo de pruebas, se aplicó un análisis de ANOVA de medidas repetidas (con software SPSS) a los datos de ambos sexos. El análisis mostró que la frecuencia de acarreos realizados por el macho no cambió significativamente a lo largo de los días de la observación ($p > 0.05$; $F = 0.441$, $gl = 12$, $p = 0.929$). Sin embargo, la frecuencia de acarreos realizados por las hembras sí cambió durante ese periodo ($p < 0.05$; $F = 0.929$, $gl = 12$, $p = 0.011$). Posteriormente, se quiso corroborar si las frecuencias de acarreos realizados por las hembras disminuyeron significativamente a lo largo de la gestación, para lo cual se hizo un análisis *post hoc* en el que se hicieron pruebas de T para muestras pareadas para comparar las frecuencias de acarreos del día G1 con el resto de días hasta el día posparto 3.

Se encontró que las frecuencias de acarreos realizados por las hembras de topillo de la pradera

disminuyeron progresivamente respecto al día G1 y tuvieron valores estadísticamente significativos ($p < 0.05$) en los días G5 ($t=2.896$, $gl=8$, $p=0.020$), G13 ($t=2.386$, $gl=8$, $p=0.044$), G15 ($t=3.497$, $gl=8$, $p=0.008$), G17 ($t=3.831$, $gl=7$, $p=0.006$) y los días posparto 2 ($t=6.220$, $gl=5$, $p=3.907$) y 3 ($t=3.907$, $gl=5$, $p=0.011$) (Fig. 13).

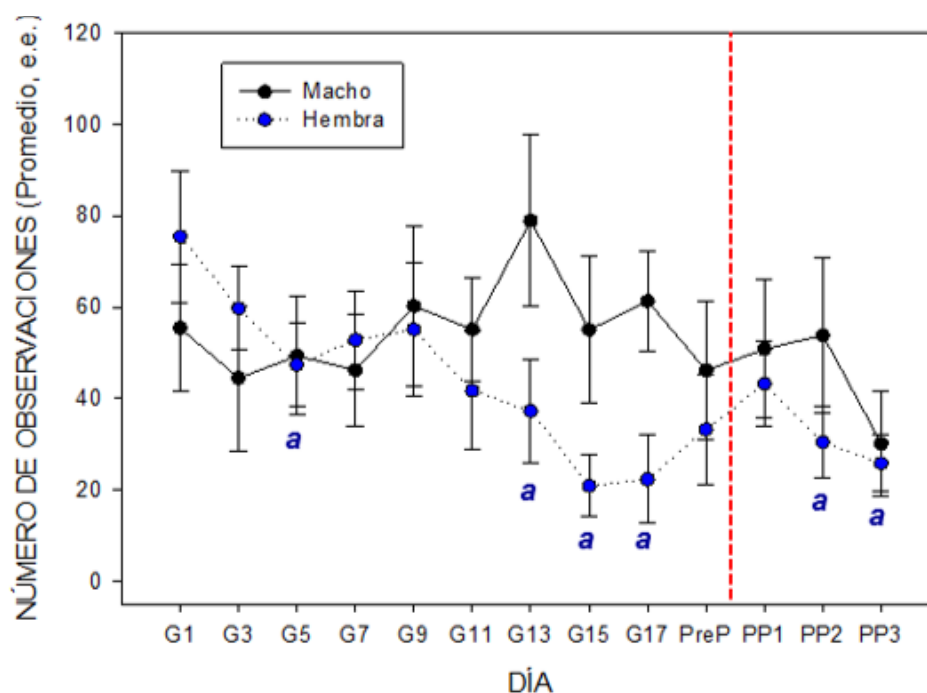


Figura 13. Frecuencias de acarreo de material de nido realizados por machos y hembras de topillo de la pradera en el tiempo. Las hembras de topillo de la pradera realizaron menos acarreo de material a medida que pasaba el tiempo en comparación al primer día de videograbación. Las diferencias de frecuencias de acarreo respecto al día G1 fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en los días G5, G13, G15, G17, así como los días posparto 1, 2 y 3 ($n= 6 - 10$).

7.4.2. Relación entre las frecuencias de acarreo durante la última semana de gestación y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1

Para determinar si hubo una consistencia entre la frecuencia de acarreo realizados por cada sexo hacia una cámara del recinto determinada y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1, se sumaron las frecuencias de acarreo hacia cada cámara del recinto, a lo largo de la última semana de gestación (días de gestación 13, 15, 17 y parto). Se calculó la proporción del total de acarreo realizados hacia cada una de las cámaras y se determinó si había una correspondencia entre la cámara que tuvo la proporción más alta de acarreo y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 (Tabla 1).

Los machos tuvieron una preferencia por hacer acarreo hacia la cámara de nido de hembra (8 de 10 casos) (Tabla 2), mientras que las hembras no tuvieron una preferencia clara por la cámara de nido de hembra (6 de 10 casos) (Tabla 3).

Considerando los acarreo de los machos, se observó que en 62.5% de los casos (5 de 8 casos) hubo una consistencia entre el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 y la preferencia para acarrear material hacia una cámara de nido determinada en la última semana de gestación (G13 - G17) (Tabla 2) Considerando los acarreo de las hembras, se observó que en 50% de los casos (4 de 8) hubo una consistencia entre el Sitio Final de Nido en el día posparto 1 y la preferencia para acarrear material hacia una cámara de nido determinada en la última semana de gestación (G13 – G17) (Tabla 3).

Tabla 2. Relación entre acarreo realizados por topillos machos hacia diferentes cámaras y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1. Las columnas 2, 3 y 4 muestran las proporciones de acarreo realizados hacia la cámara de nido de macho, cámara de nido de hembra y la cámara central, respectivamente. Las filas iluminadas de un color indican casos de consistencia para elegir una misma cámara del para realizar la mayor cantidad de acarreo (azul para cámara de nido de macho y rosa para cámara de nido de hembra) y para elegirla como Sitio Final del Nido en el día posparto 1 (H= cámara de nido de hembra, M= cámara de nido de macho y S/D= sin datos).

Pareja	Período Día G13 - Día Preparto			Sitio Final Nido Día PP1
	%Macho	%Hembra	%Cámara central	
1	0%	100%	0%	H
2	6%	92%	2%	M
3	7%	65%	28%	H
4	7%	93%	0%	M
5	99%	1%	0%	M
6	28%	65%	7%	S/D
7	0.5%	85.5%	14%	S/D
8	51.7%	41.6%	6.7%	C
9	37%	63%	0%	H
10	16%	84%	0%	H

Tabla 3. Relación entre acarreos realizados por topillos hembras hacia diferentes cámaras y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1. Las columnas 2, 3 y 4 muestran las proporciones de acarreos realizados hacia la cámara de nido de macho, cámara de nido de hembra y la cámara central, respectivamente. Las filas iluminadas de un color indican casos de consistencia para elegir una misma cámara del para realizar la mayor cantidad de acarreos durante la última semana de gestación (azul para cámara de nido de macho y rosa para cámara de nido de hembra) y como Sitio Final del Nido en el día posparto 1 (H= cámara de nido de hembra, M= cámara de nido de macho y S/D= sin datos).

Período Día G13 - Día Preparto				Sitio Final Nido Día PP1
Pareja	%Macho	%Hembra	%Cámara central	
1	8%	82%	10%	H
2	93%	6%	1%	M
3	22%	17%	61%	H
4	26%	73%	1%	M
5	100%	0%	0%	M
6	10.8%	81.5%	7.7%	S/D
7	5%	92%	3%	S/D
8	30%	61%	9%	C
9	83%	14%	3%	H
10	17.6%	81.9%	0.5%	H

7.5. Análisis de ubicación de los individuos en el recinto

7.5.1. Conductas de las hembras en la cámara central

Al considerar que se obtuvieron datos estadísticamente significativos de una mayor cantidad de avistamientos de ubicación de los topillos hembras ($p < 0.05$) en comparación a los machos en la cámara central del recinto durante los días G13 ($t = 3.682$, $gl = 9$, $p = 0.005$), G15 ($t = 2.859$, $gl = 9$, $p = 0.019$) y G17 ($t = 4.095$, $gl = 8$, $p = 0.003$), se determinó cuáles fueron las conductas que las hembras realizaron con mayor frecuencia durante la última semana de gestación, por lo que se hicieron muestreos instantáneos por cada minuto (120 muestreos por 2 horas en cada día de prueba) de las conductas que desplegaron las hembras durante los días de gestación G13, G15

y G17.

Las conductas que más frecuentemente desplegaron las hembras mientras se ubicaron en la cámara central durante los días G13, G15 y G17 fueron las siguientes:

- Roe material: utiliza sus dientes incisivos para triturar la paja de avena y así tener trozos más pequeños de la misma.
- Roe barrera: se aproxima a la barrera de acrílico que separa la mitad del recinto de la otra mitad y la roe con sus dientes incisivos.
- Alimentación: introduce su hocico en el frasco en el que se encuentra la conejina y procede a alimentarse con ella.
- Acarreo: toma paja de avena con sus patas delanteras e introduce material en su hocico, para transportarlo hacia otra ubicación del recinto.
- Inmóvil/durmiendo: permanece en un estado de reposo en el que descansa o se queda quieto.
- Bebida: introduce su hocico en el frasco de agua y procede a beber.
- Otras: conductas de observación infrecuente como acicalamiento, inspección del macho, olfateo, etc.

Si bien la proporción de conductas que realiza la hembra varía con el pasar de los días (G13, G15 y G17), las conductas de las que se obtuvieron mayores cantidades de muestreos instantáneos fueron las de roer material para construir el nido, roer la barrera divisoria, alimentarse, permanecer inactivas y otras. No obstante, se observó que las hembras también participan en el acarreo de material de construcción de nido (Figuras 14, 15 y 16).

CONDUCTAS DE HEMBRAS EN LA CÁMARA CENTRAL (DÍA G13)

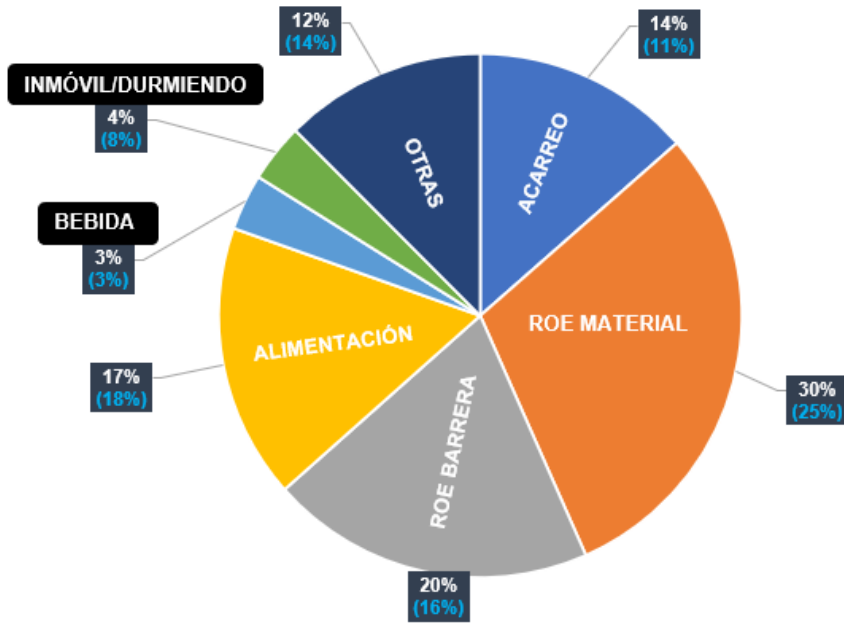


Figura 14. Conductas de hembras de topillo de la pradera en la cámara central en día de gestación 13: En este día de videograbación las conductas de roer material, roer barrera y acarreo figuran entre las más frecuentemente observadas. Los promedios porcentuales de las conductas de las hembras de topillo de la pradera están en letras blancas, mientras que las desviaciones estándar están en letras azules.

CONDUCTAS DE HEMBRAS EN LA CÁMARA CENTRAL (DÍA G15)

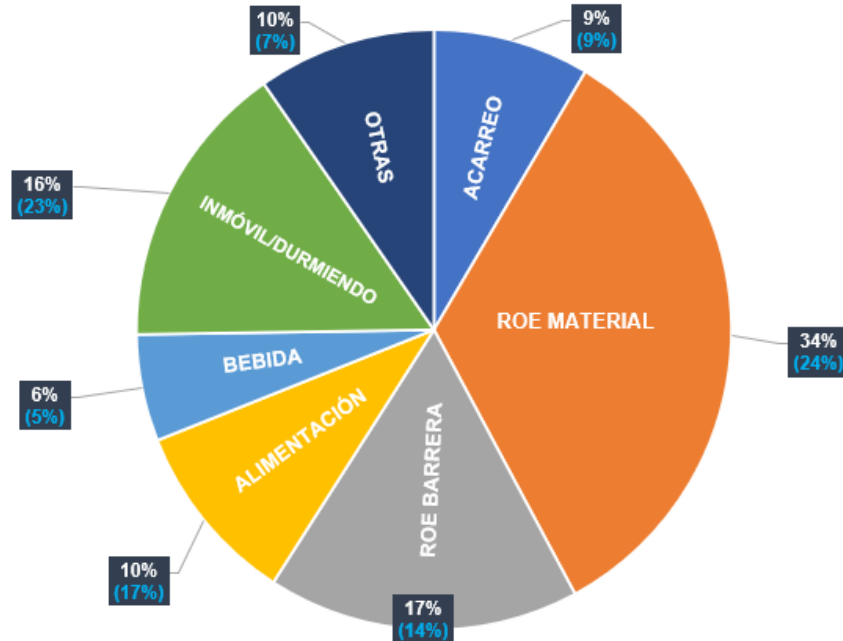


Figura 15. Conductas de hembras de topillo de la pradera en la cámara central en día de gestación 15: En este día de videograbación las conductas de roer material, roer barrera y de inactividad son las más frecuentemente observadas. Los promedios porcentuales de las conductas de las hembras de topillo de la pradera están en letras blancas, mientras que las desviaciones estándar están en letras azules.

CONDUCTAS DE HEMBRAS EN LA CÁMARA CENTRAL (DÍA G17)

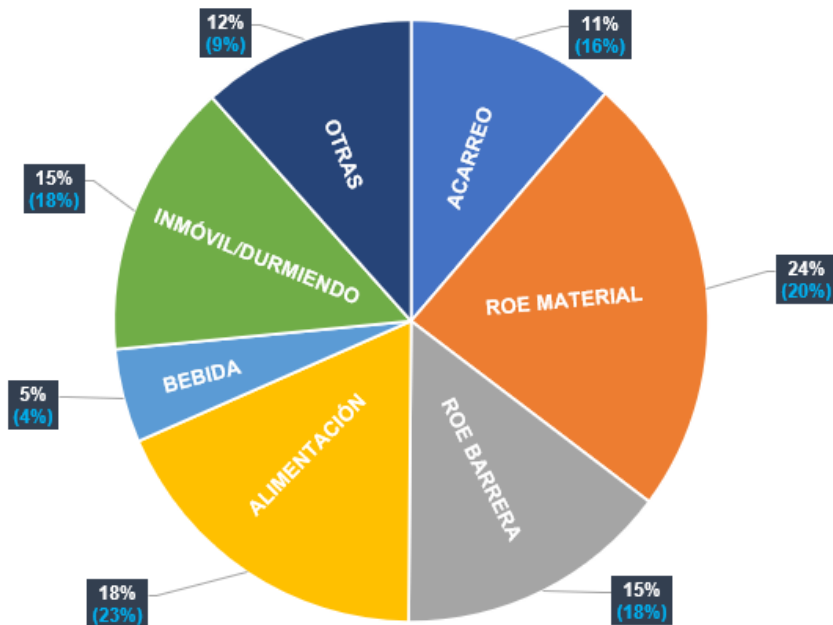


Figura 16. Conductas de hembras de topillo de la pradera en la cámara central en día de gestación 17: En este día de videograbación las conductas de roer material, alimentación, inactividad y roer barrera figuran entre las más observadas. Los promedios porcentuales de las conductas de las hembras de topillo de la pradera están en letras blancas, mientras que las desviaciones estándar están en letras azules.

7.5.2. Relación entre los avistamientos de ubicación durante la última semana de gestación y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1

Para determinar si hubo una consistencia entre el número de avistamientos de ubicación de cada sexo en una cámara del recinto durante la última semana de gestación y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1, se sumaron los avistamientos de ubicación de ambos sexos en las tres cámaras del recinto durante la última semana de gestación (días de gestación G13, G15, G17 y parto) y se compararon con el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 (Tabla 1).

Los machos tuvieron una preferencia por ubicarse en la cámara central (5 de 10 casos) y en la cámara de nido de hembra (4 de 10 casos) (Tabla 4). Las hembras tuvieron una preferencia notable por ubicarse en la cámara central (7 de 10 casos) (Tabla 5).

Considerando los números de avistamientos de ubicación de los machos, se observó que en 62.5% de los casos (5 de 8) hubo una consistencia entre el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 y la preferencia por ubicarse en una cámara de nido determinada en la última semana de

gestación (G13 – G17) (Tabla 4) Considerando los avistamientos de ubicación de las hembras, se observó que en 37.5% de los casos (3 de 8) hubo una consistencia entre el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 y la preferencia por ubicarse en una cámara de nido determinada en la última semana de gestación (G13 – G17) (Tabla 5).

Tabla 4. Relación entre avistamientos de ubicación de topillos machos en diferentes cámaras y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1. Las columnas 2, 3 y 4 muestran las proporciones de avistamientos de ubicación en la cámara de nido de macho, cámara de nido de hembra y la cámara central, respectivamente. Las filas iluminadas de un color indican casos de consistencia para que una misma cámara del recinto fuese elegida para ubicarse durante la última semana de gestación (azul para cámara de nido de macho, rosa para cámara de nido de hembra y amarillo para cámara central) y para ser el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 (H= cámara de nido de hembra, M= cámara de nido de macho, C= cámara central y S/D= sin datos).

Período Día G13 - Día Preparto				Sitio Final Nido Día PP1
Pareja	%Macho	%Hembra	%Cámara central	
1	2.4%	66.2%	31.34%	H
2	3%	27%	70%	M
3	3%	16%	81%	H
4	1.8%	87.6%	10.6%	M
5	85.7%	1.7%	12.6%	M
6	9%	18%	73%	S/D
7	2%	45%	53%	S/D
8	37.36%	14.35%	48.29%	C
9	24%	51%	25%	H
10	21%	54%	25%	H

Tabla 5. Relación entre avistamientos de ubicación de topillos hembras en diferentes cámaras y el Sitio Final del Nido en el día posparto 1. Las columnas 2, 3 y 4 muestran las proporciones de avistamientos de ubicación en la cámara de nido de macho, cámara de nido de hembra y la cámara central, respectivamente. Las filas iluminadas de un color indican casos de consistencia para que una misma cámara del recinto fuese elegida para ubicarse durante la última semana de gestación (azul para cámara de nido de macho hembra y amarillo para cámara central) y para ser el Sitio Final del Nido en el día posparto 1 (H= cámara de nido de hembra, M= cámara de nido de macho, C= cámara central y S/D= sin datos).

Período Día G13 - Día Preparto				Sitio Final Nido Día PP1
Pareja	%Macho	%Hembra	%Cámara central	
1	6%	46%	48%	H
2	6%	21%	73%	M
3	5%	7%	88%	H
4	7.8%	59.6%	32.6%	M
5	77%	2%	21%	M
6	6%	17%	77%	S/D
7	2.85%	40.50%	56.65%	S/D
8	33%	11%	56%	C
9	25%	35%	40%	H
10	16%	48%	36%	H

8. Discusión

El objetivo del presente trabajo fue describir cuantitativamente las diferencias sexuales en la conducta de construcción del nido de crianza en el topillo de la pradera a lo largo de la gestación y el periodo posparto temprano en condiciones controladas de laboratorio. Se sometió a prueba la hipótesis de que durante la construcción del nido habría una división de labores entre sexos, de tal manera que el macho realizaría acarreo fuera del nido, mientras la hembra permanecería en el nido dándole forma al mismo.

La primera predicción planteada fue que los topillos machos realizarían una mayor cantidad de acarreo para la construcción del nido en comparación a las hembras. Al respecto, las frecuencias de acarreo realizados por los topillos machos fueron mayores en comparación a las frecuencias de acarreo de las hembras; por otro lado, los topillos machos realizaron una mayor cantidad de acarreo hacia la cámara de nido de la hembra, lo cual sugiere que esta sección del

recinto fue la preferida para la construcción del nido. Entonces puede decirse que los resultados de frecuencias de acarreo de ambos sexos apoyan esta predicción, ya que los topillos machos realizaron mayor cantidad de acarreo que las hembras.

La segunda predicción fue que los machos se encontrarían con menos frecuencia dentro del sitio del nido en comparación a las hembras. Durante la última semana de gestación, las hembras tuvieron una mayor cantidad de avistamientos fuera del Sitio Final de Nido, en este caso, se ubicaron con mayor frecuencia en la cámara central; por el contrario, los machos prefirieron ubicarse en el Sitio Final de Nido, es decir, la cámara de nido de hembra. Los resultados de los avistamientos de ubicación de ambos sexos no apoyan esta predicción, ya que los topillos machos no se ubicaron con mayor frecuencia fuera del Sitio Final de Nido, sino que lo hicieron las hembras.

La tercera predicción plantea que los topillos machos inician con la conducta de acarreo de material para construcción del nido antes que las hembras. Se observó que, durante todo el periodo de pruebas de construcción de nido, a diferencia de las hembras, la latencia de los topillos machos para iniciar con los acarreo de material fue menor, lo cual sugiere una mayor motivación por parte de los individuos machos para iniciar con la labor, pero esto ocurrió sólo el día de gestación 17 (G17).

La motivación puede definirse como la fuerza mental que permite realizar una actividad para conseguir un objetivo determinado y que no puede cuantificarse por sí misma, sino que se tiene que recurrir a medidas como la rapidez con la que un individuo despliega acciones enfocadas en un objetivo y que nos puede dar un indicio de la fuerza de motivación (Touré-Tillery y Fishbach 2014). En estudios con ratones de laboratorio se ha considerado a la construcción de un nido como un indicador de bienestar, a su vez que se ha observado que las acciones típicas de la conducta son dependientes de la motivación, la cual se ha determinado por la calidad de los nidos y la rapidez con la que construyen los mismos (Paumier y cols. 2013; Jirkof 2014).

Por lo tanto, los resultados de las latencias para iniciar con el acarreo en ambos sexos apoyan parcialmente esta predicción, dado que la diferencia entre sexos fue más notoria en un solo día de la última semana de gestación.

Una posible explicación para que no se obtuvieran diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos durante las pruebas de construcción de nido correspondientes al periodo posparto temprano, es que hubo factores que impidieron la incorporación de datos suficientes, tales como canibalismo de las crías, escape de los individuos, falta de iluminación del espacio del recinto o falta de batería de la cámara. El canibalismo de toda la camada observado por parte de dos parejas de topillos después del día posparto 1 pudo haber sido causado por algún factor estresante en el ambiente como ruido o la manipulación que se realizó cuando se retiró el material de nido de otras cámaras del recinto en las que no estuvieran las crías al final de la prueba de construcción de nido correspondiente a ese día. Por otro lado, una posible explicación para la poca participación de las hembras en la labor de acarreo o la aparente nula motivación de las hembras para iniciar con los acarreo, es que las pruebas no se realizaron en un horario del día en el que los topillos pudieran tener mayor actividad como lo es el crepúsculo, de 6:00 pm a 8:00 pm, como reportaron Sabol y cols. (2018).

Thomas y Birney (1979) habían descrito una división marcada de labores entre sexos durante más de 50 observaciones de la conducta de construcción del nido antes del parto de las crías; dicho de otra manera, los machos se encargan de salir del nido en búsqueda de material para colectarlo y regresar con material colectado en su hocico, mientras la hembra espera en el interior del nido y le da forma de domo al nido con su cuerpo al recibir el material proporcionado por el macho.

Los resultados obtenidos son parcialmente consistentes con estas observaciones, dicho de otra manera, la división de labores durante la construcción del nido no fue tan obvia: las hembras también participaron en la labor de acarreo de material, aunque con una menor frecuencia que los machos y las diferencias entre sexos fueron estadísticamente significativas durante la última semana de gestación.

A pesar de que el despliegue de acarreo realizados por los machos fue más alto durante algunos días de la última semana de gestación en comparación con las hembras, los individuos de este sexo fueron los que más tiempo invirtieron en el sitio del nido, que en este caso fue la cámara de nido de hembra, mientras que las hembras permanecieron más tiempo fuera del sitio del nido,

o sea, en la cámara central.

Cabe mencionar que las conductas que más desplegaron las hembras estando en la cámara central durante la última semana de gestación fueron las relacionadas con roer material, roer la barrera divisoria, alimentación, inmovilidad y otras conductas. En cierta forma, estos resultados son consistentes con las observaciones de Thomas y Birney, pues las hembras royeron el material para construir el nido mientras los machos lo acarreaban.

Los presentes resultados de acarreo y frecuencia de ubicación son consistentes con las observaciones hechas por Gruder-Adams y Getz (1985) sobre el cuidado paternal del topillo de la pradera. Ambos miembros de la pareja participaron en la construcción y el mantenimiento del nido durante los primeros días de edad de una primera camada y al menos uno de los miembros de la pareja permaneció en el sitio en el que se encontraban las crías. Además, las hembras se ubicaron con mayor frecuencia en el nido que los machos durante los primeros dos días tras el parto, aunque no hubo diferencias estadísticas entre ellos. La cámara de nido de hembra fue el sitio predilecto por las parejas para la construcción de un nido. No obstante, los resultados de acarreo contrastan con el número de nidos reportado por dichos autores, ya que las parejas de topillos de su trabajo habían construido y ocupado un solo nido por cada grupo familiar tras el parto de las crías. En cambio, en algunos casos de pruebas de construcción de nido posteriores al parto, las parejas de topillos construyeron nidos en más de una cámara del recinto.

Respecto a estudios en los que hubo observaciones del mantenimiento del nido, en las pruebas de este trabajo no se observó que las hembras fueran agresivas con los machos e impidieran el paso de estos a donde se encontraban las crías para que pudieran participar en dicha labor durante el primer día posparto como habían reportado McGuire y cols. (2003). Probablemente porque las pruebas no se realizaron en el momento exacto en que tenía lugar el parto de las crías. Igualmente, debido a que no fue posible apreciar las conductas que realizaron ambos sexos en el interior del nido en las videograbaciones realizadas durante el periodo posparto temprano, no se pudo determinar de manera cuantitativa la participación de machos y hembras en el mantenimiento del nido. McGuire y cols. (2007) reportaron que no hay diferencias estadísticamente significativas entre sexos durante los primeros 3 días de edad de las crías; estos

investigadores no reportaron diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras con respecto a las conductas desplegadas en el sitio del nido. A través de estas discrepancias se puede considerar el tomar medidas para poder videografiar conductas que se despliegan en el interior de las cámaras de nido como el mantenimiento de manera eficaz y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre sexos.

Se observó que las parejas de topillos de la pradera, si tenían la oportunidad, preferían construir nidos en cámaras del recinto en las que su parte superior estuviera cubierta por un pedazo de cartón que les brindara sombra. Una posible explicación para esto es que la sombra pudiera hacerlos sentir mayor seguridad, ya que, en estado silvestre, su estilo de vida es semifosorial y construyen sus madrigueras y nidos a poca profundidad por debajo del suelo; si es que construyen nidos en la superficie del suelo, generalmente los harán por debajo de una cobertura de vegetación densa (Getz y Hofmann 1986; Naughton y cols. 2012). Asimismo, pudo observarse que uno o ambos miembros de la pareja roían la barrera de acrílico que dividía la cámara central del recinto, sobre todo cuando estaba presente la otra pareja de topillos al otro lado de la barrera; es posible que desplegaran la conducta con el fin de defender su territorio, pues las parejas de topillos suelen tornarse agresivas hacia individuos extraños (Madrid y cols. 2020).

Los presentes resultados de acarreo realizados por ambos sexos en el periodo posparto temprano son parcialmente consistentes con lo reportado por Lonstein y De Vries (1999a), ya que los topillos machos invirtieron más tiempo en la construcción del nido que las hembras, aunque las diferencias entre ellos no fueron estadísticamente significativas. No obstante, nuestros resultados contrastan con los resultados de dichos autores, ya que no se hicieron pruebas de construcción de nido después del día posparto 3, y además faltan datos de construcción de ese periodo debido a factores mencionados anteriormente. Al respecto, Lonstein y De Vries (1999a) habían reportado que ambos sexos aumentaron el tiempo invertido construyendo un nido en los días 10 y 11 posparto, por lo cual sería interesante determinar en futuras investigaciones cómo los miembros de la pareja participan en la construcción del nido en pruebas de construcción de nido que se realicen durante más días después del parto de las

camadas.

Puede decirse que ambos miembros de la pareja de topillos de la pradera durante la construcción del nido participan en labores realizadas fuera del nido, ya que ambos sexos participaron en el acarreo de material y también pudieron ser observados estando dentro y fuera del sitio destinado para construir un nido; también se observó que las hembras participaron menos en la realización de acarreo y permanecieron más tiempo en la cámara central manifestando otras conductas cuanto más cercano fue el evento de parto, mientras que los machos realizaron más acarreo y permanecieron más tiempo en la cámara de nido de hembra. Una posible explicación es que las hembras pudieron invertir su tiempo en prepararse para enfrentar un evento metabólica y fisiológicamente demandante como lo es el parto a través de la alimentación, y también defiende activamente su territorio al roer la barrera de acrílico de la cámara central, mientras los machos se encargaron de preparar un ambiente apto para el parto al acarrear material y permanecer en el nido manteniéndolos (Kleiman 1977; Kenkel y cols. 2021).

En mamíferos como los topillos de la pradera, se ha estipulado que el cuidado paternal ofrecido por el macho es más una consecuencia evolutiva secundaria de la monogamia social que una causa, ya que más del 50% de las transiciones independientes al cuidado paternal en varias especies ocurrieron en casos en los que la monogamia ya era el sistema de apareamiento típico de ellas, mientras que en otros casos el cuidado paternal formó parte de la transición para la adopción de la monogamia social (Trivers 1972; Lukas y Clutton-Brock 2013). Existen razones para que el cuidado biparental se haya mantenido a través de las generaciones, ya que ofrece ventajas para ambos sexos: las hembras producen más camadas por año, pueden defender a sus crías de mejor manera de conespecíficos infanticidas e invertir menos recursos energéticos en la termorregulación de su descendencia; por otro lado los machos pueden tener como ventajas el reproducirse en más ciclos reproductivos al copular después del parto con una hembra conocida, incrementar la certeza de paternidad de las crías y que aumenten las probabilidades de supervivencia de sus crías (Clutton-Brock 1991; Lukas y Clutton-Brock 2013; Kenkel y cols. 2021). Al respecto, parece ser que el miembro de la pareja que más costos carga con el cuidado parental es el macho, ya que Campbell y cols. (2009) reportaron que los topillos machos que

fueron alojados con una hembra o ejercieron cuidado hacia las crías tuvieron una pérdida de peso corporal a través del tiempo, disminución de los niveles de leptina, pérdida de grasa subcutánea y prefirieron beber una solución de sacarosa al 2% para satisfacer la demanda energética.

Las ventajas mencionadas anteriormente propician que las hembras seleccionen a machos proactivos en ciertas actividades de cuidado parental, las cuales pueden dividirse en actividades directas, dicho de otra forma, actividades en las que los padres están en contacto y atienden a las crías, y actividades indirectas, que son aquellas en las que no hay un contacto físico con las crías, tales como defensa del hogar y construcción del nido (Kleiman 1977). Además, Kleiman y Malcolm (1981) propusieron a la construcción del nido como una manipulación del entorno. Al considerar a la construcción del nido como parte del repertorio conductual de los topillos de la pradera y como un componente indirecto del cuidado biparental de las crías, podría insinuarse que la participación de ambos sexos en labores realizadas fuera del nido durante la construcción de éste tiene una base evolutiva y que podría tener importancia para la selección sexual por parte de las hembras.

9. Conclusiones

Del presente trabajo se pudieron determinar las siguientes conclusiones respecto al despliegue de la conducta de construcción del nido en ambos sexos de topillos de la pradera:

- 1) Los machos tienen una mayor participación que las hembras en el acarreo de material para la construcción del nido.
- 2) Las hembras permanecen fuera del sitio del nido desplegando otras conductas, mientras que los machos permanecen en el interior del nido; a su vez, el sitio preferido para construir un nido es el espacio de la hembra.
- 3) Los machos, cuando tienen al alcance los recursos para construir un nido, realizan la labor de acarreo de material con mayor rapidez que las hembras.

En resumidas cuentas, podemos decir que machos y hembras del topillo de la pradera despliegan labores similares para la conducta de construcción del nido en condiciones de cautiverio, pero estas difieren cuantitativamente entre sexos y varían a lo largo del tiempo.

10. Perspectivas

En el presente trabajo no se realizaron análisis detallados de otras labores relacionadas con la construcción del nido fuera de las cámaras de nido, tales como roer el material, o bien, labores realizadas dentro de las cámaras de nido, como el mantenimiento del nido; por lo que se sugiere que para futuras investigaciones se consideren estas labores para su registro y análisis para obtener un panorama más completo de la construcción del nido y de la participación de ambos sexos en la conducta.

Por otro lado, en este trabajo de investigación se realizaron análisis de la conducta de construcción del nido que solo abordaron la gestación y pocos días después del parto de las crías, de manera que se desconoce si las diferencias entre sexos al desplegar la conducta permanecen invariables o tienen algún cambio por el cuidado de las crías; por ello, se recomienda que para futuras investigaciones se realicen pruebas de construcción de nido hasta el destete de una o más camadas de crías, lo que además podría brindarnos información de la posible participación de las crías en la conducta.

Los datos obtenidos de la participación de ambos sexos durante la construcción del nido nos dan una pista de cómo regularmente lo hacen en condiciones de laboratorio. Una cuestión interesante sería determinar si la frecuencia con que ambos sexos despliegan labores propias de la construcción del nido cambiará o se mantendrán ante la ausencia del compañero. Se recomienda que para investigaciones que tengan de foco la construcción del nido, se hagan experimentos en los que se retire a uno de los integrantes de la pareja tras el parto y que se analicen las pautas conductuales que se desplieguen en consecuencia a la falta del compañero para la crianza.

Para asignar parejas que se reprodujeran tuvo que utilizarse una n de topillos de ambos sexos mayor a la contemplada, pues no todas las parejas que se asignaron mediante la metodología empleada tuvieron camadas. Entonces se sugiere que además de las sesiones de interacción planteadas originalmente se emplee la prueba de preferencia selectiva descrita por (Insel y Hulihan 1995), para aumentar las probabilidades de que las parejas asignadas tengan crías y pueda cuantificarse la conducta de construcción de nido de topillos en condición de padres.

11. Referencias

- Ahern, T. H., Modi, M. E., Burkett, J. E., & Young, L. J. (2009). Evaluation of two automated metrics for analyzing partner preference tests. *Journal of Neuroscience Methods*, *182*(2), 180–188.
- Aragona, B. J., & Wang, Z. (2004). The Prairie Vole (*Microtus ochrogaster*): An Animal Model for Behavioral Neuroendocrine Research on Pair Bonding. *Ilar Journal*, *45*(1), 35–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ilar.45.1.35>
- Barret, C. E., & Young, L. J. (2015). Molecular neurobiology of social bonding. In T. Canli (Ed.), *The Oxford Handbook of Molecular Psychology* (pp. 79–104). Oxford University Press.
- Burkett, J. P., Andari, E., Johnson, Z. V., Curry, D. C., de Waal, F. B., & Young, L. J. (2016). Oxytocin-dependent consolation behavior in rodents. *Science*, *351*(6271), 375–378.
- Campbell, J. C., Laugero, K. D., Van Westerhuyen, J. A., Hostetler, C. M., Cohen, J. D., & Bales, K. L. (2009). Costs of pair-bonding and paternal care in male prairie voles (*Microtus ochrogaster*). *Physiology and Behavior*, *98*(3), 367–373.
- Carter, C. S., DeVries, A. C., & Getz, L. L. (1995). Physiological Substrates of Mammalian Monogamy: The Prairie Vole Model. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, *19*(2), 303–314. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)00070-h](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)00070-h)
- Carter, C. S., Getz, L. L., Gavish, L., Mc Dermott, J. L., & Arnold, P. (1980). Male-related Pheromones and the Activation of Female Reproduction in the Prairie Vole (*Microtus ochrogaster*). *Biology of Reproduction*, *23*(5), 1038–1045.
- Carter, C. S., Williams, J. R., Witt, D. M., & Insel, T. R. (1992). Oxytocin and Social Bonding. *Annals of New York Academy of Sciences*, *625*, 204–211. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1992.tb34356.x>
- Chaline, J., & Graf, J. (1988). Phylogeny of the Arvicolidae (Rodentia): biochemical and paleontological evidence. *Journal of Mammalogy*, *69*(1), 22–33.
- Clutton-Brock, T. H. (1991). Parental care in birds and mammals. In *The evolution of parental care* (pp. 131–152). Princeton University Press.

- Cochran, G. R., & Solomon, N. G. (2000). Effects of Food Supplementation on the Social Organization of Prairie Voles (*Microtus Ochrogaster*). *Journal of Mammalogy*, 81(3), 746–757. [https://doi.org/https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2000\)081<0746:EOFSOT>2.3.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1644/1545-1542(2000)081<0746:EOFSOT>2.3.CO;2)
- Donaldson, Z. R., & Young, L. J. (2008). Oxytocin, Vasopressin, and the Neurogenetics of Sociality. *Science*, 322(5903), 900–904. <https://doi.org/10.1126/science.1158668>
- Donovan, M., Liu, Y., & Wang, Z. (2018). The Socially Monogamous Prairie Vole: a Rodent Model for Behavioral Neuroendocrine Research. In M. Ludwig & G. Levkowitz (Eds.), *Model Animals in Neuroendocrinology: From Worm to Mouse to Man* (pp. 181–205). Wiley-Blackwell.
- Fish, P. G. (1974). Notes on the feeding habits of *Microtus ochrogaster* and *M. pennsylvanicus*. *American Midland Naturalist*, 460–461.
- Getz, L. L., Carter, C. S., & Gavish, L. (1981). The Mating System of the Prairie Vole, *Microtus ochrogaster*: Field and Laboratory Evidence for Pair-Bonding. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 189–194.
- Getz, L. L., & Hofmann, J. E. (1986). Social organization in free-living prairie voles, *Microtus ochrogaster*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 18(4), 275–282.
- Getz, L. L., McGuire, B., & Carter, C. S. (2003). Social behavior, reproduction and demography of the prairie vole, *Microtus ochrogaster*. *Ethology Ecology and Evolution*, 15(2), 105–118. <https://doi.org/10.1080/08927014.2003.9522676>
- Getz, L. L., McGuire, B., Pizzuto, T., Hofmann, J. E., & Frase, B. (1993). Social Organization of the Prairie Vole (*Microtus ochrogaster*). *Journal of Mammalogy*, 74(1), 44–58. <https://doi.org/10.2307/1381904>
- Getz, L. L., Solomon, N. G., & Pizzuto, T. M. (1990). The Effects of Predation of Snakes on Social Organization of the Prairie Vole, *Microtus ochrogaster*. *The American Midland Naturalist*, 123(2), 365–371. <https://doi.org/10.2307/2426564>
- Getz, L. L., Verner, L., Cole, F. R., & Hoffman, J. E. (1979). Comparisons of population demography of *Microtus ochrogaster* and *M. pennsylvanicus*. *Acta Theriologica*, 24(24), 319–343.
- Gier, H. T., & Cooksey, B. F. (1967). *Microtus ochrogaster* in the laboratory. *Transactions of*

- the Kansas Academy of Science (1903-), 70(2), 256–265.*
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/3627124>
- Goymann, W. (2019). Pair-Bonding, Mating Systems and Hormones. In J. C. Choe (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior* (Segunda, pp. 454–461). Academic Press.
- Gruder-Adams, S., & Getz, L. L. (1985). Comparison of the mating system and paternal behavior in *Microtus ochrogaster* and *M. pennsylvanicus*. *Journal of Mammalogy*, *66*(1), 165–167. <https://doi.org/10.2307/1380976>
- Hill, R. W. (1992). The altricial/precocial contrast in the thermal relations and energetics of small mammals. In T. E. Tomari & T. H. Horton (Eds.), *Mammalian Energetics* (pp. 127–159). Cornell University Press.
- Hoffman, J. E., & Getz, L. L. (1986). Duration of postpartum estrus in the prairie vole. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *24*(4), 300–301.
- Hoffman, J. E., & Getz, L. L. (1988). Multiple exposures to adult males and reproductive activation of virgin female *Microtus ochrogaster*. *Behavioural Processes*, *17*(1), 57–61.
- Innes, D. G. L., & Millar, J. S. (1994). Life histories of *Clethrionomys* and *Microtus* (Microtinae). *Mammal Review*, *24*(4), 179–207.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1994.tb00142.x>
- Insel, T. R., & Hulihan, T. J. (1995). A gender-specific mechanism for pair bonding: Oxytocin and partner preference formation in monogamous voles. *Behavioral Neuroscience*, *109*(4), 782–789. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.109.4.782>
- Jameson, E. W. (1947). *Natural History of the Prairie Vole (Mammalian genus Microtus)*. University of Kansas.
- Jirkof, P. (2014). Burrowing and nest building behavior as indicators of well-being in mice. *Journal of Neuroscience Methods*, *234*, 139–146.
- Keller, B. L. (1985). Reproductive patterns. In R. H. Tamarin (Ed.), *Biology of the New World Microtus* (pp. 725–788). American Society of Mammalogists.
- Kenkel, W. M., Gustison, M. L., & Beery, A. K. (2021). A Neuroscientist’s Guide to the Vole. *Current Protocols*, *1*(6), e175.
- Kleiman, D. G. (1977). Monogamy in Mammals. *The Quarterly Review of Biology*, *52*(1), 39–69.

- Kleiman, D. G., & Malcolm, J. R. (1981). The Evolution of Male Parental Investment in Mammals. In D. J. Gubernick & P. H. Klopfer (Eds.), *Parental Care in Mammals* (pp. 347–387).
- Kruckenberg, S. M., Hartke, G. T., Leipold, H. W., & Cook, J. E. (1976). The prairie vole as a laboratory animal. *Lab Animal*, 19–20.
- Kurta, A. (2017). New World Rats and Mice, Voles, and Their Allies (Family Cricetidae). In *Mammals of the Great Lakes Region* (Tercera, pp. 146–183). The University of Michigan Press. <https://doi.org/10.3998/mpub.9476502>
- Lin, Y. K., Keane, B., Isenhour, A., & Solomon, N. G. (2006). Effects of patch quality on dispersal and social organization of prairie voles: an experimental approach. *Journal of Mammalogy*, 87(3), 446–453. <https://doi.org/https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-201R1.1>
- Lonstein, J. L., & De Vries, G. J. (1999a). Comparison of the Parental Behavior of Pair-Bonded Female and Male Prairie Voles (*Microtus ochrogaster*). *Physiology and Behavior*, 66(1), 33–40.
- Lonstein, J. L., & De Vries, G. J. (1999b). Sex differences in the parental behaviour of adult virgin prairie voles: independence from gonadal hormones and vasopressin. *Journal of Neuroendocrinology*, 11(6), 441–449. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.1999.00361.x>
- Lukas, D., & Clutton-Brock, T. H. (2013). The Evolution of Social Monogamy in Mammals. *Science*, 341(6145), 526–530. <https://doi.org/10.1126/science.1238677>
- Madison, D. M. (1985). Activity rhythms and spacing. In R. H. Tamarin (Ed.), *Biology of the New World Microtus* (pp. 373–419).
- Madrid, J. E., Parker, K. J., & Ophir, A. G. (2020). Variation, plasticity, and alternative mating tactics: Revisiting what we know about the socially monogamous prairie vole. In M. Naguib (Ed.), *Advances in the Study of Behavior* (pp. 203–242).
- Mainwaring, M. C. (2019). Nest Building in Birds. In Jaen Chu Choe (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior* (Segunda, pp. 523–532). Academic Press.
- Mateo, J. M., Holmes, W. G., Bell, A. M., & Turner, M. (1994). Sexual Maturation in Male Prairie Voles: Effects of the Social Environment. *Physiology & Behavior*, 56(2), 299–304.

- McGraw, L. A., & Young, L. J. (2010). The prairie vole: an emerging model organism for understanding the social brain. *Trends in Neurosciences*, *33*(2), 103–109.
- McGuire, B., Henyey, E., McCue, E., & Bemis, W. E. (2003). Parental behavior at parturition in prairie voles (*Microtus ochrogaster*). *Journal of Mammalogy*, *84*(2), 513–523.
- McGuire, B., Parker, E., & Bemis, W. E. (2007). Sex Differences, Effects of Male Presence and Coordination of Nest Visits in Prairie Voles (*Microtus ochrogaster*) during the Immediate Postnatal Period. *The American Midland Naturalist*, *157*(1), 187–201.
- Naughton, D., Geraghty, P., Csotonyi, J., Carter, B., Beaulieu-Bouchard, M., & McDonald, A. (2012). FAMILY CRICETIDAE: Rats, mice, voles and lemmings. In *The Natural History of Canadian mammals* (pp. 118–201). University of Toronto Press.
- Newman, K. S., & Halpin, Z. T. (1988). Individual odours and mate recognition in the prairie vole, *Microtus ochrogaster*. *Animal Behaviour*, *36*(6), 1779–1787.
[https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(88\)80117-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(88)80117-9)
- Oliveras, D., & Novak, M. (1986). A comparison of paternal behavior in the meadow vole, the pine vole, and the prairie vole. *Animal Behaviour*, *34*(2), 519–526.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(86\)80120-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0003-3472(86)80120-8)
- Paumier, K. L., Sukoff Rizzo, S. J., Berger, Z., Chen, Y., Gonzales, C., Kaftan, E., Li, L., Lotarski, S., Monaghan, M., Shen, W., Stolyar, P., Vasilyev, D., Zaleska, M., Hirst, W. D., & Dunlop, J. (2013). Behavioral Characterization of A53T Mice Reveals Early and Late Stage Deficits Related to Parkinson’s Disease. *PLoS One*, *8*(8), e70274.
- Pritchett-Corning, K. R., & Winnicker, C. (2021). Behavioral Biology of Deer and White-Footed mice, Mongolian Gerbils, and Prairie and Meadow Voles. In K. Coleman & S. J. Schapiro (Eds.), *Behavioral Biology of Laboratory Animals* (Primera, pp. 147–163). CRC Press.
- Sabol, A. C., Solomon, N. G., & Dantzer, B. (2018). How to Study Socially Monogamous Behavior in Secretive Animals? Using Social Network Analyses and Automated Tracking Systems to Study the Social Behavior of Prairie Voles. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *6*(178), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00178>
- Soler, J. J., Møller, A. P., & Soler, M. (1998). Nest building, sexual selection and parental investment. *Evolutionary Ecology*, *12*, 427–441.

- Solomon, N. G. (1991). Current Indirect Fitness Benefits Associated with Philopatry in Juvenile Prairie Voles. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29(4), 277–282.
- Solomon, N. G. (1993). Comparison of parental behavior in male and female prairie voles (*Microtus ochrogaster*). *Canadian Journal of Zoology*, 71(2), 434–437.
- Solomon, N. G., & Jacquot, J. J. (2002). Characteristics of resident and wandering prairie voles, *Microtus ochrogaster*. *Canadian Journal of Zoology*, 80(5), 951–955.
<https://doi.org/10.1139/z02-053>
- Stalling, D. T. (1990). *Microtus ochrogaster*. *Mammalian Species*, 355, 1–9.
<https://doi.org/10.2307/3504103>
- Stevenson, J. R., McMahon, E. K., Boner, W., & Hausmann, M. F. (2019). Oxytocin administration prevents cellular aging caused by social isolation. *Psychoneuroendocrinology*, 103, 52–60.
- Thomas, J. A., & Birney, E. C. (1979). Parental care and mating system of the prairie vole, *Microtus ochrogaster*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 5(2), 171–186.
<https://www.jstor.org/stable/4599227?seq=1>
- Touré-Tillery, M., & Fishbach, A. (2014). How to Measure Motivation: A Guide for the Experimental Social Psychologist. *Social and Personality Psychology Compass*, 8(7), 328–341.
- Trivers, R. L. (1972). Parental investment and Sexual Selection. In B. G. Campbell (Ed.), *Sexual selection and the descent of man* (Primera, pp. 136–179).
- Wang, Z., & Novak, M. A. (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(2), 163–171.
<https://doi.org/10.1037/0735-7036.106.2.163>
- Williams, J. R., Catania, K. C., & Carter, C. S. (1992). Development of partner preferences in female prairie voles (*Microtus ochrogaster*): the role of social and sexual experience. *Hormones and Behavior*, 26(3), 339–349.

12. Anexos



Figura 1. Pareja de topillos de la pradera (*Microtus ochrogaster*) macho y hembra.



Figura 2. Bioterio en el que se tiene alojados a los topillos de la pradera del Centro de Investigación en Reproducción Animal (CIRA), Panotla, Tlaxcala.



Figura 3. Fase de habituación de topillos de la pradera. Los topillos contenidos en cajas fueron colocados a nivel del suelo, en el mismo sitio que estuvo el recinto de alojamiento para las pruebas conductuales.



Figura 4. Identificación de individuo. Para identificar a los topillos se les colocó un cincho sujetacables de color llamativo en el cuello. Semanalmente se les hizo revisión a los cinchos para evaluar su reemplazo y así evitar asfixia de los animales.



Figura 5. Recinto de alojamiento con barreras de acrílico en la cámara central. Las barreras de acrílico impidieron el contacto físico entre individuos, pero al ser transparentes y contar con orificios en su parte inferior, hicieron posible que los topillos de la pradera tuvieran contacto visual y se olfatearan.



Figura 6. Separación de topillos por parejas. Una vez que se determinó en base a los registros de los formatos de ubicación y con qué individuos convivieron los topillos de la pradera, se asignó una pareja macho-hembra en cada mitad de la cámara central y esta fue dividida con una barrera de acrílico (una cámara de nido de macho y una cámara de nido de hembra para cada pareja).