



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA

ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS Y  
VARIACION GONADAL DE Chaetodipus arenarius  
sublucidus (Rodentia: Heteromyidae) EN LA REGION  
NORTE DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA  
P R E S E N T A :  
**PATRICIA CORTES CALVA**



LOS REYES IZTACALA, MEX.

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

El dedicar un trabajo o una meta trazada  
es muy agradable, pero más lo es alcanzarla,  
logré esta meta gracias al esfuerzo, cariño  
y confianza de ustedes ... mi familia.

Con cariño dedico esta tesis a mis padres  
y hermanos.

*A la memoria de Teo*

A Baja California , porque en este lugar logré  
y experimenté situaciones diferentes.

A Mónica y Gabriel, quienes fueron un gran apoyo a mi  
llegada a La Paz.

A mis amigos de la ENEP-Iztacala, muy especialmente  
a Tania, Ania y Gerardo por su empuje, confianza y  
sobre todo su amistad.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. , por el apoyo brindado durante mi estancia en La Ciudad de La Paz, ya que me dió las facilidades para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Al M. C. Sergio Ticul Alvarez Castañeda, por la dirección y asesoramiento, pero sobre todo por el estímulo constante durante el desarrollo de esta tesis.

A los Doctores Alfredo Ortega Rubio, Gustavo Arnaud y a la M. C. Laura Arriaga Cabrera, por las facilidades brindadas para este trabajo.

A la Biól. Patricia Ramírez; Biól. Atahualpa de Sucre; Biól. Tizoc A. Altamirano; M. C. Guadalupe Martínez, por aceptar ser parte de la comisión revisora y jurado de exámen profesional. De igual manera al personal de la jefatura de Biología de la ENEP- Iztacala.

Al personal que labora en el Centro de Investigaciones Biológicas y que en alguna ocasión me ayudaron, ya sea en la limpieza de cráneos y colecta de organismos por eso y más, doy las gracias a Lidia, Franky y Ray. A Oscar Armendariz, que siempre me ayudó incondicionalmente con los dibujos, al igual que al personal de la biblioteca.

A Tita, Federico, Marcos, Enrique Troyo, Rocío Coria, Rosalía, Sra. Mary, Carmen, Sandra, Ale, y por supuesto Ale Naranjo y Ricardo Aguilar.

A toda la gente que me ayudó de alguna manera, y que se me escapa de la memoria...

Gracias.

## **CONTENIDO.**

<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>10</b>
<b>Objetivos</b>	<b>13</b>
<b>Descripción del organismo</b>	<b>14</b>
<b>Area de estudio</b>	<b>15</b>
<b>Material y métodos</b>	<b>18</b>
<b>Resultados y discusión</b>	<b>22</b>
a) Hembras	22
b) Machos	29
<b>Conclusión</b>	<b>40</b>
<b>Literatura citada</b>	<b>43</b>
<b>Apéndice</b>	

## RESUMEN

En el presente estudio se registró la variación gonadal en un ciclo reproductivo en hembras y machos de *Chaetodipus arenarius sublucidus*. Para la obtención de la condición reproductora se tomaron datos morfométricos de las gonadas en ambos sexos, recabando datos en hembras tales como, distancias de implantación, número y tamaño de embriones.

Estableciéndose que la estación reproductora tiene dos picos de actividad que ocurren en el período de Mayo y Agosto. Las hembras gestántes con un porcentaje mayor de embriones por preñez fueron las que tenían una clase de edad mayor, aunque hubo un predominio en el número de embriones de 3, para el período de mayo a junio, mientras que para el segundo pico de actividad el número de embriones se incremento a 6, debido probablemente a la presencia de recursos y a la influencia de los factores ambientales. El número promedio de embriones fué de 4.

Para los machos se determinaron los valores de abundancia de los espermatozoides en organismos catalogados como adultos y viejos, siendo el valor máximo registrado de 6 500 000/ml. en organismos activos reproductivamente, la abundancia estuvo muy relacionada con el tamaño gonadal. Referente a la morfometría de los espermatozoides se obtuvieron los siguientes valores (micras): longitud total 115-121; longitud cabeza 5.73-5.77; longitud del flagelo 61-67; ancho de la cabeza 3.29-3.31.

## INTRODUCCION

La mayoría de los estudios de dinámica de poblaciones de pequeños mamíferos, consideran que el patrón de reproducción es uno de los más importantes; los otros dos son la mortalidad y la dispersión (Krebs, 1985). Las poblaciones naturales de roedores presentan actividad reproductiva una o dos veces por año. Presumiblemente durante el período de preñez, nacimiento y lactancia, las madres y su linaje son muy susceptibles a las influencias dañinas del medio (Sadleir, 1969).

En años recientes algunos parámetros biológicos, tales como tamaño y peso del cuerpo, han sido de utilidad para establecer la condición reproductiva de los organismos (Beer y MacLeod, 1961; Leslie *et al.*, 1952), así como posición de los testículos (Baeacham, 1980; Gaines y Rose, 1976; Krebs *et al.*, 1969; McCravy y Rose, 1992; Mills *et al.* 1992).

La información que se tiene sobre la biología de la reproducción de los heterómidos desérticos *Chaetodipus*, *Perognathus* y *Dipodomys*, se ha obtenido por medio de estudios efectuados en los Estados Unidos de Norte América, destacando entre los principales trabajos los que a continuación se mencionan: Jones (1985), en condiciones de laboratorio estableció la relación entre el peso del organismo y el tamaño de camada.

Cramer y Chapman (1990), examinaron la variación estacional y la actividad reproductiva, tamaño de camada y afinidad alométrica entre la masa del cuerpo y las variables reproductivas. Eisenberg, (1963) y Jones, (1993) realizaron estudios donde registran parámetros de la historia de vida en heterómidos.

Van de Graaff (1975) menciona haber encontrado que la actividad reproductiva para machos de *Chaetodipus baileyi* del sureste de Arizona, en condiciones naturales es la siguiente, el 100 % de los machos adultos capturados de febrero a septiembre fueron reportados como organismos fértiles, mientras que los del mes de enero resultaron negativos. Las hembras se registraron reproductivamente activas de finales de año a junio; para este mismo año la reproducción se reportó como baja hasta julio y agosto, presumiblemente debido a la influencia del calor, mientras que Lewis (1973) y Reynolds y Haskell (1949) encontraron la existencia de picos de reproducción en primavera y principios de



otoño. Van de Graaff (1975) menciona que el número de cicatrices placentarias en promedio eran de 3.6 y el número de embriones de 3.5.

Con respecto a las especies endémicas de *Chaetodipus* presentes en la península de Baja California e islas del Golfo de Cortéz (Huey, 1964), son pocos los trabajos sobre reproducción, siendo mínimo el conocimiento que se tiene para ellas. Gill (1980) al trabajar en algunas islas situadas al norte del golfo de California, determinó mediante la observación de caracteres externos y medidas somáticas la condición reproductiva de algunas especies de *Perognathus* y *Peromyscus*. Mientras que Grinnell (1914) menciona haber recolectado cuatro especímenes de *C. spinatus* con embriones a lo largo del río Colorado en el mes de abril. Por lo que respecta a *C. arenarius* se desconoce prácticamente todo acerca de la ontogenia y reproducción (Lackey, 1991); sólo contando con lo reportado por Banks (1964), quien colectó ejemplares de *C. arenarius siccus* con dos embriones de 5.0 mm de longitud, pero no menciona más datos acerca de la reproducción. De los estudios realizados con heterómidos desérticos, han sido pocos los que han aportado información acerca de la variación morfológica y morfométrica de los espermatozoides en especies de *Chaetodipus* o *Perognathus*.

La mayoría de los trabajos realizados con espermatozoides en mamíferos pequeños, son de comparación morfológica, útiles para taxonomía y evolución. Entre los primeros trabajos publicados encontramos los efectuados por Friend (1936) sobre muridos; Hughes (1965) compara la morfología de espermatozoides en marsupiales; Biggers y DeLamater (1965) observan tres tipos morfológicos de espermatozoides en algunos géneros de marsupiales; Feito y Gallardo (1976; 1982) observan la variación en el tamaño de los procesos posacrosómicos en *Ctenomys*; Vitullo *et al.* (1988), Vitullo y Cook (1991), utilizaron la morfología de los espermatozoides, para la explicación de la evolución del género *Ctenomys*, y Forman (1968), trabajó con espermatozoides de murciélagos de Norte América.

Respecto a la producción de esperma, destaca el trabajo de Moller (1989), quien concluye que este se encuentra relacionado fuertemente con el tamaño del testículo. Por otra parte Dewsbury y Sawrey (1984), realizaron algunos trabajos en condiciones de laboratorio, mediante inducción hormonal en *Peromyscus*, obteniendo la productividad espermática; otros trabajos realizados sobre productividad y competencia de esperma son (Bronson y Desjardins (1977); Hubert *et al.*, 1980 y Squires *et al.*, 1979). Otra característica que establece la fertilidad de los machos son las convulsiones del epidídimo, las que indican la presencia o ausencia de esperma según lo reporta Jameson (1950).

Los estudios en México, sobre reproducción de heterómidos han sido en su mayoría con organismos que habitan lugares templados y tropicales (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993). Siendo escaso el conocimiento sobre la biología reproductiva de los heterómidos desertícolas.

En este estudio se evaluó la variación gonadal en machos y hembras en el ciclo reproductivo de *Chaetodipus arenarius sublucidus* subespecie endémica de las zonas próximas de La Paz, Baja California Sur, así como la obtención de la abundancia y morfometría de espermatozoides en las diferentes clases de edad de los machos, la actividad reproductiva de las hembras y el número promedio de camada.

## ANTECEDENTES

El tamaño de camada es uno de los parámetros más importantes para poder entender la dinámica de poblaciones y tácticas de historia de vida. Sin embargo las observaciones directas sobre el tamaño de camada o los nacimientos son prácticamente imposibles en condiciones naturales, ya que la mayoría de las especies de mamíferos pequeños, son de hábitos nocturnos. Por otro lado el tamaño de camada se puede estimar por el número de jóvenes nacidos, palpación del útero de hembras capturadas o más comunmente por el número de embriones o cicatrices uterinas (Claude, 1970). El conteo de cuerpos luteos en *Microtus californicus* (Greenwald, 1956), fué uno de los primeros trabajos realizados con esta metodología, otro el realizado con histricomorfos (Weir, 1974; Weir y Rowlands, 1973).

De los estudios realizados con heterómidos encontramos que la mayoría se han relizados con *Dipodomys ordii*, reportando actividad reproductora en hembras y machos, tomando como referencia la escrotación de los testículos y presencia de embriones (Alcorn, 1941; Bailey, 1931; Day *et al.*, 1956; Flake, 1974; Johnston, 1956; McCulloch e Inglis, 1961).

Sobre reproducción en heterómidos desertícolas en condiciones de cautiverio, se encuentran los efectuados con *Dipodomys sp.* y *Liomys pictus* (Butterworth, 1961 a y b; Chew, 1958; Day *et al.*, 1956; Eisenberg e Isaac, 1963). Hayden *et al.*, 1966, establecieron el período reproductivo en hembras y machos de *P. longimembris*. Resultando *Dipodomys* más fácil de estudiar, debido principalmente a que la mayoría de las especies de *Perognathus* y *Chaetodipus* son de hábitos solitarios y con fuerte agresión intraespecífica. Sólo algunas especies de *Perognathus* se han citado en la literatura, en condiciones de preñez, *P. californicus*, y *P. flavus*. (Eisenberg e Isaac, 1963). Los patrones ambientales han sido uno de los obstáculos principales a controlar para tener éxito en la preñez de los animales (Day *et al.*, 1956).

Muchos experimentos han evidenciado la relación entre la disponibilidad del alimento y los sucesos reproductivos en los pequeños mamíferos. El principio fundamental es la energía limitada en las hembras, destinada para la reproducción, decreciendo el porcentaje de preñez y de recién nacidos, observándose una disminución en el peso de la hembra durante la lactancia

(Bendell, 1959; Zedja, 1962; Pinter y Negus, 1965; Watts, 1970; Millar, 1975 y Fairbairn, 1977). Numerosos estudios indican que los costos energéticos son mayores en la lactancia que durante la gestación (Millar, 1975; Randolph *et al.*, 1977; Studier, 1979; McClure, 1987; Weiner, 1987; Glazier, 1990).

Martin y MacLarnon (1985; 1988), al trabajar con mamíferos placentarios determinaron tres grupos de estrategias reproductivas (altriciales, intermedios y precociales). Los organismos, que presentan estrategia altricial son los tienen período de gestación relativamente corto, cuyas camadas son múltiples (tres o más) con un largo período del estadio juvenil, ejemplo de ello son los insectívoros, algunos roedores y carnívoros, mientras que los organismos con períodos largos de gestación, tienen estrategia precocial, siendo especies con corto período juvenil (cetáceos, artiodactilos) existiendo variación para algunos grupos los cuales se sitúan dentro de las estrategias intermedias siendo el caso de algunos carnívoros (Pointer *et al.*, 1993). El período de gestación es corto para las especies de lugares con latitud norteña, en comparación a las ubicadas al sur. El tamaño medio de camada en algunos mamíferos está fuertemente relacionado con la latitud, conforme aumenta la latitud se incrementa el número de camada (Lord, 1960). Estudios comparativos de patrones de crecimiento en mamíferos han considerado la asociación ecológica y ambiental al crecimiento postnatal (Case, 1978; Millar, 1977; Millar y Gyug, 1981), pero se ha descuidado la consideración de que el crecimiento sea una variable fundamental en la evolución de las tácticas demográficas de los mamíferos (Gittleman y Oftedal 1987; Gaillard *et al.*, 1989).

El propósito de este estudio es dar a conocer parte de la biología de la reproducción de *Chaetodipus arenarius subluclidus*, especie endémica de Baja California, siendo el conocimiento de la biología de reproducción de los heterómidos desertícolas muy escaso, acentuándose aún más para la península de Baja California, donde es prácticamente desconocida. Aportando información que hasta el momento es nueva para estos organismos; así como la aplicación de metodologías poco usuales en mamíferos, como lo son los índices gonadosomáticos, que comúnmente son utilizados para la determinación de la condición reproductiva en reptiles. Además se toma como parámetro importante del patrón reproductivo de los machos la abundancia de espermatozoides.

En años recientes, se ha incrementado la atención hacia los diferentes parámetros biológicos del tamaño del cuerpo y su relación con la biología reproductora en las diferentes especies de mamíferos, puesto que es una

necesidad obvia, la acrecentación de métodos para el entendimiento de éste proceso biológico, de ahí nuestro interés para la realización de este trabajo.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL.

Sintetizar el estudio de la biología reproductiva de *Chaetodipus arenarius sublucidus*, para la región norte de La Paz, Baja California Sur, México.

### OBJETIVOS PARTICULARES.

En las hembras

- Determinar el período reproductivo de la especie, así como número promedio por camada.

- Integrar la información sobre las regiones del útero donde se implantan los embriones.

- Realizar un análisis de variación de la talla, peso y volumen de los embriones.

En los machos

- Realizar una relación entre la variación del número de espermatozoides y el volumen testicular.

- Analizar si la variación en el tamaño de los testículos se encuentra en relación a los períodos reproductivos.

- Describir la morfología y morfometría de los espermatozoides.

## DESCRIPCION DEL ORGANISMO

*Chaetodipus arenarius* es un ratón que pertenece a la familia Heteromyidae, cuya característica principal es la presencia de abazones; siendo organismos de tamaño medio (150 a 180 mm.); dorsalmente el cuerpo presenta una coloración jaspeada, éste efecto es provocado por el tamaño y disposición de los colores a lo largo del pelo, pues las tonalidades se presentan a manera de segmentos variando de blanquecinos, grisáceos y cafés, desde la parte proximal del pelo a la región distal de éste, la textura del pelo se presenta de semi-suave a suave (Huey, 1926), no teniendo cerdas en las caderas, aunque ocasionalmente presenta "espinas débiles" (Osgood, 1900, 1907). La línea lateral está poco marcada.

Las orejas son pequeñas (8 a 9 mm.), de coloración café clara; la cola relativamente más grande que el cuerpo (74 a 104 mm.) más del 50 % de la longitud total, en su porción terminal cuenta con abundantes pelos a manera de "mechón"; su coloración dorsal es café oscuro. Ventralmente presenta tonalidades claras (blancas a cremosas); las extremidades traseras son grandes (la pata mide 22 a 24 mm.) en comparación con las delanteras, a partir de la región media de la tibia a las uñas tienen una coloración clara similar a la presentada a la región ventral (Hall, 1981).

Son de hábitos nocturnos y fosoriales, siendo característicos de ambientes áridos con suelos arenosos (Naranjo *et al.*, en elaboración). Su distribución geográfica abarca casi toda la Península de Baja California a excepción de las costas del Pacífico, norte de San Quintín, la Sierra de Juárez y San Pedro Mártir, en la parte centro-norte de la Península, así como el sureste del golfo de California, (Alvarez-Castañeda y Cortés-Calva, enviado; Lackey, 1991).

*Chaetodipus arenarius sublucidus*, hasta antes del presente trabajo solamente se ha reportado, de la localidad tipo, en las inmediaciones de la Ciudad de La Paz (Alvarez-Castañeda y Cortés-Calva, enviado; Hall, 1981).

## AREA DE ESTUDIO

Las áreas seleccionadas para este estudio se localizan al norte de La Paz, Baja California Sur, México, las cuales son: "El Centenario" ubicado a los  $24^{\circ} 04'$  latitud Norte y  $110^{\circ} 25'$  longitud Oeste, "El Comitán" ubicado a los  $24^{\circ} 05'$  latitud Norte y  $110^{\circ} 21'$  longitud Oeste y "Brisamar"  $24^{\circ} 11'$  latitud Norte y  $110^{\circ} 30'$  longitud Oeste, pertenecientes al municipio de La Paz. En el apéndice 1 se nombran todas las localidades de colecta (Figura 1). Zoogeográficamente el área

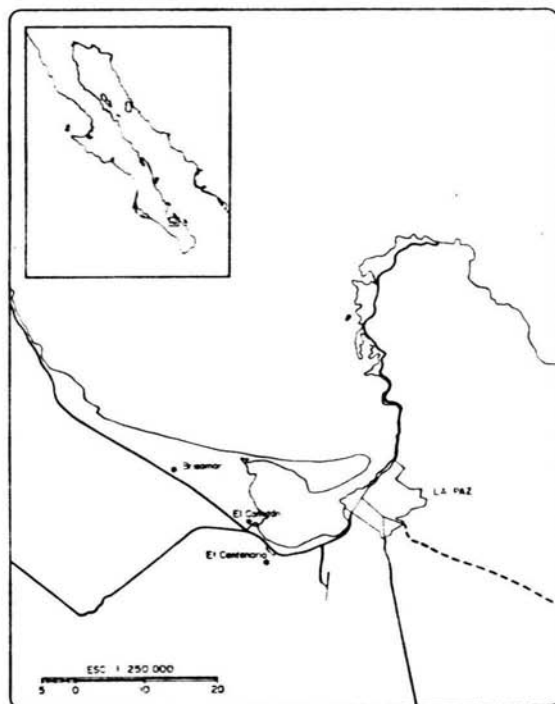


Figura 1. Area de estudio.



se ubica dentro de la provincia biótica de Baja California, en los límites de las zonas austral y boreal (Goldman y Moore, 1946).

Fisiográficamente el área es una llanura aluvial formada desde el Pleistoceno por acumulación de material derivado de roca granítica, proveniente de la Sierra de La Laguna (Hammond, 1954). En esta región se presentan pocas elevaciones, ubicándose entre las zonas tropical y árida, mientras que las laderas montañosas existentes entre La Paz y Cabo San Lucas se localizan dentro de la zona austral (Goldman y Moore, 1946).

Los suelos del "Comitán" son considerados como xerosoles y yermosoles según la clasificación FAO/ UNESCO 1968 modificada por Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) en 1970, (CETENAL, 1975). Predominantemente los colores son claros con texturas gruesas. De acuerdo con la carta edafológica de la Secretaría de Programación y Presupuesto (1983), el suelo en el área del Comitán es de tipo regosol eútrico (sin horizontes diferenciados), con una clase textural migajón-arenosa, areno-migajosa y con un porcentaje de materia orgánica de 2.63 %, mientras que los tipos de suelo del Centenario y Brisamar son del tipo Yermosol háplico y regosol calcárico con una textura gruesa. La descripción de este suelo fue corroborada en los laboratorios del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

La precipitación ocurre en dos períodos, el mayor volumen durante el verano y otro durante el invierno; en las diferentes áreas de muestreo se presenta un clima muy árido, seco cálido, con precipitación invernal superior al 10% del total anual (García, 1981); la precipitación total anual es de 185 mm y la temperatura media anual es de 28° C, el invierno es fresco sin registro de heladas.

Según datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, gerencia estatal en Baja California Sur, estación climatológica La Paz, durante el período de 1993, la temperatura media anual fué de 24.07° C y una precipitación total anual de 176.7 mm. (Figura 2).

En general la vegetación corresponde a matorral sarcocaula que se caracteriza por la presencia de especies de tallo carnoso y grueso, generalmente retorcido y algunas con corteza papirácea. Arbustos que llevan hojas micrófilas y plantas anuales que crecen sólo en temporada de lluvias. Las comunidades de plantas silvestres más representativas son: *Pachycereus pringlei* (cardón), *Stenocereus gummosus* (pitaya agria), *Cercidium praecox* (palo verde), *Olneya teosota* (palo fierro), *Fouquieria diguetii* (palo de Adán), *Bursera microphylla* (torote), *Prosopis*

## DATOS CLIMATICOS Estación La Paz

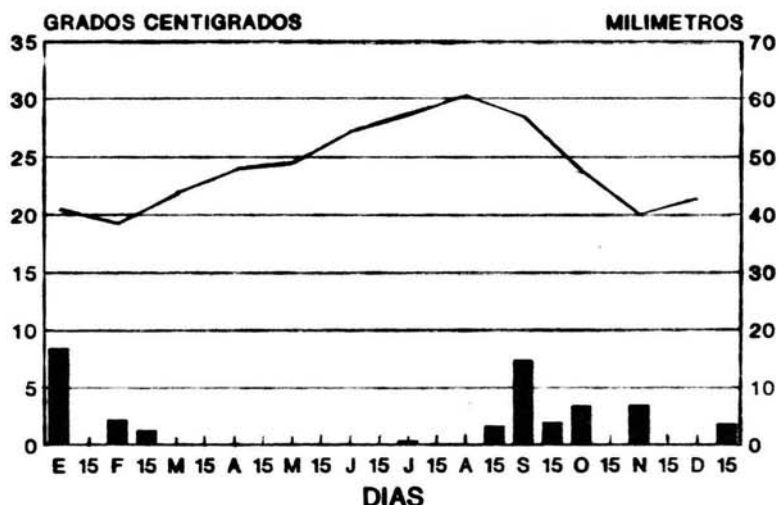


Figura 2. Datos climáticos de la estación meteorológica de La Paz, donde se representa la Temperatura media y la precipitación ocurrida a lo largo de 1993

*articulata* (mezquite), *Larrea divaricata* (gobernadora), *Agave datiljo* (lechuguilla) y *Jatropha cinerea* (lomboy).

Aunque también se intentó la colecta de esta especie en otros tipos de vegetación, como son: agrupaciones costeras, donde las especies más representativas fueron: *Abronia maritima*, *Amaranthus watsonii*, *Jouvea pilosa*, *Haplopappus sonorencis*, *Palaphoxia linearis*, *Euphorbia leucophylla*, *Croton californicus*, *Psorothamnus emoiyii* y *Jatropha cinerea*.

Se han registrado 134 especies de plantas pertenecientes a 44 familias y 107 géneros agrupados según su fórmula de crecimiento en árboles, arbustos, herbáceas anuales, suculentas, trepadoras y parásitas; las familias más representativas son Euphorbiaceae, Cactaceae y Leguminosae (León de la Luz y Coria, en prensa).

## MATERIAL Y METODOS

Los muestreos se realizaron mensualmente en un período anual, en tres zonas diferentes principalmente, la zona considerada con vegetación original fué la del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. (CIB) en esta área se eligieron dos sitios de colecta; para Brisamar y Centenario se consideraron tres sitios de muestreo (Apéndice 1).

Se establecieron 2 transectos aleatorios, por cada zona de muestreo, en cada uno de los períodos, colocando de 30 a 40 trampas tipo Sherman (8 X 9 X 23 cm) en cada transecto, para la recolecta de los organismos. La distancia establecida entre cada trampa fué de 10 m. Los transectos fueron puestos por la tarde dejándose durante la noche para ser revisados y recogidos a la mañana siguiente, para la colecta se utilizó hojuelas de avena.

Después de revisar las trampas, se realizó una selección de los organismos capturados, liberando los que no pertenecían al género *Chaetodipus*. Posteriormente fueron transportados vivos al laboratorio de vertebrados del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C.

En el laboratorio fueron sacrificados por dislocación en la columna vertebral. Posteriormente se procedió a la toma de las medidas somáticas: longitud total, longitud cola, longitud pata, longitud oreja (Anthony, 1950; Hall, 1962, 1981; Gaviño *et al*, 1982), siendo pesados en una balanza semianalítica (Galaxy 110, DHAUD) y sexados.

Se efectuaron observaciones para establecer la condición reproductiva externa para ambos sexos, como son: desarrollo de las glándulas lactogenas y ausencia de pelo alrededor del pezón, en las hembras y para los machos la escrotación de los testículos. Una vez efectuada esta observación se procedió a la disección (Setzer, 1963), extrayéndose el aparato reproductor completo para ambos sexos.

La separación del aparato reproductor se realizó por medio de una incisión en la parte baja del vientre, colocándolo inmediatamente en solución fisiológica, para la conservación del tejido, y en el caso de los machos la observación posterior de los espermatozoides.

La determinación de la edad de los organismos se basó en el desgaste del esmalte del tercer molar superior, estableciéndose cuatro clases de edad (Pearson, 1992).

1) Juveniles. Los organismos no presentaban en uso el tercer molar, notándose perfectamente las zonas oclusales.

2) Subadulto. Organismos que presentaban un desgaste mínimo en las cúspides del tercer molar.

3) Adulto. El organismo presentó desgaste mayor en el esmalte del tercer molar, las cúspides se encontraban achatadas.

4) Viejos. Cuando el desgaste del esmalte era notorio y las cúspides de las piezas dentarias habían desaparecido.

*En los machos:* La condición reproductiva externa se estableció con base a la escrotación de los testículos. Una vez disectados se extrajeron los testículos, para posteriormente registrar los datos morfométricos (largo y ancho) con un vernier digital (digimatic, Mitutoyo) registrando hasta décimas de milímetro.

La estimación del peso gonadal se determinó para el testículo incluyendo al epidídimo (g), con ayuda de una balanza analítica (E4000D, OHAUD) y ulteriormente fueron fijados en formol al 10 %.

La obtención del esperma fué mediante la maceración del epidídimo junto con un mililitro de solución fisiológica, de esta disolución se utilizó una alícuota de 0.00025 ml, éste volumen corresponde a la capacidad de la Cámara de Neubauer, los conteos se realizaron tomando como referencia las cabezas de los espermatozoides, calculando de esta manera el número de células por mililitro de esta disolución. Para la determinación de la morfometría y morfología se eligieron al azar tres organismos adultos, realizándose laminillas, midiendo 10 espermatozoides, por cada organismo. Para lograr una mejor diferenciación de las estructuras de los espermatozoides se tiñeron con Giemsa (Gaviño *et al.*, 1982; Knudsen, 1966; Watson, 1975), utilizándose para su observación un microscopio de contraste diferencial de interferencia con adaptación de una cámara clara (Carl Zeiss); registrando medidas de los espermias con base al criterio establecido por Forman (1968).

Los testículos fueron colocados en solución fijadora de formol al 10 %, posteriormente cambiados a alcohol al 70%

A las medidas obtenidas de los espermatozoides se les aplicó una prueba estadística t de student (Steel y Torrie, 1988), así como la obtención del volumen testicular, (Jones, 1970; Estrada-Flores *et al.*, 1990):

Volumen testicular.  $V = 4/3 a^2 b$

Donde a = 1/2 del ancho del testículo

b = 1/2 del largo de la gónada

y los siguientes índices gonado-somáticos, Guillete y Casas-Andreu, (1980):

**IGS-P Índice Gonado-Somático de Peso.** Es la relación porcentual entre el peso de la gónada (incluyendo el epidídimo) y el peso del organismo.

$$\frac{\text{Peso gonadal} \times 100}{\text{Peso total del organismo}}$$

**IGS-V Índice Gonado-Somático de Volumen.** Es la relación porcentual entre el volumen testicular y la relación con el tamaño del cuerpo.

$$\frac{\text{Vol. testicular} \times 100}{\text{Longitud del cuerpo}}$$

*En las Hembras:* se registró su condición reproductiva externa mediante la observación del desarrollo de las glándulas lactógenas; para la determinación de la condición reproductiva interna se disectó todo el aparato reproductor, el cual se puso en solución fisiológica (ABBOTT), para hacer una revisión del mismo, con la ayuda de una lupa estereoscópica se establecieron las distancias de implantación, así como su cuantificación; tomando como referencia a las trompas de Falopio, en algunos casos fué necesario teñir el útero con un colorante vital

(azul de metileno) para una mejor diferenciación celular; registrando la longitud (mm) de los ovarios con el vernier digital.

Cuando se encontraron embriones fueron extraídos, anotando su posición y número de acuerdo a los objetivos, la medida somática se tomó de la región cefálica a la región caudal; siendo pesados para ser etiquetados y preservados en una solución de alcohol al 70 %

Para las hembras se establecieron los siguientes índices:

**ISC.** Índice Somático de Camada, en el cual se determinó el peso de los embriones y su relación con el peso de la hembra.

**Peso de Embriones X 100**

---

**Peso total de la Hembra**

**DPO.** Diámetro promedio de los Ovarios, obteniendo la relación entre el largo más el ancho de los ovarios derecho e izquierdo.

**Largo + Ancho de los Ovarios**

---

2

## RESULTADOS Y DISCUSION

Con respecto a la actividad reproductiva de la hembras durante el período de estudio, se registro para los meses de colecta lo siguiente: En febrero, las hembras capturadas tenían edad dos (subadultas), presentaron cicatrices poco notorias. En marzo la mayoría tenían edad cuatro (Viejo), con cicatrices uterinas. En abril, no se obtuvieron ejemplares. En mayo, los organismos capturados, en su mayoría fueron subadultos, en subadultos y adultos se registró la presencia de embriones. A principios de junio sólo los organismos viejos presentaron embriones, de dos a cinco. En julio se capturaron organismos viejos, los cuales tenían embriones con desarrollo avanzado, el número de embriones encontrados fué de cinco; para agosto se colectaron organismos viejos con el mayor número de embriones, fluctuando entre seis y siete; los ejemplares colectados en septiembre y octubre fueron viejos, el 50% de estos, tuvieron cicatrices en el útero, mientras que el otro 50% no mostró evidencia de actividad, no presentaron embriones. En noviembre y diciembre, no se capturaron hembras (Tabla 1).

Analizando los resultados de este estudio, podemos inferir que la actividad reproductiva de las hembras de *Chaetodipus arenarius sublucidus* se inicia a

MESES	# Trampas	ORG TOT	% Mach	% Hemb
FEB	55	9	67	33
MAR	167	22	55	45
ABR	425	0	0	0
MAY	234	26	42	58
JUN	301	30	70	30
JUL	60	6	67	33
AGOS	27	1	0	100
SEPT	120	25	56	44
OCT	124	12	58	42
NOV	40	2	100	0
DIC	75	1	100	0

Tabla 1. Se muestra el número de organismos capturados (hembras y Machos) a lo largo del período de muestreo

partir del mes de marzo culminando a finales del mes de agosto, comparativamente se sigue un patrón similar con lo reportado en otros trabajos de reproducción con heterómidos (Cramer y Chapman, 1990; Hayden *et al.*, 1966; Van de Graaff, 1975).

Los sitios de implantación, se obtuvieron del número modal de cicatrices presentes en los diferentes úteros revisados, dando como resultado siete sitios de implantación (Tabla 2), con una distancia promedio entre cada una de ellas de 2 milímetros; se elaboró un histograma de frecuencias, donde se obtiene una curva que es muy próxima a una distribución normal (Figura. 3), se considera en este trabajo, que el número máximo teórico de posibles implantaciones es de siete, aunque esto no implica, que deban de ser ocho embriones por lado por parto, ya que como se pudo observar a lo largo de este estudio, en algunas ocasiones que las hembras preñadas llegaron a tener a los neonatos en las trampas, al ser posteriormente sacrificadas se observó un número mayor de cicatrices uterinas, que de crías; de ahí que se considere que ésta metodología tiene que reajustarse, y considerar la mortalidad prenatal para poder estimar el tamaño de camada coincidiendo con lo reportado por (Innes y Millar, 1987), quienes comparan metodologías para la determinación reproductiva en roedores. Sin embargo el conteo de cicatrices es una de las metodologías más utilizadas, debido a que es muy difícil establecer las variables reproductivas en condiciones naturales para pequeños mamíferos, pero no se tiene un criterio uniforme para llevar a cabo el

conteo, en la mayoría de los trabajos sobre reproducción consideran variables cualitativas, tales como la coloración y posición de la cicatriz en el útero, de ahí que existan diferencias en la interpretación de estas, variando el criterio en cada persona. Considerando los diferentes valores de los sitios de implantación obtenidos, se cree que éste número refleja claramente la estrategia reproductiva y el alto potencial en la reproducción de los roedores. Otro punto importante que debe ser contemplado es la relativa rapidez de reabsorción de las implantaciones en los

int. clase	frec.
1.3	1
3.32	10
5.34	13
7.36	13
9.38	8
11.4	3
13.42	4
15.44	1

Tabla 2. distancias obtenidas del número modal de las cicatrices de implantación, presentes en los úteros revisados



heterómidos (Duke, 1957), en comparación con otros mamíferos (Brown y Conaway, 1964).

A lo largo de este trabajo, se observaron distintos grados de desarrollo en los embriones, de igual manera pudimos darnos cuenta que el número de implantaciones con desarrollo temprano eran numerosas y conforme avanzaba su crecimiento existió una tendencia a la disminución en número, o en algunos casos su crecimiento era más lento, atribuyéndolo a la posición de la implantación en el útero. Observaciones hechas en laboratorio reflejaron que la mayoría de las implantaciones que se encontraban muy cercanas al ovario o muy cercanos a la base del útero, eran las que se reabsorbían.

Por otra parte al efectuar la relación matemática entre las distancias de implantación se obtuvo que están definidas en ocho sitios diferentes, los sitios más frecuentemente registrados con cicatrices, fueron a partir de 2.3 mm hasta 8.3 mm de longitud del útero en relación al ovario.

## IMPLANTACIONES

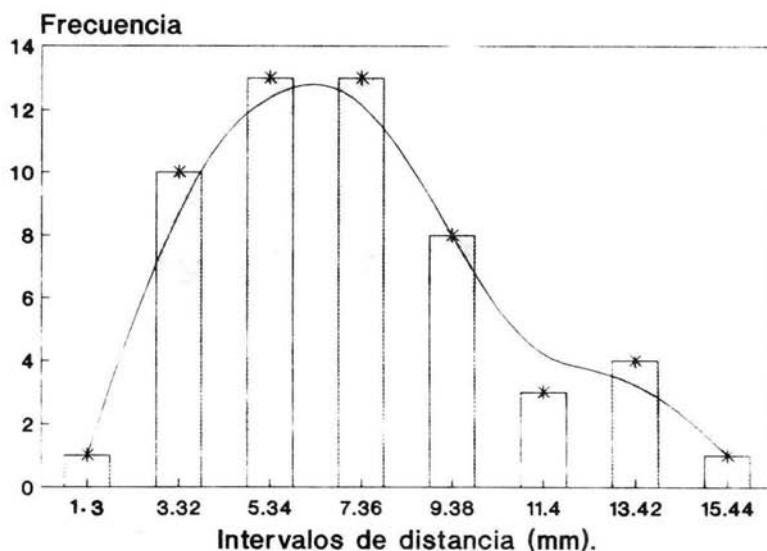


Figura 3. Muestra las distancias de las cicatrices uterinas

Por lo que corresponde al número promedio de camada, y conforme a los datos recabados en el muestreo, *C. arenarius sublucidus* tuvo 4.3 embriones, con picos de actividad en los meses de Mayo y agosto. El número de camada concuerda con lo reportado por algunos autores (Brown, 1993; Conley *et al.*, 1977; Cramer y Chapman, 1990; Genoways y Jones, 1993; Hall, 1946), los cuales señalan que el tamaño de camada en los heterómidos desertícolas varía de 2.4 a 5.3.

Los datos climáticos de la zona, mostraron que este no fué un año típico, a pesar de que durante la época fría se registraron lluvias (enero y febrero), presentándose una mayor precipitación a partir de agosto (figura. 2); lo que afectó a la producción primaria. Se estima que en años con productividad primaria alta en la zona, el número de camada podría aumentar, esto debido a una mayor presencia de embriones para los meses donde la precipitación empezó a ser constante. La actividad reproductora de *Chaetodipus arenarius* se inicia en el período de secas, pero los mayores valores en cuanto al número de nacimientos se presentaron cuando iniciaron las lluvias existiendo mayor cantidad de semillas disponibles para los juveniles, corroborando esta idea con los trabajos, que se han realizado para otras especies de heterómidos (Beatley, 1974; Bradley y Mauer, 1971; Chew y Butterworth, 1964; Kenagy y Bartholomew, 1985; Maza *et al.*, 1973; Reichman y Van de Graaff, 1975; Reynolds, 1958; Van de Graaff y Balda, 1973 y Zeng y Brown, 1987).

Las condiciones ambientales, tienen una importancia notoria, en la dinámica de poblaciones, la cual fluctúa de igual manera que la reproducción, atribuyéndose como principal factor limitante a la lluvia, la que tiene una asociación positiva con la productividad de las plantas y semillas (Beatley, 1974; Brown, 1975; Brown *et al.*, 1979; Conley *et al.*, 1977; French *et al.*, 1974; Hafner, 1977; Hillel y Tadmor, 1962; Munger *et al.*, 1983; Petriszyn, 1982; Price, 1978; Reichman y Van de Graaff, 1975 y Rosenzweig, 1968) afectando directamente al nacimiento de los organismos, así como no permitir la viabilidad de los embriones.

Referente al número de hembras preñadas, estas no estuvieron numericamente representadas a lo largo del muestreo, pero observamos que el mayor número de embriones se encontró a finales de julio y agosto, para éste período se hallaron hasta siete embriones, los cuales presentaban un desarrollo muy avanzado, próximos al nacimiento, en estos meses la precipitación empezaba a ser abundante, de esta manera relacionamos el nacimiento de los

organismos con el desarrollo de la vegetación, considerando este comportamiento como una táctica para el incremento de la población en los períodos favorables, (Brown y Harney, 1993; Reznick, 1985).

Otra relación que se estableció y que creemos de importancia es la edad de la madre con el número de embriones, las observaciones hechas en laboratorio, nos permiten inferir que organismos con edades avanzadas (edad 4) tienen la capacidad de presentar un mayor número de embriones, además de ser los organismos con pronta evidencia de preñez a principios de año, conforme fué transcurriendo el tiempo, se empezó a observar que organismos con edades menores evidenciaban actividad reproductiva, pero esto ocurrió en los meses intermedios del año (junio y julio).

La relación entre el número y la longitud de los embriones por preñez, ha sido muy discutida por algunos investigadores (Loeb y Schwab, 1987); para *C. arenarius subhucidus*, se estableció una relación positiva entre estas dos variables; para el mes de mayo, los valores de longitud y peso del embrión fueron altos, pero el número de embriones fué menor que los encontrados en agosto, sin embargo se considera que son variables aleatorias, pues como ya se mencionó, la disponibilidad del alimento influye directamente, por lo que no necesariamente, hembras con menor número de embriones tendrán embriones de gran tamaño o viceversa. En los embriones encontrados existió una relación positiva ( $r = 0.95$ ), entre el peso y la longitud.

Con los índices propuestos para las hembras, obtuvimos que la variación en el tamaño de la gónada nos brinda indirectamente la actividad reproductora de los organismos.

Para el diámetro promedio del ovario se tomaron en cuenta a todas las hembras con actividad reproductiva (presencia de cicatrices, implantaciones y embriones) y sin actividad. Al comparar ambas gráficas nos damos cuenta que presentan el mismo comportamiento, existiendo un ligero incremento para las que se encontraban activas. Analizando la Figura 4, podemos darnos cuenta que existe un incremento en la masa del ovario, de febrero a agosto, aunque no se colectaron hembras para abril, acentuándose éste en agosto, decreciendo drásticamente para septiembre. En octubre se recuperó muy poco y en los siguientes meses no se registraron datos de reproducción.

A pesar de que los datos que se muestran en éste trabajo son a partir del mes de febrero, son lo suficientemente representativos para tratar de conocer el

patrón reproductivo de la especie, a principios de año los organismos que primeramente mostraron evidencia en la actividad reproductiva fueron los organismos viejos, lo cual es lógico, si tomamos como referencia que las poblaciones se conforman primariamente por organismos adultos, que realizan la eficiencia forrajera, almacenamiento de semillas, torpor facultativo, dispersión evitando al predador y reproductivamente cuentan con una maduración gonadal. El que se presentaran organismos con edades mayores se atribuye al forrajeo, ya que estos organismos entran en estado de torpor fácilmente, característica común de los miembros del género (French, 1993)

O' Farrell *et al.*, (1975) reportó para *Perognathus parvus* un período de actividad de dos a tres meses a lo largo del año, los primeros en emerger, fueron los machos, seguidos en turno por las hembras a principios de la primavera, mencionando que en años con lluvias constantes y alta productividad de plantas, las hembras adultas tienen dos camadas, por lo tanto los datos suponen que el aletargamiento esta dado por eventos ambientales, entre los sexos y las clases de edad.

## Diámetro promedio del ovario

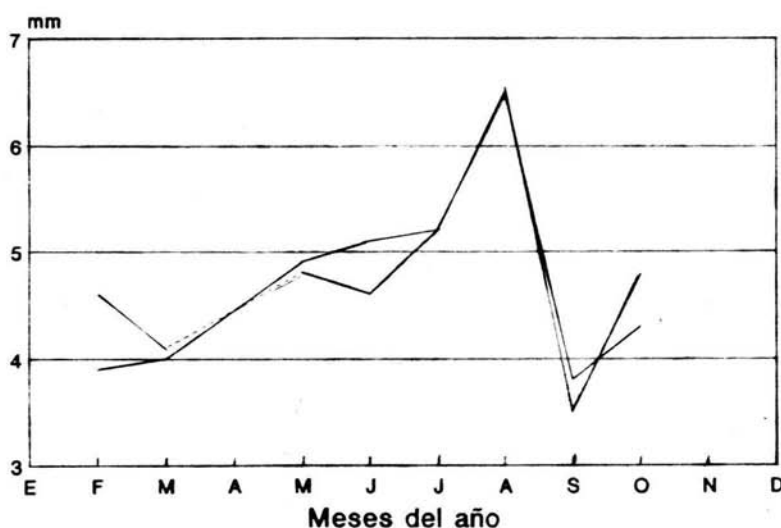


Figura 4. Diámetro promedio del ovario en todas las hembras (línea gruesa) y con actividad (Línea delgada).

Lo obtenido para *C. arenarius sublucidus*, hace suponer que tiene un comportamiento similar y que este organismos empieza a mostrar actividad reproductora en la época seca, para poder explicar parte del patrón reproductivo, se tienen que considerar varios factores, que van desde la gran adaptabilidad fisiológica de estos organismos a ambientes áridos, factores ambientales, ámbito hogareño, etc, ya que como lo reportan los trabajos hechos con *P. inornatus*, en condiciones de cautiverio, la emergencia es provocada por un calentamiento del suelo, observándose que los machos son más sensitivos a cambios térmicos, que las hembras, este comportamiento se ha observado en especies hibernantes (Kenagy, 1973).

El diámetro promedio del ovario (DPO), reflejó la variación que ocurre en la masa del tejido gonadal, para que hubiera cambios de tamaño, debió presentarse aumento celular y aumento en la concentración hormonal (Pearson, 1992; Zucker *et al.*, 1980). Al incrementarse la masa celular existe producción de ovocitos, pero cuando existen condiciones adversas, el organismo es capaz de reabsorber tanto óvulos, como implantaciones, en términos energéticos, se da un ahorro de energía (Morton *et al.*, 1982).

A partir del mes de septiembre el DPO decrece, muy posiblemente porque ha llegado a su término el período reproductivo, empezando a haber cambios fisiológicos tales, como inicio del torpor y como consecuencia muy posiblemente la regresión gonadal (Kenagy, 1973; O' Farrell *et al.*, 1975).

MESES	MEDIA DPO
FEB	3.98666
MAR	4.030833
ABR	0
MAY	4.808571
JUN	4.614166
JUL	5.21
AGOS	6.5225
SEPT	3.87166
OCT	4.36625
NOV	0
DIC	0

Tabla 3. Se muestran los valores del diámetro promedio del ovario a lo largo del muestreo.

Como ya se mencionó anteriormente, los valores más altos obtenidos en el DPO, correspondieron a organismos que tenían embriones, este índice nos refleja indirectamente la presencia de embriones (Tabla 3), de ahí que se indiquen dos posibles camadas para el año de 1993.

Referente al índice somático de camada (Figura 5), este reflejo el valor porcentual del peso del embrión en relación a la madre, notando que empezó a incrementarse a partir del mes de mayo

MESES	% PESO
	EMBRIONES
FEB	****
MAR	****
ABR	****
MAY	8.34
JUN	6.969
JUL	1.054
AGOS	11.052
SEPT	****
OCT	****
NOV	****
DIC	****

\*\*\*\* NO  
EMBRIONES

Tabla 4. Valores que muestran lo obtenido con el índice somático de camada, representándose el porcentaje del peso de los embriones en relación con el de la madre.

cuyo valor fué de 8.34 %, para el mes de agosto se obtuvo un valor de 11.05 % (Tabla 4), de ahí que se establezcan dos posibles picos de actividad durante este año, ya que fueron los períodos en los cuales los embriones representaron un mayor porcentaje de peso en las hembras, y muy posiblemente estuvieran próximos los nacimientos.

El tiempo aproximado de gestación en estos organismos es parecido al reportado por Einseberg (1963); Jones (1993), quienes reportan un tiempo de gestación de 23 a 27 días en las subfamilias Heteromyiinae y Perognathinae, en este trabajo no se pudo determinar este parámetro, ya que es muy difícil, observar todo el proceso reproductivo debido a las características conductuales de los organismos.

## EN MACHOS

Debido a que tanto ejemplares con edades juveniles (1), subadultos (2) representarán el 27.24% de organismos capturados y los viejos (4) el 16.18%, no se consideraron en el análisis matemático, debido a su baja representatividad para inferir su actividad reproductora, mientras que para las hembras esta clase de edad estuvo representada en la mayoría de los meses.

Los datos de volumen testicular obtenidos en las clase de edad adulta (3), muestran la condición de la masa testicular del organismo a lo largo del tiempo, observando que no sufre un cambio notorio el tamaño de la gónada durante los meses de Febrero y Marzo (Figura 6), en abril, no se contó con datos de reproducción, pero se observó un incremento a partir del mes de mayo y Junio, decreciendo un poco en julio, durante el mes de agosto no se colectaron organismos correspondientes a la clase tres. En octubre y noviembre se registraron los valores más bajos de volumen en la gónada (Tabla 5). Para el índice gonado-somático de volumen IGS-V, (Figura 7) en el cual están

relacionados, el volumen testicular y el tamaño del organismo, se observó comportamiento similar.

Haciendo una relación entre el comportamiento del volumen testicular, el IGS-V y la abundancia de los espermatozoides (Figura 8), se observó que durante los primeros meses la abundancia de espermatozoides fué semejante, mientras que para mayo disminuyó el número, casi un 50 %, en junio se incrementó, habiendo un máximo para julio; tanto para abril como para agosto no hubo registro. Por observaciones hechas en laboratorio durante estos meses, se pueden establecer algunas relaciones, ejemplo de ello es la abundancia de los espermatozoides con las convoluciones del epidídimo, estas dos variables estuvieron estrechamente ligadas; al establecer la relación entre el volumen testicular y el número de espermatozoides, en los primeros meses tanto volumen testicular como abundancia de espermatozoides se mantuvieron constantes, pero en mayo el número de espermatozoides desciende, caso contrario al del volumen, esto no quiere decir que no exista una relación positiva entre estas dos variables. Moller (1989) y Harvey y Harcourt (1984) opinan que testículos más grandes tienen una mayor producción de esperma que los de menor tamaño, aportando una ventaja selectiva asociada con la inseminación múltiple.

Esta posible condición de la disminución en el mes de mayo, pudo deberse a la actividad reproductora en los organismos en ese período, encontrando una

MESES	MEDIAS		
	VOLTES	IGS	IGS-V
FEB	49.9	0.46	39.42
MAR	47.4	0.74	69.55
ABR			
MAY	55.3	0.80	74.18
JUN	56.6	0.75	74.42
JUL	50.7	0.75	72.33
AGOS			
SEPT	45.9	0.44	61.95
OCT	20.9	0.25	28.26
NOV	19.4	0.12	23.94
DIC			

Tabla 5. Índices calculados para los machos por meses. Volumen testicular (Voltes), índice gonadosomático (IGS-P) e índice gonadosomático de volumen (IGS-V).

## INDICE SOMATICO DE CAMADA

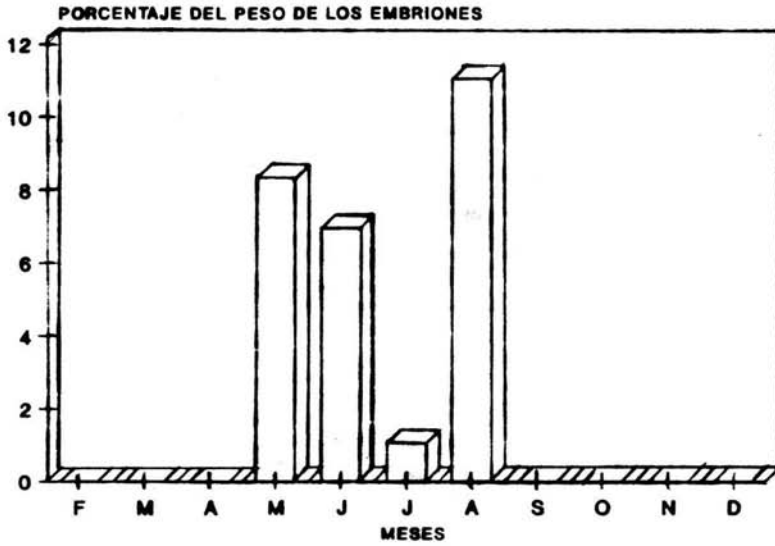


Figura 5. Índice somático de camada, donde se muestra el porcentaje del peso de los embriones en el período reproductivo.

## VOLUMEN TESTICULAR

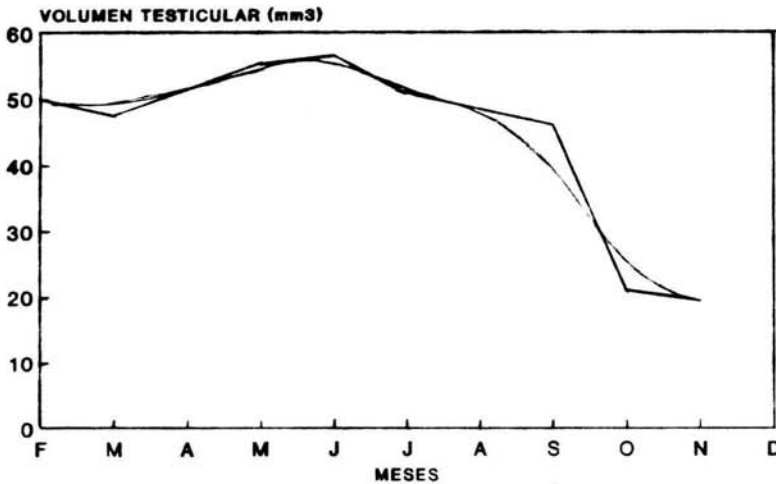


Figura 6. Representa los valores obtenidos del Volumen testicular en los machos adultos a lo largo del período de estudio (línea gruesa)



relación inversamente proporcional entre número de espermatozoides y eyaculaciones.

De los estudios efectuados para heterómidos, enfocados al conocimiento sobre tácticas reproductivas, encontramos el de Maza *et al.*, (1973), quienes reportan que los machos de *C. formosus*, presentan una gran movilidad, cuando estos se encuentran en período de actividad sexual, sugiriendo poliginia o promiscuidad, teniendo rangos hogareños más grandes que las hembras. Se considera que *C. arenarius*, posiblemente tenga esta misma estrategia reproductiva, ya que a lo largo del muestreo se capturó un mayor número de machos (60.45 %) que de hembras (39.55 %; Figura 9). No se cuenta con algún estudio que avale de alguna manera esta aseveración, de tal manera se infiere que el patrón puede ser semejante.

En la figura 10 se muestra la gráfica del índice somático de peso (IGS-P), donde se observa un incremento en el mes de marzo, mientras que para mayo éste es un poco mayor, notándose un decremento en el mes de junio, hasta julio se mantiene más o menos constante. Este comportamiento está en estrecha relación con el período de secas de la región (Figura 2) existiendo una

### INDICE GONADOSOMATICO DE VOLUMEN EN MACHOS ADULTOS

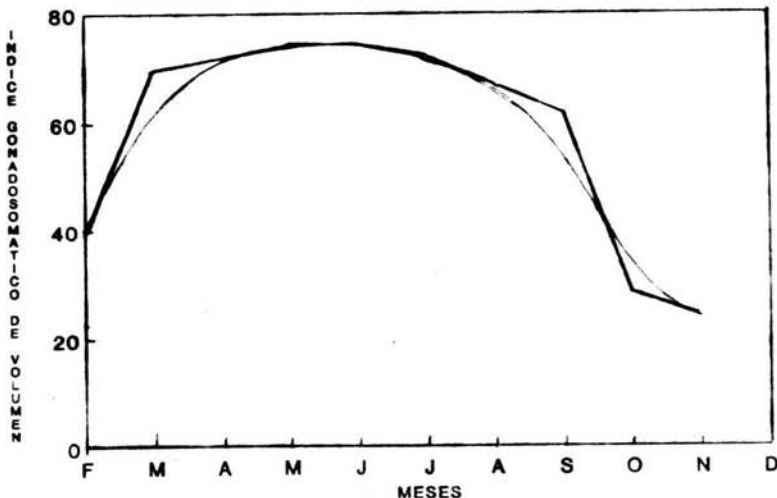


Figura 7. Se muestran los valores del índice gonadosomático de volumen obtenidos para los adultos (línea gruesa), quedando representado un comportamiento teórico para estos organismos (línea delgada)

## ABUNDANCIA DE ESPERMATOZOIDES

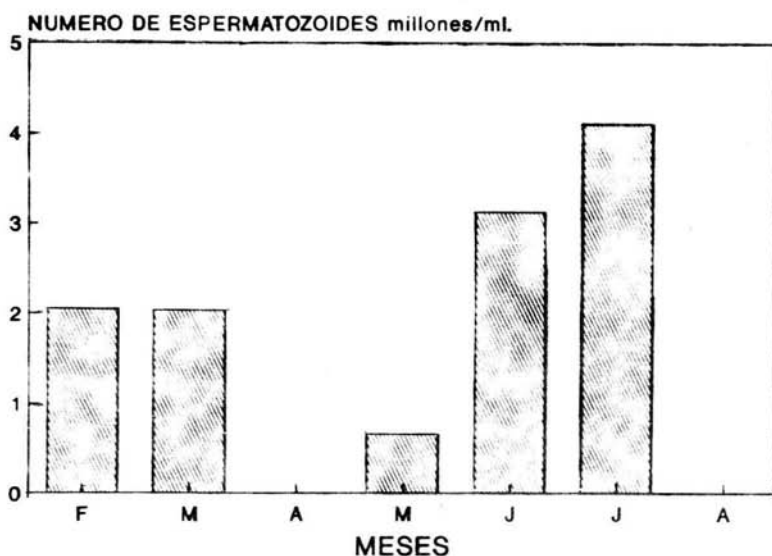


Figura 8. Representa la variación de la abundancia de los espermatozoides, en machos con edad tres a lo largo de cada uno de los meses

disminución en el peso del organismo, como consecuencia de las condiciones adversas presentes en el medio, para el mes de agosto no se tiene registro, pero el dato teórico nos muestra que ocurre una marcada disminución en la relación peso del organismo/gónada, aumentando el peso del organismo, esto lo podemos explicar y relacionar con la presencia de alimento en la región a partir de septiembre hasta noviembre. En diciembre no se obtuvieron organismos con clase de edad adulta.

Short (1977), postula que la selección en el tamaño de los testículos, se debe finalmente a la frecuencia copulatoria, cuando la producción de esperma es limitada. Algunos autores consideran, que los testículos representan cerca del 1% de la masa corporal en muchos mamíferos (Kenagy y Trombulak, 1986), y que de alguna manera el tamaño del testículo indica el patrón reproductivo o las tácticas en la época de celo y apareamiento (Polígamos o Monógamos) (Brownell y Ralls, 1986; Harcourt *et al.*, 1981; Harvey y Harcourt, 1984; Kenagy y Trombulak, 1986). Otro aspecto importante es la competencia en la producción de esperma, encontrando una relación positiva entre el tamaño testicular con el tipo de estrategia reproductora, siendo de mayor tamaño en los organismos polígamos, que en los organismos monógamos (Heske y Ostfeld, 1990), existiendo trabajos hechos con aves (Moller, 1991; Olsen, 1991) y anuros

(Kusano *et al.*, 1991), que respaldan esta hipótesis. Sin embargo se debe de tomar en cuenta que las variaciones intraespecíficas e interespecíficas juegan un papel importante en el tamaño relativo de la gónada, el peso relativo del organismo y en la producción de esperma (Setchell, 1978).

Merson y Kirkpatrick (1981), demostraron que la reproducción es susceptible a las restricciones del alimento, pero para los ejemplares analizados, el volumen gonadal se mantuvo independiente del peso del organismo, por lo que la energía dedicada a la reproducción al aparecer no se afecta en caso de falta de alimento.

Observando los resultados obtenidos con el índice de peso y volumen, y lo reportado en la literatura, se nota que existe concordancia en los resultados, señalando que los factores ambientales influyen en el desarrollo y frecuencia copulatoria de los heterómidos y que los pesos tanto del organismo como gonadal resultan ser independientes uno de otro (Harcourt *et al.*, 1981; Hutchinson, 1958). La adaptabilidad fisiológica de los heterómidos influye directamente en la regulación de la actividad reproductiva, minimizando los costos energéticos, cuando las condiciones ambientales son desfavorables (Low, 1978). Un caso excepcional es el ahorro de costo de energía relativa para el crecimiento testicular en roedores hibernantes, en estos se ha observado el desarrollo de los testículos cerca del final de la hibernación (Kenagy, 1980).

Morfológicamente los espermatozoides han sido utilizados como parámetro taxonómico en algunas especies de roedores, entre los primeros trabajos realizados encontramos los de Friend (1936), Hirth (1960), Helm y Bowers (1973), Linzey y Layne (1974). Friend (1936), sugiere que la forma simple y regular de la cabeza de los espermatozoides es un carácter primitivo, en la mayoría de los roedores los espermatozoides son asimétricos y la cabeza en forma de gancho, como consecuencia del desarrollo del acrosoma (Bishop y Austin, 1957).

Los espermatozoides de *C. arenarius* se muestran en la Figura 11, tienen la cabeza asimétrica, en forma de gancho, sin presencia de procesos postacrosómicos. No se pudo diferenciar claramente la presencia del cuello, por lo que éste no fué medido, aunque no se obtuvieron los mismos resultados de tinción, a los reportados por Helm y Bowers (1973), que describen la morfología de los espermatozoides de múridos, donde observan en la región media, la hélice mitocondrial, así mismo mencionan la efectividad al utilizar diferentes colorantes tales como Hematoxilina y Eosina.

### EFFECTIVIDAD DE TRAMPEO HEMBRAS Y MACHOS

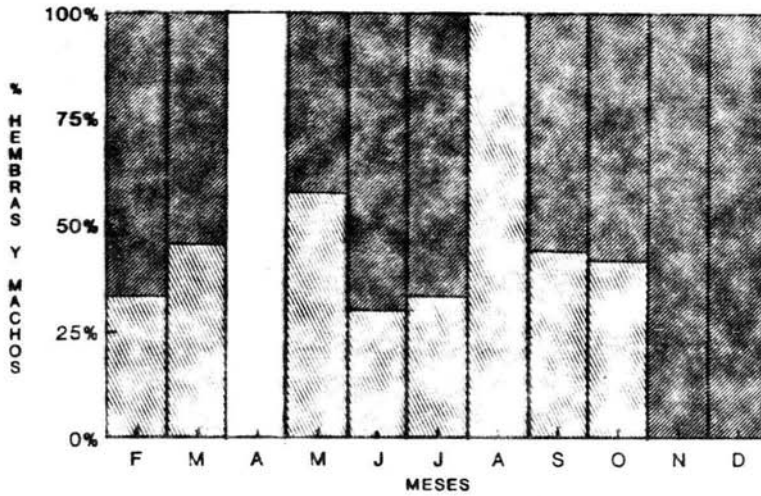


Figura 9. Efectividad del trapeo para machos y hembras de *C. arenarius sublucius* a lo largo del periodo de colecta, las hembras representadas en las columnas con las líneas claras.

### INDICE GONADOSOMATICO DE PESO EN MACHOS

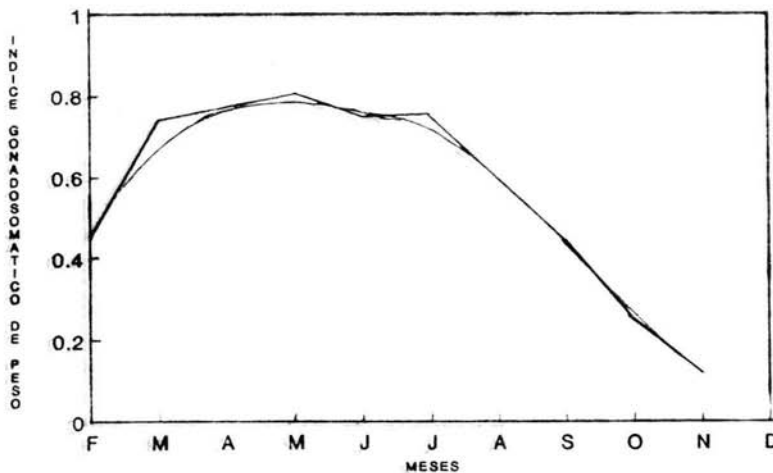


Figura 10. Variación del índice gonadosomático en machos durante el periodo de colecta.

En esta investigación se sometieron las preparaciones fijas de los espermatozoides a diferentes tinciones, con los colorantes antes mencionados, pero no se obtuvieron muy buenos resultados, quizás por la variación en la obtención del esperma, ya que existen variaciones en los métodos de obtención (Watson, 1975; Dewsbury y Sawrey, 1984; Feito y Gallardo, 1982.).

Se consideró que la extracción y la fijación del esperma, interfiere en la visualización de las partes que constituyen al espermatozoide, la tinción hecha con Giemsa, mostró buenos resultados, ya que tiene afinidad con la cromatina, debido a que la vacuolización en la región de la cabeza, varía dependiendo la localización del espermatozoide en el epidídimo (Jones, 1974), de ahí que se

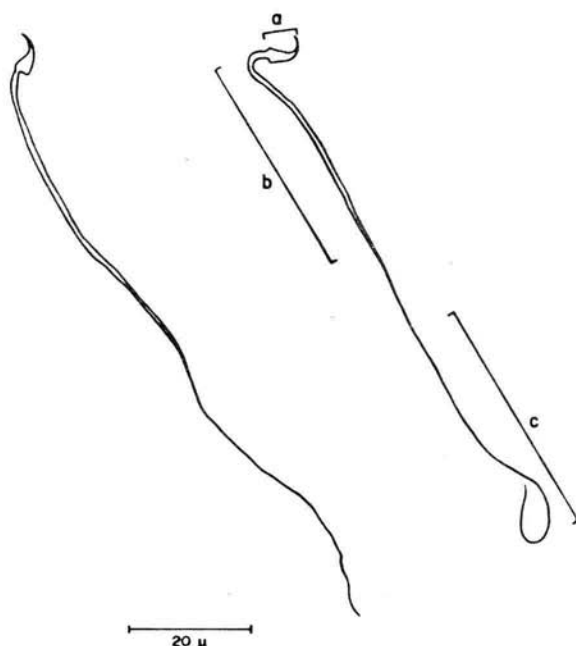


Figura 11. Espermatozoides de *Chaetodipus arenarius sublucidus*. Vista dorsal, a) Cabeza, b) Región media, c) Cola.

observara el acrosoma del espermatozoide, pero no las demás regiones del cuerpo.

En las clases de edad hubo variación en la abundancia de los espermatozoides (Tabla 6), comparando los resultados obtenidos con los de otros autores,

encontramos el estudio hecho por Bronson y Desjardins (1977), Huber *et al.* (1980), de variación de la abundancia en *Mus musculus* con la edad, existiendo un decremento en la productividad de espermatozoides, conforme aumenta la edad.

Mientras que Squires *et al.* (1979), señala que la capacidad de producción espermática aumenta con la edad, en el estudio realizado por Dewsbury y Sawrey (1984), al trabajar con inducción hormonal en *Peromyscus maniculatus*, reportan que la producción espermática en las distintas eyaculaciones en un organismo es independiente a la edad, existiendo una disminución en el número de espermatozoides, cuando las eyaculaciones son inducidas constantemente.

Se ha estimado el número promedio de espermatozoides para *Peromyscus maniculatus* producidos en 24 hrs. siendo de 0.4 a 9.9 x10<sup>6</sup> (Jorgensen *et al.*, 1982), en el trabajo de Dewsbury y Sawrey (1984) obtienen datos para la primer eyaculación donde el número de espermatozoides es de aproximadamente 17x10<sup>6</sup>; el número decrece progresivamente hasta casi un 25 % en la sexta eyaculación.

Lo obtenido para *C. arenarius* muestra, que la abundancia si estuvo afectada por la edad, coincidiendo de alguna manera con lo reportado por Squires *et al.*, (1979), habiendo un mayor número de espermatozoides en organismos viejos

EDAD	MEDIA	MAXIMA	MINIMA
SUBADULTO	1,275,000	1,800,000	750,000
ADULTO	2,842,864	6,500,000	812,500
VIEJO	3,382,143	5,125,000	650,000

Tabla 6. Variación de la abundancia del número de espermatozoides en las diferentes clases de edad.

(x=3, 382, 143 cel/ml.), siguiéndole los adultos (x=2, 842, 864 cel/ml.) y finalmente los subadultos (x=1, 275, 000 cel/ml.), los cuales se consideran aptos para la actividad reproductiva. Se cree que la abundancia de los espermatozoides es independiente al tamaño del cuerpo del organismo, no se considera que este influya en la producción espermática de los animales.

Existe discrepancia al analizar y comparar los resultados obtenidos en los trabajos efectuados, debido principalmente a que cada experimento tuvo condiciones distintas, además, cada autor enfoca su análisis de diferente manera,

consideramos que nuestros resultados son lógicos y sí de alguna manera se extrapolaran los datos con el supuesto número de eyaculaciones, propuestas por Dewsbury y Sawrey (1984), obtendríamos un valor parecido a lo reportado para *Peromyscus*.

MEDIDAS	MEDIA	D. STD	MAXIMA	MINIMA
LONG. TOTAL	118.3	9.7	121.11	115.49
LONG. CABEZA	5.75	0.42	5.77	5.73
LONG. MEDIA	48.72	7.37	53.38	44.06
LONG. COLA	62.96	9.7	66.57	60.92
ANCHO CABEZA	3.3	0.31	3.31	3.29

Tabla 7. Datos morfométricos de los espermatozoides de *Chaetodipus arenarius subulucidus*.

Se han realizado algunos trabajos específicos sobre morfometría del espermatozoide, tales como: Linzey y Layne, (1974), quienes trabajan con *Peromyscus*. Helm y Bowers (1973) reportan para cricétidos *Tilomys* y *Ototylomys* y Forman (1968) que trabajó con murciélagos. En estos estudios las medidas reportadas para los espermatozoides resultan menores, al tamaño promedio de los espermatozoides de ratón, que es de 125 micras (Houillon, 1978).

En las medidas obtenidas para los espermatozoides de *C. arenarius* se muestran en la Tabla 7. La falta de trabajos realizados con heterómidos nos limita un poco en el aspecto comparativo, sin embargo, se obtuvieron las medidas de los espermatozoides de *C. spinatus penínsulae* (Tabla 8), especie símpatrica de *C. arenarius*, comparando los datos obtenidos en ambos organismos, notamos que existen diferencias en el tamaño, encontrando una longitud menor en los espermatozoides de *C. arenarius*.

Estadísticamente se compararon los resultados para comprobar si las diferencias eran significativas. Encontrándose diferencias en la longitud total del espermatozoide ( $t_0 = 2.10$   $t = 1.67$ ), teniendo una mayor longitud *C. spinatus*; respecto a la longitud de la cabeza no se encontraron diferencias, no siendo así para el ancho de la cabeza ( $t_0 = 0.065$   $t = 1.67$ ), resultando más ancha la cabeza del espermatozoide de *C. arenarius*.

MEDIDAS	MEDIA	D. STD	MAXIMA	MINIMA
LONG. TOTAL	122.53	5.24	124.48	120.58
LONG. CABEZA	5.76	0.72	7.23	4.29
LONG. MEDIA	56.85	9.88	60.53	53.17
LONG. COLA	62.54	10.25	63.72	61.36
ANCHO CABEZA	2.92	0.34	2.93	2.79

Tabla 8. Datos morfométricos de los espermatozoides de *Chaetodipus spinatus peninsularis*

Durante las observaciones hechas en el laboratorio no se registraron malformaciones en los espermatozoides, sólo en una ocasión se observó un espermatozoide con dos cabezas.



## CONCLUSION

En la primera parte de las conclusiones se mencionarán algunas que no fueron planteadas en el presente trabajo, pero que se consideran importantes, ya que contribuyen a la explicación de la biología de la especie y subespecie.

Con respecto a la distribución se encontró que la subespecie puede ser colectada en las zonas arenosas del norte de La Paz, teniendo una distribución restringida a unas pocas decenas de kilómetros cuadrados.

Por lo que respecta a la abundancia de la especie en un período anual, se observó que en los meses fríos el número de ejemplares colectados disminuye considerablemente, incluso en varios de ellos no fueron colectados, por lo que al parecer la subespecie en la región puede presentar un período de torpor o hibernación, como lo realizan muchas especies de los géneros *Chaetodipus* y *Perognathus*, esta característica es causa de una gran controversia entre numerosos investigadores que han trampeado a estos organismos a lo largo del año pero esta conclusión debe de ser analizada con mayor detalle y en períodos que incluyan varios años.

En referencia con el uso del habitat, la especie no se encontró asociada a ningún tipo de vegetación en particular, sino más bien al tipo de sustrato, que fué arenoso. En las zonas de cultivo la especie se encontró ausente, pero esto se puede atribuir a que en la región, se tiene la costumbre de fumigar de una a tres veces por semana lo que influye en las poblaciones de roedores silvestres.

## PERIODO REPRODUCTIVO

### MACHOS

La variación en el volumen testicular está relacionada con la producción de esperma, siendo una consecuencia de la posible frecuencia copulatoria del organismo y de las tácticas reproductivas que presentan los organismos en la población.

En los machos adultos el volumen gonadal se mantiene constante durante el período examinado, habiendo un pico influenciado por los factores ambientales, como pudieran ser lluvia, temperatura y alimento.

La morfología de los espermatozoides concuerda con la descrita en general para las especies del género *Chaetodipus*, pero como ya se mencionó presentan características que permiten su clara diferenciación.

La abundancia de los espermatozoides esta altamente relacionada con el volumen testicular, además de que la abundancia presenta una relación positiva con la edad, ya que la mayor presencia se observó en organismos que fisiológicamente son maduros y aptos para la reproducción.

El índice somático de peso mostró que el peso del organismo varia a lo largo del tiempo y que este depende de la presencia del recurso alimenticio, también se considera que el cambio del peso se debe a que estas especies entran fácilmente en estado de torpor, en el cual reducen su metabolismo al máximo, notándose el decremento en su peso corporal, cuando el estado de latencia esta por terminar empieza la maduración de la gónada. El peso de la gónada es constante e independiente al peso del organismo.

## HEMBRAS

El tamaño de la camada para la subespecie fué de cuatro embriones, aunque cave hacer la aclaración de que el año durante el cual se realizó el muestreo, no se puede considerar como uno típico para la región, por lo que en años con una mayor producción primaria, el número de camada podría incrementarse.

Por las distancias de las implantaciones observadas se calculó que el mayor número de embriones que puede tener un hembra por cada lado del útero es de ocho.

Tomando en cuenta la edades, se obtuvo que las hembras viejas fueron las que se reprodujeron un mayor número de veces, siendo las primeras en ser preñadas y también las que tuvieron el mayor número de camada.

Para los embriones se estableció una relación positiva entre el número y la longitud, encontrando un mayor tamaño en los organismos que procedían de camadas menores. El índice del diámetro promedio del ovario, resultó ser alto

cuando las hembras se encontraban preñadas y con embriones altamente desarrollados.

Con el índice somático de camada obtuvimos el porcentaje del peso de los embriones, en relación a la madre, e indirectamente este nos señala los picos de actividad, conforme este aumenta, los embriones presentan un mayor desarrollo.

Como conclusión general a este trabajo mencionaremos que el período reproductivo de *C. arenarius subluclusus*, estuvo fuertemente influenciado por factores ambientales, siendo los machos los primeros en terminar el estado de torpor e iniciar el aumento del tamaño gonadal y por ende la actividad reproductiva, como se observó con la abundancia de los espermatozoides.

Los organismos adultos constituyeron la base de la población, manteniéndose activos la mayor parte del tiempo, mostrándose más noctivos que las hembras, quizás como una táctica demográfica de la población. Los factores bióticos y abióticos son importantes para la biología de la especie, desde el tipo del suelo, donde se distribuyen, la presencia de alimento y las adaptaciones fisiológicas, observando de manera general dos picos de actividad, las hembras presentaron un número promedio de camada de cuatro embriones, este dato es similar al obtenido para otras especies del género de distinta distribución. Reproductivamente conservan las características de la familia.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez-Castañeda, S. T., y P. Cortés-Calva. enviado. *Chaetodipus arenarius*. Atlas Mastozoológico (Arita, H., y G. Ceballos, eds.). Con. Nac. Est. Biodiversidad.
- Alcorn, J. R. 1941. Counts of embryos in Nevada kangaroo rats (Genus *Dipodomys*). *J. Mamm.*, 22:88-89.
- Anthony, H. E. 1950. The capture and preservation of small mammals for study. *Amer. Mus. Nat. Hist. Sci. guide*, 61:1-54.
- Baeacham, T. D. 1980. Breeding characteristics of Townsend's vole (*Microtus townsendii*) during population fluctuations. *Can. J. Zool.*, 58:623-625.
- Bailey, V. 1931. Mammals of New Mexico. *N. Amer. Fauna*, 53:1-412.
- Banks, R. S. 1964. The mammals of Cerralvo Island Baja California. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.*, 13:397-404.
- Beatley, J. C. 1969. Dependence of desert rodents on winter annuals and precipitation. *Ecology*, 50:721-724.
- Beatley, J. C. 1974. Phenological events and their environmental triggers in Mojave desert ecosystems. *Ecology*, 55:856-863.
- Bendell, J. 1959. Food as a control of population of white-footed mice, *Peromyscus leucopus noveboracensis* (Fisher). *Can. J. Zool.*, 37:173-209.
- Beer, J. R., y C. F. MacLeod. 1961. Seasonal reproduction in the meadow vole. *J. Mamm.*, 42:483-489.
- Biggers, J. D., y E. D. DeLamater. 1965. Marsupial spermatozoa: pairing in the epididymis of American forms. *Nature*, 208:402-404.
- Bishop, M. W. H., y C. R. Austin. 1957. Mammalian spermatozoa. *Endeavour.*, 16:137-150.
- Bradley, W. G., y R. A. Mauer. 1971. Reproduction and food habits of Merriam's kangaroo rat, *Dipodomys merriami*. *J. Mamm.*, 52:497-507.
- Bronson, F. H., y C. Desjardins. 1977. Reproductive failure in aged CBF male mice: Interrelationships between pituitary gonadotrophic hormones, testicular function, and mating success. *Endocrinology*, 101:939-945.

- Brown, J. H. 1975. Geographical ecology of desert rodents. Pp 315-341, in Ecology and evolution of communities (M. L. Cody y J. M. Diamond, eds.). Balknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1-545.
- Brown, L. N., y C. H. Conaway. 1964. Persistence of corpora lutea at the end of the breeding season in *Peromyscus*. *J. Mamm.*, 45:260-265.
- Brown, J. H., D. W. Davidson., y O. J. Reichman. 1979. An experimental study of competition between seed-eating desert rodents and ants. *Amer. Zool.*, 19:1129-1143.
- Brown, J. H., y B. H. Harney. 1993. Population and community ecology of heteromyid rodents in temperate habitats. Pp. 618-651 in Biology of the heteromyidae (Genoways, H. H. y J. H. Brown, eds.). *Spec. Publ. Amer. Mamm.*, 10:1-719
- Brownell, R. L., Jr., y K. Ralls. 1986. Potential for sperm competition in baleen whales. *Report Inter. Whaling Comis. (special Issue)*, 8: 97-112.
- Butterworth, B. B. 1961a. The breeding of *Dipodomys deserti* in the laboratory. *J. Mamm.*, 42:413-414.
- Butterworth, B. B. 1961b. A comparative study of growth and development of the kangaroo rats, *Dipodomys deserti* Stephens y *Dipodomys merriami* Mearns. *Growth*, 25:127-139.
- Case, T. J. 1978. On the evolution and adaptative significance of postnatal growth rates in the terrestrial vertebrates. *Q. Rev. Biol.*, 53: 243-282.
- Chew, R. M. 1958. Reproduction of *Dipodomys merriami merriami* in captivity. *J. Mamm.*, 39:597-598.
- Chew, R. M., y B. B. Butterworth. 1964. Ecology of rodents in Indian Cove (Mojave desert), Joshua Tree National Monument, California. *J. Mamm.*, 45:203-225.
- Claude, C. 1970. Biometrie und fortpflanzungs biologie de rötelmaus *Clethrionomys galerus* (Schreber, 1778) auf verschiedenen Höffenstufen der Schweiz. *Rev. Suisse Zool.*, 77:435-480.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1975. Sistema de clasificación de suelos FAO/UNESCO 1968, modificado por CETENAL en 1970. Secretaría de la Presidencia. México.
- Conley, W, J. D. Nichols, y A. R. Tripton. 1977. Reproductive strategies in desert rodents. Pp. 193-215, in transaction of the symposium on the biological resources of the Chihuahuan

- desert region, United States and Mexico. (Wauer, R. A., y D. H. Riskind, eds.). Proc. Trans. Nat. Park Serv., 3:xxii + 1-658.
- Cramer, K. L., y J. A. Chapman. 1990. Reproduction of three species of pocket mice (*Perognathus*) in the Bonneville basin, Utah. Great. Bas. Nat., 50:361-365.
- Day, B. N., H. J. Egoscue, y A. M. Woodbury. 1956. Ord kangaroo rat in captivity. Science, 124:485-486.
- Dewsbury, D. A., y K. Sawrey. 1984. Male capacity as related to sperm production, pregnancy initiation, and sperm competition in deer mice (*Peromyscus maniculatus*). Behav. Ecol. Soc., 16:37-47.
- Duke, K. L. 1957. Reproduction in *Perognathus*. J. Mamm., 38:207-210.
- Eisenberg, J. F. 1963. The behavior of heteromyid rodents. Univ. Cal. Publ. Zool., 69:1-100.
- Eisenberg, J. F., y D. E. Isaac. 1963. The reproduction of heteromyid rodents in captivity. J. Mamm., 44:61-67.
- Estrada-Flores, E., M. Villagran-Santa Cruz, F. R. Méndez-De La Cruz, y G. Casas-Andreu. 1990. Gonadal changes throughout the reproductive cycle of the viviparous lizard *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). Herpetologica, 46:43-50.
- Farbairn, D. 1977. The spring decline in deer mice: death or dispersal?. Can. J. Zool., 55:84-92.
- Feito, R., y M. Gallardo. 1976. Notes on the sperm morphology of *Ctenomys maulinus* (Rodentia, Octodontidae). Experientia, 32:734-735.
- Feito, R., y M. Gallardo. 1982. Sperm morphology of the chilean species of *Ctenomys* (Octodontidae). J. Mamm., 63:658-661.
- Flake, L. D. 1974. Reproduction of four rodent species in a shortgrass prairie of Colorado. J. mamm., 55:213-216.
- Forman, G. L. 1968. Comparative grass morphology of spermatozoa of two families of North American bats. Univ. Kansas Sci. Bull., 47:901-928.
- French, A. R. 1993. Physiological ecology of the Heteromyidae: economics of energy and water utilization. Pp. 509-538, in Biology of the Heteromyidae (Genoways, H. H. y J. H. Brown, eds.). Spec. Publ. Amer. Soc. Mamm., 10:1-719.
- French, N. R., B. G. Maza, H. O. Hill, A. P. Ashwandon, y H. W. Kaaz. 1974. A population study of irradiated desert rodents. Ecological Monographs, 44:45-72.

- Friend, G. F. 1936. The sperms of British muridae. *Quart. Jour. Micros. Sci.*, 78:419-443.
- Gaillard, J. M., D. Pointer, D. Allainé, J. D. Lebreton, J. Trouvilliez, y J. Clobert. 1989. An analysis of demographic tactics in birds and mammals. *Oikos*, 56: 59-76.
- Gaines, M. S., y R. K. Rose. 1976. population dynamics of *Microtus chrogaster* in eastern Kansas. *Ecology*, 57:1145-1161.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de Clasificación de Köppen. 2a. ed. Inst. Geogr., Univ. Nal. Autón. Méx. México, 1-217.
- Gaviño, G., J. C. Juárez, y H. H. Figueroa. 1982. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Ed. Limusa. México, 1-231.
- Genoways, H. H., y J. H. Brown. 1993. Biology of the Heteromyidae. *Spec. Publ. Amer. Soc. Mamm.*, 10: 1-719.
- Gill, A. E. 1981. Morphological features and reproduction of *Perognathus* and *Peromyscus* on northern islands in the Gulf of California. *Amer. Midl. Nat.*, 106:192-196.
- Gittleman, J. L., y O. T. Oftedal. 1987. Comparative growth and lactation energetics in carnivores. *Sym*
- Glazier, D. S. 1990. Reproductive efficiency and the timing of gestation and lactation in rodents. *Am. Nat.*, 135: 269-277.
- Goldman, E. A., y R. T. Moore. 1946. The biotic provinces of México. *J. Mamm.*, 26:347-360.
- Greenwald, G. S. 1956. The reproductive cycle of the field mouse, *Microtus californicus*. *J. Mamm.*, 37:213-222.
- Grinnell, J. 1914. An account of the mammals and birds of the Lower Colorado Valley with especial reference to the distributional problems presented. *Univ. Cal. Publ. Zool.*, 12:51-294.
- Guillette, L. J., Jr., y G. Casas-Andreu. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude Mexican lizard *Sceloporus grammicus microlepidotus*. *J. Herpetol.*, 14:143-147.
- Hall, E. R. 1946. *Mammals of Nevada*. Univ. Cal. Press., 366-371.
- Hall, E. R. 1962. Collecting and preparing study specimens of vertebrates. *Univ. Kansas, Mus. Nat. Hist. Publ.*, 30:1-46.

- Hall, E. R. 1981. The mammals of North America. Second ed. John Wiley and Sons, New York, vol. 1:xviii + 1-600 + 90; vol. 2:xi + 601-1181 + 90.
- Hafner, M. S. 1977. Density and diversity in Mojave desert rodent and shrub communities. *J. Anim. Ecol.*, 46:925-938.
- Hammond, E. H. 1954. A geomorphic study of the Cabe Region of Baja California. Univ. Cal. Press Berkeley, 1-94.
- Harcourt, A. H., P. H. Harvey, S. G. Larson, y R. V. Short. 1981. Testis weight and breeding system in primates. *Nature*, 293:55-57.
- Harvey, P. H., y A. H. Harcourt. 1984. Sperm competition, testes size, and breeding system in primates. Pp 589-600 in *Sperm Competition and the Evolution of Animal Mating Systems* (Smith, R. L. ed.). Academic Press, New York.
- Hayden, P., J. J. Gambino, y R. G. Lindberg. 1966. Laboratory breeding of the little pocket mouse, *Perognathus longimembris*. *J. Mamm.*, 47:412-422.
- Helm, J. D., J. R. Bowers. 1973. Spermatozoa of *Tylomys* and *Ototylomys*. *J. Mamm.*, 54: 769-772.
- Heske, E. J., y R. S. Ostfeld. 1990. Sexual dimorphism in size, relative size of testes, and mating systems in North American voles. *J. Mamm.*, 71:510-519.
- Hillel, D., y N. Tadmor. 1962. Water regime and vegetation in the Central Negev Highlands of Israel. *Ecology*, 43:33-41
- Hirth, H. F. 1960. The spermatozoa of some North American bats and rodents. *J. Morph.*, 106:77-83.
- Houillon, C. 1978. Sexualidad. Ed. Omega. Barcelona España, 1-136.
- Hubert, M. H. R., F. H. Bronson, y C. Desjardins. 1980. Sexual activity of aged male mice: correlation with level of arousal, physical endurance, pathological status, and ejaculatory capacity. *Biol. Rep.*, 23:305-316.
- Huey, L. M. 1926. The description of a new subspecies of *Perognathus* from Lower California with a short discussion of the taxonomic position of other peninsular members of this genus. *Proc. Biol. Soc. Washington*, 39:67-70
- Huey, L. M. 1964. The mammals of Baja California, México. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.*, 13:85-168.



- Hughes, R. L. 1965. Comparative morphology of spermatozoa from five marsupial families. *Australian J. Zool.*, 13:533-543.
- Hutchinson, G. E. 1958. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology.*, 22:415-427.
- Innes, D. G. I., y J. S. Millar. 1987. The mean number of litters per breeding season in small mammal populations: a comparison of methods. *J. Mamm.*, 68: 675-678.
- Jameson, E. W., Jr. 1950. Determining fecundity in male small mammals. *J. Mamm.*, 31:433-436.
- Johnston, R. F. 1956. Breeding of the ord kangaroo rat, *Dipodomys ordii* in southern New Mexico. *Southwestern Nat.*, 1:190-193.
- Jones, R. E. 1970. Effect of season and gonadotropin on testicular interstitial cell of California quail. *Auk.*, 87:729-737.
- Jones, R. C. 1974. The ultrastructure of spermatozoa from some hystrichomorph rodents. Pp. 251-258, in *The functional anatomy of spermatozoa* (B. A. Afzelius, ed. Pergamon Press, Oxford, New York, 1-393).
- Jones, T. 1985. Body size and life-history variables in heteromyids. *J. mamm.*, 66:128-132.
- Jones, W. T. 1993. The social systems of heteromyid rodents. Pp 575-595, in *Biology of heteromyidae* (Genoways, H. H., y J. H. Brown, eds.). *Spec. Publ. Amer. Soc. Mamm.*, 10:1-719.
- Jorgensen, C. D., G. B. Schalje, y R. L. Urry. 1982. A method for continuously monitoring sperm production by deer mice (*Peromyscus maniculatus*). *J. Mamm.*, 63: 491-495.
- Kenagy, G. J. 1973. Daily and seasonal patterns of activity and energetics in a heteromyid rodent community. *Ecology*, 54:1201-1219.
- Kenagy, G. J. 1980. Interrelation of endogenous annual rhythms of reproduction and hibernation in the golden-mantled ground squirrel. *J. Comp. Physiol.*, 135:333-339.
- Kenagy, G. J., y A. Bartholomew. 1985. Seasonal reproductive patterns in five coexisting California desert rodent species. *ecological Monographs*, 55:371-397.
- Kenagy, G. J., y S. C. Trombulak. 1986. Size and function of mammalian testes in relation to body size. *J. Mamm.*, 67: 1-22.

- Knudsen, J. M. 1966. Biological Techniques, Collecting, Preserving and Illustrating Plants and Animals. Harper and Row, N.Y., 9:1-525.
- Krebs, C. J. 1985. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row, New York, 1-800.
- Krebs, C. J., B. L. Keller, y R. H. Tamarin. 1969. *Microtus* population biology: demographic changes in fluctuating populations of *M. Ochrogaster* and *M. pennsylvanicus* in southern Indiana. Ecology, 50:587-607.
- Kusano, T., M. Toda, y K. Fukuyama. 1991. testes size and breeding systems in japanese anurans with species reference to large testes in the treefrog, *Rhacophorus arboreus* (Amphibia: Rhacophoridae). Behav. Ecol. Soc., 29:27-31.
- Lackey, J. A. 1991. *Chaetodipus arenarius*. Mammalian species, 384:1-4.
- León de la Luz, J. L., y R. B. Coria. (en prensa) Fenología reproductiva de una flora árido-tropical de Baja California Sur, México. Acta Bot. Mex.,
- Leslie, P. H., V. M. Venables, y L. S. Venables. 1952. The fertility and population structure of the brown rat (*Rattus norvegicus*) in corn-ricks and some other habitats. Proc. Zool. Soc. London, 122:187-238.
- Lewis, A. W. 1973. Comparative ecology of the sympatric pocket mice (*Perognathus*) in Central Arizona. dissert. Abst. Internat., B33:30-39.
- Linzey, A. V., y J. L. Layne. 1974. Comparative morphology of spermatozoa of the rodent genus *Peromyscus* (Muridae). Amer. Mus. Novitates, 2355:1-20.
- Loeb, S. C., y R. G. Schwab. 1987. Estimation of litter size in small mammals: Bias due to cronology of embryo resorption. J. Mamm., 68:671-6674.
- Lord, R. D. 1960. Litter size and latitud in North American mammals. Amer. Mid. Nat., 64:488-499.
- Low, B. A. 1978. Environmental uncertainty and the parental strategies of marsupials and placentals. Am. Nat., 112:197-213.
- Maza, B. G., N. R. French, y A. P. Ashwanden. 1973. Home range dynamics in a population of heteromyid rodents. J. Mamm., 54:405-425.
- Martin, R. D., y A. M. MacLarnon. 1985. Gestation period, neonatal size and maternal investment in placentar mammals. Nature., 313: 220-223.

- Martin, R. D., y A. M. MacLarnon. 1988. Comparative quantitative studies of growth and reproduction. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 60:39-80.
- McClure, P. A. 1987. The energetics of reproduction and life histories of cricetine rodents (*Neotoma floridana* and *Sigmodon hispidus*). *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 57: 241-258.
- McCrary, K. W., y R. K. Rose. 1992. An analysis of external features as predictors of reproductive status in small mammals. *J. Mamm.*, 73:151-159.
- McCulloch, C. Y., y J. M. Inglis. 1961. Breeding periods of the ord kangaroo rat. *J. Mamm.*, 42:337-344.
- Merson, M. H., y R. L. Kirkpatrick. 1981. Relative sensitivity of reproductive activity and body fat level to food restriction in white-footed mice. *Amer. Midl. Nat.*, 106: 305-312.
- Millar, J. S. 1975. Tactics of energy partitioning in breeding *Peromyscus*. *Can. J. Zool.*, 53:967-976.
- Millar, J. S. 1977. Adaptative features of mammalian reproduction. *Evolution*, 31: 370-386.
- Millar, J. S., y L. W. Gyug. 1981. Initiation of breeding by *Peromyscus* in seasonal environments. *Can. J. Zool.*, 57:719-727.
- Mills, J. N., B. A. Ellis, K. T. Mckee, J. I. Maiztegui, y J. E. Childs. 1992. Reproductive characteristics of rodent assemblages in cultivated regions of Central Argentina. *J. Mamm.*, 73:515-526.
- Moller, A. P. 1989. Ejaculate quality, testes size and sperm production in mammals. *Funct. Ecol.*, 3:91-96.
- Moller, A. P. 1991. Sperm competition, sperm deletion, paternal care, and relative testis size in birds. *Amer. Nat.*, 137:882-906.
- Morton, S. R., H. F. Recher, S. D. Thompson, y R. W. Braithwaite. 1982. Comments on the relative advantages of marsupial and eutherian reproduction. *Am. Nat.*, 120:128-134.
- Munger, J. C., M. A. Bowers, y W. T. Jones. 1983. Desert populations: factors affecting abundanace, distribution and genetic structure. Pp. 91-116, *in* *Biology of desert rodents* (Reichman, O. J., y J. N. Brown, eds.). *Great Bas. Nat. Mem.*, 1-134.
- Naranjo, A., P. Cortés-Calva, y Alvarez-Castañeda, S. T. en elaboración. Relación de la distribución de heterómidos con el sustrato en la región de La Paz, Baja California Sur, México.

- O' Farrel, T. P., R. J. Olsen, R. O. Gilbert, y J. D. Hedlund. 1975. A population of Great Basin pocket mice, *Perognathus parvus*, in the shrub-steppe of South-Central Washington. *Ecol. Monographs*, 45:1-28.
- Olsen, P. D. 1991. Do large males have small testes? A note on allometric variation and sexual size dimorphism in raptors. *Oikos*, 60:134-136.
- Osgood, W. H. 1900. Revision of the pocket mice of the genus *Perognathus*. *North Amer. Fauna*, 18:1-73.
- Osgood, W. H. 1907. Four new pocket mice. *Proc. Biol. Soc. Washington*, 20:19-22.
- Pearson, P. P. 1992. Reproduction in a south american mouse, *Abothrix logipilis*. *Anat. Rec.*, 234:73-88.
- Petriszyn, Y. 1982. Population dynamics of nocturnal desert rodents a nine-year study. Ph. D. dissert., Univ. Arizona, Tucson, 1-108.
- Pinter, A., y N. Negus. 1965. Effects of nutrition and photoperiod on reproductive physiology of *Microtus montanus*. *Am. J. Physiol.*, 208:633-638.
- Pointer, D., Gaillard, J. M., y D. Allainé. 1993. Maternal investment per offspring and demographic tactics in placental mammals. *Oikos*, 66: 424-430.
- Price, M. V. 1978. The role of microhabitat in structuring desert rodent communities. *Ecology*, 59:910-921.
- Randolph, P. A., J. C. Randolph, K. Mattingly, y M. M. Foster. 1977. Energy costs of reproduction in the cotton rat, *Sigmodon hispidus*. *Ecol.*, 58:31-45.
- Reichman, O. J., y K. M. Van de Graaff. 1975. Association between ingestion of green vegetation and desert rodent reproduction. *J. Mamm.*, 56:503-506.
- Reynolds, H. G. 1958. Ecology of Merriam's kangaroo rat on grazing lands of Southern Arizona. *Ecol. Monographs*, 28:111-127.
- Reynolds, H. G., y H. S. Haskell. 1949. Life history notes on a price and barley pocket mice of Southern Arizona. *J. Mamm.*, 30:150-156.
- Reznick, D. 1985. Costs of reproduction: an evaluation of the empirical evidence. *Oikos*, 44:257-267.
- Rosenzweig, M. L. 1968. Net primary productivity of terrestrial communities: prediction from climatological data. *Amer. Nat.*, 102:67-74.

- Sadlier, R. M. F. S. 1969. The Ecology of reproduction in wild and domestic mammals. Methuen, London.,
- Sánchez-Cordero, V., y T. H. Fleming. 1993. Ecology of tropical heteromyids. Pp 596-617, in Biology of the heteromyidae (H. H., Genoways, y J. H. Brown, eds.). Spec. Publ. Amer. Soc. Mamm., 10:1-719.
- Secretaría Programación y Presupuesto. 1983. Carta Edafológica Escala 1:250000, La Paz. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Setchell, B. P. 1978. The mammalian testis. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, 1-450.
- Setzer, H. W. 1963. Directions for preserving mammals for museum study. Smithsonian Inst., Information leaflet, 380:1-19.
- Short, R. V. 1977. Sexual selection and the descent of man. Reproduction and Evolution: Proceedings of the fourth Symposium on Comparative Biology of Reproduction (Calaby J. H., y C. H. Tyndale-Biscoe), 3-19, Australian Academy of Science, Canberra.
- Squires, E. L., B. W. Pickett., y R. P. Amann. 1979. Effect of successive ejaculation on stallion seminal characteristics. J. Rep. Fertil (suppl)., 27:7-12.
- Steel, R. G. D., y J. H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill/ Interamericana. México, 1-622.
- Studier, E. H. 1979. Bioenergetics of growth, pregnancy and lactation in the laboratory mouse, *Mus musculus*. Comp. Biochem. Physiol. A, Comp. Physiol., 64:473-481.
- Van de Graaff, K. M. 1975. Reproductive ecology of some Sonoran desert rodents. Unpubl. Ph. D. dissert, Northern Arizona Univ. Flagstaff, 1-191.
- Van de Graaff, K. M., y R. P. Balda. 1973. Importance of green vegetation for reproduction in the kangaroo rat *Dipodomys merriami*. J. Mamm., 54:509-512.
- Vitullo, A. D., E. R. S. Roldan, y M. S. Merani. 1988. On the morphology of spermatozoa of tucos-tucos, *Ctenomys* (Rodentia:Ctenomyidae): New data and its implications for the evolution of the genus. J. Zool. Lond., 215:675-683.
- Vitullo, A. D., y J. A. Cook. 1991. The role of sperm morphology in the evolution of Tuco-Tucos, *Ctenomys* (Rodentia, Ctenomyidae): confirmation of results from Bolivian species. Z. Säugetierkunde, 56:359-364.

- Watts, C. 1970. Effect of supplementary food in breeding in woodland rodents. *J. Mamm.*, 51:169-170.
- Watson, P. F. 1975. Use of Giemsa stain to detect changes in acrosomes of frozen ram spermatozoa. *Vet. Rec.*, 97:12-15.
- Weiner, J. 1987. Limits to energy budget and tactics in energy investment during reproduction in the Djungarian hamster (*Phodopus sungorus sungorus* Pallas 1770). *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 57:167-187.
- Weir, B. J. 1974. Reproductive characteristics of hystrichomorph rodents. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 34:265-301.
- Weir, B. J., y I. W. Rowlands. 1973. Reproductive strategies of mammals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4:139-163.
- Zedja, J. 1962. Winter breeding in the bank vole, *Clethrionomys glareolus*. *Schreb. Zool. Listy*, 11: 309-321.
- Zeng, Z., y J. H. Brown. 1987. Life history of desert rodent: a seven year study of *Dipodomys merriami* in the Chihuahuan desert. *Ecology*, 68:1328-1340.
- Zucker, I., P. G. Johnston, y D. Frost. 1980. Comparative, physiological and biochronometric analyses of rodent seasonal reproductive cycles. *Prog. reprod. Biol.*, 5:102-133.

## APENDICE 1

### Localidades de muestreo.

#### El Comitán,

El Comitán, 17 Km. carr. al Norte, La Paz

(Campo experimental del CIB)

El Comitán, 15 Km. W La Paz

#### Centenario.

4 Km. O del Centenario.

12 Km. O del Centenario.

17 Km. O del Centenario.

#### Brisamar.

Brisamar, Km. 10 carretera a San Juan de la Costa.

Km. 16 Carr. San Juan de La Costa.

Km. 23 Carr. San Juan de La Costa.

#### El Mogote

El Mogote, 7 Km NW La Paz.

El Mogote, 5 Km NW La Paz

Km 28 de la Carretera al Norte

### Fe de Errata

En la página 23 segundo párrafo, renglones dos y seis dice Siete sitios de implantación, debe decir ocho sitios de implantación.