



**ACTA**

---

**ZOOLOGICA**

---

**MEXICANA**

*nueva serie*

Reproducción de *Peromyscus (Neotomodon) alstoni*  
(Mammalia:Muridae) en condiciones  
de laboratorio

Jorge Olivera

José Ramírez-Pulido

Stephen L. Williams

Número 16  
Agosto de 1986

**Instituto de Ecología**  
**México, D.F.**



CONACYT

**REPRODUCCION DE  
*PEROMYSCUS (NEOTOMODON) ALSTONI*  
(MAMMALIA: MURIDAE) EN CONDICIONES  
DE LABORATORIO**

Jorge Olivera

Departamento de Biología de la Reproducción\*

José Ramírez-Pulido

Departamento de Biología\*

\*Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa

Apartado Postal 55-535

México 09340, D.F.

Stephen L. Williams

Carnegie Museum of Natural History Annex

5800 Baum Boulevard

Pittsburgh, Pennsylvania 15206



**RESUMEN**

En este trabajo se presenta la información obtenida de una colonia de *Peromyscus alstoni* mantenida en condiciones constantes de laboratorio. Se estudió el desarrollo sexual, ciclo estral, gestación, descripción del parto, proporción de sexos, tamaño de la camada y crecimiento postnatal. La apertura vaginal sucede a los 49.0 días ( $\pm 10.1$ ). Hembras y machos empiezan a copular con producción de embarazos a los 65 días. El 70% de la muestra lo hizo en promedio a los 174.5 (65-241) días. El ciclo estral tiene una duración promedio de 4.5 días. Los nacimientos se producen durante todo el año, sin tener una marcada incidencia en una temporada en particular. El período de gestación fue de  $27.3 \pm 1.1$  (26-30) días. Los eventos del parto son similares a los de otros múridos, en los cuales se pueden reconocer con claridad tres fases: preexpulsión, expulsión y postexpulsión. El 80% de los nacimientos se presentó entre las 800 y las 1200 h del período luz-oscuridad (10-14 h). El tamaño de la camada fue 3.1 críos por parto y la proporción de sexos al nacimiento de 1 ♂ : 1.6 ♀. La longitud del cuerpo crece de manera acelerada durante los primeros 35 días de edad extrauterina, al término de los cuales la media fue de 94.3 mm; en cambio, la longitud de la cola y el peso mantuvieron un ritmo acelerado de crecimiento hasta el día 55.

## ABSTRACT

In this paper we present information about the reproduction of a colony of *Peromyscus alstoni* under laboratory conditions, including sexual development, estrous cycle, length of gestation, parturition, sex ratio, litter size, and postnatal growth. The vagina opened at 49.0 days ( $\pm 10.1$ ). Reproduction in both sexes began at 65 days. Age of first reproduction averaged 174.5 (65-241) days for 70% of the sample. The average estrous cycle was 4.5 days. Births occurred throughout the year, and no seasonal activity was found. The average length of gestation was  $27.3 \pm 1.1$  (26-30) days. The sequence parturition is similar to that found in other murids. During parturition it is possible to distinguish three phases: preexpulsion, expulsion, and postexpulsion. 80% of the births occurred between 800 and 1200 h during the light period of a light-dark cycle 10 L:14 D. The average litter size was 3.1 and the sex ratio at birth was 1 ♂:1.6 ♀. Growth in body size was faster during the first 35 days after birth, at the end of which the average length was 94.3 mm. The length of tail and the body weight maintain rapid growth up to 55 days of age.

## INTRODUCCION

La riqueza faunística de México, contrasta grandemente con lo limitado de los estudios existentes acerca de la reproducción de los mamíferos endémicos. De hecho, la información disponible las más de las veces proviene de observaciones de campo y de los datos de ejemplares conservados en colecciones científicas, haciendo difícil y poco confiable, en algunos casos, establecer con esas bases los patrones de reproducción. Sin embargo, en años recientes la reproducción de roedores nativos, tanto en condiciones naturales como de laboratorio, ha cobrado interés debido al vacío existente en el conocimiento acerca de la biología de la mayoría de las especies.

Se había considerado a *Neotomodon alstoni* como una especie politípica representante de un género monotípico con afinidad cercana a *Peromyscus* (Burt, 1960; Hooper, 1959; Hooper y Musser, 1964). Yates, *et al.* (1979) consideraron que *Neotomodon* es co-genérico con *Peromyscus*, indicando que se trataba de una especie politípica. Con esta sinonimia concuerdan Williams y Ramírez-Pulido (1984), pero su conclusión es que se trata de una especie monotípica.

*Peromyscus alstoni* es una especie endémica del Eje Volcánico Transversal, que habita entre los 2,400 y los 4,960 m. En las partes bajas vive en bosques mixtos de pino-encino y en las partes

altas en bosques de pino y oyamel, en todos los casos asociada a gramíneas conocidas comúnmente como “zacatón”.

Las características del habitat, fauna asociada y condición reproductora de la especie, han sido mencionadas por Merriam (1898), Davis (1944), Davis y Follansbee (1945), Barrera (1969), Villa-Ramírez (1953), Hall y Dalquest (1963), Ramírez-Pulido (1969) y Mass *et al.* (1981), entre otros.

No obstante que *P. alstoni* ha ocupado la atención de diversos investigadores en los últimos años, por el alto rendimiento en su captura, por su docilidad y por la facilidad con que se reproduce en cautiverio, sorprende la ausencia de trabajos acerca de la biología de esta especie. De hecho el único que se conoce en este campo es el de Martín y Alvarez (1982) quienes estudiaron el crecimiento y desarrollo postnatal en condiciones de laboratorio. Este trabajo aunado a la información de nuestra comunicación referente al desarrollo sexual (pubertad y madurez sexual), ciclo estral, período de gestación, descripción del parto, proporción de sexos, tamaño de la camada y aspectos sobresalientes del desarrollo postnatal, de una colonia viviendo en condiciones constantes de laboratorio, permiten conformar, al menos parcialmente, la biología de la reproducción de esta especie.

## MATERIAL Y METODOS

En noviembre y diciembre de 1981 capturamos 20 hembras y 30 machos con trampas de aluminio “Sherman” (80x80x30 mm) en el área de Parres, Distrito Federal, 2,900 m, con el objeto de formar una colonia.

A las hembras y a los machos los mantuvimos separados durante tres semanas. Transcurrido ese tiempo, todos los individuos fueron pesados, medidos y marcados en el pabellón de la oreja para su futura identificación.

Para iniciar la colonia cada hembra con un macho fueron colocados en jaulas de acrílico transparente (390x240x240 mm) con camas de aserrín que cambiamos cada 48 h. Se les proporcionó alimento comercial para roedores (Laboratory Chow Purina) y agua *ad libitum* en bebederos de succión.

La colonia se mantuvo en un cuarto con temperatura y luz controladas, el ciclo luz-oscuridad fue de 10 L:14 O h y la temperatura ambiental de  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . A las hembras próximas a parir se les retiró el macho y se les cambió a un cuarto de observación que tenía las mismas condiciones de luz-oscuridad y temperatura que se mantenían en la colonia, con el propósito de hacer la descripción del parto, la que se hizo por observación directa, pero sin interferir con las hembras. Además, se les proveyó de papel periódico en tiras para la construcción del nido.

Después del nacimiento la madre y sus críos eran regresados a la colonia. Los críos permanecieron con la madre en la misma jaula hasta el destete, jaula que desde antes del nacimiento ya no compartió el macho. En ese momento cada individuo fue marcado mediante la perforación del pabellón de la oreja, haciendo posible la identificación de los miembros de cada camada.

Como el desarrollo postnatal había sido estudiado por Martín y Alvarez (1982) sólo lo seguimos de manera general. Para ello utilizamos las medidas acumuladas de 30 individuos, medidas que obtuvimos todos los días hasta el séptimo y después cada quinto hasta los 115. Registramos la longitud total y la longitud de la cola (en mm) con un vernier marca Helios y el peso (en g) con una balanza Mettler Modelo p-2000.

Para la identificación de la pubertad se utilizó la información de 78 hembras y 78 machos observados desde el nacimiento y para la madurez sexual la de 36 hembras y 36 machos seguidos desde el destete. Los animales fueron agrupados por parejas en jaulas individuales. En este caso, la pubertad se define como el momento en que se presenta la apertura vaginal y madurez sexual cuando hembras y machos copulan y se reproducen exitosamente.

Para estimar la duración del ciclo estral, se les tomó frotis vaginal diariamente a 24 hembras a las 800 y a las 1600 h y se observaron al microscopio para identificar y cuantificar la citología vaginal exfoliativa, de acuerdo con Long y Evans (1922) y Zarrow (1964). Cuando los ciclos se hicieron repetitivos y las proporciones celulares no variaron, se suspendió la obtención de los frotis; la duración del ciclo se estableció con el análisis de 700 frotis equivalentes a 118 ciclos aproximadamente.

Para determinar el período de gestación se utilizaron 50 hembras primíparas de 150 días de edad. Se les colocó en jaulas individuales con un macho en cada una, después se les tomó frotis va-

ginal diariamente a las 1000 h. Cuando se observaron espermatozoides en el frotis, se consideró como día "cero" de probable inicio de la gestación y entonces se les retiró al macho de la jaula.

Para verificar la existencia de estro postparto, a 40 hembras recién paridas se les colocó en jaulas individuales con un macho en cada una. Durante 24 días se obtuvieron frotis vaginales y cuando aparecían espermatozoides se supuso que la gestación se iniciaba nuevamente. Sólo entonces el macho era retirado de la jaula. En total obtuvimos 421 críos en 137 partos.

Los valores que se mencionan corresponden a los promedios y entre paréntesis  $\pm$  1 desviación estándar.

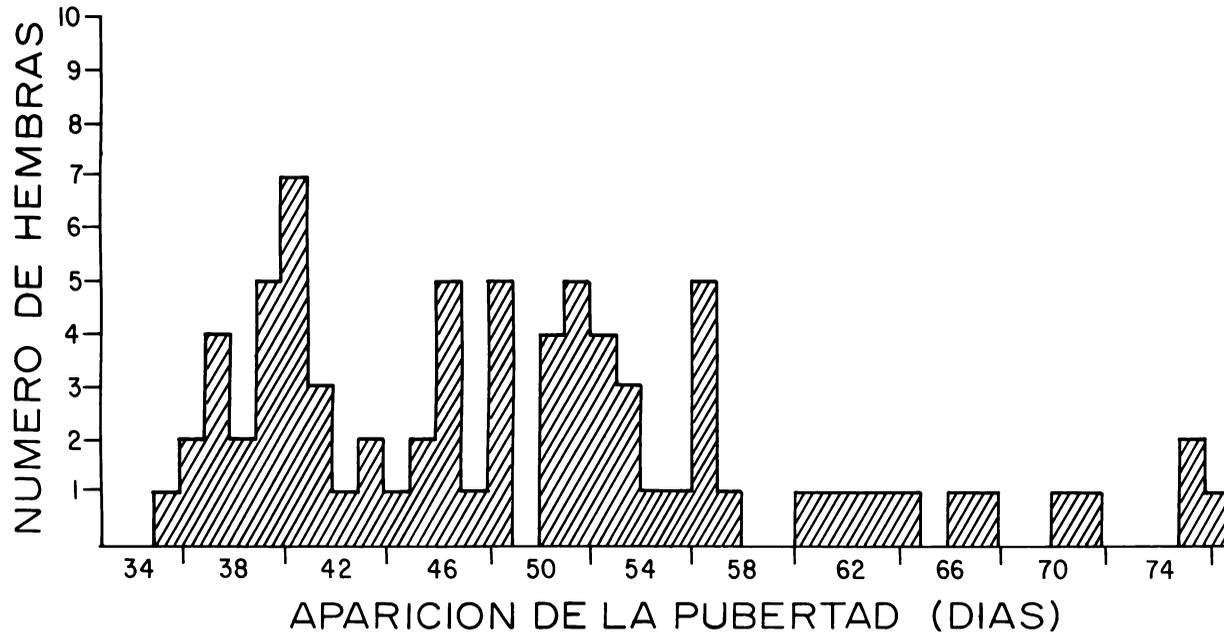
## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Desarrollo Sexual**

**Pubertad.-** Uno de los criterios morfológicos comúnmente utilizados para identificar el inicio de la pubertad en los múridos, es el momento de la apertura vaginal y el descenso de los testículos al escroto.

En estudios de reproducción de roedores, se utiliza con frecuencia el término pubertad como sinónimo de madurez sexual, para señalar en ambos casos el inicio de la actividad reproductora. Layne (1968) establece con claridad esa sinonimia funcional, al asociar el comienzo del ciclo estral con la apertura vaginal y con la capacidad para iniciar la gestación, reconociendo implícitamente la aptitud para copular. Para Lackey (1976) la madurez sexual en las hembras se inicia cuando se presenta la apertura vaginal y en los machos, sin ser una regla general, con el descenso de los testículos al escroto, pero sin reconocer que estos eventos sean sinónimos con el de la pubertad.

Nuestros datos indican que como sucede en otras especies, la madurez sexual, si ésta se define como el período durante el cual los individuos son fértiles y capaces de reproducirse, en esta especie se presenta después de la pubertad, porque si bien a los 58 días de edad en la mayoría de las hembras había apertura vaginal (Fig. 1), en



**Figura 1**

Frecuencia de edad a la que se presentó la pubertad en *Peromyscus alstoni*.

La pubertad se estableció con base en la apertura vaginal

( $\bar{X} \pm DE = 49.0 \pm 10.1$ ,  $n = 78$ ).

cambio apenas el 11.2% de los embarazos se presentó entre los 65 y los 85 días de edad (Cuadro 1).

En las hembras ( $n = 78$ ) de *Peromyscus alstoni* la pubertad se presentó a los  $49.0 (\pm 10.1)$  días de edad, en un rango de 35 a 76 días (Fig. 1). Al establecer la relación del peso de las hembras con la aparición de la pubertad el coeficiente de correlación es positivo ( $r = 0.577$ ,  $P < 0.001$ ), misma correlación que se observa ( $r = 0.606$ ,  $P < 0.001$ ), cuando la relación se establece entre la longitud total y la aparición de la pubertad.

Nuestros datos acerca de la edad a la que se inicia la pubertad en *Peromyscus alstoni* concuerdan con los de otros autores que han estudiado este fenómeno en diversas especies del mismo género. Así por ejemplo Layne (1968) encontró que en *P. boylii* sucede a los 50.9, en *P. truei* a los 50.1 y en *P. megalops* a los 46 y a los 48 días. Lackey (1976) menciona 51.5 para *P. yucatanicus* y Rickart (1977) 46 para *P. mexicanus*. Todas esas especies son de tamaño similar. En especies de tamaño mayor que las anteriores, Layne (1968) encontró que en *P. californicus* y *Peromyscus thomasi* (= *Megadontomys thomasi*) fue a los 77 y 75 días respectivamente. Estos resultados apoyan la existencia de una correlación positiva entre el tamaño corporal y la edad a la que se presenta la pubertad.

Sin embargo, existen datos contradictorios en la literatura: Rickart (1977) muestra que en *P. melanocarpus* la pubertad se presenta a los 79.3 días y esta especie es de tamaño comparable al de *P. alstoni*, *P. boylii*, *P. truei* y *P. megalops*, es decir, la edad de su pubertad es similar a la de los *Peromyscus* de talla mayor, como es el caso de *P. californicus* y *Megadontomys thomasi*, lo que descarta el argumento anterior.

Todavía más, en *Otodylomys*, uno de los géneros más primitivos de los "Neotomynes" (Hooper y Musser, 1964) y de tamaño corporal mayor que *P. alstoni*, la apertura vaginal se presentó a los 120 días según Helm (1975), a los 21 y a los 70 días y antes de los 39 según Disney (1968). Este último valor es parecido a los que se presentan en *Peromyscus* de talla pequeña y por tanto, dicha correlación tampoco sería aplicable en este caso.

Layne (1968) señala que la edad a la que se inicia la actividad reproductora en *Peromyscus* no es una función en estrecha dependencia con el tamaño corporal y hasta el momento no hay un

**Cuadro 1**

Edad en días a la que se observó el embarazo de 36 hembras primíparas de *Peromyscus alstoni* viviendo en condiciones de laboratorio.

<b>HEMBRA No.</b>	<b>EDAD AL INICIO DEL EMBARAZO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
1	65	2.8
2	68	5.6
3	83	8.4
4	85	11.2
5	116	14.0
6	117	16.8
7	131	19.6
8	134	22.4
9	155	25.2
10	169	28.0
11	170	30.8
12	174	33.6
13	196	36.4
14	202	39.2
15	203	42.0
16	207	44.8
17	208	47.6
18	219	50.4
19	220	53.2
20	221	56.0
21	229	58.8
22	231	61.6
23	231	64.4
24	239	67.2
25	241	70.0
26	260	72.8
27	271	75.6
28	276	78.4
29	278	81.2
30	292	83.0
31	298	85.8
32	306	88.6
33	308	91.4
34	312	94.2
35	356	97.0
36	398	100.0

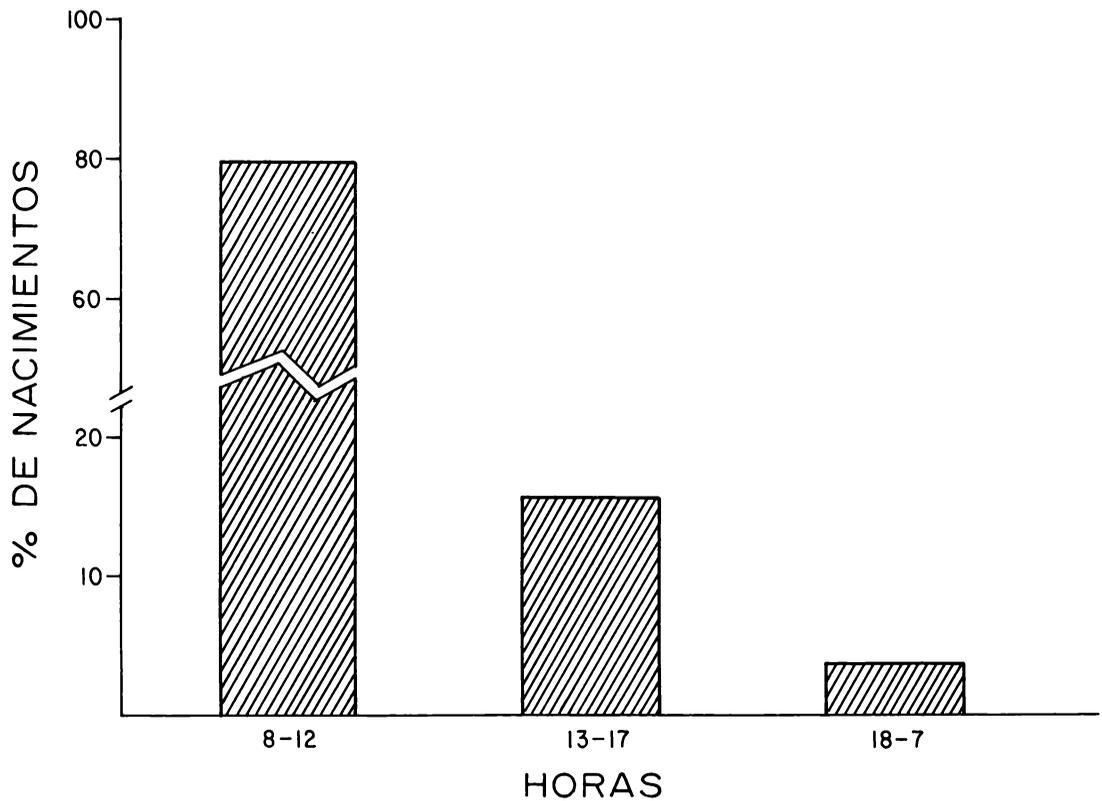
criterio definido por cuanto a la correlación positiva que pudiera darse entre el tamaño corporal y la edad a la que se presenta la pubertad tanto en *Neotomys* como en *Peromyscines*. Algunos resultados aislados de diversas especies de *Peromyscus* parecen confirmarlo y otros parecen negarlo. Lo cierto es que debe tenerse presente la gran diversidad específica que se da en el género *Peromyscus*, la amplitud latitudinal y altitudinal por cuanto a su distribución geográfica y lo reducido del número de especies estudiadas, tanto en los componentes de este género como en los afines.

A los 78 machos iniciales y posteriormente a todos los de la colonia, se les mantuvo en observación permanente por más de un año y en ninguno de los casos se presentó descenso de los testículos al escroto. Este resultado es diferente al de Martín y Alvarez (1982) puesto que ellos encontraron dos machos de 420 días de edad con los testículos escrotados; sin embargo, de acuerdo con nuestra evidencia esta no es una condición normal que se cumpla en esta especie.

**Madurez Sexual.-** La observación de 36 parejas aisladas desde el destete, con el objeto de determinar cuando se alcanza la madurez sexual en esta especie, mostró que a los 65 días de edad hembras y machos son capaces de copular, edad a la que se encontraron por primera vez espermatozoides en la vagina. Las 36 parejas produjeron 36 partos viables. La edad a la que presentó el embarazo se registra en el cuadro 1. El 70% de las hembras quedaron embarazadas entre el día 65 y el 241 y sólo el 30% de ellas entre el 260 y el 398, día en el que se suspendió la observación en virtud del 100% de embarazos en la población examinada.

La edad de *Peromyscus alstoni* en la cual se inicia la actividad copulatoria con fecundidad exitosa no se aparta grandemente de la que Schuartz y Bleich (1975) observaron en *Neotoma albigula* y Lackey (1976) en *P. yucatanicus* y es prácticamente igual a la de *P. leucopus* (Lackey, 1978).

**Ciclo Estral.-** La citología vaginal de *Peromyscus alstoni* muestra una periodicidad altamente predecible. El período entre dos estados de células cornificadas, es decir, de estro a estro, fue de 4.5 ( $\pm 0.4$ ) días, con un rango de 3 a 7 (Fig. 2). El 75% de los casos observados se presentó a los 4 días.

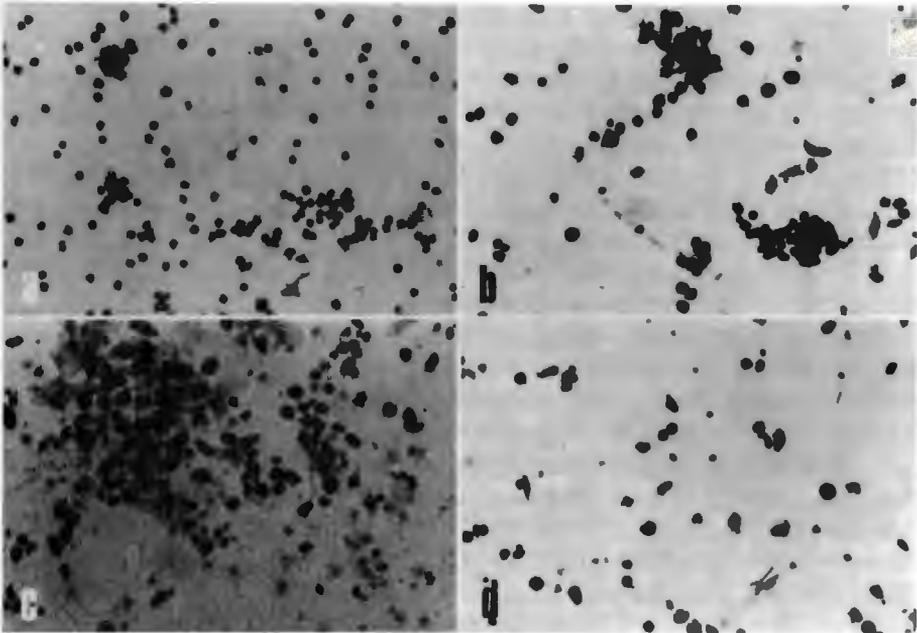


**Figura 2**

Duración del ciclo estral de *Peromyscus alstoni*.  
La muestra examinada fue de 118.

Las células del frotis vaginal son de tres tipos: leucocitos polimorfonucleados, células epiteliales nucleadas y células epiteliales cornificadas.

**Estado I-Diestro.-** La muestra vaginal se caracteriza por el predominio de leucocitos polimorfonucleados que constituyen el 96% y la proporción restante células epiteliales cornificadas de "tipo intermedio" al inicio de la fase, elementos que son sustituidos por las células epiteliales nucleadas o basales al final de la misma (Fig. 3-A).



**Figura 3**

Imagen del frotis vaginal de *Peromyscus alstoni* durante el ciclo estral.

A) DIESTRO  
C) ESTRO

B) PROESTRO  
D) METAESTRO

**Estado II-Proestro.-** El 80% de las células que caracterizan esta fase son las células basales epiteliales nucleadas o basales de tipo oval, el 15% son células epiteliales de "tipo intermedio" y el 5% restante son leucocitos polimorfonucleados (Fig. 3-B).

**Estado III-Estro.-** Esta fase se caracteriza porque el 80% lo constituyen las células epiteliales cornificadas de "tipo intermedio", el 15% células epiteliales nucleadas o basales y el 5% restante son leucocitos polimorfonucleados (Fig. 3-C).

**Estado IV-Metaestro.-** Los elementos celulares que caracterizan esta fase son los leucocitos polimorfonucleados que constituyen el 45%, los epiteliales cornificados de "tipo intermedio" el 40% y el 15% restante son los epiteliales nucleados o basales (Fig. 3-D).

La duración de cada fase es de aproximadamente 24 h, aunque en el estro y el diestro es mayor, especialmente el último que puede ser de más de 48 h. El metaestro es el estado más corto con un tiempo que varía de 10 a 24 h. Otra característica que se puede observar en la figura 3 es la presencia de leucocitos en todas las fases del ciclo. Están presentes además, células con forma de "L", especialmente durante el proestro y estro.

Las características generales de las fases del ciclo estral coinciden con las descritas por Parkes (1965) para *Mus musculus* y como lo han señalado Dewsbury *et al* (1977), se caracteriza por la fluctuación de tres tipos básicos de componentes celulares, leucocitos polimorfonucleados, células epiteliales nucleadas o basales y células epiteliales cornificadas o de "tipo intermedio".

La imagen de la citología vaginal de *P. alstoni* revela la presencia de leucocitos durante todo el ciclo, aún en los períodos de intensa actividad ovárica. Esta condición también se observa en *Neotoma floridana* (Chapman, 1951), sólo que en *P. alstoni* la cantidad de leucocitos varía en cada una de las fases del ciclo.

Las células en forma de "L" presentes en el proestro y en el estro de *P. alstoni*, han sido mencionadas por Kent y Smith (1945) y Ward (1946) en *Mesocricetus auratus*.

De los ciclos estrales que se conocen en representantes de la Familia Muridae (Hudson, 1974; Helm, 1975; Dewsbury *et al*, 1977), el de *Peromyscus alstoni* es el más corto, con duración de 4.5

días en promedio, y a diferencia de lo observado en *Tylomys* y *Ototylomys* (Helm, 1975), la periodicidad es altamente predecible. La longitud mayor del ciclo no guarda relación con la acción repetida de obtener muestras vaginales en las hembras expuestas a condiciones de laboratorio, como sucede en *Neotoma floridana* (Chapman, 1951).

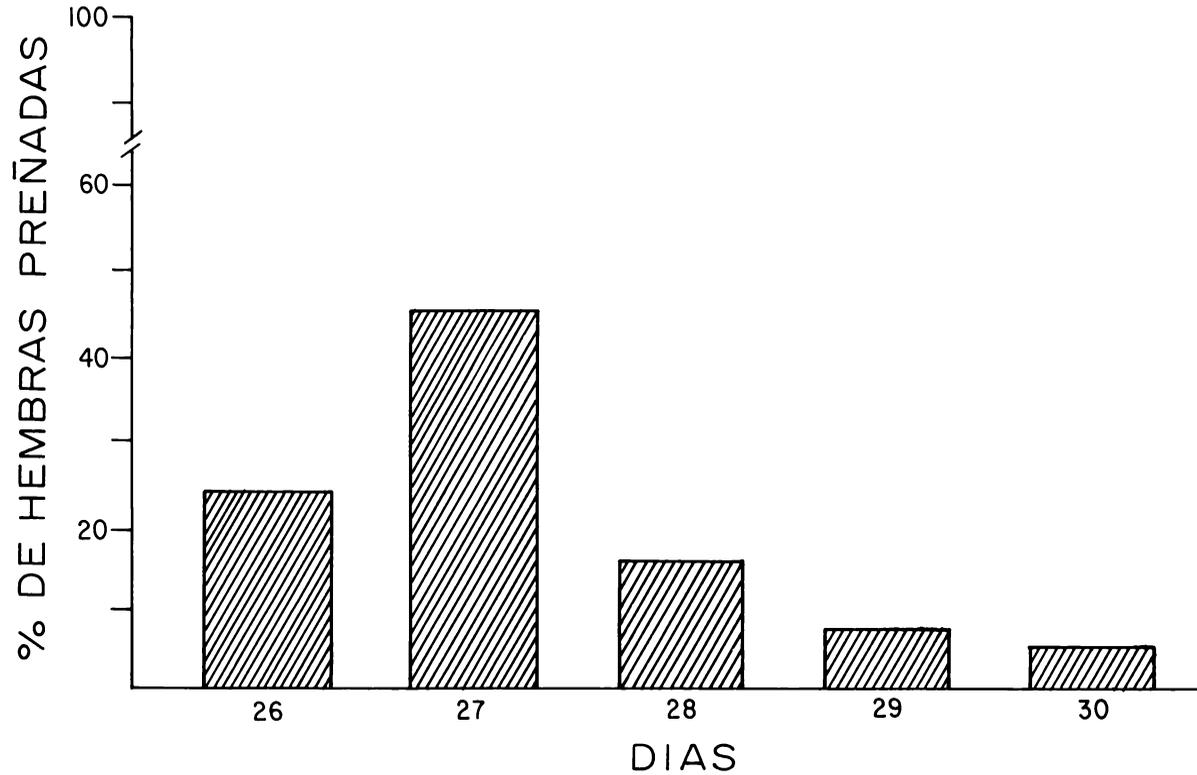
**Gestación.-** En *Peromyscus alstoni* cuando vive en condiciones de laboratorio, los nacimientos se producen durante todo el año, sin haber una marcada incidencia en una temporada en particular. El apareamiento se lleva a cabo en estado III del ciclo estral o estro y la gestación en las hembras primíparas ( $n = 50$ ) es de 27.3 ( $\pm 1.1$  días). El 70% de la muestra examinada presentó períodos de gestación entre 26 y 27 días y el 30% restante entre los 28 y los 30 (Fig. 4).

La gestación en las hembras lactantes fue en promedio de 27.1 (26-29) días, es decir, en ambos casos la duración fue la misma, a diferencia de lo que sucede en algunas otras especies de *Peromyscus* (Svihla, 1932; Lackey, 1976; Rickart, 1977), cuando la gestación proviene de un estro postparto es más prolongada, lo que se ha atribuido a un retraso en la implantación.

De acuerdo con nuestros resultados en *P. alstoni* no se presenta estro postparto y como se aprecia en el cuadro 2, después del mismo hay inhibición de la conducta sexual.

Después del parto la vagina se mantiene cerrada, pero con ligeras muestras de sangre. En esas condiciones puede permanecer un tiempo variable de tres a varios días y cuando se abre, lo que puede suceder de un día para otro, la hembra es receptiva al macho, presenta conducta sexual y se lleva a cabo la cópula, iniciándose de nuevo otra gestación. De las 50 hembras lactantes en observación, 40 volvieron a copular, dos lo hicieron al tercer día y en las 38 restantes la cópula se realizó entre el día 9 y el 22. En el 90% de ellas ( $n = 36$ ) llegó a su término la gestación (Cuadro 2).

La información inicial acerca de la reproducción de *P. alstoni* procedía de los datos de campo de Davis y Follansbee (1945) quienes reconocieron que la reproducción comenzaba antes del 23 de junio y terminaba en la segunda mitad de agosto. Cabe destacar que tres de las hembras con las que iniciamos la colonia estaban preñadas y no obstante que la información procedente de los ejemplares conservados en las colecciones científicas en su conjunto era limitada, la



**Figura 4**

Duración de la gestación en hembras primíparas de *Peromyscus alstoni* viviendo en condiciones de laboratorio (n = 50).

**Cuadro 2**

Frecuencia de apareamiento durante la lactancia de 40 hembras de *Peromyscus alstoni*. En la primera columna se anota el día de lactancia (DL), en la segunda el número de hembras con espermatozoides en el tracto genital (HE) y en la tercera el número de hembras que llevaron a término la gestación (HTG).

DL	HE	HTG
1	0	0
2	0	0
3	2	2
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	9	9
10	2	2
11	0	0
12	7	6
13	4	3
14	5	3
15	1	1
16	4	4
17	1	1
18	0	0
19	2	2
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	0	0
24	0	0
TOTAL	40	36

idea prevaleciente es que se trataba de una especie poliestra, lo cual se confirmó con nuestros resultados y con los de Martín y Alvarez (1982). Este patrón de reproducción resulta entonces válido cuando la especie vive en condiciones de laboratorio, pero continúa la interrogante de qué es lo que sucede cuando vive en su habitat natural.

Helm (1975) al revisar la información acerca de la gestación de "Neotomynes" y "Peromyscines" manifiesta que parece existir correlación entre la duración de la gestación y el tamaño del cuerpo en el grupo de los "Neotomynes", a *Tylomys* pertenecen los animales mayores, a *Otodylomys* los menores y a *Neotoma* los intermedios, en este grupo la gestación sigue paralela a la tendencia en el tamaño del cuerpo, aunque reconoce que la gestación en *Otodylomys* es excepcionalmente larga y que esta correlación no se observa en los "Peromyscines".

Para Layne (1968) la gestación de *Peromyscus* tiende a ser relativamente constante como una característica a nivel específico, no existiendo correlación con el tamaño del cuerpo del animal. En la información referente a 10 subespecies pertenecientes a ocho especies, establece como promedio una gestación de 23.5 (21-27) días, el cual es superado por los resultados de Rickart (1977) en las especies tropicales de *Peromyscus melanocarpus* (37.1 días) y *P. mexicanus* (35.0 días).

Por el contrario, recientemente Myers y Master (1983) encontraron en las hembras de *P. maniculatus bairdii* que en las de mayor peso la gestación es más corta, lo contrario sucede en las de menor y señalan además, como tendencia general, que si la comparación se hace a nivel interespecífico, en las especies de mayor tamaño el período de gestación es también mayor.

Nuestros resultados apoyan los de Layne (1968) y los de Helm (1975) por cuanto a la ausencia de la relación tamaño-gestación en el grupo de los *Peromyscus*. Lo que es evidente, es que el período de gestación de *P. alstoni*, como sería de esperar guarda mayor relación con los *Peromyscus* de zonas templadas (Layne, 1968) que con aquellos de las regiones tropicales (Lackey, 1976; Rickart, 1977) de tamaño similar.

En hembras preñadas de *P. alstoni* tanto primíparas como lactantes, entre los días 16-18 de la gestación, se observa un ligero sangrado vaginal que dura de dos a tres días, sangrado sólo mencionado en *Rattus* (Long y Evans, 1922) pero alrededor del día 13 del embarazo, lo cual se ha atribuido como un signo placentario. Se desconoce si este sangrado se presenta en especies afines a *P. alstoni* y en este caso, no se puede afirmar que sea un signo placentario porque hacen falta estudios para esclarecer este punto. Es importante mencionar que en dos

disecciones con implantes de 15 días, se notaron hemorragias entre el útero y el corion.

**Descripción del Parto.-** Cuando faltan pocos días para el parto, las hembras permanecen más tiempo en el nido, éste se ve más limpio y amplio que lo habitual; sin embargo, la mayor parte de los nacimientos se realizan fuera del nido.

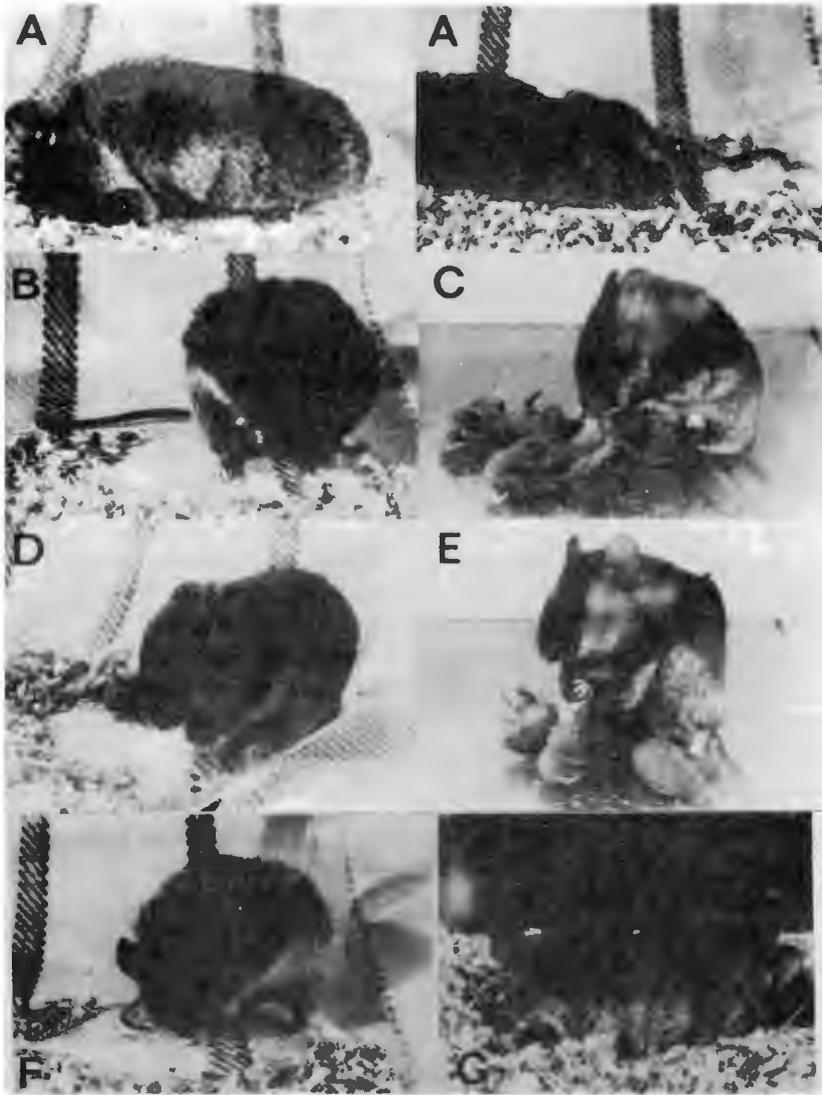
La secuencia del parto se puede dividir en tres fases que se dan entre uno y otro nacimiento, dichas fases son:

#### *FASE I, PREEXPULSION*

Se caracteriza por contracciones de la musculatura abdominal que van en aumento tanto en ritmo como en intensidad. En la mitad ventral del cuerpo se aprecian contracciones peristálticas de la musculatura abdominal. La hembra permanece acostada fuera del nido, lleva la cabeza hacia el pecho y después de algunos segundos se relaja y realiza una extensión de los miembros posteriores para después adoptar la posición de lordosis, facilitando que el feto entre al canal de parto para la expulsión (Fig. 5-A). La hembra asea y lubrica con lamidos constantes sus genitales, pudiendo adoptar las siguientes posiciones: se apoya en los miembros posteriores e inclina el cuerpo, con la cabeza dirigida hacia abajo y alcanza con la lengua sus genitales (Fig. 5-B), o bien, se apoya con los miembros anteriores y un miembro posterior, levanta el cuerpo de ese lado, dirige la cabeza hacia atrás y abajo para alcanzar sus genitales. Esta fase termina aproximadamente 15 minutos antes del nacimiento.

#### *FASE II, EXPULSION*

Se inicia cuando se presenta una serie de 5 a 10 contracciones, con intervalos de 2 a 4 segundos entre una y otra. Se observa abierta la vagina y la porción cefálica o caudal del feto. Para la expulsión del crío la hembra puede adoptar dos posiciones, en una la hembra realiza una inspiración profunda y prolongada, se apoya en los miembros posteriores y contrae la masa muscular abdominal conforme va siendo expulsado el feto, este es el momento en que la hembra se deja caer adoptando la posición de sentado para la expulsión completa y en muchos de los casos se ayuda con la boca (Fig. 5-C). En la segunda posición se apoya en las cuatro extremidades, adoptando una xifosis e inicia el pu-



**Figura 5**

Posición corporal de la hembra de *Peromyscus alstoni* durante el parto.  
Ver texto.

jo para la expulsión. Cuando la mitad del crío está afuera, hace un movimiento hacia adelante quedando en lordosis y en esta posición realiza la expulsión.

Realizada la expulsión, la madre aseca al crío. Primero le lame la cara, especialmente en la boca y en la nariz, y después el tórax hasta llegar al cordón umbilical que es cortado por la hembra con sus dientes, o bien, la madre pisa el crío y con un movimiento lateral lo corta por tracción.

### *FASE III, POSTEXPULSION*

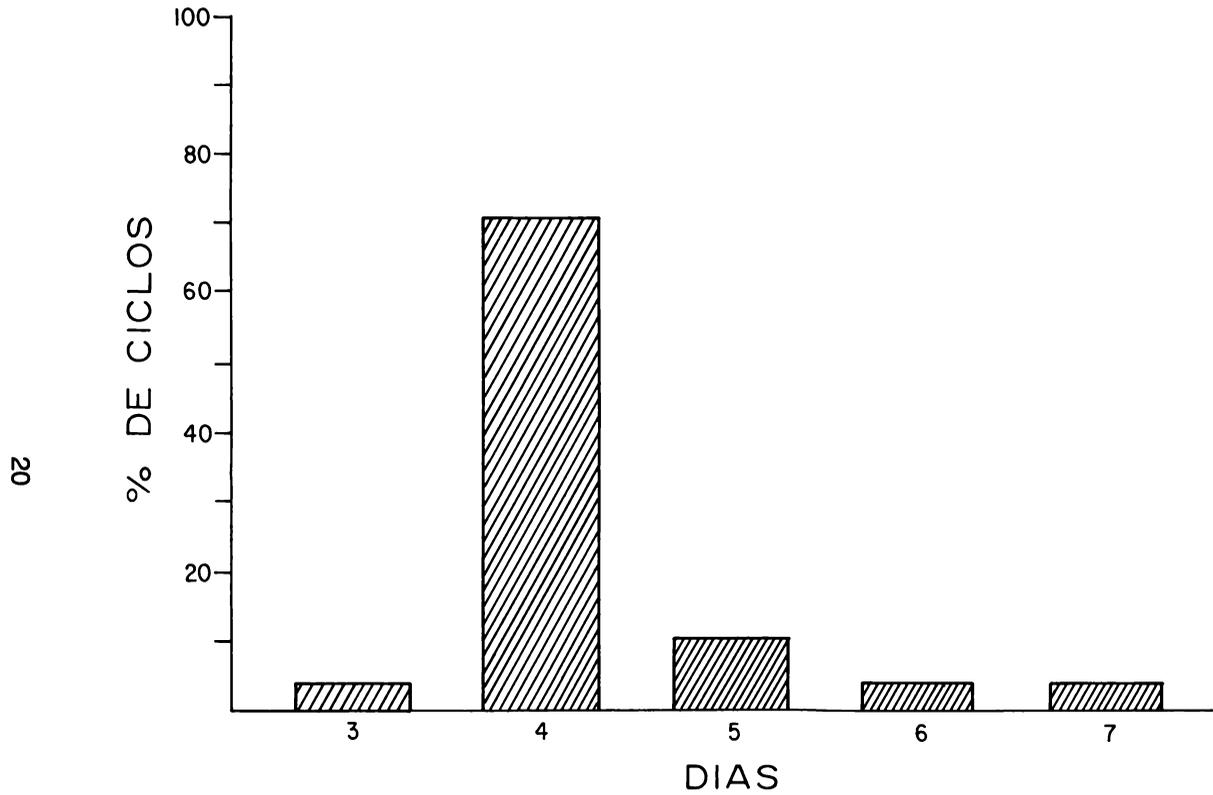
Al término del aseo del crío, la madre lo deja en el sitio en donde fue expulsado (Fig. 5-D) y descansa, pero lejos de él. Después de algunos minutos se reanudan las contracciones de la musculatura abdominal, en una de esas contracciones puja, se produce un ligero sangrado por el orificio vaginal, y entonces inicia un lengüeteo en el mismo sitio empezándose a expulsar la placenta. Cuando parte de ésta se encuentra afuera, la hembra la muerde y con sus extremidades anteriores se ayuda para extraerla en su totalidad. Una vez afuera se la come de inmediato (Fig. 5-E). Después de esto, la madre reanuda la atención al crío, siendo hasta ese momento cuando lo cubre y le da calor con su cuerpo (Fig. 5-F).

Poco tiempo después se reinician las contracciones de la musculatura abdominal en forma rítmica, de esta manera da comienzo un nuevo ciclo con la repetición de los pasos de la fase I.

Los eventos del parto de *P. alstoni* en términos generales son comparables con los descritos para la rata doméstica (Sturman *et al*, 1929; Rosenblath y Lehrman, 1963) y con la de otras especies de *Peromyscus* compendiadas por Layne (1968), quien ha sugerido la existencia de patrones característicos no sólo a nivel específico, sino también al subespecífico.

**Horario de parto.-** De los 137 partos registrados, el 80% sucedió entre las 800 y las 1200 h, el 16% entre las 1300 y las 1700 y sólo el 4% en las horas de oscuridad, es decir, entre las 1800 y las 700 h (Fig. 6).

Layne (1968) señala que los nacimientos en *Peromyscus* suceden en el día, lo cual se interpreta como una ventaja adap-



**Figura 6**

Frecuencia del parto de *Peromyscus alstoni* en relación con la hora del día. Los animales se mantuvieron en condiciones constantes de luz (10:14 h).

tativa, si se considera que las especies de este género son de hábitos nocturnos.

Nuestras observaciones confirman que los partos en su mayoría se presentan en el transcurso de la mañana disminuyendo considerablemente su incidencia al llegar la tarde y siendo aún menor la proporción en horas de la noche (Fig. 6). Debemos hacer notar que el grueso de los nacimientos se efectuaron en la parte iluminada del ciclo experimental sueño-vigilia.

**Proporción de sexos y tamaño de la camada.-** La proporción de machos y de hembras al nacimiento ( $n = 421$ ) fue de 1:1.6 y el promedio de críos por parto de 3.1 con rango de 1 a 6. El límite inferior quedó determinado por 10 partos en los que se obtuvo un crío en cada uno y el superior por 2 con 6 críos en cada uno (Cuadro 3). Dentro de este intervalo, el 86% de los individuos se obtuvo en 118 partos con camadas de 2 a 4 críos. La proporción de sexos de nuestros resultados es diferente a la de 1:1 que encontraron Martín y Alvarez (1982). Desafortunadamente no se tiene más información de *P. alstoni* que pudiera aclarar la discrepancia señalada.

Spencer y Steinhoff (1968) señalaron que la extensión de la época de reproducción de una especie es un factor crítico en relación directa con el tamaño de la camada, es decir, cuando la época es

**Cuadro 3**

Tamaño de la camada en 137 partos de *Peromyscus alstoni*. ( $n$  = número de partos; % = relación porcentual de la camada).

No. de críos por parto	n	% del total de críos
1	10	7.0
2	28	20.0
3	52	38.0
4	38	28.0
5	7	5.0
6	2	2.0
TOTAL	137	100.0

corta se favorece la producción de grandes camadas, por el contrario, en estaciones largas las camadas son pequeñas.

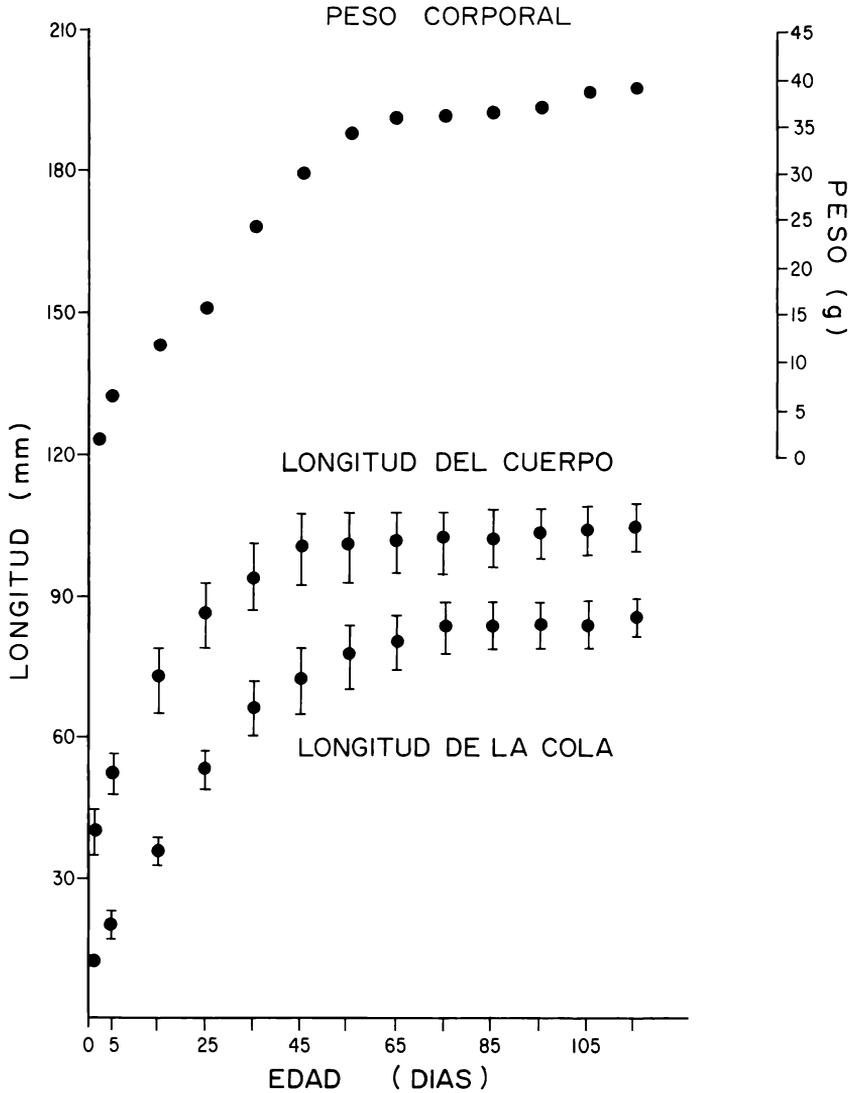
Para Layne (1968) el tamaño de la camada de una especie o subespecie es una mera aproximación por la variación existente entre y dentro de las poblaciones, debido a la combinación de efectos genéticos y a las numerosas influencias del medio ambiente. También señala que el tamaño de la camada en especies del género *Peromyscus* (3.4 en promedio) no guarda relación con el tamaño corporal de la especie; por el contrario, tanto Spencer y Steinhoff (1968) como Rickart (1977) citan que en especies de zonas templadas se da una correlación positiva.

Si se toma como modelo de comparación los resultados de Spencer y Steinhoff (1968), quienes colectaron *P. maniculatus* en diversas localidades de Colorado a lo largo de un gradiente altitudinal, destacan que la regresión de la media del tamaño de la camada en relación con la altitud, es del mismo orden de magnitud que la relacionada con la latitud. En esta especie observaron que la frecuencia de embriones, y por ende el tamaño potencial de la camada, aumenta con la altura. A alturas menores (5,100-5,300 pies) el promedio fue de 4.00, en cambio en las mayores (8,000-11,000 pies) fue de 5.6.

El otro punto de comparación lo constituye *P. melanocarpus* y *P. mexicanus*, en donde las camadas son de 1.8 y 2.1 para condiciones de laboratorio y 2.3 y 2.6 en condiciones de campo respectivamente (Rickart, 1977), como ejemplo de lo que sucede en especies tropicales con reproducción a lo largo del año.

En *P. alstoni* obtuvimos camadas de 3.1 individuos, promedio ligeramente mayor al que encontraron (2.75) Martín y Alvarez (1982). Nuestros resultados demuestran que el tamaño de la camada es baja, si se considera que se trata de una especie que vive en grandes alturas, en la zona templada, es de talla mediana y con poliestría anual.

**Crecimiento Postnatal.**- Para cuantificar el desarrollo postnatal, se utilizaron las medidas acumuladas de 30 individuos (hembras y machos). Las medidas que se obtuvieron fueron la longitud corporal, longitud de la cola y el peso. De cada una de las variables se consigna la edad a intervalos de cinco días, el tamaño de la muestra, la media aritmética, el intervalo de variación y una desviación estándar (Fig. 7).



**Figura 7**

Desarrollo postnatal de *Peromyscus alstoni*. Los puntos corresponden a la media y las líneas verticales a una desviación estándar.

La longitud corporal de *P. alstoni* al nacimiento fue de 40.5 ( $\pm 5.3$ ) mm, la de la cola 12.4 ( $\pm 1.4$ ) mm y el peso de 3.4 ( $\pm 0.67$ ) g. El tamaño del cuerpo aumenta de manera acelerada durante los primeros 35 días, obteniéndose un promedio de 94.3 mm; después el crecimiento se hace más lento. En cambio, el crecimiento de la cola y el peso mantiene el ritmo acelerado hasta el día 55, tiempo en el cual los promedios alcanzados fueron de 78.5 mm y 34.6 g; después la ganancia en tamaño y peso se hace discreta (Fig. 7).

La curva de crecimiento de nuestros resultados no difiere significativamente de lo observado por Martín y Alvarez (1982), excepto en cuanto al promedio de la longitud total al nacimiento. Ellos obtuvieron 57.0 mm contra 52.8 en la muestra que examinamos, lo cual puede interpretarse como diferencia en la obtención de las medidas.

Algunos de los eventos del desarrollo ontogénico postnatal se presentan resumidos en el cuadro 4. La erupción de los incisivos mandibulares en nuestros ejemplares se presentó más temprano que en los de Martín y Alvarez (1982). La erupción de los incisivos maxilares y la apertura de los ojos fue igual en ambos casos. La elevación del pabellón de la oreja coincide con los resultados observados en *Peromyscus megalops* y *Megadontomys thomasi* (Layne, 1968).

#### Cuadro 4

Edad en días a la que se presentan algunos eventos en el desarrollo postnatal de *Peromyscus alstoni* en condiciones de laboratorio.  $\bar{X}$  = promedio de edad; DE = desviación estándar; n = tamaño de la muestra.

EVENTOS	$\bar{X}$	DE	n
Elevación del pabellón de la oreja	5.5	1.4	30
Erupción de los incisivos mandibulares	7.0	1.3	30
Erupción de incisivos maxilares	10.8	2.0	30
Apertura del meato auditivo externo	17.8	3.8	30
Apertura de los ojos	18.7	1.7	30

## AGRADECIMIENTOS

A los Drs. Carlos Beyer y Fernando Antón Tay por sus valiosas sugerencias y críticas al manuscrito. La realización y publicación de este trabajo fue posible con el apoyo financiero de la Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica (SEP), a través del Programa Nacional de Educación Superior (PRONAES), mediante los convenios Nos. 084-01-0188 y 085-01-0271 y con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Proyecto PCCNCNA-031450 con J.R.P.

## LITERATURA CITADA

- Barrera, A.** 1969. Notes on the behavior of *Loberopsyllus traubi*, a cucujid beetle associated with the volcano mouse, *Neotomodon alstoni* in Mexico. *Proc. Ent. Soc. Washington* 71:481-486.
- Burt, W.H.** 1960. Bacula of North American mammals. *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Mich.* 113:1-76.
- Chapman, A.S.** 1951. The estrous cycle in the woodrat, *Neotoma floridanus*. *Sci. Bull.* 34:267-283.
- Davis, W.B.** 1944. Notes on Mexican mammals. *J. Mamm.* 25:370-403.
- Davis, W.B. y L.A. Follansbee.** 1945. The Mexican volcano mouse, *Neotomodon*. *J. Mamm.* 26:401-411.
- Dewsbury, D.A., D.Q. Estep y D.L. Lanier.** 1977. Estrous cycles of nine species of muroid rodents. *J. Mamm.* 58:89-92.
- Disney, R.H.H.** 1968. Observations on a zoonosis: leishmaniasis in British Honduras. *J. Appl. Ecol.* 5:1-59.
- Hall, E.R. y W.W. Dalquest.** 1963. The mammals of Veracruz. *Univ. Kansas Publ., Mus. Nat. Hist.* 14:165-362.
- Helm, J.D.** 1975. Reproductive biology of *Ototylomys* (Cricetidae). *J. Mamm.* 56:575-590.

**Hooper, E.T.** 1959. The glans penis in five genera of cricetid rodents. *Occ. Pap. Mus. Zool., Univ. Mich.* 613:1-11.

**Hooper, E.T. y G.G. Musser.** 1964. The glans penis in Neotropical cricetines (Family Muridae) with comments on classification of muroid rodents. *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Mich.* 123:1-57.

**Hudson, J.W.** 1974. The estrous cycle, reproduction, growth, and development of temperature regulation in the pygmy mouse, *Baiomys taylori*. *J. Mamm.* 55:572-588.

**Kent, G.C. y R.A. Smith.** 1945. A study of the estrous cycle in the golden hamster, *Cricetus (Mesocricetus) auratus* Waterhouse. *Anat. Rec.* 92:263-271.

**Lackey, J.A.** 1976. Reproduction, growth and development in Yucatan deer mouse, *Peromyscus yucatanicus*. *J. Mamm.* 57:638-655.

———. 1978. Reproduction, growth, and development in high latitude and low latitude populations of *Peromyscus leucopus* (Rodentia). *J. Mamm.* 59:69-83.

**Layne, J.N.** 1968. Ontogeny. In: J.A. King, (Ed.). Biology of *Peromyscus* (Rodentia). *Spec. Publ. Amer. Soc. Mamm.* 2:148-253.

**Long, J.A. y H.M. Evans.** 1922. The estrous cycle in the rat and its associated phenomena. *Mem. Univ. California* 6:1-148.

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

**Mass, M., R. Patrón, A. Suárez, G. Ceballos, C. Galindo y A. Pescador.** 1981. Ecología de la Estación Experimental Zoquiapan (descripción general, vegetación y fauna). *Univ. Autón. Chapingo. Dir. Dif. Cultural. Dept. Bosques. Col. Cuadernos Univ.* 12:1-114.

**Merriam, C.H.** 1898. A new genus *Neotomodon* and three species of murine rodents from the mountains of southern Mexico. *Proc. Biol. Soc. Washington* 12:127-129.

**Myers, P. y L.L. Master.** 1983. Reproduction by *Peromyscus maniculatus* sex and compromise. *J. Mamm.* 64:1-18.

**Parkes, A.S.** 1965. *Marshall's physiology of reproduction*. 3a. Ed., vol. 3, Longmans, London.

**Ramírez-Pulido, J.** 1969. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", Morelos, México. *An. Inst. Biol., Univ. Nal. Autón. México* 40:253-290.

**Rickart, E.A.** 1977. Reproduction, growth and development in two species of cloud forest *Peromyscus* from southern Mexico. *Univ. Kansas Publ., Mus. Nat. Hist.* 67:1-22.

**Rosenblath, O.A.** y **D.S. Lehrman.** 1963. *Maternal behavior of the laboratory rat*. In: H.L. Rheingol (Ed.). *Maternal behavior in mammals*. Wiley, New York.

**Schwartz, O.A.** y **V.C. Bleich.** 1975. Comparative growth in two species of woodrats, *Neotoma lepida intermedia* and *Neotoma albigula venusta*. *J. Mamm.* 56:653-666.

**Spencer, A.W.** y **H.W. Steinhoff.** 1968. An explanation of geographic variation in litter size. *J. Mamm.* 49:281-286.

**Sturman, H.M.** y **C.P. Stone.** 1929. Maternal behavior in the albino rat. *J. Comp. Psychol.* 9:203-237.

**Svihla.** 1932. A comparative life history study of the mice of the genus *Peromyscus*. *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Mich.* 24:1-39.

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

**Ward, M.C.** 1946. A study of the estrous cycle and the breeding of the golden hamster, *Cricetus auratus*. *Anat. Rec.* 94:139-161.

**Williams, S.L.** y **J. Ramírez-Pulido.** 1984. Morphometric variation in the volcano mouse, *Peromyscus alstoni* (Mammalia:Cricetidae). *Ann. Carnegie Mus.* 53:163-183.

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

**Zarrow, M.X.** 1964. *Experimental endocrinology source book of basic technique*. Academic Press, New York.