



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS

REPRODUCCIÓN Y ABUNDANCIA DE LA LIEBRE LEPUS CALIFORNICUS
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMI, EN EL DESIERTO
CHIHUAHUENSE, MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTORA EN CIENCIAS
(B I O L O G Í A)
P R E S E N T A ,
MPA. GLORIA LUZ PORTALES BETANCOURT

DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA

MÉXICO, D. F.

FEBRERO, 2006



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.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mis tutores

Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza por motivarme siempre a continuar estudiando a este interesante orden, y a los mamíferos en general, por haber sido no sólo mi maestro a lo largo de este tiempo, sino mi amigo.

Dra. Lucina Hernández García, codirectora de este trabajo, por invitarme a participar en este proyecto, por darme la oportunidad de conocer y hacer mi trabajo en el Reserva de la Biosfera Mapimí, por enseñarme a “contar lagomorfos”, pero sobre todo, porque eres, por muchos motivos, un ejemplo como profesionista y persona a seguir para mí.

Dr. Jorge López-Portillo, por todos tus comentarios a lo largo de mis estudios de doctorado, que enriquecieron de manera importante mi formación, por las experiencias compartidas desde el inicio de este trabajo de investigación, y por tu apoyo para la culminación del mismo.

Al jurado, por acceder amablemente a leer este texto de larga confección, en un tiempo breve, por todas sus valiosas aportaciones que en verdad ayudaron a mejorarlo notablemente; pero ante todo por el apoyo y la confianza que me brindaron para resolver mis dudas:

Dra. María del Carmen Uribe Aranzábal, gracias además por haberme llevado de la mano en mis primeros pasos como profesionista, y ante todo por haberme brindado tu amistad y comprensión aún en mi fallas, en todos estos años.

Dr. Javier Valencia Méndez, por motivarme a terminar mis estudios de maestría, por revisar siempre con interés mis tesis de grado sobre lagomorfos, y por su gentileza en toda ocasión.

Dr. Enrique Martínez Meyer, por tus atinados comentarios y por aportaciones, y por tu sencillez para transmitir tus conocimientos, y por tu amistad.

Dr. David Valenzuela Galván, por aceptar ser parte de mi jurado, por tu interés en este trabajo y porque todas tus sugerencias y observaciones lo enriquecieron sustancialmente.

Muy especialmente al Dr. John Laundré porque todo lo que ha enseñado a lo largo de este estudio, por sus valiosos comentarios a todo el trabajo, y por su amistad.

A mis grandes amigos, Pili, porque has sido siempre mi ángel aquí en la Tierra, por alegrarte con mis alegrías, y por ser mi apoyo en mis momentos de tristeza y confusión; Xóchitl por ser para mí una segunda hermana, que ha crecido conmigo todos estos años igual que ha crecido nuestra amistad sincera e incondicional; Adriana, mi amiga de siempre, de muchos años, que se dice fácil pero que implica sobrevivir a tormentas y huracanes, y al hacerlo esta amistad se vuelve verdaderamente sólida; Ariadna, quien es un ejemplo de madurez, perseverancia y tesón para mí, gracias sobre todo por escucharme y compartir mis angustias en más de una ocasión en la soledad de la Reserva, por tu ayuda en el trabajo de campo y por tu amistad; Vero por tu amistad franca, por aceptarme como soy, y por ayudarme a aterrizar en la pista de la vida; y Miguel Palomino,

amigo a pesar de lejanías físicas pero no espirituales. Gracias a todos ustedes porque me han ayudado a comprender en todo su contexto el concepto de *Amistad*.

A Chus y Adriana por ser más que mis cuñadas, mis amigas, cada vez más al paso del tiempo y aún a pesar de la distancia.

A mis queridos amigos por nuestros largos fines de semana con pizzas o hamburguesas, en medio de la nada del *campus* Universitario: Ena, Mary, Mario, y Alex; en recuerdo de un inolvidable y divertido recorrido de veinticuatro horas a lo largo de pláticas, chismes, risas, chilaquiles y margaritas, pero ante todo por la consolidación de una amistad que continúa y se fortalece cada día.

A todos mis amigos del Instituto de Biología, Yola, Claudia, y Toño; en recuerdo de muchos gratos momentos compartidos en el laboratorio, pero sobre todo por haberme dado la oportunidad de conocer más que a los profesionistas, a las personas maravillosas que son, gracias por sus porras y por su amistad; y a todos mis compañeros del IB; Julieta, Irelia, y Raul; Rosy y Jesus; Elizabeth Arellano y Francisco Xavier; Paty, Ernestina y Adriana; por los buenos ratos extracurriculares que hemos podido compartir, entre Congresos, salidas al campo o reuniones de AMCELA.

A mis amigas Martha Aldana y Lucy Neyra porque me brindaron su amistad sincera como un remanso de paz en medio de un chubasco....

A mis amigos del Instituto de Ecología, A. C. Alberto González, por ser un naturista nato, que trasmite de manera generosa sus conocimientos, por haber hecho siempre muy amenas todas las salidas a la Reserva, y por ser un gran amigo en todo momento; a Karina, no sólo por compartir tu casa conmigo en Durango, y por auxiliarme en el conteo de las libres y análisis, sino por ser una persona maravillosa, y a Itzel, por haber sido mi "copiloto" en más de un tramo de este largo camino.

A Morris por haberme acompañado a lo largo de este andar, complicado en más de una ocasión; muchas gracias por haber estado siempre ahí. A Pablo Sánchez (Pablito), amigo desde la facultad por facilitarme el programa Weatherlink, esencial para calcular el fotoperiodo en la Reserva, y facilitarme, literalmente con ello, el trabajo de investigación; y a Ernesto Alfaro, por motivarme a aprender más sobre mamíferos marinos, búhos y artes marciales entre bromas y conversaciones serias.

A mis amigos del INE: Roberto, Eduardo, Rigel, Leonel, Enrique, Gil, Gaby, Tere, Lorenzo, Antonio y Chucho, testigos de las últimas veinte versiones finales de mi tesis, junto con quienes me he consolidado como profesionista y de quienes he aprendido mucho de la vida real entre "bomberazos", oficios y bromas vespertinas; compañeros, más de uno, de meriendas de cereal y palomitas... gracias a todos por ser, principalmente, amigos en las buenas, en las malas y en ocasiones, a pesar de mi misma.

A Irene y Pepe por sus amenas conversaciones salpicadas siempre de humor del bueno...

A los Doctores Gerardo Bocco y Exequiel Ezcurra por motivarme con su energía y entrega al trabajo a concluir esta etapa de "estudiante" y continuar como profesionalista, pero sobre todo por su gran calidad humana.

A Ariel Rojo por haberme dado la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y por su amistad, y en general a toda las personas que he conocido durante el tiempo que he trabajado en el Instituto Nacional de Ecología.

A mis amigos de AMCELA, Héctor, Paty, e Isabel, con quienes nos unió en un principio el objetivo común de conservar a los lagomorfos, para transformarse luego en una amistad franca y duradera.

A Quico, Tina y su maravillosa familia por su hospitalidad durante mis estancias en la Estación Biológica de Mapimí, y a Chonita y Chuca por el apoyo brindado durante mi estancia en la Reserva. A José Oliva (Pepe) por enseñarme muchos de los trucos de orientación y trabajo en el campo.

A mis compañeros de la Estación Biológica de Doñana, en Sevilla, España: Elena, Ludy, Nestor, Marijose, Hugo y Paco, de quienes aprendí no sólo a "escuchar a los conejos en sus madrigueras" sino a disfrutar de sus charlas entre churrascos, bailes flamencos y buen vino.

En particular a la Dra. Sacramento Moreno y Rafael Villafuerte, por invitarme a participar en su grupo; al Dr. Paulo Celio Alves por su amistad, su hospitalidad y por proporcionarme el material sobre la liebre Ibérica; y al Dr. Ramón Soriguer por ilustrarme sobre el comportamiento de las liebres europeas.

A mi gran familia, desde abuelita, tíos, primos y sobrinitos por formar parte de mi universo.

Y finalmente a todos por su infinita paciencia para escuchar por mucho, mucho tiempo, la desgastada frase "no puedo porque estoy terminado mi tesis..."

La responsable de este trabajo recibió una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con número de registro 118253, para realizar sus estudios de Doctorado.

Gracias al gobierno español, a través de la "LI Convocatoria General de Becas para Estudiantes Latinoamericanos" de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), para realizar una estancia de estudios de Doctorado en la Estación Biológica de Doñana, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.), en Sevilla, España, del 1º de enero al 31 de diciembre de 1998.

Contenido

Lista de figuras y cuadros	
Resumen	
Abstract	
Introducción	1
Área de estudio	8
Capítulo I. Reproducción de la liebre cola-negra, <i>Lepus californicus</i> en el Desierto Chihuahuense, en relación a factores ambientales	13
➤ Introducción	
➤ Metodología	
➤ Resultados	
➤ Discusión y conclusiones	
Capítulo II. Estudio morfológico del ovario de la liebre <i>Lepus californicus</i>	35
➤ Introducción	
➤ Metodología	
➤ Resultados	
➤ Discusión y conclusiones	
Capítulo III. Estimación de la abundancia relativa de la liebre <i>Lepus californicus</i> en dos comunidades vegetales de la Reserva de la Biosfera de Mapimí	56
➤ Introducción	
➤ Metodología	
➤ Resultados	
➤ Discusión y conclusiones	
Discusión y conclusiones generales	86
ANEXO 1. DETERMINACIÓN DE LA EDAD	90
Literatura citada	99
Reproduction of black-tailed jackrabbits (<i>Lagomorpha: Lepus californicus</i>) in relation to environmental factors in the Chihuahuan Desert, Mexico (Artículo publicado en <i>The Southwestern Naturalist</i>)	110

Lista de figuras y cuadros

FIGURAS

Figura I. Ejemplar de *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí. Foto Gloria L. Portales-Betancourt.

Mapa I. Ubicación de la Reserva de la Biosfera Mapimí.

Figura II. Cerro de San Ignacio y Laboratorio del Desierto en la Reserva de la Biosfera Mapimí.

Figura III. Ejemplar de *Lepus californicus* en el zona de matorral en la Reserva de la Biosfera Mapimí.

Figura 1.1. Climograma de la Reserva de la Biosfera Mapimí. 1995-1997.

Figura 1.2. Fotoperiodo y temperatura promedio en la RBM. 1995-1997.

Figura 1.3. Peso de las gónadas de hembras y machos de *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí (Errores estandar).

Figura 1.4. Comportamiento reproductor de la liebre *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí en relación con algunos factores ambientales.

Figura 1.5. Regresión lineal simple entre el peso testicular de *Lepus californicus* con la precipitación (a) y evaporación (b) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar.

Figura 1.6. Regresión lineal simple entre el peso testicular de *Lepus californicus* con la temperatura promedio (c) y fotoperiodo (d) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar.

Figura 1.7. Regresión lineal simple entre el peso ovárico de *Lepus californicus* con la precipitación (a), y evaporación (b) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar.

Figura 1.8. Regresión lineal simple entre el peso ovárico de *Lepus californicus* con la temperatura promedio (c) y fotoperiódodo (d) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar.

Figura 2.1. Ejemplar de *Lepus californicus* (a). Sistema reproductor de la liebre cola-negra: hembra juvenil (b) y preñada (c).

Figura 2.2. Sistema reproductor de *Lepus californicus* de: hembra preñada (a); ovario con cuerpo lúteo (CL) (b); hembra lactante (c) Ovario con CL y Foliculo de Graff (FG) en hembra preñada (d) (Tricrómico de Masson 31x); y

detalle de CL en hembra preñada (e) (Tricrómico de Masson 78x).

Figura 2.3. Sistema reproductor de hembra preñada-lactante de *Lepus californicus* (a); ovario con folículos primarios y Folículo de Graff (FG) en hembra preñada-lactando (b) (T. de Masson 31x; detalle de FG (c) (T. de Masson 78x); 3 CL secretores (d) (T. de Masson 78x) y Ovarios con CL de hembras preñadas/lactantes (e).

Figura 2.4. Ejemplares juveniles de *Lepus granatensis* (a): Folículos en desarrollo en hembra inactiva (b) (H-E, 31x); corte de ovario de hembra inactiva-juvenil (c); detalle de Folículos en hembra juvenil (d) (PAS 78x); ovario con FG y CL en hembra inactiva (e) y detalle de FG y CL atrésico (f) (T. Masson, 78x).

Figura 2.5. Ovario hembra preñada de *Lepus granatensis* (a); detalle de folículo maduro (b) (H-E,78x); ovario de hembra preñada-lactante con CLs secretores, atrésicos y folículos (c); Detalle de 2 CL (d) (T. Masson 78x); ovario con 3 CLs en hembra lactante (e); detalle de FG (f) (T. Masson 78x) y detalle con 2 CL secretores y 1 atrésico (g) (T. Masson 78x).

Figura 2.6. Ejemplar de *Lepus callotis* (a); ovario de hembra juvenil (b) (T. Gallego 31x); folículo de Graaf y Cuerpo Lúteo atrésico (c) (Shiff-Azul Alciano 31x) y Cuerpo Lúteo Secretor en hembra preñada-lactando (d) (PAS 31x).

Figura 2.7. Ejemplar de *Lepus flavigularis* juvenil (a); Glándula Intersticial en hembra preñada (b) (Shiff-Azul Alciano 31x); y detalle de glándula intersticial con folículo secundario (c) (200x); detalle de células lúteas en hembra lactante (d) (PAS 1250x).

Figura 3.1. Climograma de la Reserva de la Biósfera Mapimí. 1995-2004.

Figura 3.2. Densidad (a) y número (b) de liebres de *Lepus californicus* en la RBM, en la comunidad de matorral y en la de pastizal. 1996-2004.

Figura 3.3. Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la Comunidad de Matorral, para la época de lluvias, de 1996 a 2004 (Modelo Uniforme, función Coseno, Intervalos de 10 metros).

Figura 3.4. Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la Comunidad de Matorral, durante la época de secas, de 1996 a 2004 (Modelo Semi-Normal, función Coseno, Intervalos de 10 metros).

Figura 3.5. Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la Comunidad de Pastizal, durante la época de lluvias, de 1997 a 2004 (Modelo Uniforme, función Coseno, Intervalos de 10 metros).

Figura 3.6. Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la Comunidad de Pastizal, durante la época de secas, de 1997 a 2004 (Modelo Uniforme, función Coseno, Intervalos de 10 metros).

Figura 3.7. Frecuencias absolutas de acuerdo a las distancias de

avistamientos para ejemplares de *Lepus californicus* en la comunidad de matorral, durante la época de secas y de lluvias (1996-2004).

Figura 3.8. Frecuencias absolutas de acuerdo a las distancias de avistamientos para ejemplares de *Lepus californicus* en la comunidad de pastizal, durante la época de secas y de lluvias (1997-2004).

Figura 3.9. Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de secas. Comunidad de matorral. RBM. 1996-2004.

Figura 3.10. Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de lluvias. Comunidad de matorral. RBM. 1996-2004.

Figura 3.11. Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de secas. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004.

Figura 3.12. Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de lluvias. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004.

Figura 3.13. Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de la época de secas y la densidad de *Lepus californicus* en marzo. Comunidad de matorral. RBM. 1996-2004.

Figura 3.14. Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de lluvias y la densidad de *Lepus californicus* en noviembre. Comunidad de matorral. RBM. 1996-2004.

Figura 3.15. Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de secas y la densidad de *Lepus californicus* en marzo. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004.

Figura 3.16. Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de lluvias y la densidad de *Lepus californicus* en noviembre. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004.

Figura 4.1. Grado de fusión de la sutura exo-supraoccipital en cráneos de lagomorfos de acuerdo a Hoffmeister y Zimmerman, 1967 que muestra el cráneo completamente osificado en adultos (fase 4).

Figura 4.2. Peso seco del cristalino de machos de *Lepus californicus* en la RBM, de acuerdo a la ecuación de Tiemeier, 1965.

Figura 4.3. Peso seco del cristalino de hembras de *Lepus californicus*, en la RBM, de acuerdo a la ecuación de Tiemeier, 1965.

CUADROS

Cuadro I. Duración de la estación reproductiva en diferentes localidades para la liebre *Lepus californicus*.

Cuadro 1.1 Estadística descriptiva del peso corporal promedio de los machos de *L. californicus* en la RBM.

Cuadro 1.2 Estadística descriptiva del peso corporal de hembras de *L. californicus* en la RBM.

Cuadro 1.3 Porcentaje de animales reproductivamente activos durante los meses de colecta de 1996 a 1997 en la Reserva de la Biósfera Mapimí.

Cuadro 1.4 Estimación de las fechas de concepción para las hembras preñadas y preñadas/lactando de la liebre *Lepus californicus*.

Cuadro 1.5 Correlación entre pesos gonadales de *Lepus californicus* y factores ambientales, de acuerdo al factor de Spearman.

Cuadro 2.1 Comparación del peso corporal, y de la longitud de los ovarios y Cuerpos Luteos entre las 4 especies de liebres, de acuerdo a su condición reproductiva.

Cuadro I. Densidades de la liebre *Lepus californicus* encontradas en diferentes localidades.

Cuadro 3.1. Valores de estimación de la densidad y modelos elegidos en las comunidades vegetales de matorral y pastizal desde 1996 a 2004.

Cuadro 3.2. Valores de la estimación de la densidad en la Comunidad de Matorral para la época de lluvias, con el modelo de Uniforme, función Coseno, con intervalos de clase de cada 10 metros.

Cuadro 3.3. Valores de la estimación de la densidad en la Comunidad de Matorral para la época de secas, con el modelo de Semi-Normal, función Coseno; con intervalos de clase de cada 10 metros.

Cuadro 3.4. Valores de la estimación de la densidad en la Comunidad de Pastizal para la época de lluvias, con el modelo Uniforme, función Coseno, con intervalos de clase de cada 10 metros.

Cuadro 3.5. Valores de la estimación de la densidad en la Comunidad de Pastizal durante los meses de la época de secas, con el modelo Uniforme, función Coseno, con intervalos de clase de cada 10 metros.

Cuadro 3.6. Resultados del ANOVA de 3 vías con el número de individuos observados como variable dependiente, en las comunidades vegetales de Matorral-Pastizal, en las épocas de secas y lluvias, de 1997-2004.

Cuadro 3.7. Resultados del ANOVA de 3 vías con la densidad de liebres como variable dependiente, en las comunidades vegetales de Matorral-Pastizal, en las épocas de secas y lluvias, de 1997-2004.

Cuadro 3.8. Correlación entre el número de individuos y densidad de *Lepus californicus* con los factores ambientales, de acuerdo al factor de correlación de Spearman.

Cuadro 4.1. Comparación de la edad, la condición reproductora y la fisura occipital de hembras de *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

Cuadro 4. 2. Comparación de la edad, la condición reproductora y la fisura occipital de machos de *Lepus californicus* en la RBM.

Resumen-- Los elementos del clima influyen sobre la reproducción de los mamíferos. En zonas templadas la reproducción a menudo está vinculada con factores ambientales favorables, como la época de lluvias, la cual se corresponde con el momento de mayor disponibilidad de alimento. El conocimiento de la reproducción de las especies silvestres es indispensable para cualquier estudio encaminado a su manejo o conservación. Uno de los aspectos a considerar, se relaciona con los cambios morfológicos del aparato reproductor en diferentes momentos del ciclo reproductor de la especie estudiada. La liebre *Lepus californicus* es una especie que ha sido estudiada desde diferentes aspectos ecológicos y morfológicos principalmente. Sin embargo no se conocen los cambios estructurales que presentan las gónadas a lo largo de su ciclo reproductor. A la fecha, en México se cuenta con escasos trabajos sobre la manera en que influyen los factores ambientales en la biología reproductora de *L. californicus* en la reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), el Desierto Chihuahuense. Asimismo, se cuenta con escasa información sobre sus poblaciones, y sobre los factores que determinan su crecimiento o decrecimiento. El objetivo de este trabajo fue describir el patrón reproductor de *L. californicus* en relación a los factores ambientales como la temperatura, la precipitación, la evaporación y el fotoperiodo, y su abundancia relativa en la RBM, para lo cual se consideraron 3 partes. En la primera parte de este estudio se analizaron las variaciones cíclicas de los pesos de las gónadas de *L. californicus* como índices de su actividad sexual, en relación a determinados factores climáticos. En la segunda parte se describieron los cambios morfológicos del ovario de *L. californicus* en cuatro condiciones reproductoras (hembras juveniles, preñadas, preñadas-lactando y lactantes), en comparación con 3 especies de liebres que tienen diferente distribución latitudinal (2 liebres americanas *L. callotis* y *L. flavigularis* y una Ibérica, *L. granatensis*). En la última parte se analiza la abundancia de la liebre cola-negra *L. californicus* durante 8 años de estudio en dos comunidades vegetales en la RBM. El peso de los testículos se correlacionó positiva y significativamente con el fotoperiodo ($R=0.80$, $p=0.01$); y el peso de los ovarios con el fotoperiodo ($R=0.92$, $P=0.0001$), con la temperatura promedio ($R=0.74$) y con la pluviometría ($R=0.92$, $p=0.015$). Por lo que los resultados indican que el fotoperiodo es el principal factor que favorece el inicio de la estación reproductora aunque las hembras pueden requerir de múltiples factores para responder mejor a la alta variabilidad anual en la producción de plantas, por lo que se concluyó que las diferencias en las respuestas entre machos y hembras está relacionada con las diferentes estrategias reproductoras. Para las hembras, el costo reproductor es mayor, por lo que responden a una compleja serie de claves ambientales, siendo probablemente, de esta manera, como aumentan su éxito reproductivo. Finalmente, se estimaron densidades promedio entre 0.22 a 0.23 ind/ha en la comunidad de matorral y de 0.27 y 0.23 ind/ha en pastizal, para las épocas de secas y lluvias, respectivamente. Los resultados muestran diferencias significativas en cuanto a la densidad y número de individuos de *L. californicus* entre las 2 comunidades vegetales durante los 8 años de estudio, mientras que los meses de secas o de lluvias no presentan diferencias.

Abstract— Climatic elements influence reproduction of mammals. In temperate zones, reproduction often relates with favorable environmental factors, e.g. spring/rainy seasons, which matches the process highest food availability. A thorough understanding of the reproductive species necessary for an appropriate conservation or management program. One aspect for consideration is related to the morphologic changes of the reproductive apparatus at different stages of the reproductive cycle of a species. The black-tailed jackrabbit *L. californicus* has been studied in different aspects of its ecology and morphology, but the structural changes of the gonads during the reproduction remains obscure. Currently, very few studies have been carried out on the reproductive biology and demography of *L. californicus* in the Chihuahuan Desert; and the interplay of environmental factors in these processes. The goal of this study was to describe the reproductive patterns of *L. californicus* in relation to the temperature, precipitation, evaporation and photoperiod, and the relative abundance of the species in the Reserva de la Biosfera de Mapimí, in the Chihuahuan Desert. In the first part, I studied the cyclical variations in the weight of the gonads of *L. californicus*, as an indicator of sexual activity, in relation to certain climatic factors. In the second part I describe the morphological changes of the ovary of *L. californicus* in four reproductive conditions (young females, pregnant, pregnant-nursing and nursing), and compared the observed pattern to 3 species of from different regions (2 American hares *L. callotis* and *L. flavigularis*, and *L. granatensis* from the Iberic Peninsula). In the last part is analyze the abundance of the black-tailed jackrabbit *L. californicus* during 8 years of study in two different plant communities in the Reserva de la Biosfera de Mapimí. Testicular weight was positively correlated with photoperiod ($R=0.80$, $p=0.01$). Ovary weight was correlate with photoperiod ($R=0.92$, $P=0.0001$), average temperature ($R= 0.74$) and precipitation ($R=0.82$, $p=0.015$). Results indicate that photoperiod is the main factor that promotes the beginning of the reproductive cycle although females may need multiple factors to respond to the high annual variability in the production of plants. Different response between males and females to environmental stimuli may be due to different reproductive strategies. For females, reproductive cost is greater than for males, they respond to a complex series of environmental cues, as a strategy to maximize its reproductive success. Finally, we found mean densities between 0.22 a 0.23 ind/ha in shrubland and of 0.27 y 0.23 ind/ha in grassland, in the rainy and the dry seasons, respectively. Results suggest differences in the abundance of the black tailed between the 2 plant communities and along the 8 years of the study; no differences were detected between the rainy and the dry seasons.

Introducción

En el proceso de la reproducción, las tres principales etapas: apareamiento, gestación y lactancia juegan un papel específico en el metabolismo energético de los organismos, ya que durante el cortejo y apareamiento hay una marcada reducción de la ingestión de alimentos, al mismo tiempo que aumenta el gasto energético. De igual manera, a lo largo del periodo de gestación y la lactancia, las demandas energéticas se incrementan, siendo tal vez la última, el periodo energético crítico de la reproducción, porque durante la preñez las demandas son algo menores y las crías se encuentran protegidas en un ambiente estable (Millar, 1977, Rabinovich, 1980; Sadleir, 1984). Por ejemplo, la liebre *Lepus timidus*, consume una mayor cantidad de pastos durante la gestación y la lactancia, ya que son los momentos fisiológicos de mayor demanda de energía (Hewson, 1989). Próximas al parto y durante la lactancia, tanto las hembras como las crías, son más susceptibles a las presiones de los factores externos, como temperatura, nutrición y densidad poblacional que influyen los momentos reproductores (Rabinovich, 1980; Pévet, 1987), por lo que es de esperarse que los mamíferos tiendan a sincronizar su actividad reproductora con las épocas del año donde las condiciones les sean propicias para asegurar que la progenie pueda sobrevivir (Rogowitz, 1992; Gutiérrez et al., 2006).

Los lagomorfos son especies poliéstricas estacionales, esto significa que presentan varios ciclos estrales en la misma estación reproductora. La reproducción de los lagomorfos está relacionada con diferentes aspectos como el estado fisiológico de las hembras, las cuales poseen folículos maduros a lo largo de todo el año; por otro lado, con factores climáticos, que en zonas templadas están vinculados a las condiciones ambientales favorables para el nacimiento de las crías, lo que implica cantidad y calidad de alimento disponible (Flux, 1982, Wallage-Drees, 1983, Martinet et al, 1984). En las liebres, se han definido tres patrones principales para el inicio y duración de la estación reproductora de acuerdo a la latitud en que se distribuyen las especies. Por ejemplo, en latitudes cercanas al ecuador, la estación de

reproducción es continua a lo largo de todo el año, con un promedio de 8 camadas de 1 a 2 crías, mientras que en latitudes medias dura aproximadamente 6 meses, con una producción de 3 a 6 camadas, teniendo entre 2 a 5 crías por camada, y especies que se distribuyen en el extremo norte, sólo tienen una camada por año, con 6 a 7 crías (Flux, 1981). Al igual que las hembras, los machos también pueden ser clasificados como reproductores continuos o estacionales, presentando variaciones en el volumen testicular, y consecuentemente la cantidad de espermatozoides en los testículos y el epidídimo a lo largo del año. Es necesario que exista una adecuada cantidad de espermatozoides almacenados en el epidídimo para asegurar una cópula fértil, ya que de los millones de espermatozoides eyaculados, solamente algunos cientos alcanzan el oviducto, y solo algunos pocos llegan cerca del óvulo (Ecke, 1955). Los espermatozoides requieren una fase adicional de maduración para poder fertilizar al óvulo, por lo que deben ser retenidos en el tracto reproductor de la hembra aproximadamente durante 5 horas, tiempo en el que se completa su proceso de capacitación (Asdell, 1964; Juárez-Mosqueda y Valencia, 2006). Generalmente hay una sincronía entre sexos para iniciar la época reproductora, siendo aparentemente los machos los primeros en “despertar” o “activarse” antes que las hembras; lo que en reproductores estacionales implica, como regla, que los testículos muestran indicios de actividad sexual mientras que los ovarios presentan solamente folículos en desarrollo, por lo que parece que los machos son más sensibles a lo estímulos internos y externos (Nalbandov, 1976; Bothma y Teer, 1977).

Este orden se caracteriza también por presentar un tipo de apareamiento promiscuo, esto significa que los miembros de ambos sexos se aparean con varias parejas sin establecer una de manera permanente (Best, 1986, Halliday, 1980). Los lagomorfos pueden comenzar a desarrollar una camada en el útero al mismo tiempo que amamantan otras crías, sin que esto provoque la pérdida de embriones, lo que refleja una adaptación de las hembras a reproducirse inmediatamente después del parto, esto es, presentan estro posparto, lo que les permite aprovechar así las condiciones ambientales

favorables (Chapman et al., 1982; Rowlands, 1984; Bronson, 1989). En este aspecto, los lagomorfos presentan un fenómeno, que para otros mamíferos es poco común, conocido como superfetación, y que se refiere a la capacidad de las hembras, en el caso de las liebres, de entrar en estro durante los últimos días de la gestación (pre-parto) o en el de las conejas, a tener estro post-parto, con apareamientos fértiles, lo que permite que en un mismo ejemplar puedan existir fetos a término en el útero, e incipiente desarrollo de embriones en los oviductos (Flux, 1981; Caillol y Martinet, 1983; Stavy y Terkel, 1984; Pepin, 1989). Después del parto, el útero involuciona rápidamente mostrando estriaciones longitudinales, a diferencia del útero de hembras juveniles, o que nunca han parido, en las que éste se observa liso, sin estrías y menos muscular. Al comparar el número de cuerpos lúteos con el de embriones sanos, se ha observado que existe, al menos, entre un 13 a un 16 % de reabsorciones.

Los lebratos nacen con los ojos abiertos y completamente cubiertos de pelo, son muy precoces y capaces de salir del nido apenas con 24 horas de nacidos. Sin embargo, al menos durante la primera semana permanecen en grupo durante todo el día en un lugar definido cerca del mismo (Chapman et al., 1982; Dunn et al, 1982; Ceballos y Galindo, 1989), ya que se sabe que en varias especies de lagomorfos, el sitio donde ocurren los nacimientos es habitualmente usado como el lugar donde la hembra amamanta a sus crías (Broekhuizen y Mulder, 1983). En un estudio con liebres en cautiverio, se observó que las hembras amamantan a sus crías sólo una vez al día, generalmente por las noches, de acuerdo al ciclo circadiano (Jilge, 1995 citado por González-Mariscal y Rosenblatt, 1996), y por periodos breves de 5 a 10 minutos, en la liebre americana, *Lepus americanus*, o de 4 a 6 minutos al inicio de la lactación en la liebre europea, disminuyendo a 1 o 2 minutos al final de esta etapa (González-Mariscal y Rosenblatt, 1996), ya que paulatinamente complementan su nutrición con forraje; por lo que los lebratos son en realidad dependientes de la madre, antes de cambiar por completo al consumo de forraje (Martinet y Demarne, 1984). Este tipo de conducta observada en los lagomorfos, en la cual la madre está separada de sus crías,

ha sido considerado por varios investigadores como "falta de cuidado parental", que se refiere a que las hembras sólo amamantan a sus crías cada 24 horas por la noche (Bronson, 1989), se alejan durante el día, y las destetan a las 7 u 8 semanas. Sin embargo las visitas poco frecuentes también han sido interpretadas como una conducta adaptativa para protegerlas contra depredadores al mantenerlas resguardadas en un escondite, permitiéndole al mismo tiempo a la hembra, el cortejo para un nuevo apareamiento casi inmediatamente después del parto. En organismos que presentan este tipo de conducta "por horario", la composición de la leche tiene una mayor concentración de grasa y proteína en comparación con los que alimentan frecuentemente a su camada (Chapman et al., 1982; Martinet y Demarne, 1984; Rowlands, 1984; Yamada et al, 1988; Bronson, 1989), pero además aparentemente permite transmitirles información a las crías sobre el tipo de alimento que la madre consume, lo cual será crucial para su sobrevivencia cuando termine el periodo de lactancia (González-Mariscal y Rosenblatt, 1996).



Figura I. Ejemplar de *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí. Foto: Gloria L. Portales Betancourt.

En el caso de la liebre *Lepus californicus*, conocida como liebre cola-negra, una de las principales características que le confieren su amplia distribución en diferentes hábitat y latitudes, es su alta tasa reproductora, debido a que se crecen rápidamente, pueden comenzar a reproducirse a temprana edad y tienen una gran fecundidad (Hewson y Hinye, 1990). Una hembra puede producir en promedio 9.8 crías por año (Asdell, 1964; Best, 1996). En Durango, Baker y Greer (1962), colectaron en

julio hembras preñadas con tres embriones y hembras lactantes. Los machos comienzan a producir espermatozoides entre los 5 y 7 meses de edad o cuando pesan 1,900 g (Bronson y Tiemeier, 1958; Lechleitner, 1959), pero alcanzan la madurez sexual hasta entre los 7 y 8 meses, cuando pesan 2,100 g y la producción de espermatozoides es más abundante (Asdell, 1964; Chapman et al, 1982). El peso promedio de los testículos en machos adultos varía entre 10 a 15 g (Asdell, 1964).

L. californicus tiene el dorso de color ocre negruzco y el vientre blanco; pesa en promedio 2.5 Kg. (1.3-3.1 Kg.) y se distingue por tener la punta de las orejas negra así como la parte superior de la cola (Figura I). Se distribuye desde el oeste de los Estados Unidos de América, hasta el centro de México en el sur de los estados de Hidalgo y Querétaro en México, incluyendo la península de Baja California (Hall, 1981). Los individuos de esta especie se observan más activos durante las primeras horas del día y al atardecer; son en general solitarios y territoriales, pero pueden formar grupos durante la época de apareamiento (Ceballos y Galindo, 1989; Flux y Angermann, 1990).

L. californicus habita regularmente en matorrales y pastizales de las zonas áridas y semiáridas, en las que se alimenta de una amplia gama de especies vegetales desde pastos, arbustos jóvenes y plántulas de árboles, como *Bouteloa* sp, *Gutierrezia* sp, *Opuntia* spp, *Larrea tridentata* y *Prosopis* sp, de las cuales prefieren los brotes (Hoagland, 1992; Best, 1996). En Utah se sabe que come especies como *Artemisa tridentata*, *Atriplex conderifolia*, *Atriplex nuttallii*, *Eurotia lanata* y *Halogeton glomeratus*, mientras que en Kansas se encontraron en sus excretas, semillas de *Sporobolus cryptandrus*; y se ha observado también que consume plantas de *Gutierrezia sarothrae*, *Yuca* sp., *Amaranthus retroflexus*, *Salsola kali*, *Buchloe dactyloides*, *Triticum aestivum* y *Solanum rostratum*. En Arizona se ha descrito que come arbustos como *Prosopis juliflora* y herbáceas como *Aristida*, *Bouteloa*, *Eragrostis*, *Trichloris*, *Panicum*, *Sporobolus*, y *Echinochloa* (Dunn, et al, 1982; Best, 1996). En un experimento de propagación vegetativa de cladodios de *Opuntia rastrera*, bajo condiciones naturales en las comunidades de matorral y pastizal, en la reserva

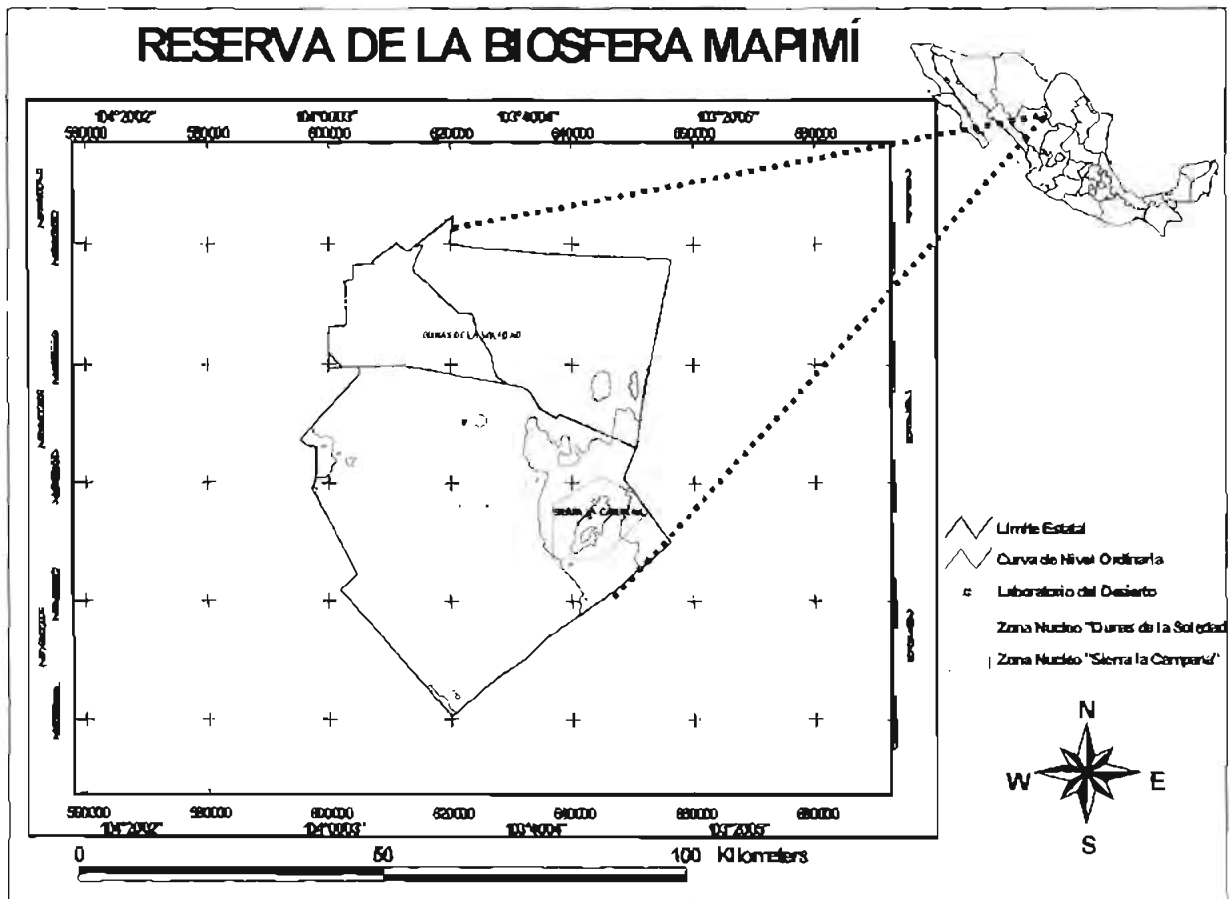
de la Biosfera Mapimí (RBM), en el desierto Chihuahuense, se observó que *L. californicus* fue la principal especie que los consumía (Mandujano, et al, 1996); por lo que al diseminar las semillas de este cactus a través de sus excretas, contribuye de manera importante a su rápida propagación (Best, 1996). De manera que la dieta de la liebre cola-negra varia dependiendo de la disponibilidad de plantas en cada localidad (Chapman et al. 1982, Dunn et al. 1982), lo que le permite ser una especie capaz de adaptarse fácilmente a diferentes tipo de hábitat (Dunn et al, 1982), incluso lugares sobrepastoreados, en los que compite con el ganado (Daniel, et al, 1993), ya que puede llegar a consumir hasta 390 g de forraje/día y producir un promedio de 545 heces por día (Ceballos y Galindo, 1989; Best, 1996). En las praderas del Oeste de Estados Unidos, las liebres son competidoras importantes de los animales domésticos. Vorhies y Taylor (1933) estimaron que 148 liebres consumían lo mismo que consume una vaca; y calcularon que del porcentaje de alimento que consumió *L. californicus* a lo largo de un año, los pastos equivalían al 24% y el mesquite al 56% (preferentemente las hojas y brotes). De igual manera, Currie y Goodwin (1966) estimaron que 6 liebres podían comer lo mismo que una oveja en un día. En Colorado la competencia entre liebres y ganado bovino es apreciablemente importante en primavera (Hansen y Flinders 1969).

A la fecha, en México existen escasos trabajos sobre la biología reproductiva de *L. californicus*, y sobre los factores que determinan su crecimiento o decrecimiento poblacional (Baker y Greer en 1962, Vela et al. 1981, Alcalá et al. 1985; Rodríguez-Villeneuve, 2001). Debido a la importancia que *L. californicus* tiene como presa de una gran cantidad de depredadores, a su habilidad para adaptarse a diferentes hábitat, principalmente en áreas en donde compite con otras especies de lagomorfos, e incluso como recurso energético, es indispensable realizar mas estudios enfocados a aspectos sobre su reproducción, conducta, distribución y ecología. Por lo que el objetivo principal de este trabajo fue determinar la manera en que los factores ambientales influyen sobre la época reproductiva de *L. californicus* y su densidad en la RBM, en el Desierto Chihuahuense, México. Para lo cual este

trabajo se dividió en 3 partes: en la primera se estudian los cambios cíclicos de los pesos de las gónadas de *L. californicus*, como índices de su actividad sexual, en relación a determinados factores climáticos. En la segunda parte se describen los cambios morfológicos del ovario de *L. californicus* en cuatro distintas condiciones reproductoras y se compara con otras especies de lagomorfos de diferente distribución latitudinal (2 liebres americanas *L. callotis* y *L. flavigularis* y una Ibérica, *L. granatensis*). Y en la última parte se analizan las variaciones de la abundancia de la liebre cola-negra durante 8 años de estudio en dos comunidades vegetales de la RBM y su relación con la precipitación.

Área de estudio

El estudio se realizó en la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), decretada como área natural protegida en 1979 (Diario Oficial de la Federación 1979). Durante el año 2000 se amplió su extensión y se definieron dos áreas núcleo bajo un nuevo decreto presidencial (Diario Oficial de la Federación 2000). Se localiza en el vértice de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, en el centro del desierto Chihuahuense, el cual tiene una extensión de 355,000 kilómetros cuadrados (Challenger, 1998).



(Mapa I Ubicación de la Reserva de la Biosfera Mapimí (Elaborado por E. Rodríguez-Téllez, 2004).

La RBM se ubica en los municipios de Mapimí, Tlahualilo, en el estado de Durango; Jiménez en el estado de Chihuahua y Francisco I. Madero y Sierra Mojada en el estado de Coahuila, con una superficie total de 342,387 hectáreas. Se localiza entre los 26° 20' y 26° 52' de latitud norte, y los 103° 58' y 103° 32' de longitud oeste. La altitud oscila entre 1,000 a 1,480 msnm (García-Arévalo, 2002).

El área está sujeta a dos regímenes climáticos dominantes relativamente regulares: uno, de aire tropical ligado a los vientos alisios provenientes del Golfo de México, de junio a septiembre, en donde se alcanzan las máximas temperaturas (37.4 °C en junio) y se reciben el 71% de las lluvias del año. El otro, de vientos del oeste ligado a altas presiones subtropicales, durante los meses de octubre a mayo, en donde se alcanzan las temperaturas mínimas (3.9 °C en enero). A estos dos regímenes dominantes, se suman fenómenos atmosféricos secundarios responsables de gran parte de la variabilidad del clima, entre ellos las depresiones ciclónicas tropicales que juegan un papel importante como fuente de precipitaciones en el Desierto Chihuahuense (Cornet, 1988). El clima es de tipo árido con una precipitación anual de 230 a 264 mm, con un 80.2% de lluvias durante los meses de junio a octubre y una evaporación media anual de 2,504 mm, con una marcada irregularidad entre los diferentes años, especialmente en relación con el comienzo del periodo de lluvias. La temperatura promedio del mes más frío (enero) es de 11.8 ° C. Los veranos son calientes, variando la temperatura promedio entre 24° C en septiembre a 28° C en junio (Halffter, 1978, Cornet, 1988).

La reserva está ubicada en el área fisiográfica conocida como Bolsón de Mapimí. Desde el punto de vista hidrológico, se caracteriza por sus aguas superficiales que se dividen en tres subcuencas cerradas, mismas que se extienden mucho más allá de los límites de la reserva y constituyen una de las dos grandes cuencas endorreicas del desierto Chihuahuense, así como por la presencia de presones, cuerpos de agua dulce, importantes para la

fauna silvestre, y particularmente para las aves migratorias. Topográficamente la zona es llana, con una altura promedio de 1150 msnm, destacando algunas elevaciones montañosas como los cerros de Cuevas (1200 msnm), Torrecillas (1240) y San Ignacio (1480 msnm), que se ubican al centro y al noroeste se encuentra la sierra de La Campana, cuyo punto más alto es de 1870 msnm. En cuanto a los suelos de la reserva, éstos se diferencian por el tipo de material en el cual se desarrollan y por su situación geomorfológica, formados principalmente por depósitos aluviales y coluviales (Delhoume, 1992).

Las agrupaciones de especies vegetales, asociadas a la topografía y tipos de suelo, han dado lugar a que se clasifiquen 76 asociaciones (Montaña 1988), en las que se han registrado 403 especies, 242 géneros en 71 familias (García-Arévalo, 2002), entre las que predominan especies como *Agave* spp *Opuntia rastrera*, *Larrea tridentata*, *Fourqueira splendens*, *Prosopis glandulosa*, *Pleurophis mutica*, *Flourensia cernua*, *Cordia parvifolia*, *Yucca elata* (Halffter et al. 1980; Challenger, 1988; Mandujano, 1996; García-Arévalo, 2002). En la RBM, la temporada de máxima floración de la mayoría de las especies, es de abril a junio (Cornet, 1988), los cactus florecen durante la primavera, justo antes de la época de lluvias.

Por otro lado, respecto a la fauna de vertebrados en la RBM, se tienen registradas 200 especies de aves, 36 especies de reptiles, 5 especies de anfibios y 28 especies de mamíferos (Aragón y Garza 1999), entre las que se encuentran algunas especies en peligro de extinción como la tortuga del bolsón, *Gopherus flavomarginatus*. En las áreas de estudio existen 14 especies de roedores, dos especies de lagomorfos: *L. californicus* y *S. audubonii*, una especie de cérvido (*Odocoileus hemionus*), tres especies de cánidos (*Canis latrans*, *Urocyon cinereoragenteus*, *Vulpes velox*), dos especies de félidos (*Puma concolor* y *Lynx rufus*), tres especies de mustélidos (*Taxidea taxus*, *Mephitis macroura*, *Mephitis mephitis*) y un prociónido (*Procyon lotor*).

En la reserva existen 11 ejidos y cuatro pequeñas propiedades, la principal actividad económica es la ganadería de bovinos y sólo en la región noreste la extracción de sal (Barral 1988, Kaus, 1992). Debido a la actividad de cría de bovinos y caprinos, algunos lugares de la reserva están sobrepastoreados. En este estudio se trabajó en fracciones de los ejidos La Soledad y San Ignacio de Yermo en donde se localiza la zona de pastizal, en la que el elemento dominante es el pasto toboso (*Pleurophis mutica*) junto con mezquite (*Prosopis glandulosa*), que se encuentra ubicada en la bajada inferior y se caracteriza por presentar suelos profundos, pardos a pardos amarillentos oscuros, de moderada a fuertemente salinos, yermosoles y xerosoles lúvicos. También se trabajó en una porción de la pequeña propiedad Rancho San Ignacio, donde se ubica la zona de matorral, y en la que existe una asociación de mesquite (*Prosopis glandulosa*), gobernadora (*Larrea tridentata*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), acacia (*Acacia constricta*) y ocotillo (*Fouqueira splendens*). Se encuentra en la bajada superior del Cerro de San Ignacio, y presenta suelos moderadamente profundos a profundos, pardos, gravosos (Xerosoles y yermosoles háplicos y cálcicos, fase gravosa) (Montaña, 1988; García-Arévalo, 2002).

Al noroeste de la reserva, al pie del Cerro San Ignacio, el Instituto de Ecología, A.C. tiene, desde 1978, una estación de campo denominada "Laboratorio del Desierto" (Figura II), y es al suroeste y norte de dicha estación donde se localizan respectivamente las áreas de matorral y pastizal de este estudio (Delhoume, 1992) (Figura III).



Figura II. Cerro de San Ignacio y Laboratorio del Desierto en la Reserva de la Biosfera Mapimí, del Instituto de Ecología, A. C.



Figura III. Ejemplar de *Lepus californicus* en el zona de matorral en la Reserva de la Biosfera Mapimí.

Capítulo I

***Reproducción de la liebre cola-negra
(Lepus californicus) en el Desierto
Chihuahuense, en relación a factores
ambientales***



Capítulo I- Reproducción de la liebre colanegra (*Lepus californicus*) en el Desierto Chihuahuense, en relación a factores ambientales

I. INTRODUCCIÓN

Los diversos factores ambientales como la precipitación, la temperatura, y la disponibilidad de alimento regulan de manera significativa la actividad gonadal de los mamíferos (Martinet, et al, 1984). La cantidad y calidad de vegetación disponible es una señal importante para el inicio de estación reproductiva, ya que en varios herbívoros el consumo de plantas puede modificar el ciclo gonadal (Pévet, 1986). Se sabe que una inadecuada nutrición puede disminuir la producción de células sexuales en las gónadas en ambos sexos; con lo cual, las tasas de ovulación pueden decrecer (Rogowitz, 1992). En ocasiones se ha observado que las hembras de *Oryctolagus cuniculus* pueden no ser receptivas a la cópula durante la lactancia o cuando están mal alimentadas debido a que el desarrollo folicular se suspende. Asimismo durante el invierno, la coneja presenta generalmente un período de anestro, en el que los folículos se desarrollan, pero no maduran. Al final de esta estación, probablemente el fotoperiodo provoca que la adenohipófisis secrete la hormona folículo estimulante (FSH), la que estimula el crecimiento folicular y lleva a la hembra a una estado de celo, que se mantiene hasta que ocurre la cópula (Ecke, 1955; Chapman et al., 1982; Hafez, 1989).

Respecto a este factor, en un gran número de mamíferos de zonas templadas, se ha observado que el cambio en la longitud del día (fotoperiodo) junto con la temperatura, tienen un efecto combinado en el inicio del ciclo anual de su reproducción, esto significa que habitualmente lo usan para sincronizar el periodo de reproducción con los cambios climáticos estacionales (Rabinovich, 1980; Martinet, et al, 1984; Boyd, 1985; Pévet, 1987, Rogowitz, 1992). En *O. cuniculus* se ha observado que los machos

presentan un patrón estacional de desarrollo y regresión testicular con relación al efecto de la duración de las horas luz por día, y que esta misma regresión estacional de los testículos está correlacionada con la declinación de la actividad reproductora de las hembras (Boyd, 1985).

A pesar de que no ser tan contundente como en el caso de otros mamíferos, en zonas áridas cuya temporada de lluvias es predecible, el porcentaje de liebres preñadas y el tamaño de sus camadas se incrementan durante esta época (Rabinovich, 1980; Flux, 1981). Por ejemplo, en California, la estación de reproducción para *L. californicus* alcanza su pico cuando la época de lluvias invernales termina, mientras que para *L. alleni* en Arizona, el mayor porcentaje de hembras preñadas, es durante la época de lluvias (Flux, 1981). En el sur de Texas el pico de reproducción de los lagomorfos (de enero a abril) coincide con el incremento del crecimiento de la vegetación, determinada principalmente por la temperatura y la cantidad de precipitación (Bothma, 1977), mientras que en Arizona y Nuevo México se detectó que hay dos grandes épocas reproductoras anuales que corresponden a las dos épocas de lluvias en esas regiones (Vorhies y Taylor, 1933; Davis et al, 1975). En Arizona la época de reproducción para la liebre antilope *L. alleni*, se extiende a lo largo de todo el año, excepto durante noviembre, presentando el mayor porcentaje de hembras preñadas durante la época de lluvias (Flux, 1981). Y en Lake County, en California, en una población de la liebre cola-negra *Lepus californicus*, el principal factor determinante en el inicio y la duración de la estación reproductora fue la disponibilidad de alimento en relación al patrón de lluvias (Lechleitner, 1959).

CUADRO 1. DURACIÓN DE LA ESTACIÓN REPRODUCTIVA EN DIFERENTES LOCALIDADES PARA LA LIEBRE *LEPUS CALIFORNICUS*.

Localidad	Longitud de la estación de reproducción (días)	Referencia
Kansas	220	Bronson y Tiemeier, 1958
California	242	Lechleitner, 1959
Arizona	310	Vorhies y Taylor, 1933
Idaho	128	French, et al, 1965

Por lo que en zonas áridas y semiáridas, como el Desierto Chihuahuense, en el que la época de lluvias ocurre en el verano pero varía la cantidad de precipitación, los organismos se deben regir por más de un factor ambiental, que actúe como señal para saber cual es el momento óptimo para reproducirse y asegurar, no sólo alimento disponible para las crías, sino también suficiente cobertura para su protección. En este estudio se espera que el inicio de la época reproductora, medida a través del aumento en el peso gonadal de hembras y machos de *L. californicus* en la RBM, esté relacionada con el incremento de los valores de parámetros ambientales como temperatura, precipitación, evaporación y fotoperiodo. Se espera también que el pico de nacimientos ocurra durante la época de lluvias, que será el momento de mayor disponibilidad de alimento. Por lo que el objetivo de este estudio es determinar el patrón reproductor de la liebre cola-negra, *Lepus californicus*, en la RBM y su relación con determinados factores ambientales.

II. METODOLOGÍA

TRABAJO EN EL CAMPO

Para esta parte del estudio, entre julio de 1996 a noviembre de 1997 se colectaron bimensualmente de manera aleatoria y por medio de cacería, con un rifle calibre 0.22, ejemplares adultos de *L. californicus*, de los que se obtuvieron sus medidas corporales, peso, sexo y condición reproductora, así como el peso de las gónadas. El aparato reproductor se disecó y se fijó inmediatamente en el reactivo de Carnoy (Bancroft y Stevens, 1977).

TRABAJO DE GABINETE

Una vez en el laboratorio los organismos colectados fueron preparados y depositados en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

De acuerdo a su condición reproductora las hembras se clasificaron como inactivas (juveniles o adultas) y activas, divididas a su vez en tres categorías: preñadas, preñadas-lactando y lactando solamente. Se usaron como criterios la apariencia de la glándula mamaria, del útero y de los ovarios, con presencia o ausencia de folículos de Graff (FG) y cuerpos luteos (CL). En los machos se tomó en cuenta el peso de las gónadas, y la posición de los testículos al momento de la colecta. Para tener mayor precisión en la determinación de la edad de todos los ejemplares, se correlacionó el criterio de la condición reproductora con otros dos: 1º) la presencia o ausencia de la sutura exoccipital-supraoccipital en el cráneo (Hoffmeister y Zimmerman, 1967); y 2º) el peso seco del cristalino (Anexo 1).

En las hembras preñadas y preñadas/lactando se estimó la edad de los embriones con base en su longitud corporal, en relación a la registrada para esta especie al nacimiento de 140 mm, considerando un periodo de gestación promedio de 40 días (Best, 1996). Posteriormente se calculó la edad de las crías de la primera camada suponiendo estro post-parto, de

acuerdo a los mismos días de gestación. A partir de este dato se dedujo la fecha probable de concepción de las primeras y segundas camadas y del momento de inicio de la estación de reproducción, definida en este estudio en relación al periodo de la primera concepción y la fecha del último parto (Rogowitz, 1992), basado en las fechas de colecta de las últimas hembras lactando.

Finalmente para elaborar el climograma de la RBM se obtuvieron, a partir de sus registros diarios, los valores mensuales de temperatura promedio, mínima, máxima, precipitación y evaporación total mensual. A partir de los valores de precipitación y evaporación se calculó el balance hídrico mensual (precipitación/evaporación), y por medio de las coordenadas de ubicación de la reserva se calculó el fotoperiodo mensual con el programa Weatherlink (Versión 4.04, Davis Instrument. Hayward. CA, USA. 1999). Todos los valores se obtuvieron desde enero de 1995 hasta diciembre de 1997.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar la relación entre el inicio de la estación reproductora, medida a través del incremento de los pesos gonadales (de testículos y ovarios), con los factores climáticos enumerados anteriormente, se realizaron, correlaciones múltiples, utilizando el coeficiente de correlación de Spearman, con el objetivo de definir si existía una estrecha asociación entre pares de variables, sin especificar cual de estas es dependiente o independiente, cuando las muestras no tienen una distribución normal. Posteriormente, para obtener ecuaciones predictivas que explicaran las relaciones significativas encontradas con dicha correlación, se hicieron regresiones lineales simples, con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa de Sigma Stat para Windows, Versión 2.0 y las figuras con el programa de Sigma Plot para Windows, versión 4.0 (Jandel Corp., San Rafael, CA).

III. RESULTADOS

FACTORES CLIMATOLÓGICOS

A continuación se describe el comportamiento de los factores ambientales considerados en este estudio desde enero de 1995 hasta diciembre de 1997 (Figura 1.1.).

Las temperaturas promedio más bajas durante 1995, 1996 y 1997, se presentaron respectivamente para cada año durante los meses de enero (11.7°C), enero (11.39°C) y diciembre (8.33°C). Las temperaturas promedio más elevadas se presentaron durante junio (27.2°C), julio (27.31°C) y agosto (26.94°C), respectivamente.

Los meses con valores de precipitación más elevados durante 1995, 1996 y 1997, fueron septiembre (101.40 mm), agosto (76.10 mm) y junio (39.20mm). En los mismos años el mes de mayo fue el que presentó mayor evaporación, con valores de 453.70 mm, 413 mm y 333.97.

La diferencia entre la duración de horas luz fue de 3 h 15 min. a lo largo del año. Los valores más bajos fueron del orden de 10 h 29 min. en diciembre, y los más elevados de 13 h 48 min. en junio. La figura 1.2 muestra estos valores y los de la temperatura promedio para los años de 1995 y 1997.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD

Debido a que el área de estudio estaba dentro de un Área Natural Protegida, sólo se permitió coleccionar un número limitado de especímenes por cada muestreo. Se obtuvieron un total de 75 ejemplares de *L. californicus*; 39 individuos fueron hembras (52%) y 36 fueron machos (48%), por lo que la proporción de sexos fue aproximadamente 1:1. Todos los machos fueron adultos y en el caso de las hembras, se encontraron 2 juveniles (Anexo 1).

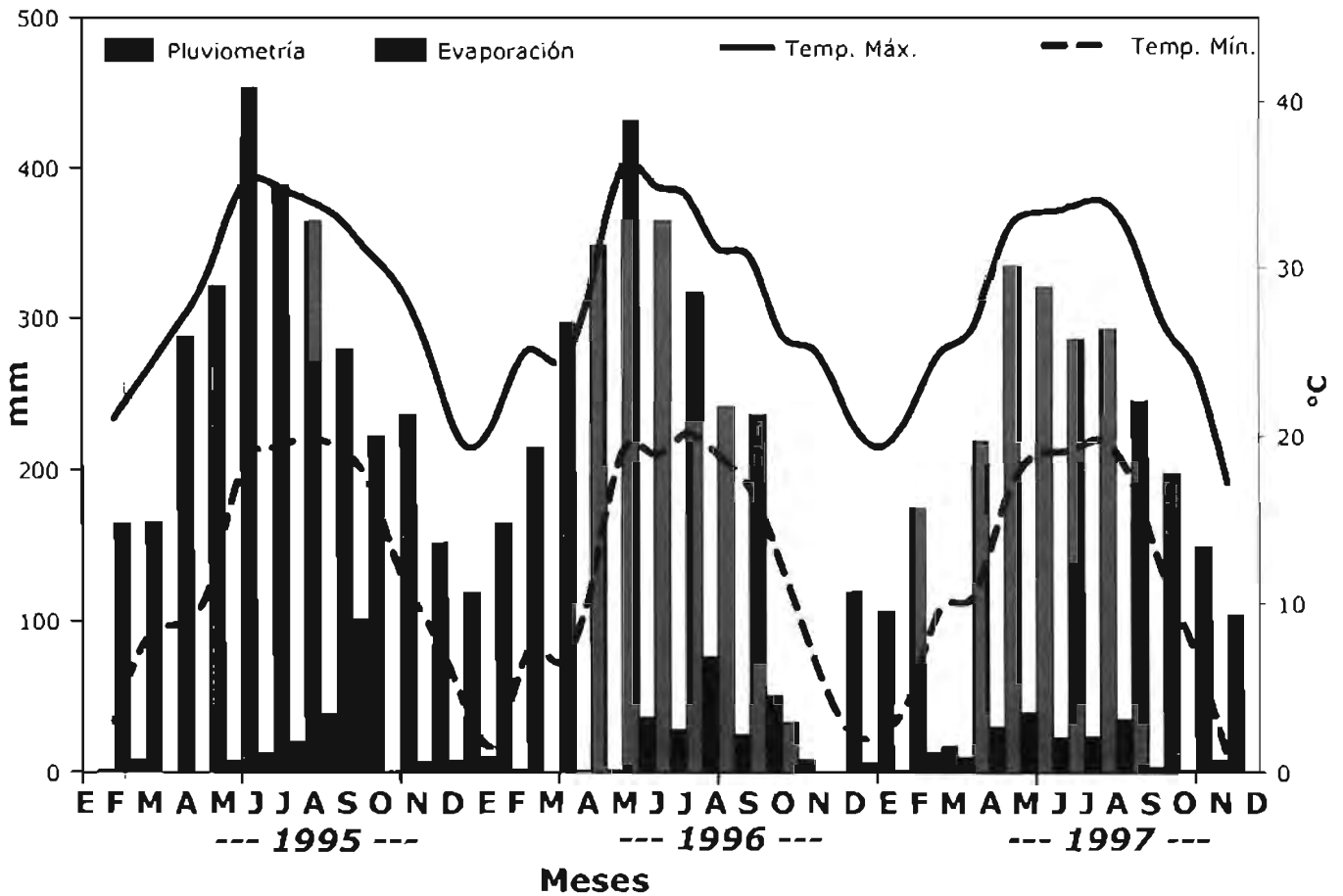


Figura 1.1 Climograma de la Reserva de la Biosfera Mapimí. 1995-1997.

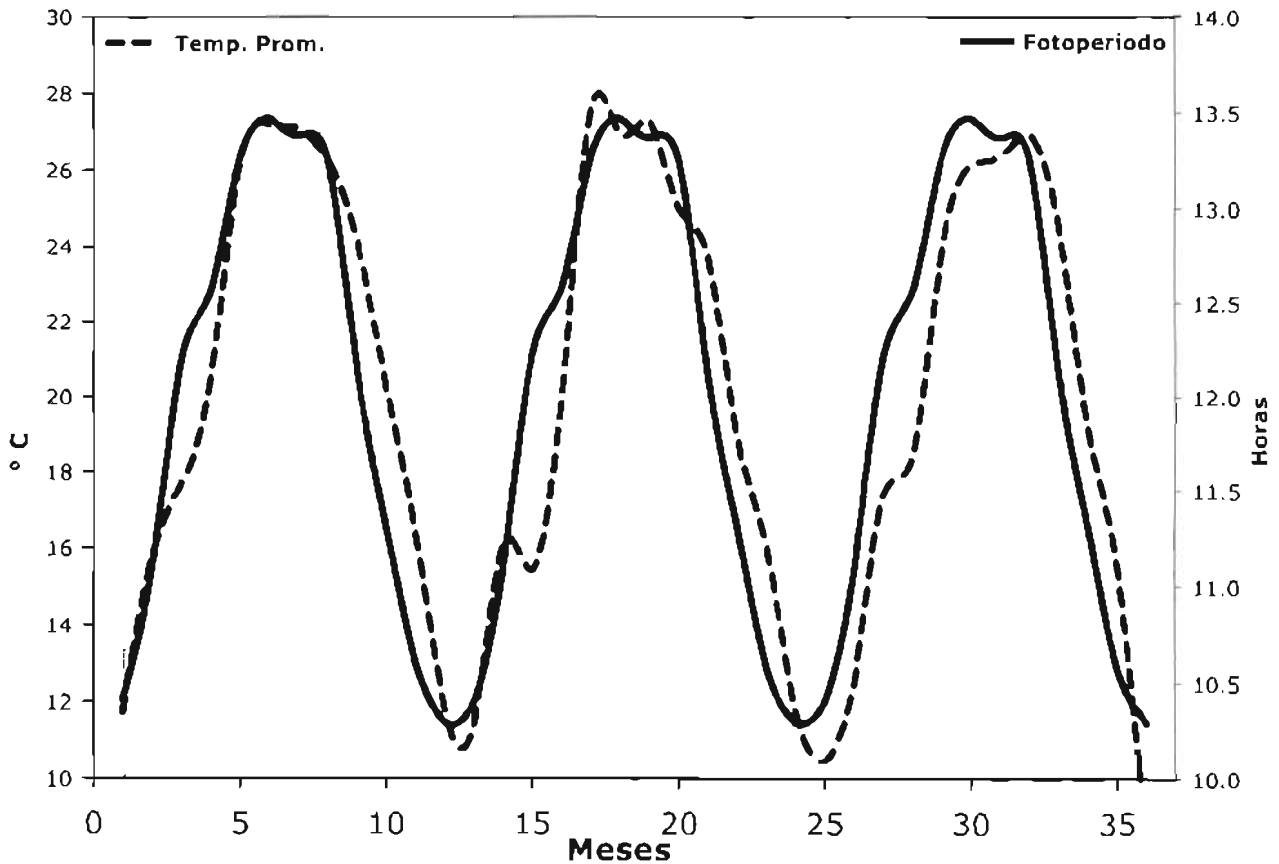


Figura 1.2 Fotoperiodo y Temperatura Promedio en la RBM. 1995-1997

Los siguientes cuadros presentan los pesos corporales promedio y los intervalos de confianza para los machos (Cuadro 1.1), y las hembras (Cuadro 1.2) de *L. californicus*, durante los meses de colecta, así como el número de ejemplares colectados en cada ocasión a lo largo del estudio de la época de reproducción.

CUADRO 1.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PESO CORPORAL PROMEDIO DE LOS MACHOS DE *LEPUS CALIFORNICUS* EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA MAPIMÍ.

Año/Mes	No. ejemplares	Peso Promedio (g)	Intervalo
1996 Julio	6	2100±68.3	1800-2200
Septiembre	4	2212±76.0	1750-2600
Noviembre	4	2287±96.5	2100-2550
1997 Febrero	6	2317±105.4	2100-2800
Abril	4	2050±86.6	1900-2200
Junio	7	2057±48.1	1900-2300
Agosto	2	2150 ±50.0	2100-2200
Noviembre	3	2061±470.6	1123-2600

CUADRO 1.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PESO CORPORAL DE HEMBRAS DE *LEPUS CALIFORNICUS* EN LA RBM.

Año/Mes	No. ejemplares	Peso Promedio (g)	Intervalo
1996 Julio	4	2575 ±165.2	2200-3000
Septiembre	7	2036 ±227.5	1000-2700
Noviembre	5	2600 ± 44.7	2500-2700
1997 Febrero	4	2362 ± 62.5	2200-2500
Abril	6	2558 ± 49.0	2400-2700
Junio	3	2383 ± 116.7	2200-2600
Agosto	8	2644 ± 73.5	2350-2900
Noviembre	2	2467 ± 167.0	2300-2634

El cuadro 1.3 presenta el porcentaje de animales reproductivamente activos e inactivos durante los meses de colecta de 1996 a 1997 en la RBM. En hembras se distinguen las siguientes categorías: preñadas (P), preñadas y lactando (P/L), lactando (L) e inactivas (I), y en machos sólo se expresan los valores de individuos activos en relación al total colectado.

CUADRO 1.3. PORCENTAJE DE EJEMPLARES DE *LEPUS CALIFORNICUS* REPRODUCTIVAMENTE ACTIVOS E INACTIVOS.

Año/Mes	INDIVIDUOS REPRODUCTIVAMENTE ACTIVOS E INACTIVOS			
	Machos %	(n)	Hembras %	(n)
1996 Julio	100	6	100 P	4
Septiembre	100	4	28.5 P, 28.5 P/L, 43 I	7
Noviembre	25	4	100 L	5
1997 Febrero	50	6	100 I	4
Abril	75	4	67 P, 17 P/L, 17 L	6
Junio	100	7	33 P, 67 P/L	3
Agosto	100	2	25 P, 23.5 L, 62.5 P/L	8
Noviembre	0	3	50 L, 50 I	2

En la figura 1.3 se observa la relación entre el incremento del peso de las gónadas entre machos y hembras durante la época de estudio, ocurriendo primero en los machos durante el mes de febrero y posteriormente en las hembras, a partir de abril, para disminuir en ambos casos en noviembre. La figura 1.4 muestra los meses en que se presentaban hembras activas (preñadas, lactando, o ambas condiciones), e inactivas a lo largo del periodo de estudio, en relación con la precipitación, la temperatura promedio y el fotoperiodo.

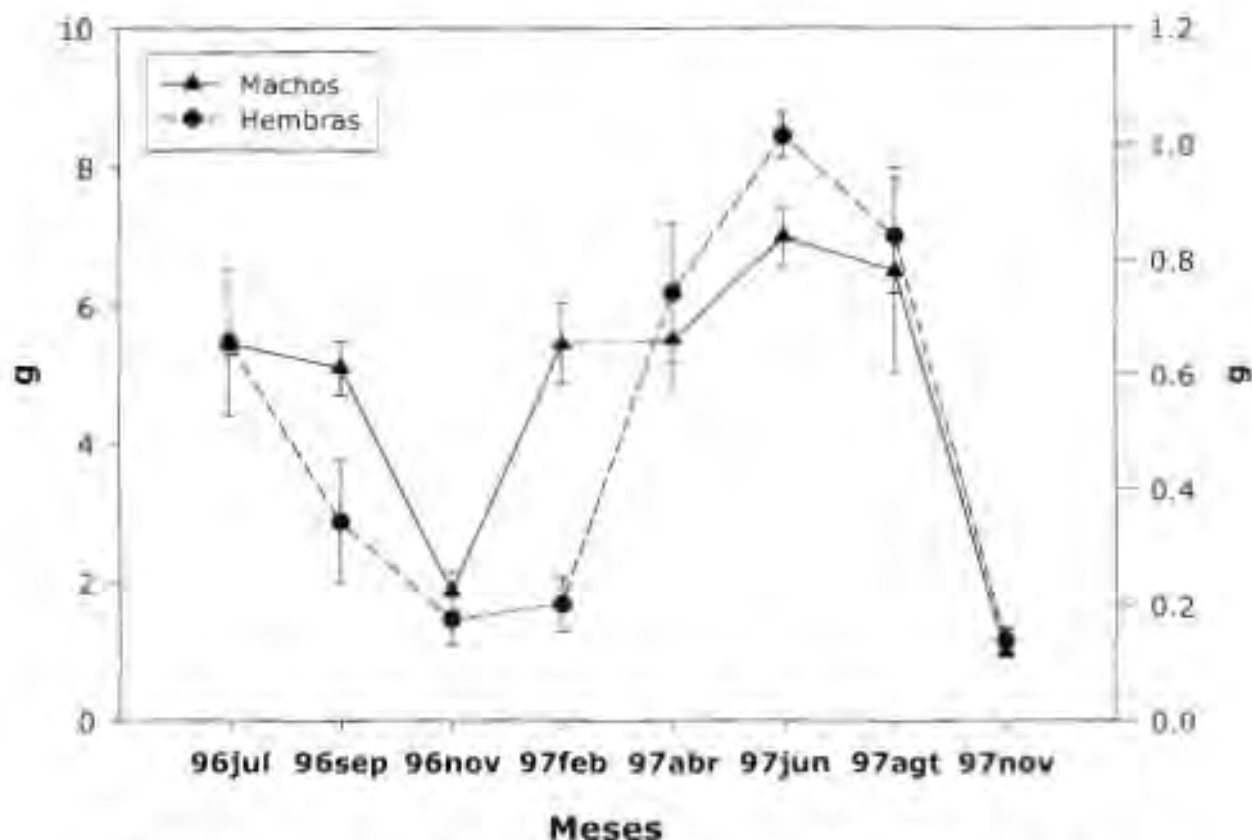


Figura 1.3 Peso de las gónadas de hembras y machos de *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí. (Errores estandar).

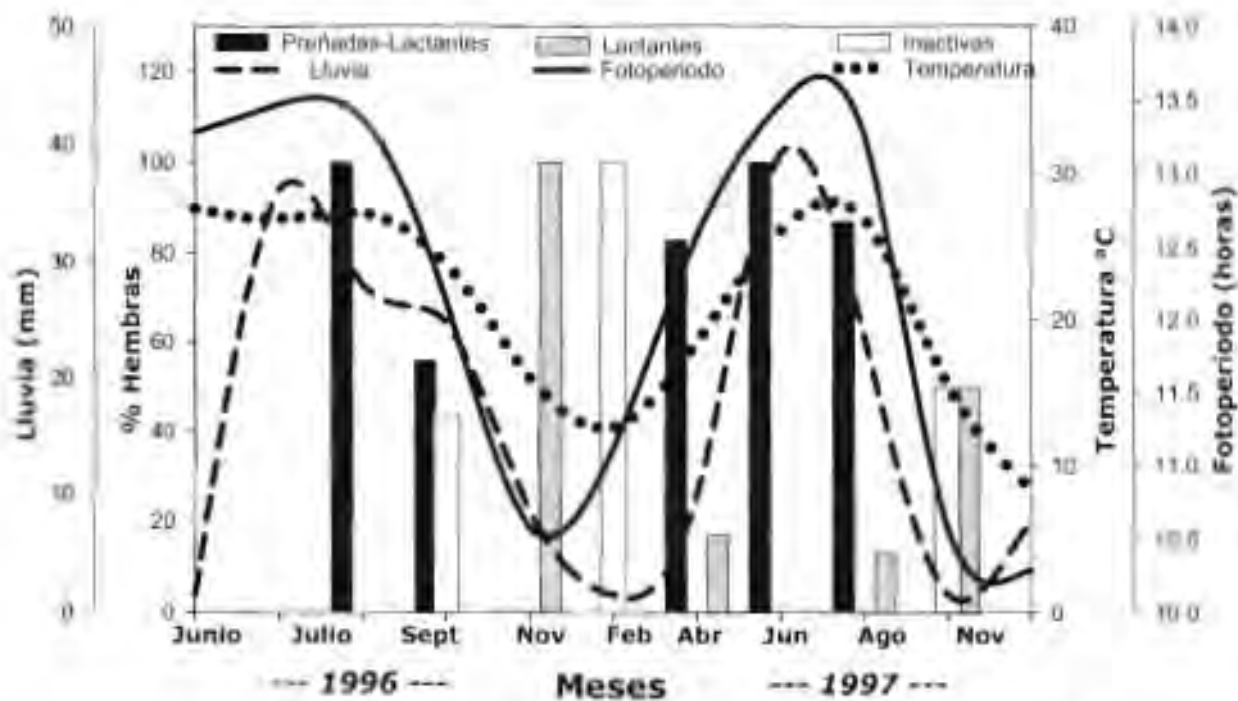


Figura 1.4 Comportamiento reproductor de la liebre *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí en relación con algunos factores ambientales

El cuadro 1.4 presenta las fechas de colecta de hembras preñadas y preñadas/lactando, junto con la estimación de la probable fecha de concepción de los embriones y fetos, así como el de las crías de la primera camada, de acuerdo al día de colecta de las hembras preñadas y preñadas/lactando. Con base en este análisis, se calculó la fecha aproximada del inicio de la estación de reproducción de esta especie en la RBM.

CUADRO 1.4 ESTIMACIÓN DE LAS FECHAS DE CONCEPCIÓN PARA LAS HEMBRAS PREÑADAS Y PREÑADAS/LACTANDO DE LA LIEBRE *LEPUS CALIFORNICUS*.

Mes	Condición reproductora	No. Fetos y longitud (mm)	Estimación de las fechas de concepción
12 Julio 96	Preñadas: 4	1 de 111 2 de 113 2 de 79 2 de 116	Fetos: 111mm: 32d.=10 de junio. fetos 113mm: 32 d= 10 de junio. fetos: 116mm: 33 d.=9 de junio. embriones:79mm: 23 d= 19 de junio
10 Septiembre 96	Preñadas/Lactando: 2	2 de 26 3 de 70	Fetos: 26mm=7d: 3 de sep, Crías: 24 de julio Fetos: 70 mm: 20 d= 21 agosto. Crías: 10 de julio
12 sep 96	Preñadas: 2	3 de 78 1 de 110	Fetos: 78 mm= 22d=21 agosto. 110mm: 31d= 12 de agosto.
21-26 Abril 97	Preñadas: 4	2 de 47 2 de 84 2 de 174 1 de 182	26 abril Fetos: 47mm= 13d=13 de abril 84mm= 24d= 2 de abril 21 abril Fetos: 174mm= 50d= 3 de marzo, 182mm= 52d= 1 de marzo
25 abril	Preñadas/Lactando: 1	3 de 15	Embriones: 15mm:4 d=21 abril, Crías: 11 al 12 marzo 97. Inicio estación de reproducción
25 Junio 97	Preñadas: 1	2 de 52	Embriones:52 mm= 15 d=10 junio
26 junio 97	Preñadas/Lactando: 2	2 de 38 3 de 49	Embriones:38mm: 11d=15 de junio Crías: 6 de mayo embriones: 49mm:14= 12 de junio Crías: 3 de mayo
15 agosto 97	Preñadas: 2	4 de 23 2 de 84	Embriones: 23mm= 7d=8-10 agosto Fetos: 84mm= 24d=22 de julio
16-17 agosto 97	Preñadas/Lactando: 5	3 de 43 2 de 71 2 de 20 3 de 33 1 de 12	Embriones:43 mm= 12d=4 de agosto Crías: 25 de junio 97 fetos 71 mm= 20d=27 julio Crías: 18 de junio 97 embriones: 20mm= 6d=11 de agosto Crías:1 de julio embriones 33 mm= 9d=7 de agosto Crías:28 de junio 97 embriones 12mm:3d=14 de agosto Crías: 5 de julio 97

CORRELACIÓN CON LOS FACTORES AMBIENTALES

Para conocer la relación entre la variación del peso de las gónadas de machos y hembras a lo largo del año, con los factores ambientales (precipitación, temperatura promedio, mínima y máxima, evaporación, balance hídrico, fotoperiodo, y los mismos factores del mes anterior) se realizó en primer lugar una correlación múltiple utilizando el coeficiente de Spearman, involucrando todos los factores climatológicos para cada mes de colecta (Cuadro 1.5). Para el caso de los machos se observó que el único factor con correlación elevada y significativa fue el fotoperiodo ($R= 0.80$, $p= 0.01$). En cuanto al peso promedio de los ovarios, se obtuvo una correlación de $R= 0.92$ $P\leq 0.0001$ con el fotoperiodo, de $R= 0.714$, $p = 0.037$ con la temperatura promedio, de $R= 0.738$, $p = 0.029$, con la pluviometría, y de $R= 0.821$, $p = 0.015$ con la evaporación.

Debido a que el tamaño de muestra es proporcionalmente chico en comparación con el número de variables, no fue factible realizar una correlación múltiple ya que existía multicolinealidad entre las variables independientes. Por este motivo se optó por realizar una serie de regresiones lineales simples con la finalidad de obtener ecuaciones predictivas entre el peso de las gónadas y los factores ambientales contra los que se encontró la correlación positiva. Los resultados se muestran en las figuras 1.5a y b, y 1.6a y b para machos y 1.7a y b, y 1.8a y b para hembras, en las que se observa que el incremento en el peso de las gónadas de las hembras se relaciona con cambios en los valores de precipitación (peso de los ovarios= $0.186+(0.0192*\text{Precipitación})$), evaporación (Peso de los ovarios= $-0.475+(0.042*\text{Evaporación})$), temperatura promedio (Peso de los ovarios= $-0.412+(0.044*\text{Temperatura Promedio})$) y fotoperiodo (peso de los ovarios= $-2.599+(0.257*\text{Fotoperiodo})$). Por otro lado, los machos responden principalmente al incremento en la duración de horas-luz (peso testicular= $-13.165+(1.475*\text{Fotoperiodo})$).

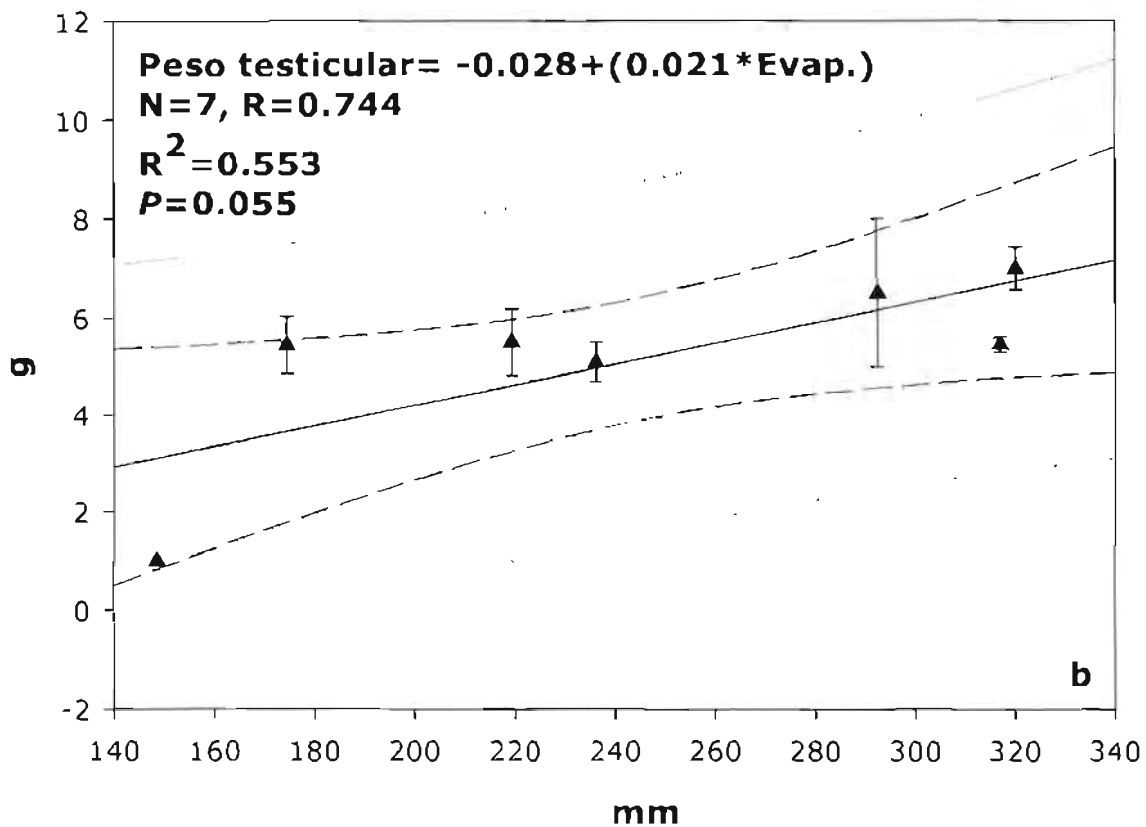
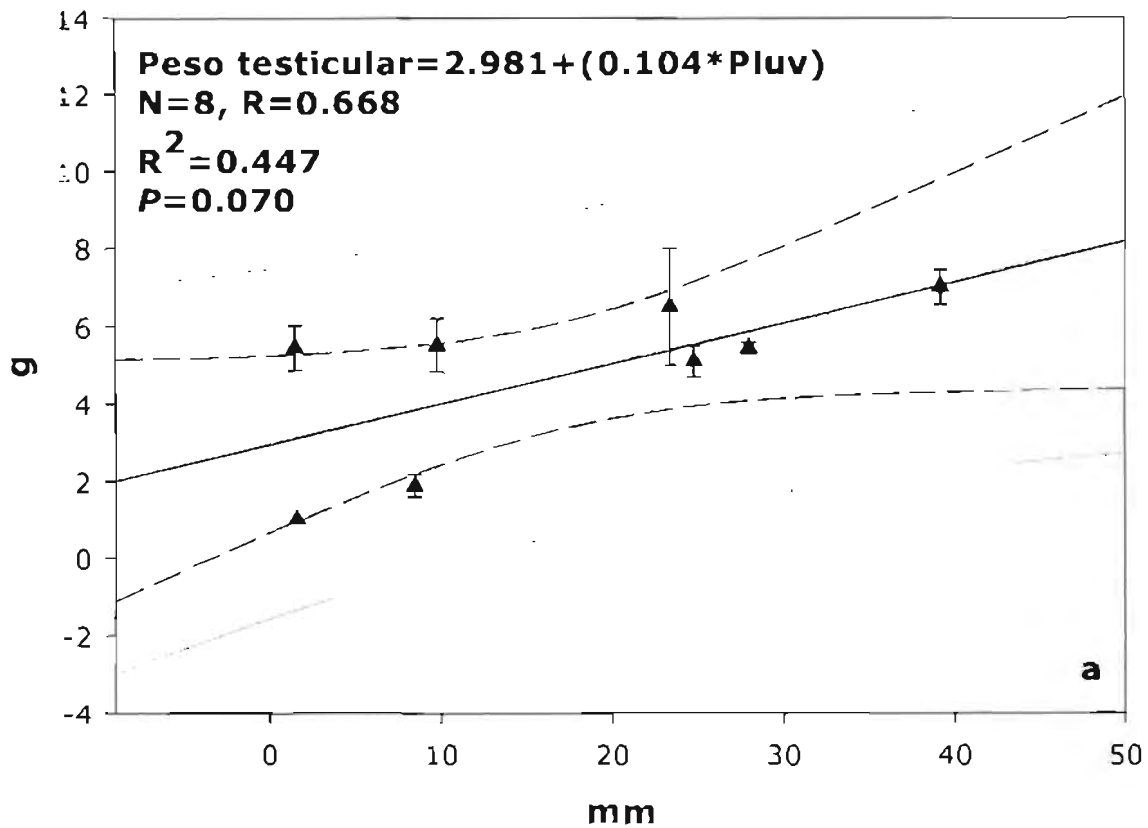


Figura 1.5. Regresión lineal simple entre el peso testicular de *Lepus californicus* con la precipitación (a) y evaporación (b) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar

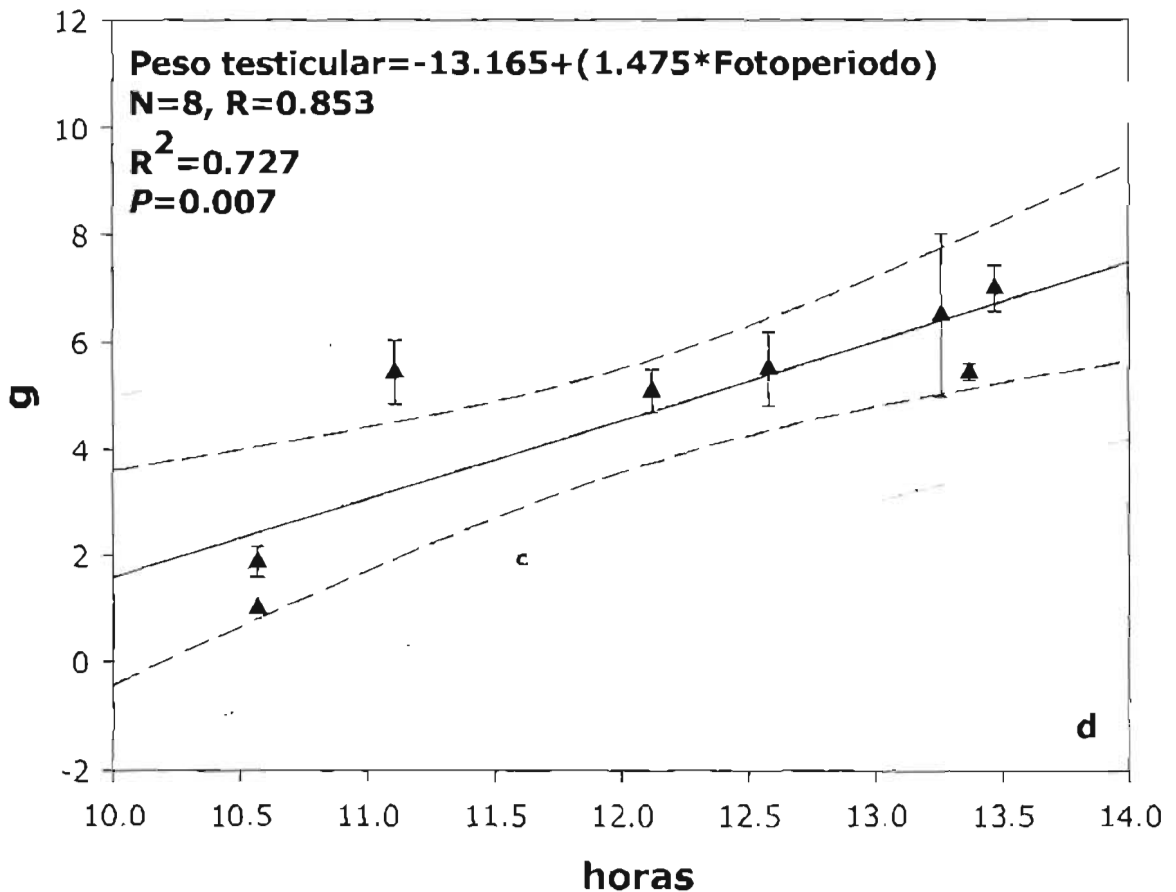
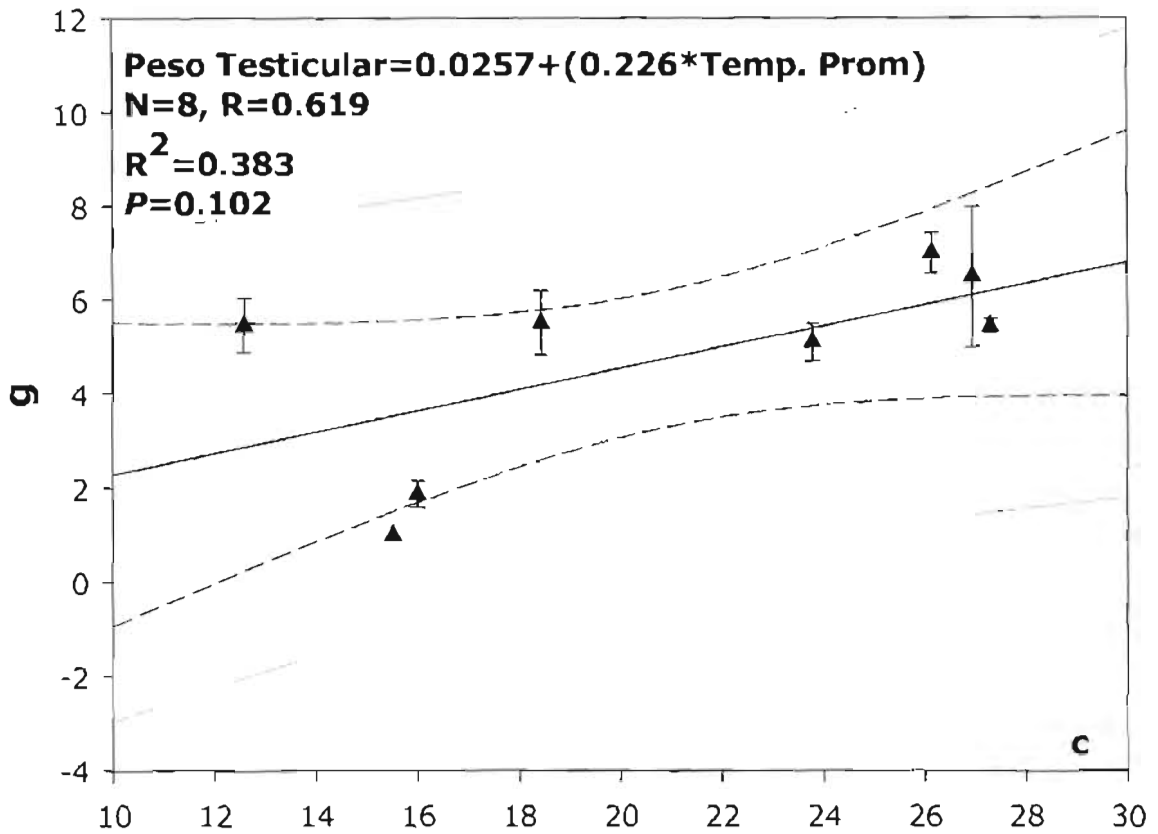


Figura 1.6. Regresión lineal simple entre el peso testicular de *Lepus californicus* con la temperatura promedio (c) y fotoperiodo (d) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar

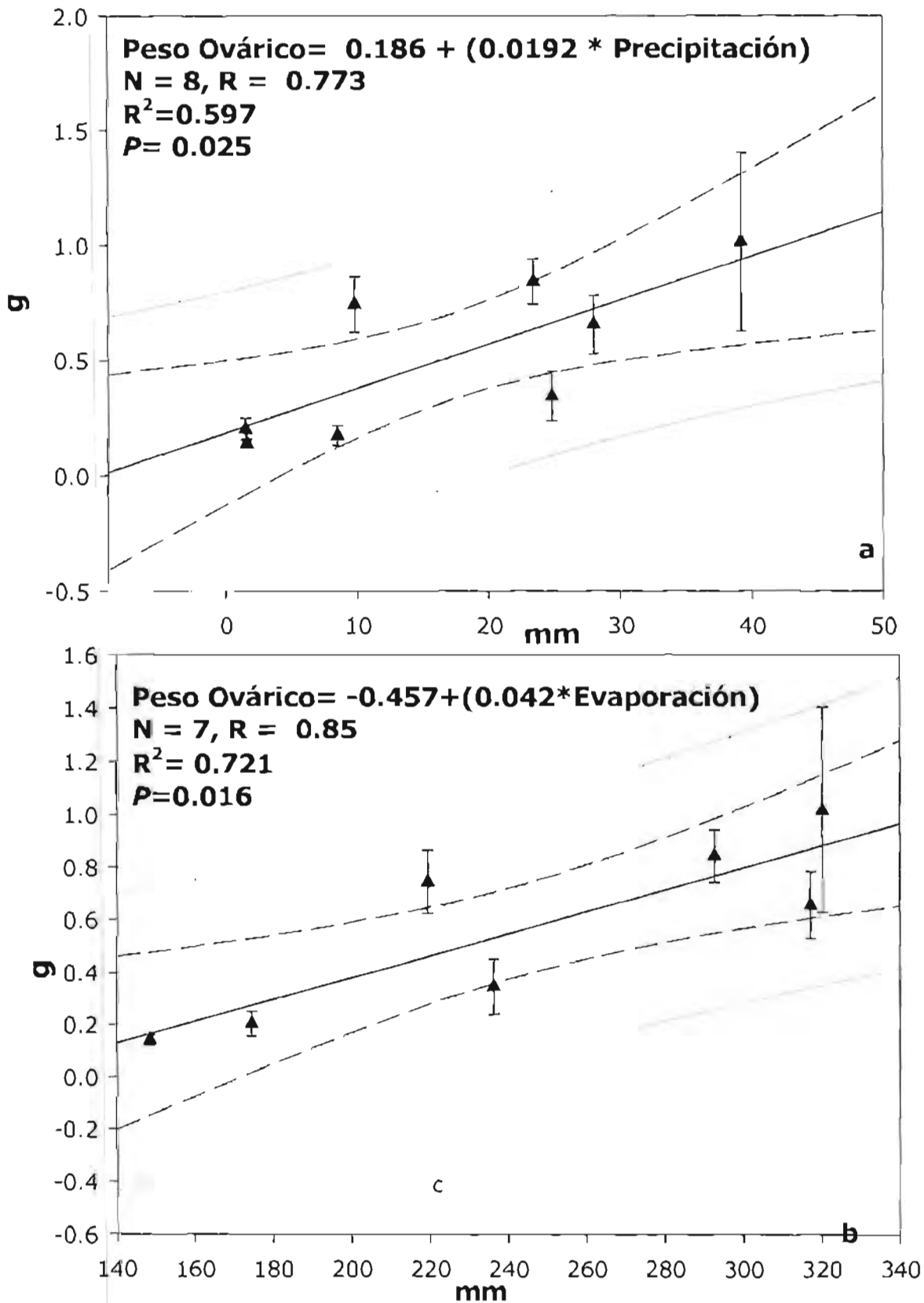


Figura 1.7. Regresi\u00f3n lineal simple entre el peso ov\u00e1rico de *Lepus californicus* con la precipitaci\u00f3n (a), y evaporaci\u00f3n (b) en la Reserva de la Biosfera Mapim\u00ed en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores est\u00e1ndar.

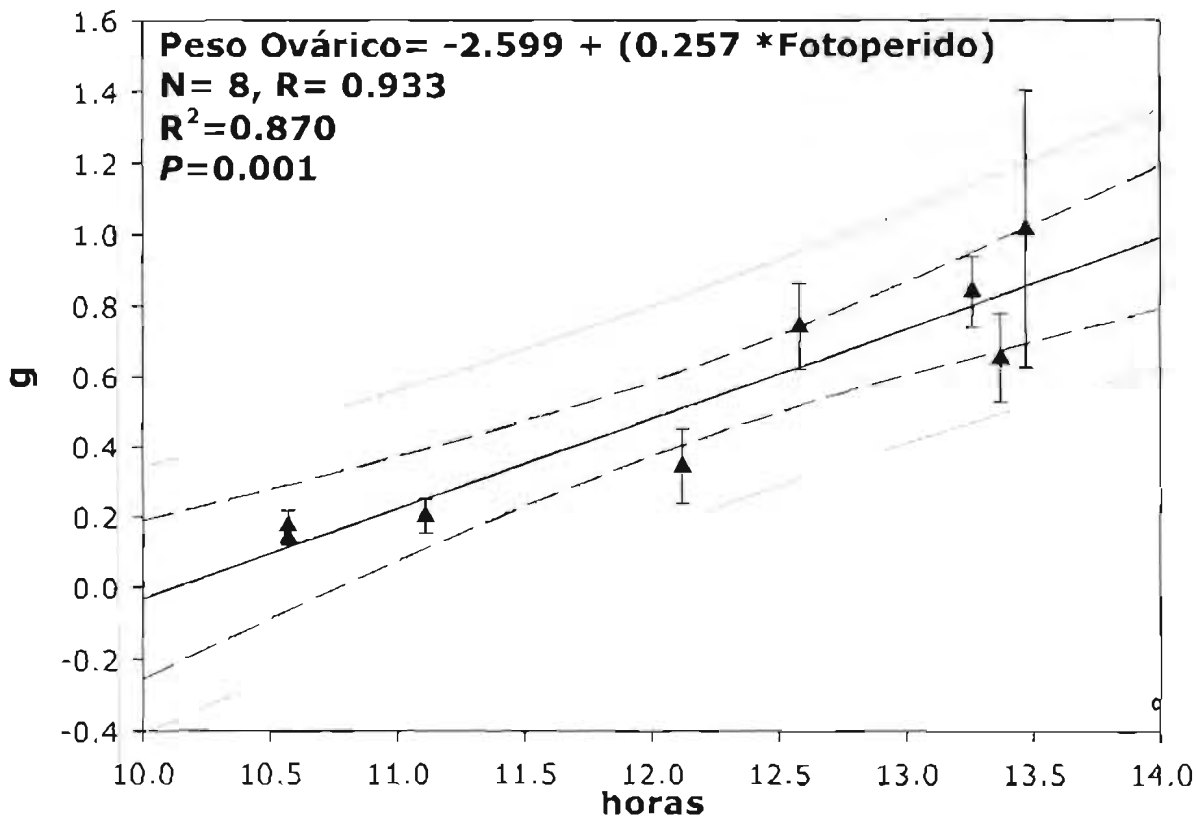
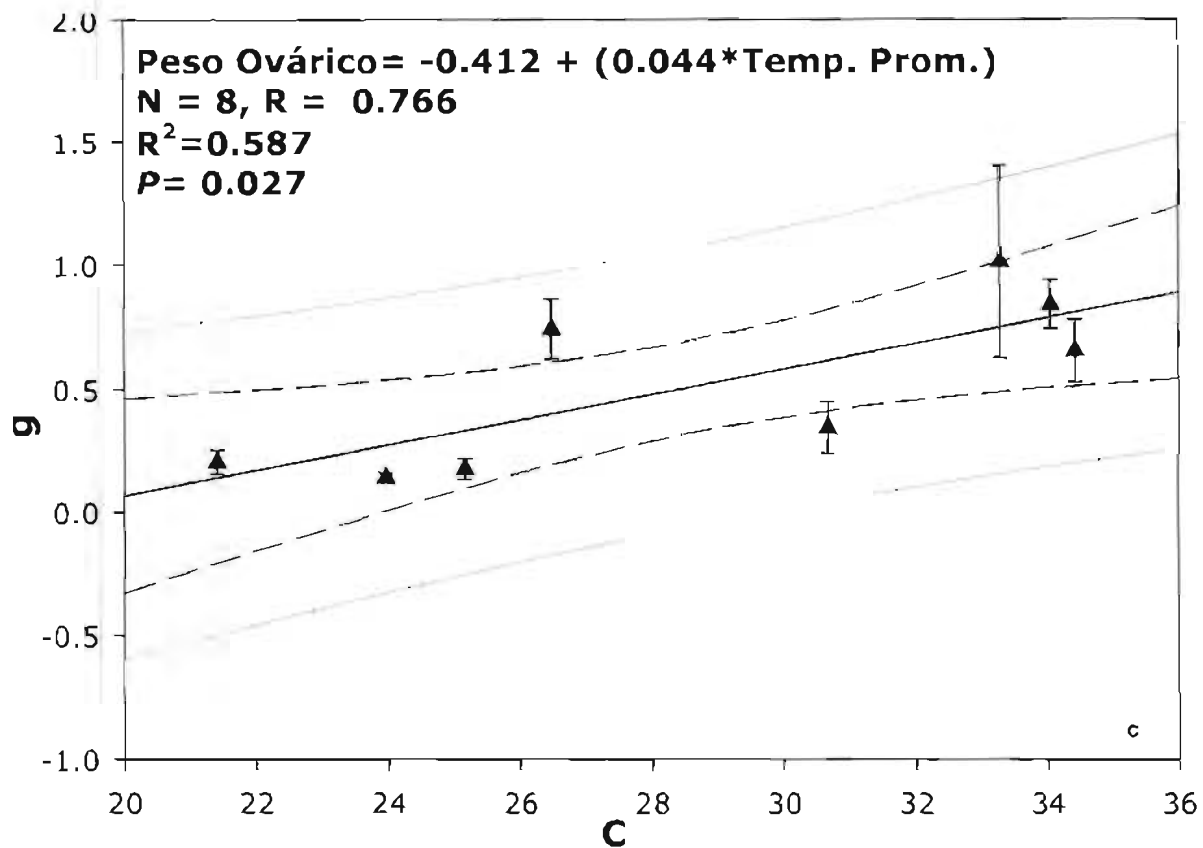


Figura 1.8. Regresión lineal simple entre el peso ovárico de *Lepus californicus* con la temperatura promedio (c) y fotoperíodo (d) en la Reserva de la Biosfera Mapimí en 1996-1997. Intervalos de confianza de 95% y errores estándar

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Factores Ambientales.-- Los valores más elevados respecto a la temperatura promedio a lo largo de los años de estudio, se presentaron de manera constante durante los meses de mayo a septiembre, para comenzar a decrecer durante octubre, y los más bajos durante la época de invierno entre diciembre y enero. El inicio de la época de lluvias es un poco más variable, durante 1995 las primeras lluvias se registraron de manera constante desde mayo a septiembre, siendo este último mes, entre los 3 años de esta parte del estudio, el que tuvo el valor más elevado (101 mm). Durante 1996, la época de lluvias abarcó desde junio a noviembre, con los mayores registros durante el mes de agosto (76 mm). Durante 1997 la época de lluvias abarcó un mayor número de meses, iniciando en marzo y terminando en diciembre, pero en comparación con los años anteriores, se registraron los valores más bajos de precipitación durante los meses de julio y agosto, siendo el pico de lluvias durante el mes de junio con 39.2 mm. A su vez los valores más elevados de evaporación parecen estar concentrados entre los meses de mayo a julio de manera constante, lo que parece lógico si se considera que durante estos mismos meses se registraron los mayores valores de temperatura y precipitación. En general los valores de temperatura promedio y precipitación parecen coincidir con los valores citados en estudios anteriores (Halffter, 1978, Cornet, 1988).

Por otra parte, al analizar la variación en la duración de horas luz, se observa un incremento de 3 horas 15 minutos a lo largo del año; comenzando a elevarse a partir de abril hasta agosto, cuando comienza a decrecer de nuevo. Los valores más bajos fueron del orden de 10 horas 29 minutos durante diciembre, y los más elevados de 13 horas 48 minutos durante el mes de junio. Como puede observarse en la figura 1.2 estos valores parecen estar estrechamente relacionados con los valores de la temperatura promedio para los mismos años.

Reproducción.-- Las hembras inactivas en el momento de la colecta eran aquellas que no presentaban crías ni desarrollo de glándula mamaria, dentro de ellas, las juveniles presentan el útero liso, sin estriaciones. A lo largo de la primera gestación y después del parto, como consecuencia del alargamiento y la posterior reducción de su tamaño e involución, en la pared del útero se forman una serie de estriaciones longitudinales, que permanecen a lo largo de la vida de las hembras. Esta característica permite distinguir entre hembras adultas, aunque no estén preñadas en el momento de la colecta y hembras juveniles que nunca han estado preñadas, por la ausencia total de estas estriaciones, como ya ha sido descrito en otras ocasiones para *L. californicus* (Lechleitner, 1959) y *L. townsonii* (James y Seabloom, 1969). Por otra parte, en el caso de que la glándula mamaria estuviera desarrollada en hembras gestantes con fetos a término, se interpretó como que la hembra estaba cercana al parto, mientras que cuando se hallaron hembras con producción de leche, pero embriones de pocos días de desarrollo, significó que estaban amamantando a una camada de menos de un mes de nacida, ya que el periodo de lactancia dura alrededor de 7 a 8 semanas (Martinet y Demarne, 1984). En el caso de hembras preñadas, pero sin desarrollo de la glándula mamaria, esto significaba que era su primera gestación de la temporada.

En el mes de febrero, todas las hembras colectadas fueron consideradas hembras adultas inactivas, tanto por el peso corporal como por no presentar desarrollo de crías en el útero y/o desarrollo de glándulas mamarias, sin embargo, sus ovarios presentaron FG, lo que las ubica como hembras en estro; y, por lo tanto, adultas. El peso de los ovarios aumentó entre los meses de febrero a abril, lo que refleja el comienzo de la estación reproductora, que se traduce en la maduración de los FG, así como en la formación del CL, como consecuencia de la ovulación posterior a la cópula. Este aumento se mantiene hasta los meses de agosto, para ir decreciendo conforme la estación reproductora finaliza. Las primeras hembras preñadas fueron encontradas durante el mes de abril y las últimas en septiembre.

Durante el mes de septiembre se colectaron 3 ejemplares juveniles, clasificados así por tener el menor peso corporal y por la morfología de sus ovarios, los cuales no presentaban ni folículos maduros o de Graff, ni CLs; lo que además coincide con la edad estimada de acuerdo al peso del cristalino.

A lo largo de toda la estación reproductora se colectaron machos adultos con testículos no escrotados, lo que sugiere la "retracción" de los testículos cuando los individuos están sujetos a estrés, ya que el canal inguinal permanece constantemente abierto (James y Seabloom, 1969). Sin embargo en la mayoría de los casos fueron considerados adultos de acuerdo a los criterios para la determinación de la edad, encontrándose solamente 4 ejemplares juveniles y 6 subadultos, tanto por el peso corporal como por el de sus testículos, y que de acuerdo a la edad estimada por el peso seco del cristalino, tenían entre 2 a 7 meses de edad, aproximadamente. La disminución en el peso de los testículos, provoca pérdida del líbido en los machos, lo que se relaciona, al mismo tiempo, con la terminación de la estación reproductora (Best, 1996).

Patrón Reproductivo.-- Los machos mostraron los primeros indicios de actividad reproductora, ya que el incremento del peso testicular ocurre poco antes de que las hembras comiencen a mostrar actividad sexual. El peso promedio de los testículos varía estacionalmente: comienza a incrementarse en febrero, alcanza los máximos valores entre junio y agosto, durante la época de lluvias y disminuye en noviembre. Este patrón coincide con el momento cuando el 100% de las hembras están en plena actividad reproductora, esto es, con hembras preñadas y lactando simultáneamente durante los meses de junio a agosto. La incidencia de hembras preñadas incrementa rápidamente de un 66.7% en abril a un 100% durante los meses de junio a agosto, para declinar después de septiembre a un 57.2%. Los nacimientos ocurren durante la época de lluvias, cuando la disponibilidad de alimento es mayor, lo que proporciona tanto a las hembras como a las crías

mayores recursos alimenticios y probablemente también mayor cobertura y protección (Millar 1977; Sadleir, 1984).

Durante el mes de febrero el 100% de las hembras fueron inactivas, en el mes de abril se colectaron hembras que estaban preñadas y lactando simultáneamente, lo que implicaba que podía ser su segunda camada de la estación reproductora; por lo que el periodo de lactancia comienza en abril, y termina en noviembre, cuando sólo se encontraron hembras lactando o inactivas. De esta manera, de acuerdo a la estimación de las fechas de concepción, al considerar las primeras hembras preñadas y el desarrollo de sus crías, y de acuerdo a la estimación del último parto, la época reproductora de *L. californicus* en la RBM comienza entre el 11-12 de marzo y termina en septiembre 15, durando 27 semanas, esto es, 189 días, aproximadamente, por lo que la liebre cola-negra en la RBM tiene un patrón reproductivo anual menor a lo encontrado en otras latitudes con distribución más norteñas como Kansas, California y Arizona, excepto Idaho.

Además, en la RBM el inicio de la estación de reproducción de *L. californicus* se relaciona con el incremento de varios factores ambientales: en el caso de las hembras está relacionada con la temperatura, la precipitación, la evaporación, y el fotoperiodo, mientras que los machos solamente responden al aumento en la duración de horas luz, por lo que nuestros resultados concuerdan con estudios previos que señalan el incremento y disminución de las horas luz como el mecanismo que puede influir en el desarrollo o regresión de los testículos (Boyd, 1985). Las diferencias en las respuestas de los machos y las hembras pueden estar relacionadas con diferentes estrategias reproductivas. Esto es, las hembras tienen un mayor costo reproductivo y, por lo tanto, responden a un complejo conjunto de factores ambientales para asegurar el éxito reproductivo. Esta dependencia hacia otros factores ambientales es una estrategia adaptativa de las hembras, resultado de una alta variabilidad de la precipitación y la productividad de plantas en esta área (Flux, 1965; Bronson, 1989). Debido

a esta variabilidad, puede ser contraproducente mantener el mismo nivel de rendimiento a través de los años. Tal estrategia puede poner en peligro la supervivencia de las hembras y sus crías en años de baja producción de alimento. Por otra parte, los machos tienen un costo reproductivo menor y pueden ser sexualmente activos sin estar condicionados por la productividad estacional.

En conclusión, en este estudio se encontró que en la RBM el fotoperiodo es el principal factor que favorece el inicio de la estación reproductora de la liebre *L. californicus*, aunque las hembras pueden requerir de múltiples factores para responder adecuadamente a la alta variabilidad anual en la producción de plantas.

Capítulo II

***Estudio morfológico del ovario de la
liebre Lepus californicus***



Capítulo II. Estudio morfológico del ovario de la liebre *Lepus californicus*

I. INTRODUCCIÓN

Como en el resto de los mamíferos, los ovarios de las hembras del orden de los lagomorfos poseen al nacimiento una gran cantidad de ovocitos, los que están localizados en los folículos primarios, rodeados por una sola capa de células de la granulosa, que incrementa conforme los folículos se desarrollan y maduran hasta convertirse en preovulatorios (Bronson, 1989). Una característica propia de los lagomorfos, es la disposición central del *cumulus oophorus* dentro del folículo de Graff, rodeado por trabéculas de células de la granulosa, y células de la teca. Dicha característica ha sido descrita tanto en el conejo castellano, *Sylvilagus floridanus* (Chapman et al., 1977), como en la liebre japonesa, *Lepus brachyurus brachyurus* y el pika, *Ochotona princeps* (Yamada et al., 1989). En condiciones favorables, la hembra muestra signos de estro por largos períodos durante los cuales los folículos ováricos están en desarrollo y regresión continuos, de modo que un número casi constante está disponible para la ovulación, lo que se traduce en niveles de estradiol relativamente elevados durante la época reproductora. Si la hembra no queda preñada, los folículos del ovario permanecen grandes y activos durante 12 a 16 días. Al comenzar su regresión, nuevos folículos crecen para remplazarlos, de manera que hay folículos activos presentes todo el tiempo (Bronson, 1989, Hafez, 1989).

Los cambios morfológicos en el folículo previos a la ovulación están relacionados con los efectos de los estrógenos producidos dentro del mismo ovario (Cherney et al, 1975). El tiempo promedio para que se produzca la ovulación es de 10 horas después del coito (p.c.); aunque varía entre los géneros, por ejemplo la liebre japonesa, *L. brachyurus brachyurus* ovula de 12 a 15 horas p. c., el conejo *Oryctolagus cuniculus*, variedad Nueva Zelanda, ovula de 8 a 13.5 horas p. c., y el conejo *S. floridanus* de 10 a 11

horas p. c. (Yamada et al., 1989). Después de la liberación del ovocito ocurre la formación del cuerpo lúteo (CL) por parte tanto de la teca interna como de la membrana de la granulosa del folículo (Browning, 1973; Cherney et al., 1975). La fertilización sucede posteriormente en los ovidutos, 4 días después el ovocito fecundado llega al útero y 7 días después se implanta (Chapman et al., 1982; Cherney et al., 1975; van Tienhoven, 1983).

Después de la ovulación, los cuerpos lúteos tienen un crecimiento continuo hasta alcanzar su máximo tamaño el día 16 de la gestación. En este orden, durante la gestación, el CL es el principal productor de progesterona, manteniendo la producción de grandes concentraciones durante 30 a 32 días (Hilliard, 1973; Marcinkiewicz et al., 1992), por lo que su tamaño y peso varía marcadamente a lo largo de esta etapa dependiendo de la cantidad de hormona secretada (Chapman et al., 1982, Rowlands, 1984). En el ovario de *Oryctolagus cuniculus*, los CLs miden aproximadamente 5 mm de diámetro y alcanzan su máximo peso entre los días 15 al 20, lo que se correlaciona con los elevados niveles de progesterona en el plasma (Hilliard, 1973), mientras que en *S. floridanus* miden 2.48 mm, y en algunas liebres como en la liebre cola-negra, *Lepus californicus* se han descrito algunos de hasta 12 mm de diámetro (Chapman et al., 1982, Rowlands, 1984). El papel fisiológico del CL es muy interesante, ya que por una parte inhibe la maduración de los folículos ováricos, y con ello la ovulación, pero al mismo tiempo depende de la presencia de folículos en crecimiento para desarrollarse y secretar progesterona (Hafez, 1989; Miller, 1978). Hacia el final de la preñez, cuando la placenta comienza a secretar progesterona, el CL reduce su tamaño y la secreción de esta hormona, permitiendo la maduración folicular, por lo que poco después del parto la hembra puede presentar estro y reproducirse nuevamente (Chapman et al., 1982). Durante la etapa de pseudopreñez, el CL que se forma permanece secretor hasta el día 16, empezando entonces su regresión, que finaliza 5 días después, para el final de este tiempo la hembra presenta desarrollo de glándulas mamarias y comienza a construir el nido (Asdell, 1964; Rowlands, 1984). Por ejemplo, en el caso de la liebre europea, *L. europaeus* se ha observado que durante la pseudopreñez los

niveles de progesterona secretada por el CL se incrementan de manera gradual después de la cópula, alcanzando sus máximas concentraciones alrededor del día 18, disminuyendo paulatinamente para el día 24, cuando termina esta etapa (van Tienhoven, 1983).

Dentro de los mamíferos los lagomorfos son clasificados como ovuladores reflejos o de ovulación inducida, ya que ésta se presenta como respuesta a la cópula. De acuerdo a la clasificación de Conaway (1971, citado por van Tienhoven, 1983) de los ciclos reproductores en los euterios, los lagomorfos se han catalogado dentro del Tipo II A, que se caracteriza por presentar ciclos relativamente cortos, con ovulación y estro inducidos, que, como se ha observado en el caso del conejo *S. floridanus*, puede ser influenciado por la estimulación social, que juega un papel muy importante en la sincronización del inicio de la estación reproductora de la población (van Tienhoven, 1983), mientras que, en ocasiones, la ovulación también puede ser provocada por la monta de otra hembra o de un macho infértil y dar como resultado un estado de pseudopreñez (Chapman et al., 1982).

Algunos autores han estudiado el patrón de reproducción y el periodo de la gestación en relación a la latitud en la que se distribuyen diferentes especies de lagomorfos (Flux, 1981; Chapman, 1984), encontrando que las diferencias del tamaño de la camada, y del inicio y duración de la época de reproducción son parte de las estrategias reproductivas que presenta esta familia para asegurar la sobrevivencia de sus crías; por lo que como parte del análisis del patrón reproductivo de la liebre *L. californicus*, fue indispensable realizar también un estudio morfológico de los principales cambios estructurales de los ovarios en las diferentes condiciones reproductivas, realizando además comparaciones de dichas características con otras especies de liebres, dos de ellas endémicas de México como la liebre torda *L. callotis* y la liebre de Tehuantepec *L. flavigularis* (Portales-Betancourt, 1996), y una europea, la liebre Ibérica, *L. granatensis*; de las cuales se hará a continuación una breve descripción de sus características más importantes en relación a su reproducción.

COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES ESPECIES DE LIEBRES.--La liebre de cola-negra *L. californicus*, con una amplia distribución en América del Norte, como se señaló con anterioridad, puede reproducirse durante todo el año, produciendo de 3 a 6 camadas por año, con un tamaño de camada 2 a 6 crías (Asdell, 1964; Best, 1996). El periodo de gestación se ha estimado en diferentes localidades en intervalos de 41 a 47 días, con un promedio de 40 días (Best, 1996, Dunn et al, 1982). La liebre torda o de costados blancos, *L. callotis*, es una especie simpátrica de *L. californicus* y considerada prácticamente endémica de México (Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1987), aunque existen algunos registros de sus densidades en el sur de Nuevo México, E.U.A (Bednarz, y Cook, 1984). Se reproduce todo el año, teniendo de 1 a 4 crías por camada, con un promedio de 2.2 crías por camada y un período de gestación de 42 días (Chapman et al, 1982; Ceballos y Galindo, 1984). La estación de reproducción dura un mínimo de 18 semanas, abarcando desde mediados de abril a mediados de agosto, sin embargo, se han encontrado hembras preñadas a principios de marzo, y juveniles en octubre (Dunn et al., 1982, Cook, 1986, citados por Best, 1993). La liebre tropical o de Tehuantepec, *Lepus flavigularis*, es una especie endémica del sur de México, con distribución muy restringida sólo a algunas localidades en Oaxaca, hasta el límite con Chiapas; el conocimiento de su biología es muy escaso, a pesar de que esta liebre está considerada entre las especies de lagomorfos con mayor disminución de sus poblaciones. Ha sido catalogada en peligro de extinción, debido, en gran medida, a la destrucción de su hábitat y a su cacería inmoderada (Cervantes, 1993). Finalmente, la liebre endémica de la Península Ibérica, *Lepus granatensis* (Rosenhauer, 1856), con una distribución latitudinal mucho más norteña, a lo largo de Portugal y casi toda España, habita desde la costa del Mediterráneo hasta la del Atlántico, y desde los páramos del norte de la meseta del somontano Navarro, hasta la costa de Andalucía (Palacios y Fernández, 1982; Soriguer y Palacios, 1996), presenta una época de reproducción entre enero a julio, aunque depende de la latitud y la altitud, por lo que en general se puede considerar que ocurre a lo largo de todo el año, con un periodo de gestación

de 42 a 44 días, con un promedio de camada de 1 a 5 lebratos, ocurriendo solamente de 1 a 3 partos en la año. Los lebratos pueden ser independientes al mes de nacimiento y reproducirse al año (Soriguer y Palacios, 1996).

Por lo que el objetivo de este capítulo fue describir la morfología del ovario de *L. californicus* en las 4 diferentes condiciones de su reproducción; enfocado a las estructuras asociadas a los cambios cíclicos del ovario, como son los folículos de Graff y los cuerpos lúteos, esperando encontrar diferencias en cuanto a estas características sobre todo entre las especies de diferente distribución latitudinal, como la liebre Ibérica, y la liebre de Tehuantepec, que es la de distribución más sureña en América, mientras que se esperan que existan pocas diferencias con *L. callotis*, que es una especie simpátrica de *L. californicus*.

II. METODOLOGÍA

Cada hembra colectada se pesó, e inmediatamente se extrajo el aparato reproductor, que se fijó en los reactivos de Carnoy, Formol Neutro o Bouin Dubosco. Las hembras se clasificaron de acuerdo a la apariencia del útero (con o sin crías) y de la glándula mamaria (turgente o con leche) como inactivas, que podían ser adultas o juveniles; y activas, a su vez divididas en tres categorías: preñadas, preñadas-lactando y lactando solamente. En el caso de hembras preñadas, y preñadas/lactando se anotó el número de fetos o de embriones, su longitud total en milímetros y su posición en los cuernos uterinos. El tamaño de la camada se calculó por medio del recuento del número de crías.

Una vez en el laboratorio, los ovarios se pesaron, midieron (mm), y procesaron con la técnica histológica rutinaria, de acuerdo con Bancroft (1977), hasta obtener bloques de parafina. Estos bloques fueron seccionados en un microtomo American-Optical, en cortes seriados de 5 μ m de grosor, montados en portaobjetos y teñidos para obtener preparaciones fijas, y observar las características microscópicas como folículos de Graff y cuerpos lúteos (CL) con las siguientes tinciones:

- Hematoxilina-Eosina: que ofrece un panorama general de la estructura microscópica de cada órgano (los núcleos se observan azules y el citoplasma rosa).
- Tricrómicos de Masson y de Gallego: permiten observar la diferencia entre los haces de colágena y las fibras musculares, al mismo tiempo que se remarca el epitelio y los eritrocitos.
- Reacción de Ácido Peryódico de Shiff (PAS) combinado con Azul Alciano: remarca cambios en la producción de mucopolisacáridos en glándulas y en los folículos en desarrollo y atrésicos al teñir la zona pelúcida.

III. RESULTADOS

El ovario de las liebres estudiadas es de forma oval, y su peso y longitud presenta variaciones dependiendo de la especie y de la condición reproductiva de cada ejemplar (Cuadro 2.1). A lo largo de la zona cortical y la medular se distribuyen folículos en diferentes grados de desarrollo, desde folículos primarios hasta maduros, en los que sobresalen los folículos de Graff (FG) por tener en el centro del antro, el ovocito rodeado por las células del *cumulus oophorus*, a manera de red, o de "tela de araña". En hembras adultas se distribuyen los cuerpos luteos (CL) entre la glándula intersticial; los de reciente formación tienen abundantes vasos sanguíneos y están constituidos por células grandes con núcleo central, mientras que los CL en regresión están compuestos por células pequeñas de citoplasma vacuolado y núcleo picnótico. En ocasiones se observan atresias foliculares, que se distinguen por presentar la zona pelúcida irregular y discontinua alrededor de un ovocito en degeneración.

Para el estudio sobre la reproducción de la liebre cola-negra en la Reserva de la Biosfera Mapimí se colectaron 39 hembras, de las cuales 8 fueron nactivas, juveniles o adultas inactivas (Figura 2.1b); 13 eran preñadas (Figura 2.2a), 8 eran lactantes (Figura 2.1c) y 10 estaban preñadas y al mismo tiempo con desarrollo de glándulas mamarias (Figura 2.3a). De la liebre Ibérica *L. granatensis* se obtuvieron en total 36 hembras que se clasificaron en las mismas categorías, de las cuales 9 fueron inactivas, que podían ser hembras juveniles o adultas inactivas (Figura 2.4b, c y e); 8 estaban preñadas (Figura 2.5a), 10 tenían embriones y desarrollo de glándulas mamarias al mismo tiempo (Figura 2.5c); y 9 fueron lactantes (Figura 2.5e). De la liebre torda, o de costados blancos, *L. callotis*, se contaba con 5 ejemplares en total, 3 de ellos eran hembras inactivas (Figura 2.6 b), una hembra preñada, y otra preñada y lactando simultáneamente (Figura 2.6c y d). No se colectó alguna hembra que solamente estuviera lactando. Finalmente de la liebre de Tehuantepec, *L. flavigularis* se

obtuvieron 6 ejemplares, la muestra incluyó ejemplares en todas las condiciones reproductoras: 1 hembra inactiva (Figura 2.7a), 2 preñadas (Figura 2.7b y c), 2 preñadas/lactantes y 1 lactante (Figura 2.7d).

CUADRO 2.1. COMPARACIÓN DEL PESO CORPORAL, Y DE LA LONGITUD DE LOS OVARIOS Y CUERPOS LUTEOS ENTRE LAS 4 ESPECIES DE LIEBRES, DE ACUERDO A SU CONDICIÓN REPRODUCTIVA.

CATEGORÍA	ESPECIE	PESO CORPORAL (g)	OVARIO DERECHO (mm)	CL LONGITUD (mm)	OVARIO IZQUIERDO (mm)	CL LONGITUD (mm)
Inactivas	<i>L. californicus</i>	2025	10		11	2
	<i>L. callotis</i>	1750	9		8	
	<i>L. flavigularis</i>	2250	8		8	
	<i>L. granatensis</i>	2089	16		15	
Preñada	<i>L. californicus</i>	2518	14	8	14	5
	<i>L. callotis</i>	2750	9	3	9	2
	<i>L. flavigularis</i>	3000	12	7	12	9
	<i>L. granatensis</i>	2664	21	7	21	9
Preñada/Lact	<i>L. californicus</i>	2595	18	5	18	5
	<i>L. callotis</i>	3000	10		10	5
	<i>L. flavigularis</i>	3250	14	8	12	7
	<i>L. granatensis</i>	2706	25	6	26	7
Lactante	<i>L. californicus</i>	2554	12	4	12	5
	<i>L. flavigularis</i>	3000	12	7	12	5
	<i>L. granatensis</i>	2759	10	4	21	3

HEMBRAS INACTIVAS

Los ovarios de las hembras inactivas de *L. californicus* midieron en promedio 10 mm de longitud (Figura 2.1b). En los ejemplares juveniles no se observan CL, ni FG; a lo largo de la corteza se presentaron folículos primarios y secundarios. En el caso de hembras inactivas, pero adultas, se encontraron CL viejos (2 mm) producto de pasadas gestaciones, y en ocasiones folículos de Graff. Los ovarios de las hembras inactivas juveniles de *L. callotis* midieron 6.6mm en promedio y presentaron numerosos folículos primarios y secundarios (Figura 2.6a), mientras que los ovarios de las hembras adultas tenían folículo de Graff y CL atrésicos y midieron 12.3

(Figura 2.6b). Para *L. flavigularis* se colectó una sola hembra inactiva y juvenil. Los ovarios midieron en promedio 8 mm de longitud, y tenía folículos primarios, secundarios y de Graff, los cuales midieron en promedio 0.9 mm de diámetro, pero no se observaron CLs ni desarrollo de glándula intersticial. Los ovarios de *L. granatensis* midieron 15 mm de longitud promedio; y la estructura histológica en las hembras juveniles no presentaba ni CL ni FG, sólo folículos en desarrollo (Figura 2.4b), mientras que en los ovarios de las hembras adultas sí se observaron FG y CL atrésicos (Figura 2.4d y f).

HEMBRAS PREÑADAS

Los ovarios de las hembras preñadas de *L. californicus* midieron 14 mm en promedio, y presentaron con frecuencia CLs recientes de 5 a 8 mm, en uno o ambos ovarios, así como folículos maduros y de Graff (Figura 2.2c, d y e). Para *L. callosus* se obtuvo únicamente una hembra preñada, cuyos ovarios midieron en promedio 9 mm. El ovario derecho tenía un CL secretor, que medía 2.8 mm, y en el izquierdo uno de 1.6 mm y un folículo de Graff de 0.81 mm, rodeado de una zona mucosecretora PAS positiva. Ambos ovarios presentaron desarrollo de glándula intersticial, folículos en desarrollo, y algunos folículos atrésicos. Durante esta etapa los ovarios de *L. flavigularis* midieron 12 mm en promedio y presentaron grandes CLs de 7-9 mm, sólo en uno de los ovarios, junto con folículos secundarios vesiculares, CL y atrésicos. Para *L. granatensis* los ovarios midieron 21 mm de longitud promedio, y fue frecuente observar grandes CLs de 8 mm de longitud, así como folículos Maduros y de Graff (Figura 2.5a y b).

HEMBRAS PREÑADAS/LACTANTES

Los ovarios de las hembras de *L. californicus* que estaban preñadas y lactantes simultáneamente, midieron 18 mm de longitud en promedio. En este caso fue frecuente observar tanto CLs de 5mm, junto con folículos maduros y de Graff. Los CLs eran recientes en su mayoría, pero en ocasiones se encontraron también CL viejos. También se observaron

folículos de Graff y folículos en desarrollo. Los ovarios de la única hembra colectada de *L. callotis* midieron 10 mm en promedio, en el ovario derecho se observaron 3 FG con un promedio de 1.5 mm de diámetro. La glándula intersticial estaba poco desarrollada, pero no presentaba CL. En el ovario izquierdo se observó un CL reciente muy grande de 5.3 mm de diámetro, pero no presentó folículos maduros. Los ovarios de *L. flavigularis* midieron 13 mm en promedio y se distinguieron por presentar grandes CLs de 7 mm promedio de longitud, que abarcaban más de la mitad del ovario, así como una zona conformada por células mucosecretoras PAS positivas, y en ocasiones FG. En esta etapa los ovarios de *L. granatensis* midieron 25 mm en promedio, con CL de 6 mm de longitud, y FG (Figura 2.5b y d).

HEMBRAS LACTANTES

Durante esta condición reproductiva en la que no hay presencia de crías, el útero presentó numerosas estriaciones, resultado de la involución posterior al parto. Los ovarios de las hembras lactantes de *L. californicus* midieron 12 mm de longitud promedio y presentaron numerosos folículos en desarrollo y maduros; la mayoría presentaba CLs atrésicos, y sólo dos ejemplares tenían CLs recientes de 4 mm. No se colectó ninguna hembra lactante de *L. callotis*, y en el caso de *L. flavigularis* se colectó solamente una hembra cuyos ovarios midieron 12 mm en promedio, con grandes CL hemorrágicos de 5 a 7 mm de diámetro, que ocuparon casi todo el ovario, así como FG, con un promedio de 1.8 mm. Para *L. granatensis* los ovarios midieron 16 mm en promedio, y la mayoría presentaron tanto folículos maduros y de Graff, como CLs, secretores o atrésicos que midieron 4 mm en promedio (Figura 2.5 f y g).



a



b



c

Figura 2.1 Ejemplar de *Lepus californicus* (a). Sistema reproductor de la liebre cola-negra: hembra juvenil (b) y preñada (c).

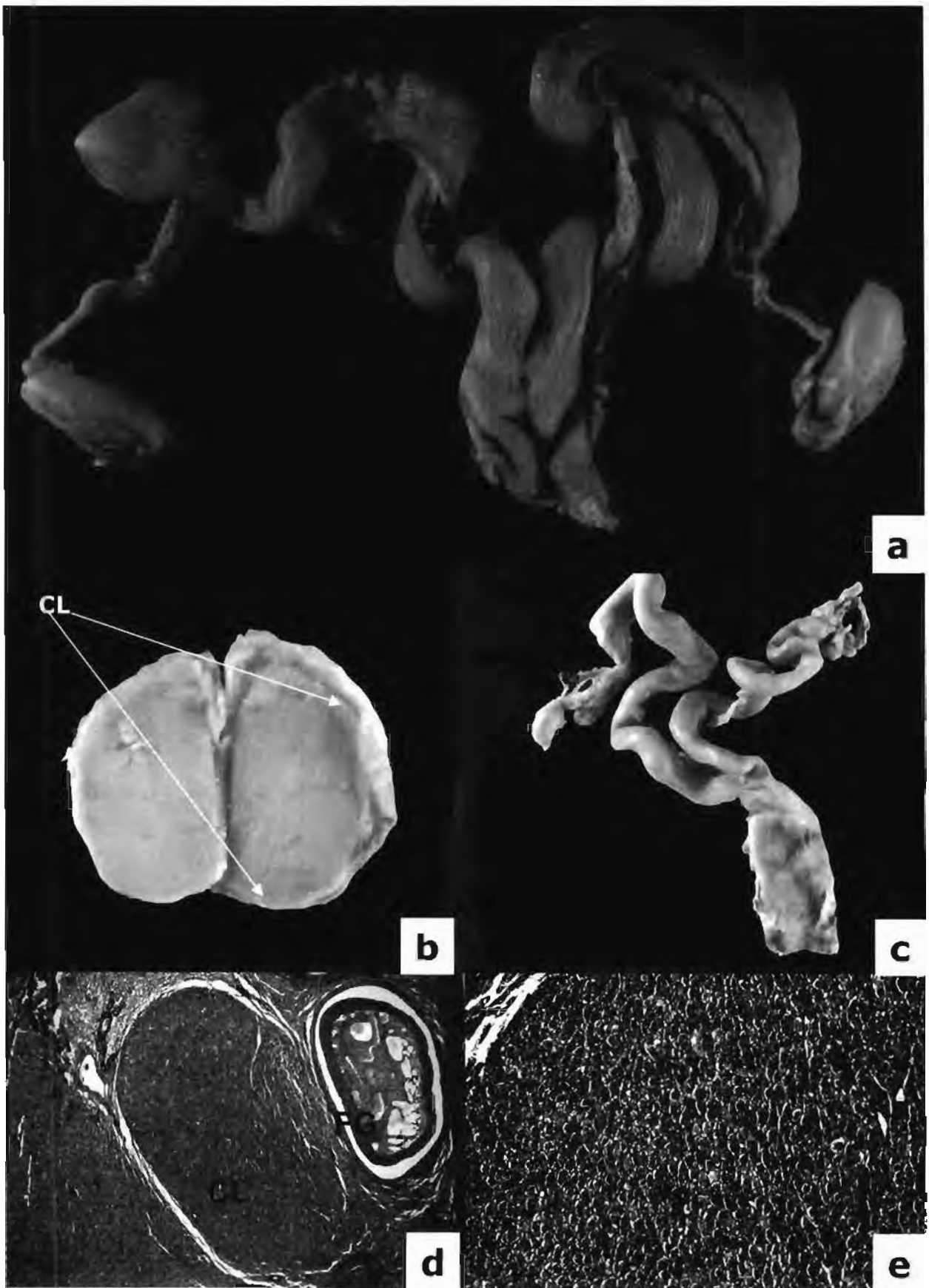


Figura 2.2 Sistema reproductor de *Lepus californicus* de: hembra preñada (a); ovario con cuerpo lúteo (CL) (b); hembra lactante (c) Ovario con CL y Folículo de Graff (FG) en hembra preñada (d) (Tricrómico de Masson 31x); y detalle de CL en hembra preñada (e) (Tricrómico de Masson 78x).

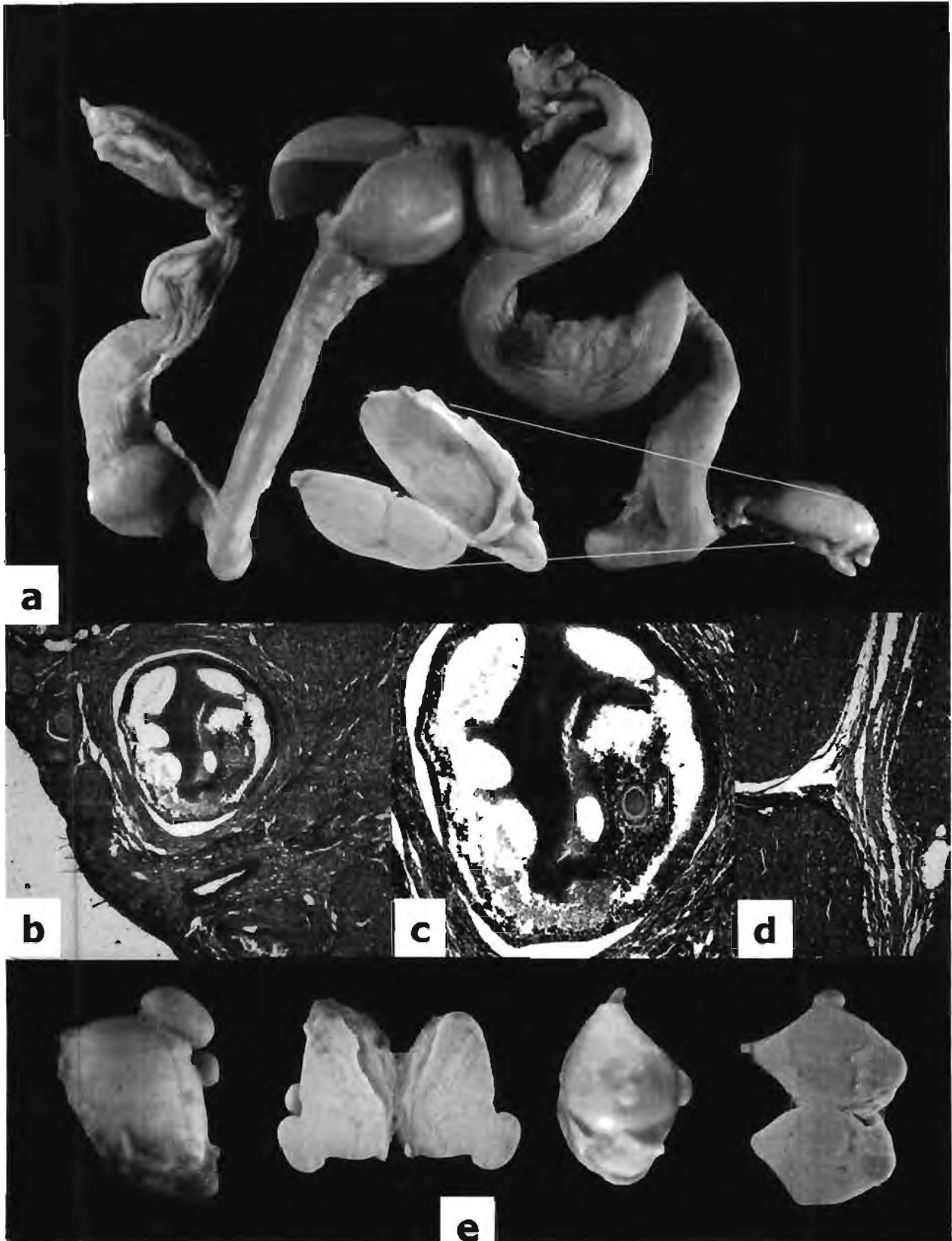


Figura 2.3 Sistema reproductor de hembra preñada-lactante de *Lepus californicus* (a); ovario con folículos primarios y Folículo de Graff (FG) en hembra preñada-lactando (b) (T. de Masson 31x; detalle de FG (c) (T. de Masson 78x); 3 CL secretores (d) (T. de Masson 78x) y Ovarios con CL de hembras preñadas/lactantes (e).

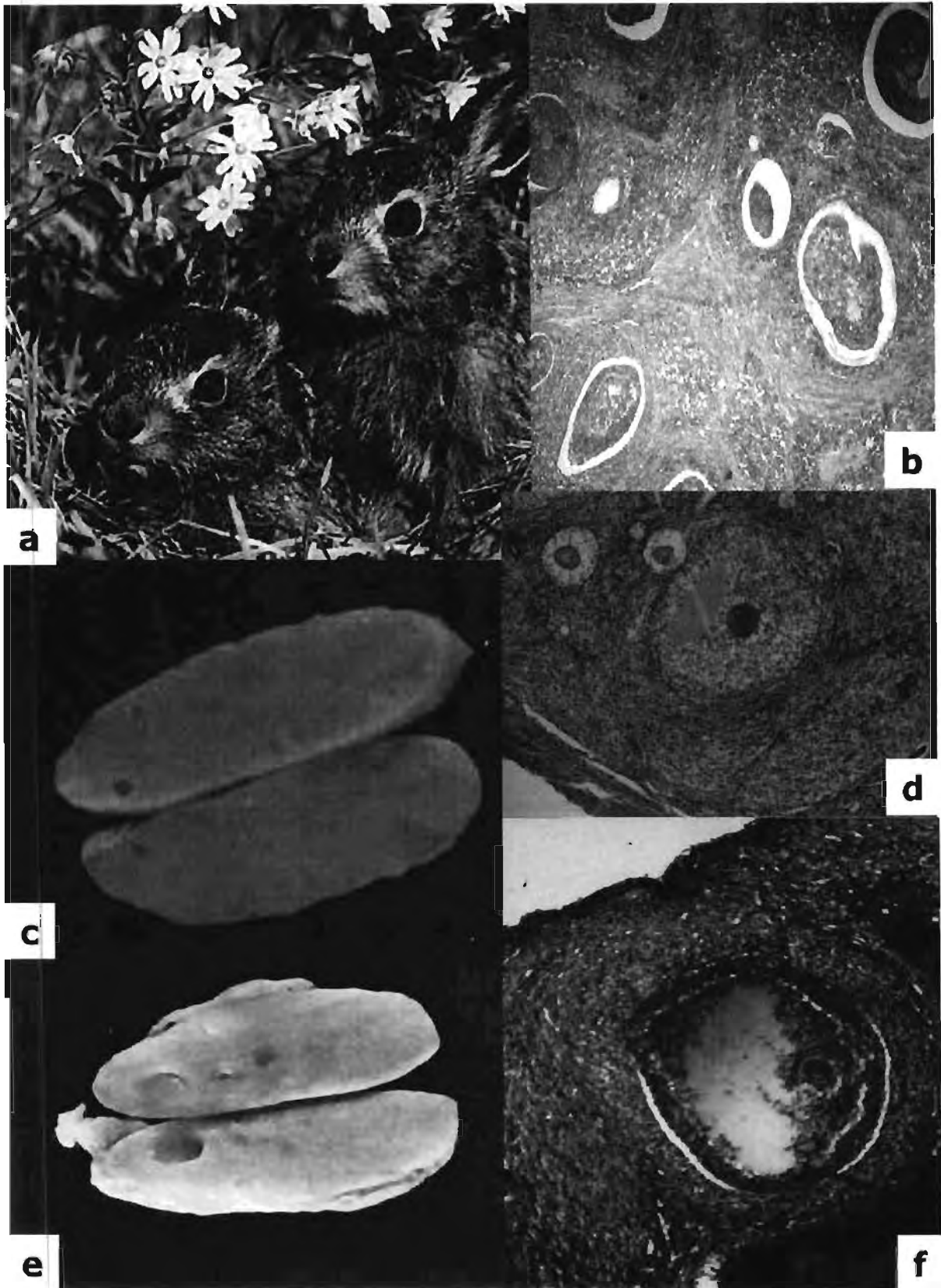


Figura 2.4. Ejemplares juveniles de *Lepus granatensis* (a): Folículos en desarrollo en hembra inactiva (b) (H-E, 31x); corte de ovario de hembra inactiva-juvenil (c); detalle de Folículos en hembra juvenil (d) (PAS 78x); ovario con FG y CL en hembra inactiva (e) y detalle de FG y CL atrésico (f) (T. Masson, 78x).

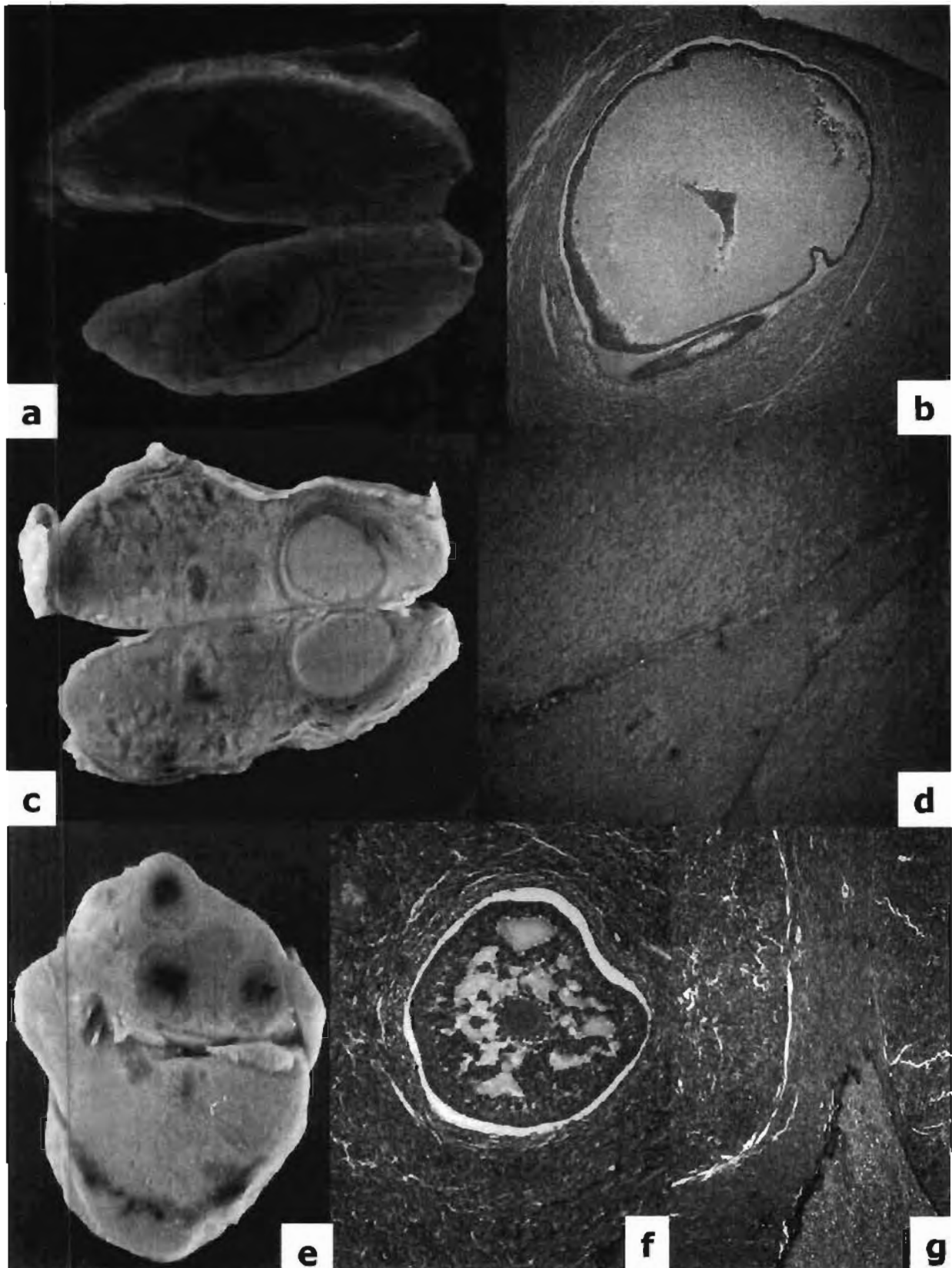


Figura 2.5 Ovario hembra preñada de *Lepus granatensis* (a); detalle de folículo maduro (b) (H-E, 78x); ovario de hembra preñada-lactante con CLs secretores, atrésicos y folículos (c); Detalle de 2 CL (d) (T. Masson 78x); ovario con 3 CLs en hembra lactante (e); detalle de FG (f) (T. Masson 78x) y detalle con 2 CL secretores y 1 atrésico (g) (T. Masson 78x).

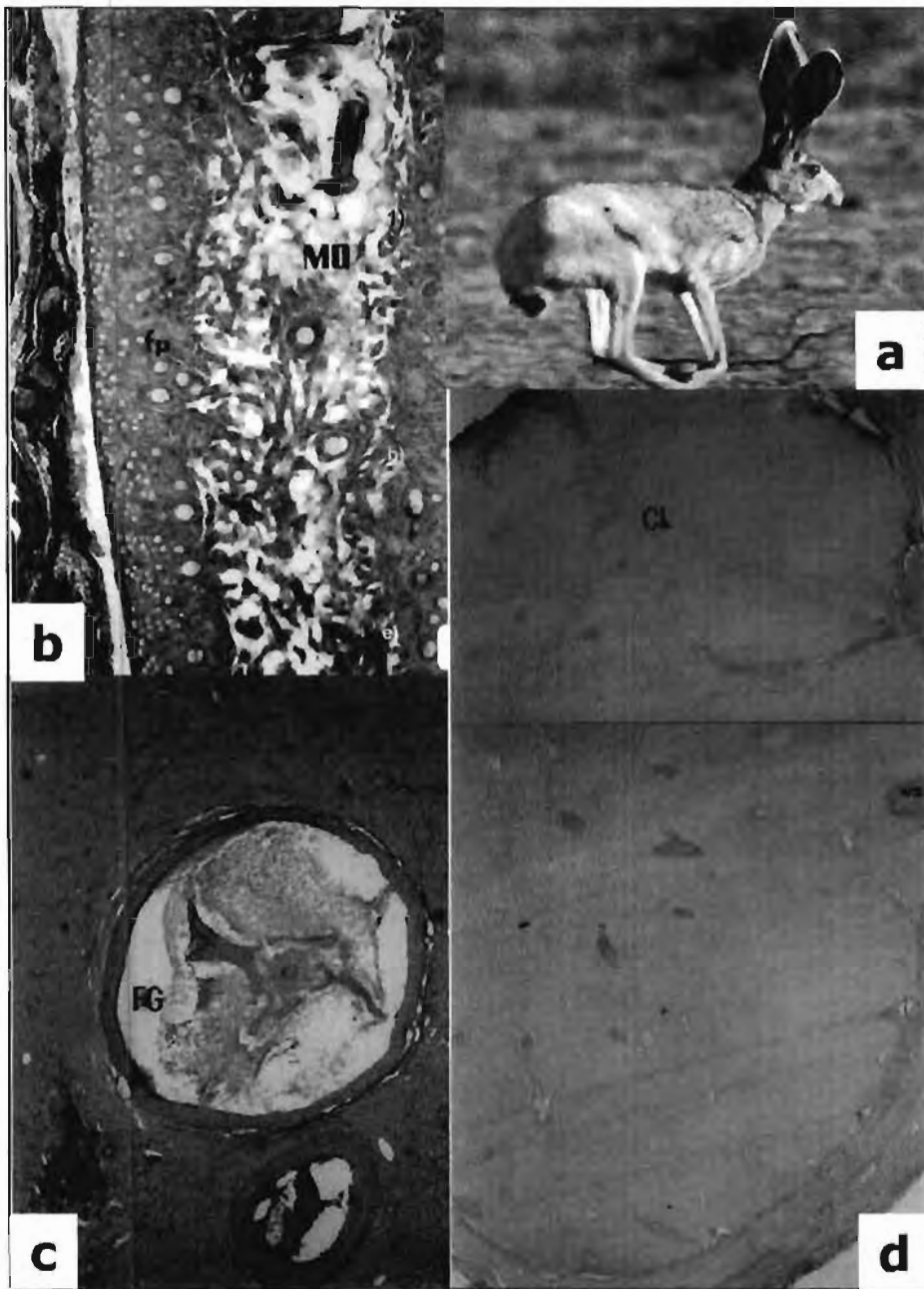


Figura 2.6
Ejemplar de *Lepus callotis* (a); ovario de hembra juvenil (b) (T. Gallego 31x); folículo de Graaf y Cuerpo Lúteo atrésico (c) (Shiff-Azul Alciano 31x) y Cuerpo Lúteo Secretor en hembra preñada-lactando (d) (PAS 31x).

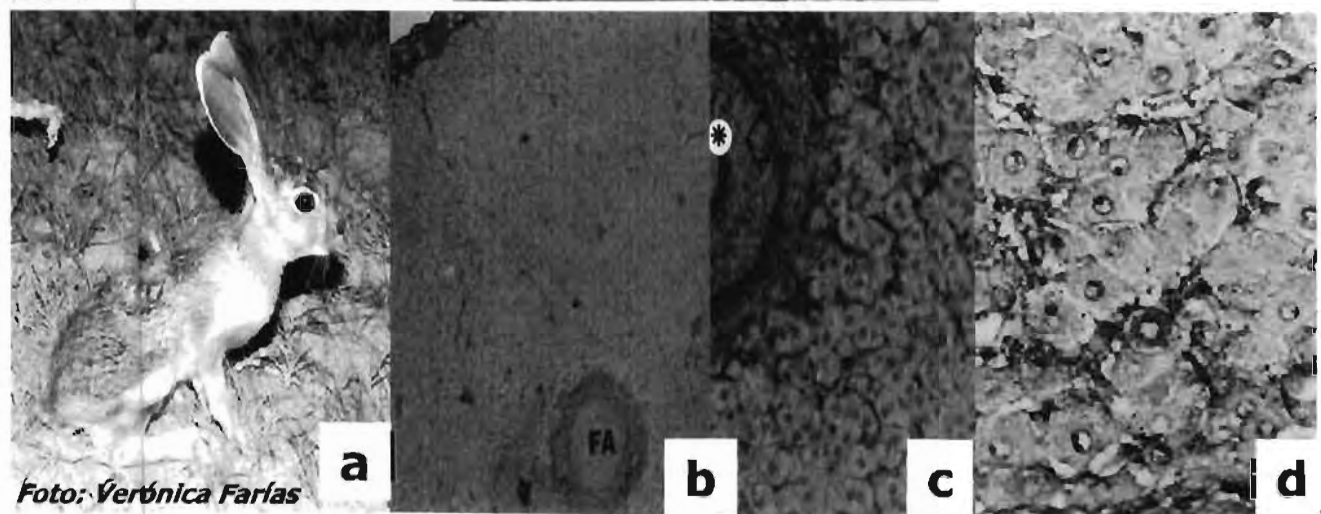


Figura 2.7 Ejemplar de *Lepus flavigularis* juvenil (a); Glándula Intersticial en hembra preñada (b) (Shiff-Azul Alciano 31x); y detalle de glándula intersticial con folículo secundario (c) (200x); detalle de células lúteas en hembra lactante (d) (PAS 1250x).

Foto: Verónica Farías

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El peso de los ejemplares colectados varió de acuerdo a la especie y a la condición reproductiva en el momento de la colecta. Los valores más bajos correspondieron a hembras inactivas, y el más elevado a las hembras preñadas y preñadas-lactando, como es de esperarse por el incremento que provoca el peso de las crías. Para *L. californicus* el peso fue de 2,500 g, con un intervalo entre 1,300 a 3,100 g, y es en general semejante al descrito para esta especie, con valores promedio de 2,500 g, e intervalos de 1,300 a 3,100 g (Ceballos y Galindo, 1989; Flux y Angermann, 1990), mientras que para *L. callotis* fue de 2,500 g y para *L. flavigularis* fue de 2,875g. Para *L. granatensis* se ha descrito un peso promedio de 2,261 g (1,800- 2,700 g) (Palacios, y Fernández, 1992).

Hembras Inactivas.— Los ovarios de los ejemplares juveniles tienen primordialmente folículos primarios y secundarios distribuidos a lo largo de la corteza y no presentaron CL ni folículos maduros; mientras que los de las hembras adultas tienen una gran cantidad de folículos de Graff (FG) y/o de CL, como se ha descrito para *L. californicus* (Lechleitner, 1959). La presencia de la glándula intersticial en el estroma del ovario es otra característica que permite identificar que se trata de hembras adultas, ya que es una estructura que se forma posteriormente a la primera ovulación.

Para *L. californicus* se encontraron 3 ejemplares claramente juveniles, no solo por tener el menor tamaño sino también por la morfología de los ovarios, ya que no presentaron ni FG, ni CLs. Las demás hembras inactivas no presentaron claros indicios de preñez o desarrollo de glándulas mamaria, pero se consideraron adultas por su peso corporal, y porque además al analizar sus ovarios se observó que tenían folículos en diferentes etapas de desarrollo, desde primarios a FG.

Comparativamente con las otras tres especies, las características tanto de

la apariencia del útero como de los ovarios durante esta etapa fueron similares. Una de las hembras de *L. californicus* se clasificó como subadulta porque aunque no tenía CL presentaba un FG. En el caso de *L. flavigularis* se observaron folículos en desarrollo, pero no FG ni CL. La mayoría de las hembras inactivas de *L. granatensis* no presentaron ni CL, ni FG, excepto una hembra, que presentó FG en ambos ovarios, y otra que además presentó un CL, lo que las ubica como hembras inactivas adultas. El resto de las hembras sólo tenían folículos en desarrollo, por lo que se podría tratar de hembras juveniles.

Hembras Preñadas.-- En el caso de las hembras preñadas de *L. californicus*, tanto el peso corporal (2518g) como el tamaño de los ovarios (14 mm) aumenta, lo que se debe a la presencia de las crías, y a que durante esta etapa se forma el CL como consecuencia de la ovulación, el cual estará presente durante toda la gestación, y como puede apreciarse en la figura 2.2b será la estructura que predominará en el ovario, ya que su principal papel será la producción de progesterona para mantener la gestación. Pero, también es frecuente hallar folículos maduros y de Graff (Figura 2.2d). La única hembra gestando de *L. californicus*, se clasificó así porque tenía el útero túrgido y una implantación reciente en el cuerno derecho, y no presentaba desarrollo de glándulas mamarias que indicaran un parto reciente, pero sí se observaron CL secretores en ambos ovarios, con desarrollo de tejido intersticial, varios folículos en desarrollo y FG. En la liebre *L. flavigularis* se encontró que los CLs abarcaban casi totalmente el ovario, y no se observaron FG, solamente folículos en desarrollo; mientras que para *L. granatensis* en general las hembras preñadas presentaban tanto folículos maduros, como FG y CL.

Hembras Preñadas/Lactando.-- Los ovarios de las hembras en esta etapa presentaron folículos en desarrollo y FG; y sobre todo se distinguían varios CLs, tanto en regresión como recientes, los que en general eran de gran tamaño (incluso en ocasiones sobresalían del ovario como

protuberancias), Los CL de pasadas gestaciones se distinguen porque son más oscuros y de forma irregular, lo que se debe al proceso de regresión. En general las otras especies presentaron el ovario con una estructura histológica semejante. En una hembra preñada/lactando de la liebre cola-negra se observó un FG recién ovulado, lo que en este tipo de organismos de ovulación inducida, significaría una monta reciente, ya que se sabe que después de la cópula el folículo tarda aproximadamente 12 a 14 horas para ovular (Yamada et al., 1989).

Hembras Lactando.-- Contrario a lo que ocurre en *L. californicus*, las hembras lactantes de *L. granatensis* y *L. flavigularis* frecuentemente presentaron CL secretores de gran tamaño en uno o ambos ovarios. La mayoría de las hembras de *L. californicus* que estaban lactando, no presentaron CL recientes, excepto dos hembras. Lo que se puede interpretar como que mientras las demás hembras colectadas (en noviembre) estaban al final de la lactancia, estos ejemplares, colectados en abril y agosto, podían ser hembras recién paridas, o incluso que se tratara de una gestación temprana no detectada a simple vista y ser una hembra con una reciente implantación, que debería ser clasificada como preñada-lactante.

TAMAÑO DE LA CAMADA

El tamaño de la camada se obtuvo contando el número de crías observadas en el útero de las hembras preñadas y preñadas lactando. Se consideraron sólo los embriones viables, aunque como Delibes et al, (1979) señalan, algunos autores cuestionan la validez de este método porque en ocasiones hay un alto porcentaje de reabsorción de fetos. En este estudio sólo se observó una reabsorción en una hembra preñada con tres embriones. Al observar la distribución en los cuernos uterinos en *L. californicus*, se observó que 46.5 % de las implantaciones ocurren en el cuerno uterino derecho y 53.5 % ocurren en el izquierdo. En general, hay una relación entre el número de CL y el número de crías halladas en los cuernos uterinos, ya que en el 80 % de los casos, el número de CL y de crías se correspondieron.

Para la liebre *L. californicus*, se obtuvieron en total 50 crías en 23 hembras, con un promedio de 2.2 crías por hembra, lo que coincide con lo descrito para esta especie por otros autores, que han observado de 2 a 5 crías por camada (Best, 1996), mientras que en *L. granatensis* se obtuvo un número menor de hembras preñadas, con un promedio de tamaño de camada de 2 individuos, con valor mínimo de 1 a 4 individuos, lo cual es ligeramente inferior a lo encontrado en la literatura, de 1 a 5 crías por camada (Soriguer, et al, 1992). El tamaño de la camada para la liebre cola-negra, coincide con lo descrito por otros autores, mostrando un intervalo de 2 a 5 crías por camada, así en Arizona es de 2, en Kansas de 3, y en Idaho y California, de 5 (Best, 1996), mientras que para la liebre cola-blanca, *L. townsendii* se ha observado un promedio del tamaño de camada de 4.6, con un intervalo entre 1 a 9 crías por camada (James y Seabloom, 1969).

Finalmente, en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, al dividir la longitud de la estación reproductora (189 días) entre el promedio de los días que dura la gestación (40 días), el número de camadas anuales para *L. californicus* por hembra es de 5, mientras que otros estudios describen un promedio de 4.2 camadas por estación en Kansas, (Tiemeier, 1965), y en California (Lechleitner, 1959, citado por James y Seabloom, 1969). El tamaño de la camada es un importante parámetro para determinar la productividad de una población en un determinado hábitat. De acuerdo con Toumi (1980) y Eisenber (1981), un tamaño de camada pequeño asegura una más elevada tasa de supervivencia gracias a una mayor biomasa para las crías (Durant y Pérez, 1995).

Las hembras de *L. flavigularis* en las 4 condiciones reproductivas fueron las de mayor peso corporal, pero la liebre Ibérica, *L. granatensis* fue la que presentó las mayores longitudes de los ovarios, pero fue *L. flavigularis* la que presentó las mayores longitud de los cuerpos luteos. Sin embargo, las medidas de los CL en las cuatro especies es menor a lo descrito en la literatura para *L. californicus*, en que llegan a medir 12 mm (Chapman et al, 1982; Marshal, 1984 y Dunn et al, 1982). En el caso de los lagomorfos es

muy importante la producción de la hormona progesterona por el CL, a lo largo de toda la gestación y hasta el final de la misma cuando la placenta comienza a producirla y el CL comienza su regresión, lo que permite la maduración de los folículos de Graff, el inicio del estro, y la posibilidad de que comience otro ciclo reproductivo. Finalmente el estudio de la histología del ovario de estas especies es muy interesante porque las características de los FG y CL están estrechamente relacionados con los cambios de los niveles hormonales a lo largo de toda la gestación y la lactancia. Los eventos relacionados con el comportamiento maternal, dependen de la presencia y subsecuente declive de la progesterona, de niveles basales de estradiol y de un abrupto incremento de prolactina al final de la gestación, ya que conforme se aproxima el momento del parto, las hembras preparan "el nido" con plantas que crecen cercanas al sitio del parto, y con su propio pelo, (González-Mariscal y Rosenblatt, 1996). En general lo encontrado en este estudio coincide con lo descrito en la literatura en algunas especies de lagomorfos referente a los FG y CL. Sin embargo, y a pesar del que el ovario de los conejos se ha utilizado como modelo para describir muchos de los procesos de la ovulación inducida, no existen trabajos que hayan hecho una comparación entre diferentes condiciones reproductivas; o muchos de los que existen se han realizado principalmente en ejemplares de laboratorio de la raza Nueva Zelanda y muy pocos en liebres. En este contexto, de las 4 especies estudiadas, de la única de la que se encontró información al respecto fue de la liebre cola-negra, pero de la liebre Ibérica, y de las dos especies endémicas de México, una de ellas en peligro de extinción, existen a la fecha muy pocos estudios sobre aspectos básicos de su reproducción y los factores que pueden estar influyendo en la misma.

Capítulo III

Estimación de la abundancia de la liebre

***Lepus californicus en dos comunidades
vegetales de la Reserva de la Biosfera***

Mapimí



Capítulo III. Estimación de la abundancia de la liebre *Lepus californicus* en dos comunidades vegetales de la Reserva de la Biosfera Mapimí

I. INTRODUCCIÓN.

Los lagomorfos juegan un papel importante en los ecosistemas desérticos, ya que son herbívoros que modifican la estructura de plantas herbáceas y leñosas en distintas comunidades vegetales (Martínez y López Portillo, 2003), y además constituyen parte de la dieta de los depredadores más abundantes como el coyote y el gato montés (Delibes e Hiraldo 1987, Delibes, *et al.* 1986, Delibes *et al.* 1989, Hernández y Delibes 1994, Hernández *et al.* 2002), por lo que sus hábitat deben proporcionarles tanto alimento como una adecuada cobertura para su protección (Marín *et al.*, 2003). Por ejemplo, la liebre *Lepus californicus* ha sido ampliamente utilizada como modelo para estudiar las interacciones del sistema depredador-presa en relación al coyote, *Canis latrans*, en Norteamérica (Hernández y Delibes 1994, Hernández *et al.* 2002).

Las poblaciones de la liebre cola-negra fluctúan en ciclos de bajas a altas densidades en periodos de 7 a 10 años (Johnson y Anderson, 1984). En Nuevo México, en el norte del Desierto Chihuahuense, Daniel *et al.*, (1993), encontraron diferencias en las densidades de la liebre *Lepus californicus* entre años, relacionadas con las variaciones de la precipitación. Se ha sugerido que los factores causantes de estas fluctuaciones podrían ser, entre otros, un efecto combinado entre la disponibilidad de alimento y las poblaciones de sus depredadores (Krebs *et al.*, 1995). En un estudio en Kansas, Franklin *et al.*, (1959), observaron que el cambio en la cantidad en la vegetación disponible fue era el principal factor que regulaba la abundancia de *L. californicus*. Por otro lado, Dunn *et al.*, (1982) hallaron que

las fluctuaciones en las densidades de liebres están relacionadas, tanto con la cantidad de alimento disponible, como con el sobrepastoreo, el cual combinado con la sequía provoca que existan zonas más abiertas, en las cuales el estado natural de los pastos cambia más fácilmente hacia malezas, que además al no ser muy altos, les permite tener mejor visibilidad (Best, 1996). Se sabe además que la dieta de la liebre cola-negra varía estacionalmente, siendo los pastos y hierbas en general consumidos mayormente durante primavera y verano (Flinders y Hansen, 1972 citados por Fathei et al, 1988); pero durante el otoño e invierno consumen sobre todo arbustos (Fagerstone, et al, 1980), de manera que los cambios en la selección del alimento dependen principalmente del estado de desarrollo de las plantas y de su contenido de agua (Flinders y Hansen, 1972 citados por Fathei et al, 1988). Por otra parte, Rodríguez-Villeneuve, 2001 en un estudio en Baja California Sur, encontró las mayores densidades para esta especie en zonas "abiertas" con especies anuales o pastos, y además con especies indicadoras de perturbación, como la *Opuntia cholla* (Cuadro I).

CUADRO I. DENSIDADES DE LA LIEBRE *LEPUS CALIFORNICUS* ENCONTRADAS EN DIFERENTES LOCALIDADES.

SITIO	DENSIDAD (IND./HA.)	REFERENCIA
California (entre 1951-1970)	0.1 ind./ha- 1 ind./ha. Alcanza las máximas densidades cada 6 a 10 años.	Gross et al. 1974, Clark 1975
Idaho	0.1 a 1.5 ind/ha	Gross et al., 1974, Smith, y Nydegger. 1985.
Kansas	0.2 a 0.3 ind/ha en pastizales, 5.6 ind/ha en cultivos de avena	Best, 1996
Utah	0.1-1 ind /ha	Gross et al. 1974
Arizona	1.2 ind /ha	Vorhies y Taylor, 1933
Baja California Sur	0.17-0.49 pastizal 0.01-0.18 matorral	Rodríguez-Villeneuve, 2001

Muchas investigaciones ecológicas sobre poblaciones se basan fundamentalmente en la estimación de la abundancia absoluta o relativa de las mismas. Cuando la pregunta a resolver es cuántos individuos hay en una población, hay varios métodos que se pueden emplear para obtener estadísticos de conteo directos (como el número de animales capturados en redes o trampas) o indirectos (como los registros de huellas, excretas o

algún otro tipo de rastro dejados por los animales en estudio). Por otra parte, si se pretende incluir en el estudio a todos los organismos, se debe realizar un censo de las poblaciones, y esto significa que se deben contar todos los individuos. Sin embargo, este método es complejo debido principalmente a límites de tiempo y recursos, así como a la inaccesibilidad hacia todos los individuos, ya que no se distribuyen uniformemente dentro del área de estudio, por lo que es más recomendable aplicar técnicas de muestreo que permitan tener una estimación de la población. La decisión del método de muestreo elegido dependerá de varias características de la especie y de su hábitat (Krebs, 1989, Aranda, 2000); así como de la habilidad del investigador para obtener los datos necesarios que sean consistentes con los supuestos de los modelos a utilizar (Conroy y Nichols, 1996). Los estudios de monitoreo se pueden enfocar a conocer las variaciones en la abundancia a lo largo del tiempo, correlacionar estas variaciones con factores bióticos (como la presencia de otros animales) o abióticos (como elementos climáticos) o a realizar comparaciones del uso del hábitat en o entre comunidades vegetales (Walter et al, 2000).

Para el caso concreto de los lagomorfos se han empleado diferentes técnicas para la estimación de la abundancia, como el recuento de las heces fecales, pero en este caso es necesario conocer la tasa de defecación de las mismas de acuerdo a su hábitat (Macdonald, 1998). Otra técnica que además proporciona información de la estructura de la población es la de captura-recaptura (Anexo 1), pero requiere mucho esfuerzo para capturar un elevado número de individuos y poderlos seguir a lo largo del tiempo, por lo tanto sólo es recomendable principalmente en el caso de estudios intensivos sobre determinada especie (Ballesteros, 2000). Otra de las técnicas utilizadas es la de transecto en línea, que consiste en realizar recorridos a lo largo de trayectos de longitud conocida, distribuidos aleatoriamente dentro de un área determinada, dentro del cual se registran todos los individuos observados y la distancia a la cual se encontraban de dicho trayecto (Ballesteros, 2000; Thomas et al, 2002), y se parte de la suposición de que

no es posible detectar todos los individuos presentes, denominándose a esta variación como probabilidad de detección (Walker, et al., 2000). Para el caso concreto de la liebre cola-negra, *L. californicus* el método usado con más frecuencia es el de transecto en línea de amplitud variable con reflector, en el que a diferencia del método de transecto en franja, no se fija previamente la amplitud del ancho del recorrido para el registro de los individuos observados (Smith y Nydegger, 1985).

En los métodos de transectos en línea, la estimación de la densidad considerando que la función probabilística para detectar a un individuo en el centro del transecto es igual a 1; implica que dicha probabilidad disminuye conforme aumenta la distancia perpendicular a la línea del trayecto (Smith y Nydegger, 1985; Aranda, 2000), ya que aun en condiciones de muy buena visibilidad, llegará un momento en que sea imposible observarlos. Esto permite construir una curva de detección $g(x)$ y estimar la densidad de una población con base en los siguientes supuestos (Burnham et al., 1980, citado por Smith y Nydegger, 1985):

1. Los animales sobre la línea del transecto siempre serán registrados.
2. Los animales están fijos en el momento en que son detectados, no se mueven antes de ser detectados ni se cuentan más de una vez.
3. Las distancias son medidas correctamente, sin redondeos.
4. La observación de cada individuo es un evento independiente.

Partiendo de estos supuestos y del hecho de que al utilizar este método se considera que sólo una parte de todos los individuos dentro del área de estudio son detectados, y que por lo tanto una proporción desconocida debe ser calculada (Buckland et al, 1993), es posible estimar la densidad de una población por medio de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{n \times f(0)}{2L}$$

2L

en donde:

n= al número de individuos contados.

x= a la distancia perpendicular.

f(0) = a la función probabilística de densidad a una distancia de cero metros

L = a la longitud del trayecto.

Para realizar el análisis de los datos de los transectos en línea, se han desarrollado programas informáticos específicos, como TRANSECT (Laake, Burnham & Anderson, 1979 citados por Plumptre, 2000), antecesor del DISTANCE (Buckland et al., 1993; Laake et al., 1994, citados por Plumptre, 2000), ambos usados para estimar a partir de la detección de diferentes organismos, sus abundancias y densidades por medio de una serie de modelos estadísticos (Buckland et al, 1993; Plumptre, 2000).

A partir de un estudio preliminar de un año sobre el uso del hábitat en la RBM, que indicó que *L. californicus* selecciona con mayor frecuencia áreas con pastizal de tobosea (*Pleurophis mutica*) que de matorral de mesquite (*Prosopis glandulosa*), gobernadora (*Larrea tridentata*) y nopal (*Opuntia rastrera*), debido tanto a la disponibilidad de alimento como a la disminución del riesgo de depredación (Marín, 2000). Sin embargo, no se conoce si dicha tendencia se mantiene en periodos más prolongados y su relación con factores ambientales, por lo que el interés de este estudio fue estimar la abundancia de la liebre cola-negra, *L. californicus* en dichas dos comunidades vegetales en la Reserva de la Biosfera Mapimí, para conocer la variación y fluctuaciones de las densidades en ambas comunidades a lo largo del tiempo; en el que las predicciones a probar son 1) que la abundancia en la comunidad de pastizal de toboseo será mayor que en la de matorral de mesquite, debido a que, a pesar de que el hábitat de pastizal provee de menos recursos alimenticios, ofrece más posibilidades para

escapar a los depredadores; y 2) ya que los lagomorfos son herbívoros y considerando que la producción primaria está asociada con la precipitación, predecimos que habrá diferencias significativas en la abundancia de las liebres entre años, y una correlación positiva con la cantidad de lluvias por año, considerando que la zona de pastizal a nivel de vegetación es la más susceptible a las variaciones interanuales de las lluvias.

II. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo dentro de la Reserva de la Biosfera Mapimí en las dos comunidades vegetales mencionadas en el área de estudio, denominadas como matorral y pastizal toboso. Los datos se registraron bianualmente en marzo y noviembre durante ocho años, representando el mes de marzo la estación seca y noviembre la estación húmeda. En la comunidad de matorral los registros comenzaron desde 1996 y en la de pastizal a partir de marzo de 1997, hasta noviembre de 2004 para ambas comunidades. Para estimar la abundancia de *Lepus californicus* en dichas áreas se utilizó el método de transecto en línea con reflector (Smith y Nydegger, 1985; Mandujano, 1994), realizando recorridos nocturnos a partir de las 21:00 h a lo largo de transectos de 15 km de longitud, a una velocidad de 10 Km/h, a bordo de un vehículo provisto de dos faros, que permitían alumbrar ambos lados del camino para la búsqueda de lagomorfos. Una vez detectado, se ubicó el ejemplar con uno de los faros, y se midió, en forma perpendicular a la línea de conteo, la distancia en metros a la que se encontraba; registrando además el kilometraje, la posición de la liebre dentro del transecto, esto es, a que lado del camino se encontraba, así como la hora de la observación. Mientras tanto, con el otro faro se siguió la dirección hacia la cual se había movido dicha liebre para evitar repetir su registro.

Para estimar la densidad de *L. californicus* en ambas comunidades vegetales se utilizó el programa DISTANCE versión 4.1 (Thomas et al, 1998). Dentro de cada comunidad (matorral o pastizal) las distancias de las liebres contadas se reunieron dentro de una misma base de datos de acuerdo a los meses de la época de lluvias y secas, representando cada mes un estrato dentro de la estimación global de la densidad por comunidad y época.

Los valores de liebres observadas se analizaron con los estimadores Uniforme, Semi-Normal y Azaroso (todos en combinación con la función

Coseno), en intervalos de clase de 5, 10 y 20 metros de probabilidad de detección, procurando que no quedaran intervalos sin datos. En la definición de cada modelo se eligió, para la estimación de la densidad: el nivel de resolución global y por estratos; por estratos para la tasa de encuentro, y global para la función de detección. La densidad global se estimó por el promedio de los meses de muestreo o estratos, para cada comunidad y de acuerdo a la época de lluvias y secas, utilizando la opción del “esfuerzo total por estrato”.

Se corrieron en total nueve diferentes modelos para cada uno de los cuatro grupos de datos, variando las combinaciones entre los estimadores y el tamaño de los intervalos. La selección de modelo más adecuado se hizo de acuerdo a diversos criterios: a) que tuviera el menor valor del Criterio de Información Akaika (AIC), el cual se fundamenta en el cálculo del estimador con máxima verosimilitud (Buckland, et al., 1993; Ballesteros, 2000), b) así como al del estimador con el Coeficiente de Variación más bajo (Smith y Nydegger, 1985) y c) también con base en el análisis de la forma de los histogramas de frecuencia, de manera que no hubiera rangos de distancias sin registros. La densidad total se estimó por el promedio de las densidades estimadas de cada estrato, balanceado de acuerdo al de cada área, por lo que también se usó como criterio de elección que el valor estimado de la abundancia quedara 100% incluido dentro de los coeficientes de variación.

Para probar la primera predicción y saber si existían diferencias significativas entre las abundancias relativas de la liebre cola-negra entre las dos comunidades vegetales en la época de lluvias y secas, considerando la homogeneidad entre las varianzas, y que cada registro era independiente de las demás observaciones, se realizaron 2 análisis de varianza (ANOVA) de tres vías con los tratamientos de hábitat (matorral o pastizal, $n=2$), época (lluvias o secas, $n=2$) y año ($n=8$). En el primer ANOVA la variable de respuesta fue el número de liebres y en el segundo la densidad de liebres.

Para probar la segunda predicción se analizó primero la correlación entre los valores de la densidad de liebres para cada comunidad contra los valores de temperatura mínima, máxima, promedio, precipitación y evaporación, así como contra los valores de estos mismos factores para los meses anteriores. Posteriormente se hicieron para cada comunidad vegetal (matorral y pastizal), primero una serie de regresiones lineales simples entre la cantidad de lluvias total del año anterior *versus* la densidad de liebres, tanto en la época de lluvias como en la de secas. Finalmente se hizo otra serie de regresiones lineales simples entre la cantidad de lluvias acumuladas por estación de secas o lluvias (noviembre a marzo y abril a octubre) para relacionarlas con las de densidades de marzo (seca) y noviembre (húmeda), respectivamente.

III. RESULTADOS

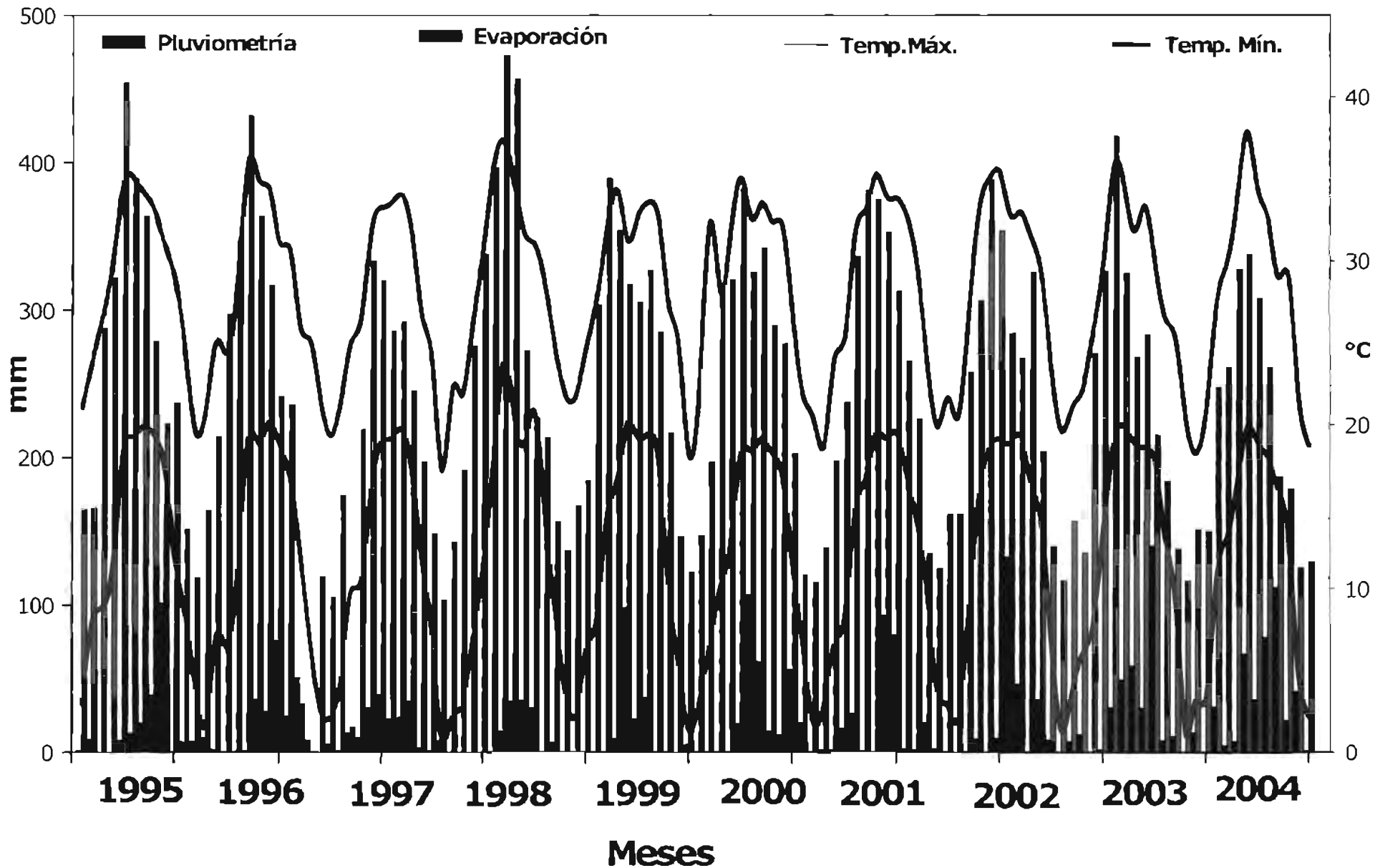
Los resultados que aquí se muestran forman parte de un proyecto de La Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo (Red Mex-LTER), iniciado en la Reserva de la Biosfera Mapimí (RMB) en 1996, y en cual se espera conocer las respuestas de las comunidades animales y vegetales debidas a los cambios climáticos, para lo cual se han obtenido los promedios mensuales de la temperatura mínima, máxima, promedio, precipitación y evaporación registrados en la RBM. En la figura 3.1 se presenta el climograma de la RBM, desde 1995 a 2004, abarcando los ocho años del estudio de las abundancias de las liebres, y que muestra los momentos de mayor acumulación de la precipitación.

Con los registros de lagomorfos se obtuvieron principalmente dos tipos de datos, uno sobre la abundancia de liebres por kilómetro en cada hábitat y un estimador de la densidad de lagomorfos por kilómetro cuadrado. El Cuadro 3.1 presenta para la comunidad de matorral y pastizal, el número de liebres observadas y los valores promedio, mínimo y máximo de la densidad estimada de acuerdo al modelo elegido, así como el valor del ancho efectivo de la franja del transecto (ESW), de acuerdo a la época de estudio, esto es, de secas y de lluvias, que corresponden a los meses de marzo y noviembre entre 1996 a 2004.

CUADRO 3.1 VALORES PROMEDIO DE ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD Y MODELOS ELEGIDOS EN LAS COMUNIDADES VEGETALES DE MATORRAL Y PASTIZAL DESDE 1996 A 2004.

Comunidad Vegetal	Época	Modelo	No. de liebres observadas	D Ind/ km ²	D Ind/ Ha.	Intervalo de Confianza (95%)	CV	ESW
Matorral	Lluvias	Uniforme (10)	261	23.44	0.23	14.68-37.42	20.59	41.25
	Secas	Semi-Normal (10)	220	22.17	0.22	18.79-26.15	8.40	36.75
Pastizal	Lluvias	Uniforme (10)	346	23.35	0.23	12.35-44.13	28.09	61.74
	Secas	Uniforme (10)	298	27.34	0.27	24.30-30.76	5.99	45.41

Figura 3.8 Climograma en la Reserva de la Biosfera Mapimí. 1995-2004.
Cada barra corresponde a un mes para cada año, desde enero a diciembre.



Las figuras 3.2a y 3.2b representan los valores por estratos o meses (marzo y noviembre) de la estimación de las densidades y del número de individuos de *L. californicus*, respectivamente, en la RBM durante el período de estudio. Para la comunidad de matorral se obtuvieron los datos desde el mes de abril de 1996, y para la comunidad de pastizal desde el mes de abril de 1997. Los Cuadros 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 presentan los valores de la estimación de la densidad para la comunidad de matorral y pastizal en las épocas de lluvias y secas, respectivamente.

CUADRO 3.2 VALORES DE LA ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD EN LA COMUNIDAD DE MATORRAL PARA LA ÉPOCA DE LLUVIAS, CON EL MODELO UNIFORME, FUNCIÓN COSENO, CON INTERVALOS DE CLASE DE CADA 10 METROS.

Mes/Año	No. de liebres observadas	Densidad Ind/km ²	Densidad Ind/Ha	Intervalo de Confianza	% CV
Nov-96	33	26.67	0.27	18.92-37.58	17.55
Nov-97	18	14.55	0.15	9.18-23.04	23.68
Nov-98	17	13.74	0.14	8.56-22.04	24.36
Nov-99	11	8.89	0.09	4.96-15.91	30.24
Nov-00	20	16.16	0.16	10.44-25.02	22.47
Nov-01	20	16.16	0.16	10.44-25.02	22.47
Nov-02	25	20.20	0.20	13.65-29.91	20-13
Nov-03	61	49.30	0.49	38.20-63.61	13
Nov-04	56	45.25	0.45	34.70-59.02	13.55

CUADRO 3.3 VALORES DE LA ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD EN LA COMUNIDAD DE MATORRAL PARA LA ÉPOCA DE SECAS, CON EL MODELO SEMI-NORMAL, FUNCIÓN COSENO; CON INTERVALOS DE CLASE DE CADA 10 METROS.

Mes/Año	No. de liebres observadas	Densidad Ind/km ²	Densidad Ind/Ha	Intervalo de Confianza	% CV
Abr-96	24	21.77	0.22	14.45-32.78	21.02
Abr-97	24	21.77	0.22	14.45-32.78	21.02
Mzo-98	20	18.14	0.18	11.61-28.33	22.92
Mar-99	12	10.88	0.11	6.18-19.16	29.30
Mzo-00	4	3.63	0.04	1.42-9.24	50.25
Mzo-01	30	27.21	0.27	18.80-39.38	18.93
Mzo-02	34	30.83	0.31	21.74-43.73	17.87
Mzo-03	35	31.74	0.32	22.48-44.81	17.63
Mzo-04	37	33.56	0.34	23.97-46.97	17.19

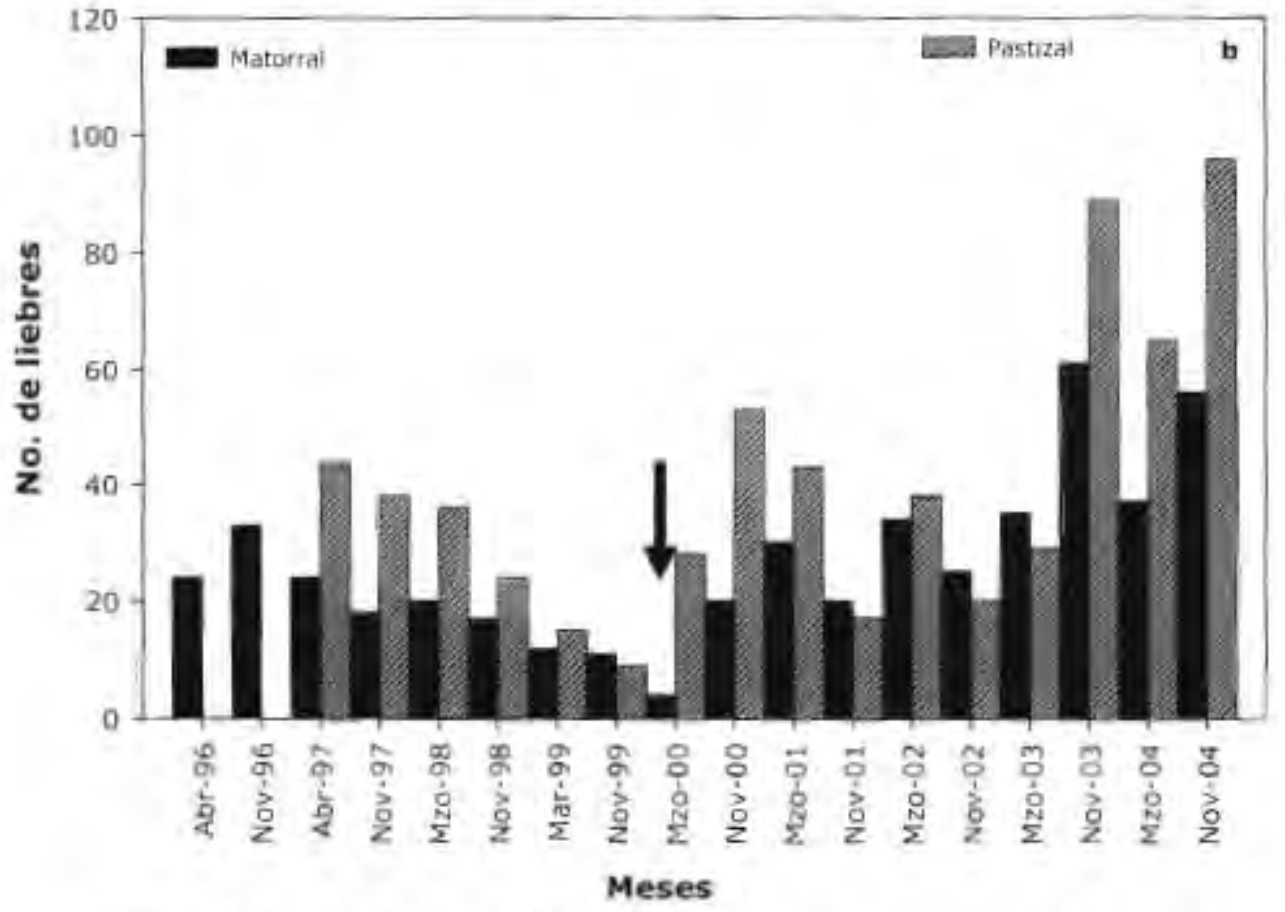
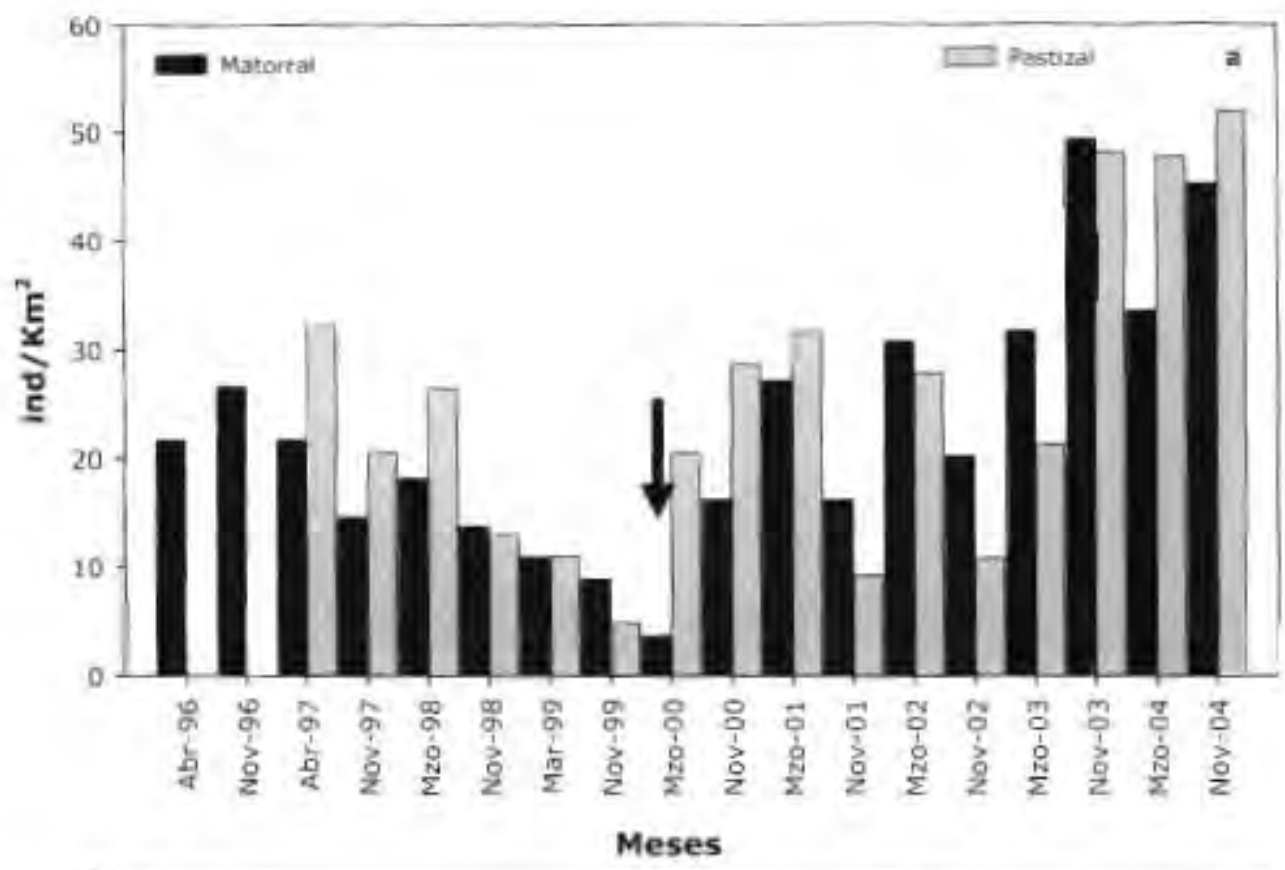


Figura 3.2 Densidad (a) y número (b) de liebres de *Lepus californicus* en la RBM, en la comunidad de matorral y en la de pastizal. 1996-2004

En la comunidad de matorral durante la época de lluvias de 1996 a 2004, el valor más elevado de la densidad de la liebre cola-negra fue de 49.30 ind/Km², en el mes de noviembre de 2003, mientras que el valor más bajo se presentó durante el año de 1999 (8.89 ind/Km²). Durante la época de secas el valor más elevado se presentó durante marzo de 2004 (33.56 ind/Km²), y el mas bajo durante marzo de 2000 (3.63 ind/Km²)

CUADRO 3.4 VALORES DE LA ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD EN LA COMUNIDAD DE PASTIZAL PARA LA ÉPOCA DE LLUVIAS, CON EL MODELO UNIFORME, FUNCIÓN COSENO, CON INTERVALOS DE CLASE DE CADA 10 METROS.

Mes/Año	No. de liebres observadas	Densidad Ind/km ²	Densidad Ind/Ha	Intervalo de Confianza	% CV
Nov-97	38	20.51	0.20	14.55-28.93	17.62
Nov-98	24	12.96	0.13	8.52-19.70	21.54
Nov-99	9	4.86	0.05	2.53-9.32	34.03
Nov-00	53	28.61	0.29	21.19-38.64	15.36
Nov-01	17	9.18	0.09	5.63-14.95	25.21
Nov-02	20	10.80	0.11	6.86-17.00	23.39
Nov-03	89	48.05	0.49	37.52-61.54	12.63
Nov-04	96	51.83	0.52	40.73-65.96	12.30

CUADRO 3.5 VALORES DE LA ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD EN LA COMUNIDAD DE PASTIZAL DURANTE LOS MESES DE LA ÉPOCA DE SECAS, CON EL MODELO UNIFORME, FUNCIÓN COSENO, CON INTERVALOS DE CLASE DE CADA 10 METROS.

Mes/Año	No. de liebres observadas	Densidad Ind/km ²	Densidad Ind/Ha	Intervalo de Confianza	% CV
Abr97	44	32.30	0.32	24.01-43.45	15.15
Mar98	36	26.43	0.26	19.05-36.65	16.74
Mar99	15	11.01	0.11	6.67-18.17	25.87
Mar00	28	20.55	0.21	14.20-29.75	18.96
Mar01	43	31.56	0.32	23.39-42.60	15.33
Mar02	38	27.89	0.28	20.28-38.36	16.29
Mar03	29	21.29	0.21	14.80-30.62	18.63
Mar04	65	47.71	0.47	37.35-60.96	12.50

Para la comunidad de pastizal, las abundancias se obtuvieron a partir de 1997. El valor más elevado de abundancia de la liebre cola-negra durante la época de lluvias se obtuvo en noviembre de 2004 con 51.83 ind/Km², y el más bajo en el año de 1999 con 4.86 ind/Km². En la época de secas el valor

más elevado se presentó durante el mes de marzo de 2004 con 47.71 ind/Km²) y el más bajo en el año de 1999, con 11.01 ind/Km².

Las figuras 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 presentan las curvas de probabilidad de detección de la liebre cola-negra en cada comunidad vegetal, tanto para la época de lluvias como para la de secas, en relación a la distancia perpendicular a la que se encontraban los individuos del transecto, observándose como disminuye paulatinamente conforme aumentó la distancia. Las figuras 3.7 y 3.8 presentan la distribución de frecuencias absolutas de las distancias perpendiculares al transecto de las liebres observadas en cada comunidad vegetal. En matorral, las máximas distancias a las cuales todavía había una visibilidad adecuada fueron de 80 y 90 metros durante la época de lluvias y de secas, respectivamente. La mayoría de las observaciones cayeron dentro de los 0 a los 40 metros. En la comunidad de pastizal, las máximas distancias a las que hubo buena visibilidad fueron de 100 y 110 metros, para la época de secas y de lluvias, respectivamente. En este caso, la mayor parte de los datos cayeron entre los 0 a los 60 metros. En ninguna de las 2 comunidades se consideró que existieran datos "extremos", esto es, observaciones o avistamientos que estuvieran fuera de los intervalos usuales para la mayoría de los individuos.

Los resultados del ANOVA de 3 vías en el que la variable de respuesta fue el número de liebres observadas por kilómetro se presentan en el Cuadro 3.6. Los factores que se establecieron para este análisis fueron el año de estudio, la época del año, esto es, de secas (marzo) o lluvias (noviembre), y el hábitat (matorral o pastizal).

CUADRO 3.6 RESULTADOS DEL ANOVA DE 3 VÍAS CON EL NÚMERO DE INDIVIDUOS OBSERVADOS COMO VARIABLE DEPENDIENTE, EN LAS COMUNIDADES VEGETALES DE MATORRAL-PASTIZAL, EN LAS ÉPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS, DE 1997-2004.

VARIABLES	gl	SUMA DE CUADRADOS	MS	F	P
Año	7	7885.50	1126.50	17.60	<0.001
Época	1	200.00	200.00	3.13	0.120
Hábitat	1	1512.50	1512.50	23.63	0.002
Residual	7	448.00	64.00		
Total	31	14493.50	467.53		

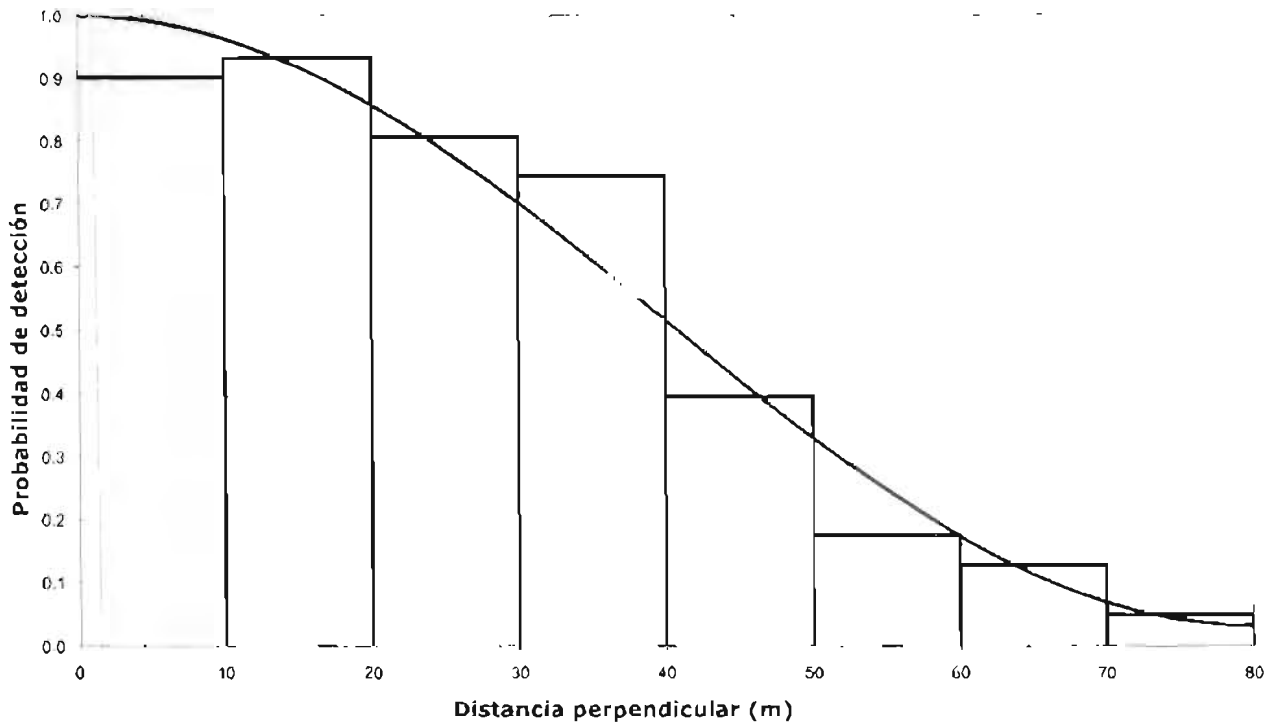


Figura 3.3 Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la comunidad de Matorral durante la época de lluvias, de 1996 a 2004 (Modelo Uniforme, función Coseno). Intervalos de 10 metros.

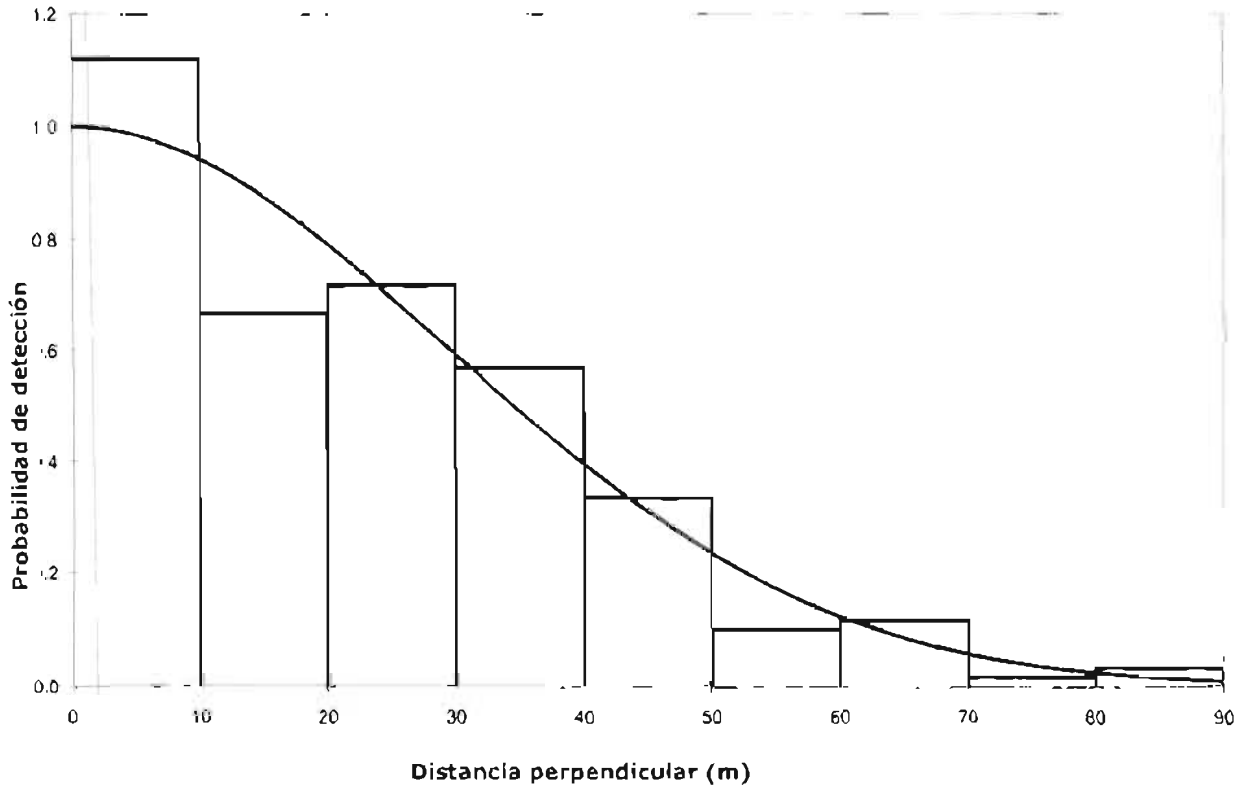


Figura 3.4 Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la comunidad de Matorral durante la época de secas, de 1996 a 2004 (Modelo Semi-Normal, función Coseno). Intervalos de 10 metros.

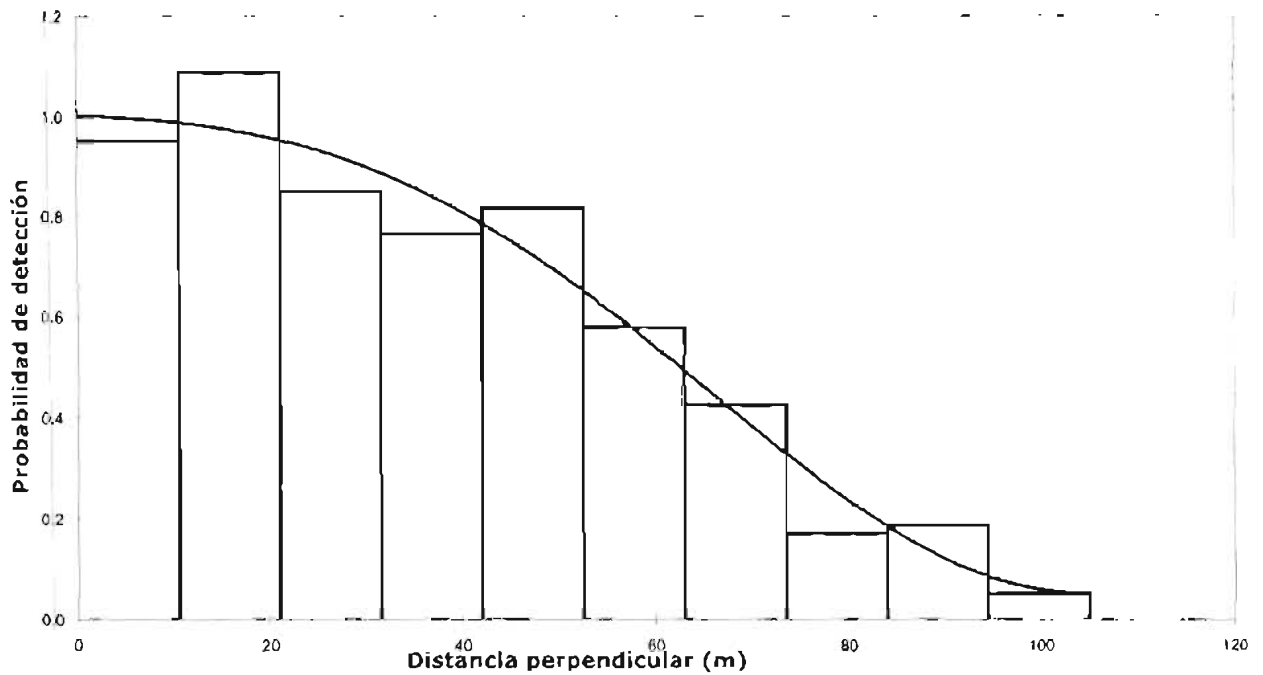


Figura 3.5 Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la comunidad de Pastizal durante la época de lluvias, de 1997 a 2004 (Modelo Uniforme, función Coseno). Intervalos de 10 metros.

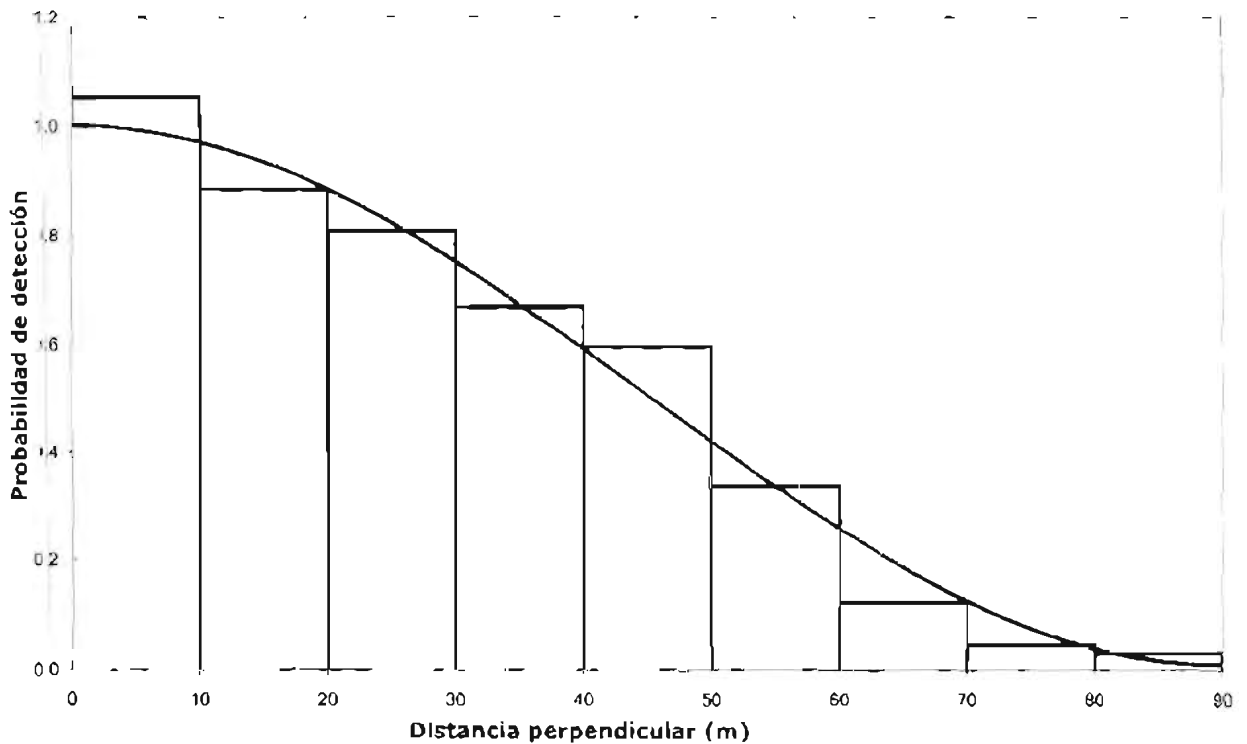


Figura 3.6 Probabilidad de detección de *Lepus californicus* en la comunidad de Pastizal durante la época de secas, de 1997 a 2004 (Modelo Uniforme, función Coseno). Intervalos de 10 metros.

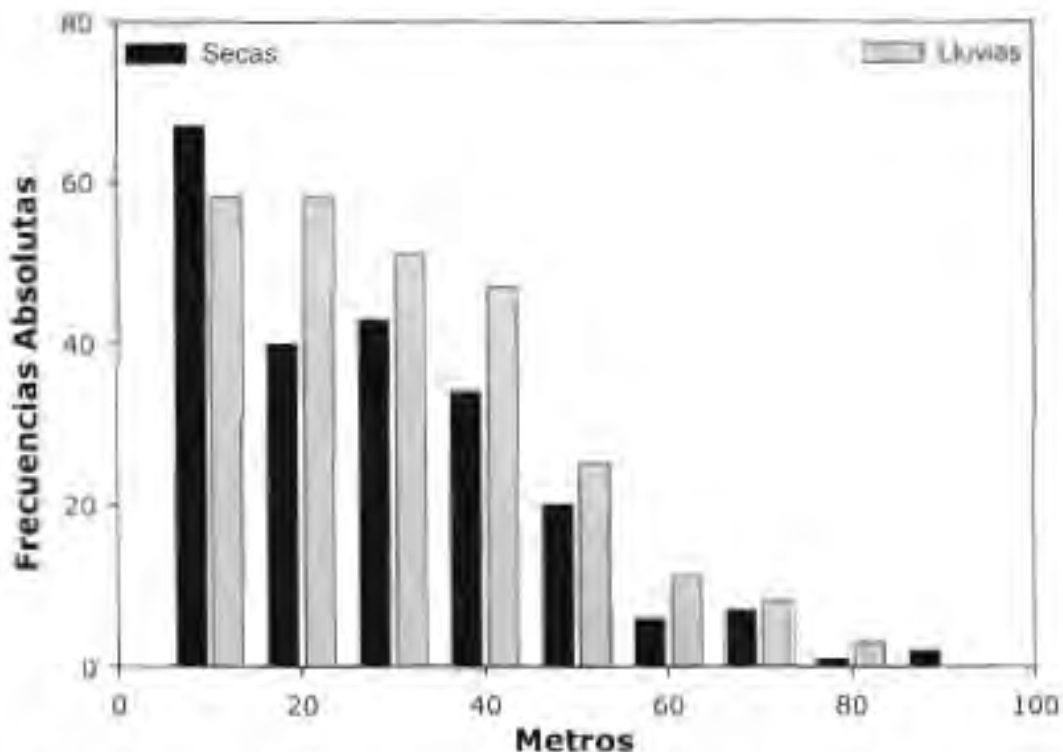


Figura 3.7 Frecuencias absolutas de acuerdo a las distancias de avistamientos para ejemplares de *L. californicus* en la comunidad de matorral, durante la época de secas y de lluvias (1996-2004)

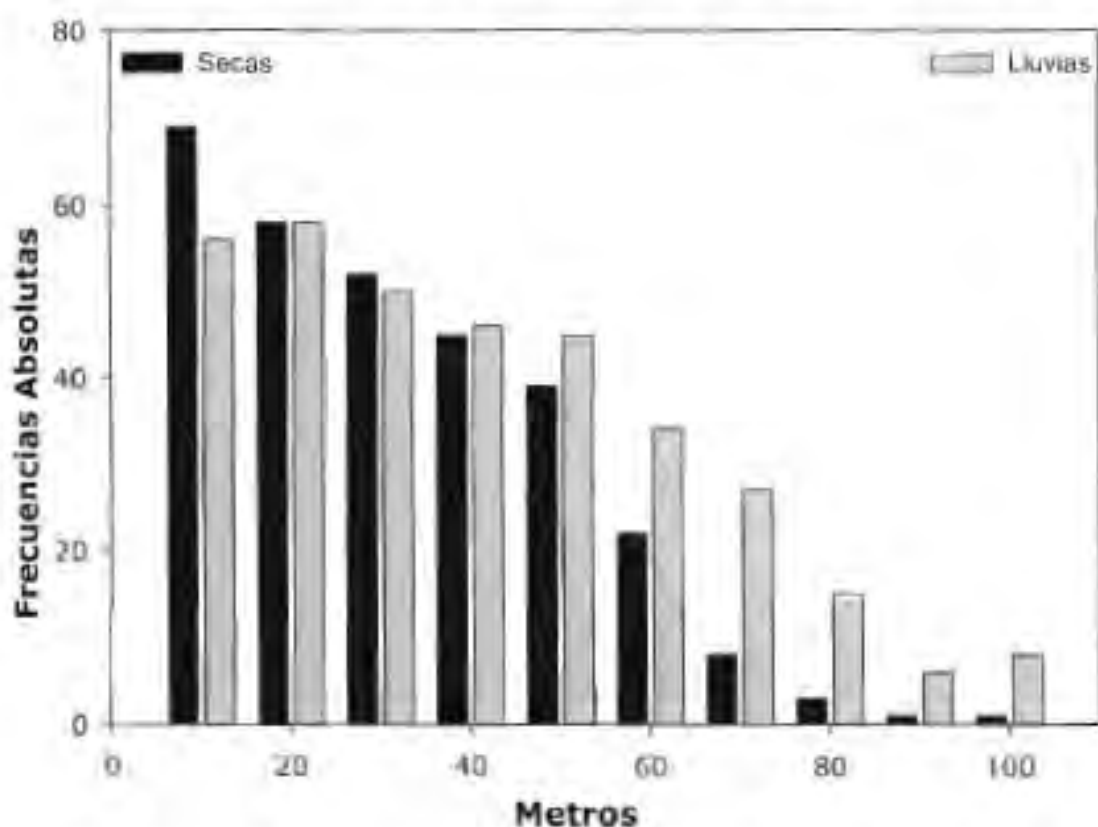


Figura 3.8 Frecuencias absolutas de acuerdo a las distancias de avistamientos para ejemplares de *L. californicus* en la comunidad de pastizal, durante la época de secas y de lluvias (1997-2004)

De acuerdo a los resultados, la época del año fue el único factor que no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.120$), por lo que no hubo diferencias entre la estación de lluvias y la de secas en cuanto al número de individuos de *L. californicus*. Por otro lado, en relación al número de liebres, sí existieron diferencias estadísticamente significativas tanto entre los años del estudio ($p = <0.001$), como entre el tipo de hábitat, esto es, en la comunidad de matorral o la de pastizal ($p = 0.002$).

Para aislar los datos que presentaron las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para los factores año y hábitat, se realizó un procedimiento de comparación múltiple entre todos los pares de variables, utilizando la prueba de Tukey. De acuerdo a este análisis se observó que los únicos años que presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al número de individuos de *L. californicus* contra los demás años de estudio fueron los años 2003 y el 2004.

Los resultados del segundo ANOVA de 3 vías, en el que la densidad de liebres fue la variable dependiente, se resumen en el Cuadro 3.7.

CUADRO 3.7 RESULTADOS DEL ANOVA DE 3 VÍAS CON LA DENSIDAD DE LIEBRES COMO VARIABLE DEPENDIENTE, EN LAS COMUNIDADES VEGETALES DE MATORRAL-PASTIZAL, EN LAS ÉPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS, DE 1997-2004.

VARIABLES	gl	SUMA DE CUADRADOS	MS	F	P
Año	7	3738.32	534.05	55.82	<0.001
Época	1	20.24	20.24	2.17	0.189
Hábitat	1	59.21	59.21	6.19	0.042
Residual	7	66.97	9.57		
Total	31	5652.21	182.33		

En este caso, también se observó que el factor época fue el único que no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.189$), lo que implica que no hubo diferencias en la densidad de *L. californicus* entre la estación de lluvias y de secas. Por otro lado, sí se presentaron diferencias estadísticamente significativas en relación a la densidad de liebres, tanto

para los años del estudio ($p = <0.001$), como para el tipo de hábitat, esto es, en la comunidad de matorral o la de pastizal ($p = 0.042$).

Nuevamente, para aislar el grupo o grupos que diferían de los otros, se utilizó la prueba de Tukey como un procedimiento de comparación múltiple, y se obtuvo como resultado que los años 7 (2003) y 8 (2004) fueron los que presentaban diferencias estadísticamente significativas para este factor ($p < 0.05$); junto con el año 3 (1999). Por otra parte, también se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la comunidad de matorral contra la de pastizal. Por lo que se concluye que sí hay diferencias entre el número de individuos y la estimación de las densidades de *L. californicus* entre los años y las comunidades vegetales incluidos en este estudio.

Para probar la segunda predicción se realizó primero una correlación entre los valores de la densidad en cada comunidad contra los valores de temperatura mínima, máxima, promedio, precipitación y evaporación, así como contra los valores de estos mismos factores para los meses anteriores. El Cuadro 3.8 presenta los resultados en el que se observa que las únicas variables que se correlacionan con la densidad de liebres son, la pluviometría que se relaciona positivamente en ambas comunidades vegetales; y la evaporación del mes anterior, que muestra una correlación negativa, lo que significa que una de las variables tiende a decrecer en la medida que la otra aumenta. Sin embargo, en ambos casos el coeficiente de correlación es relativamente bajo, con valores entre 0.5 a 0.7.

De acuerdo a los resultados de la correlación positiva y significativa con la lluvia, se realizaron regresiones lineales simples entre la cantidad total de precipitación del año anterior *versus* la densidad de liebres; debido a que el número de individuos y la estimación de la densidad son equivalentes, en esta parte sólo se realizaron las regresiones contra los valores de la densidad, durante la época de secas y de lluvias para la comunidad de matorral (figuras 3.9, 3.10), y para la de pastizal (figuras 3.11, 3.12). Para ambas comunidades (matorral y pastizal) solamente hay una relación

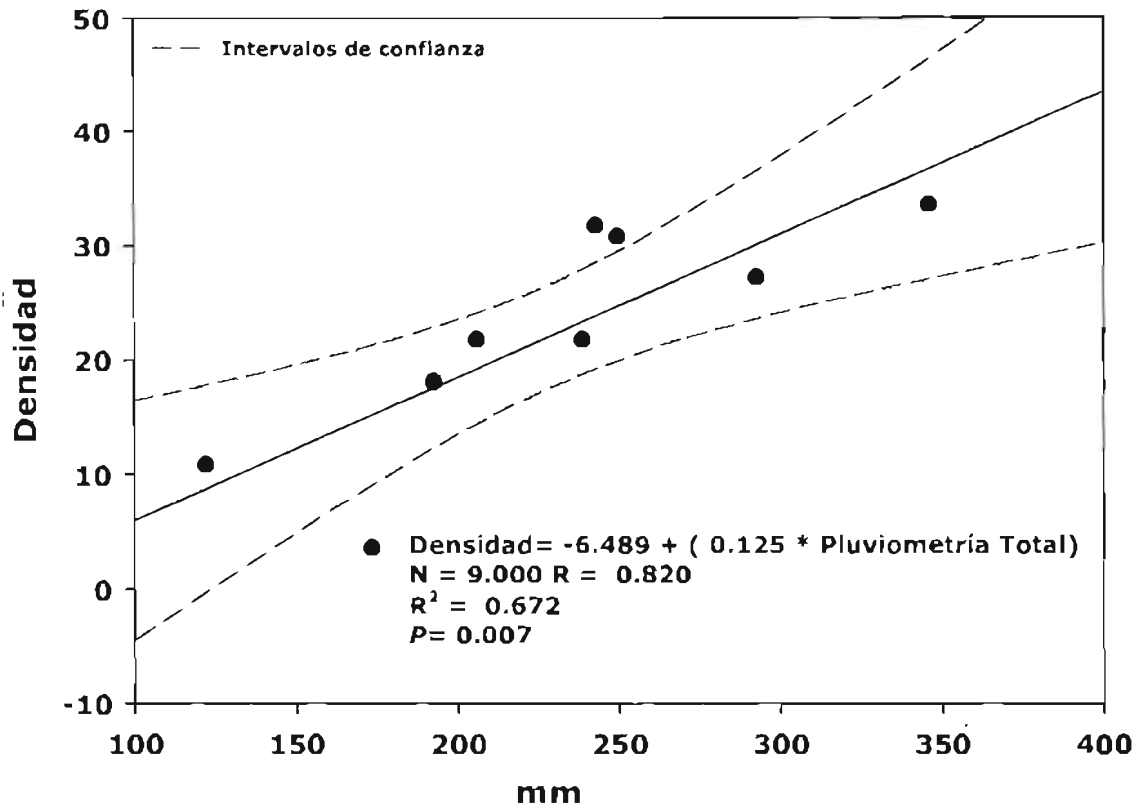


Figura 3.9 Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de secas. Comunidad de matorral, RBM. 1996-2004

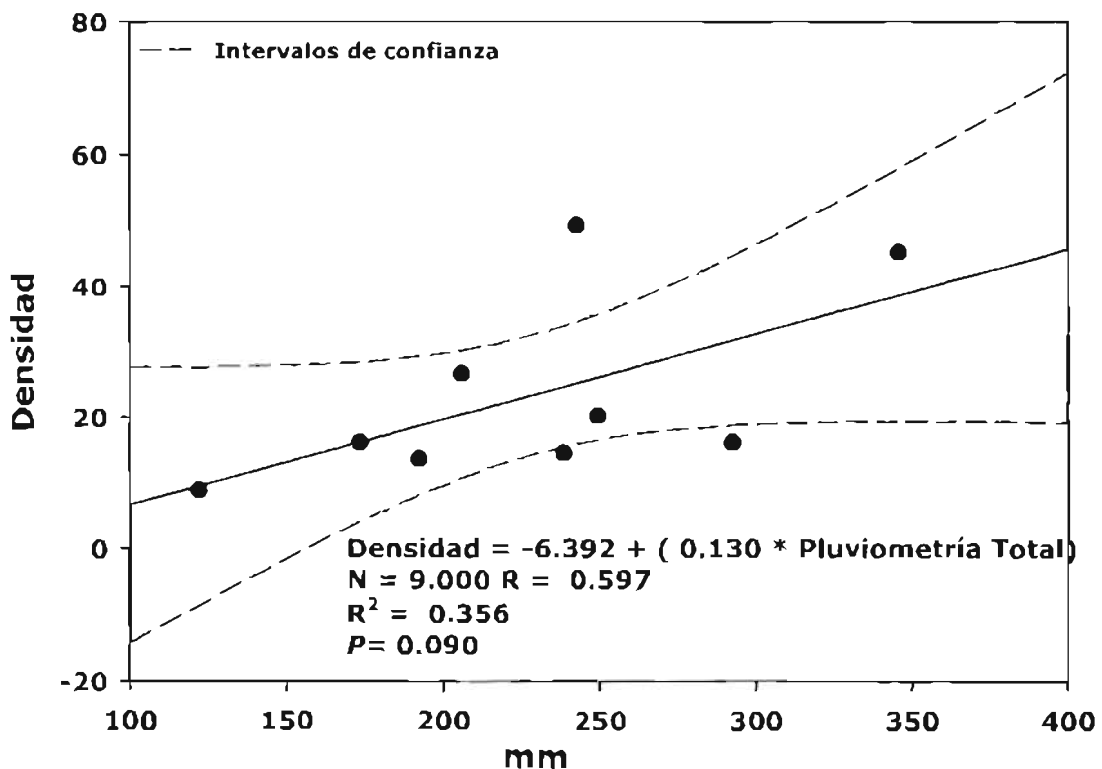


Figura 3.10 Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de lluvias. Comunidad de matorral, RBM. 1996-2004

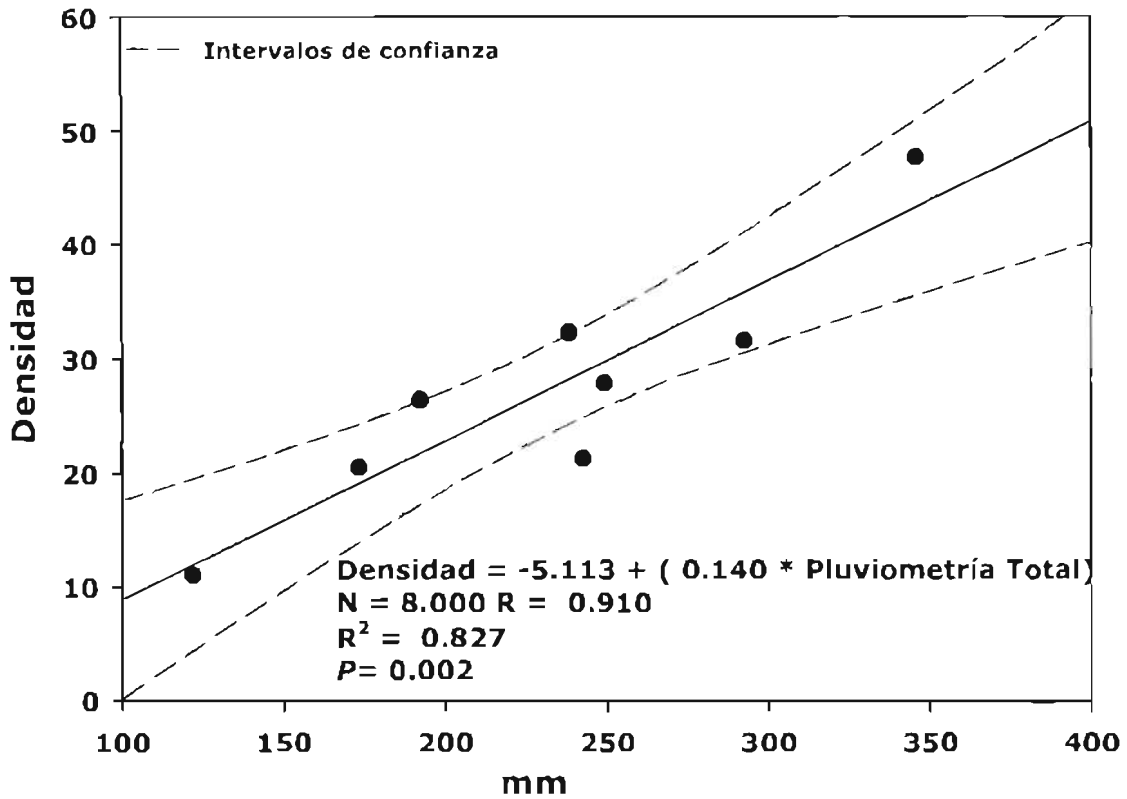


Figura 3.11 Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de secas. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004

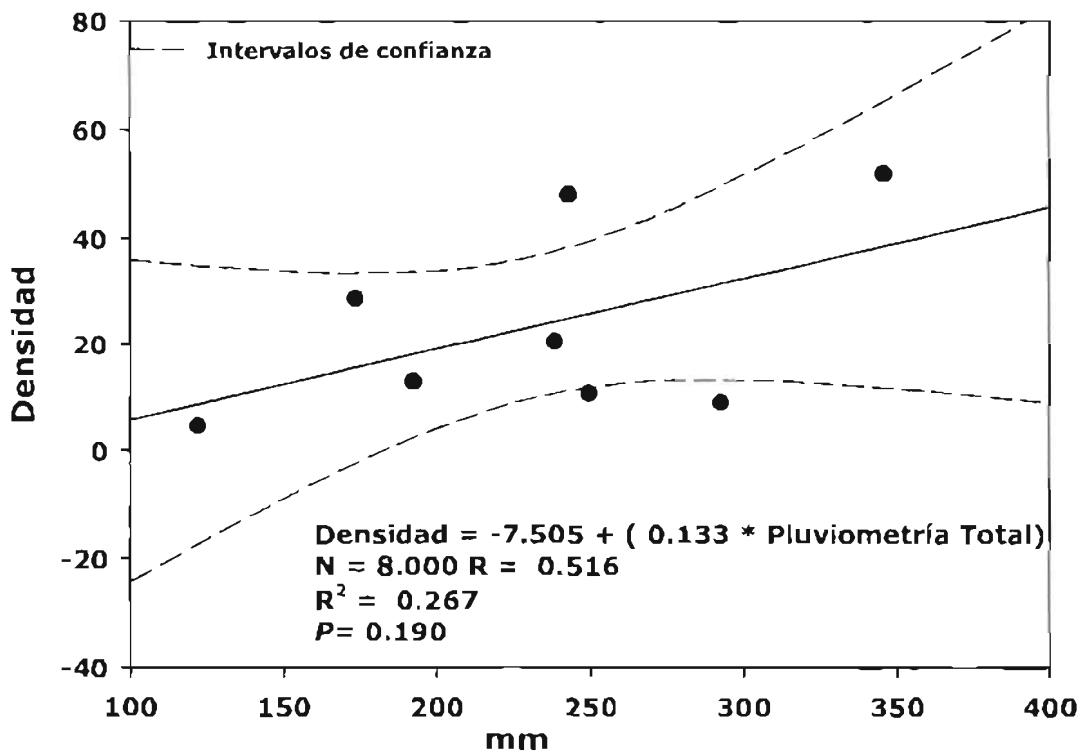


Figura 3.12 Regresión lineal simple entre la pluviometría total del año anterior y la densidad de *Lepus californicus* en la época de lluvias. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004

significativa entre la densidad de liebres durante la época de secas ($R=0.820$, $p= 0.007$); ($R= 0.910$, $p= 0.002$), respectivamente.

También se hicieron regresiones lineales simples entre la densidad de liebres *versus* la cantidad de pluviometría acumulada durante la época de secas y de lluvias para la comunidad de matorral (figuras 3.13, 3.14) y para la de pastizal (figuras 3.15 y 3.16). En este tipo de prueba todas las regresiones fueron estadísticamente significativas, con un valor de R mayor a 8, por lo que para ambas comunidades (matorral y pastizal) el número de individuos y las densidades tienen una relación positiva y significativa con la cantidad de lluvias acumulada por época (secas o lluvias) respectivamente.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

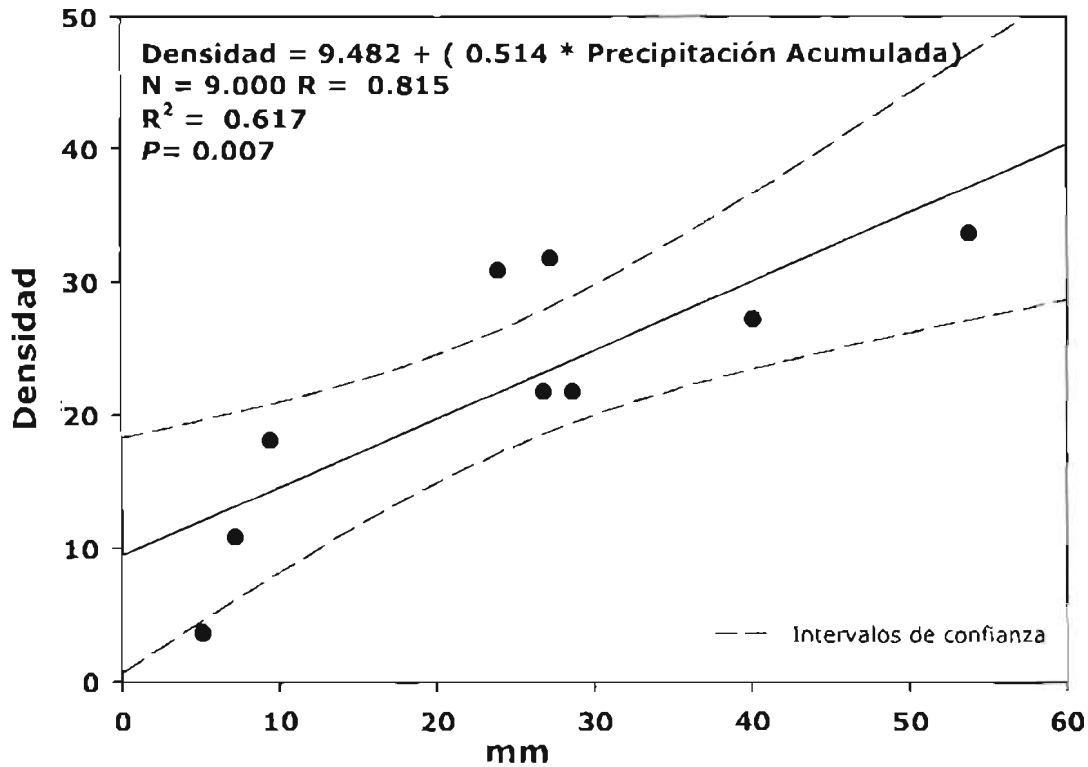


Figura 3.13 Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de secas y la densidad de *Lepus californicus* en marzo. Comunidad de matorral. RBM. 1996-2004

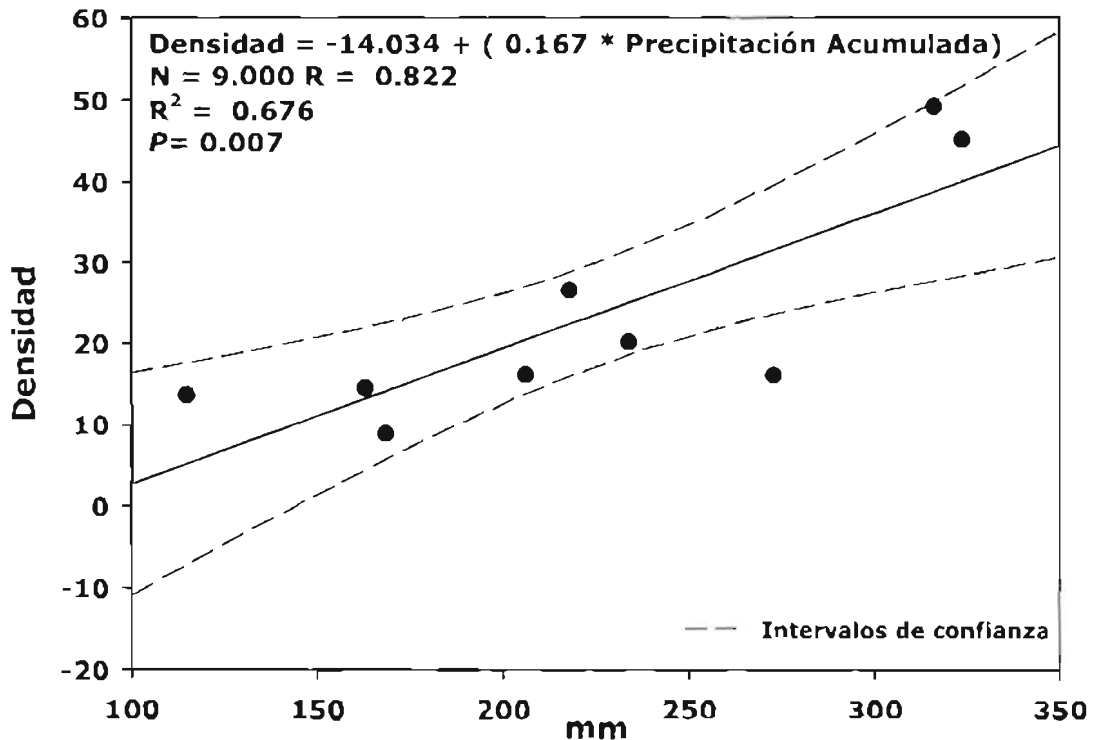


Figura 3.14 Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de lluvias y la densidad de *Lepus californicus* en noviembre. Comunidad de matorral. RBM. 1996-2004

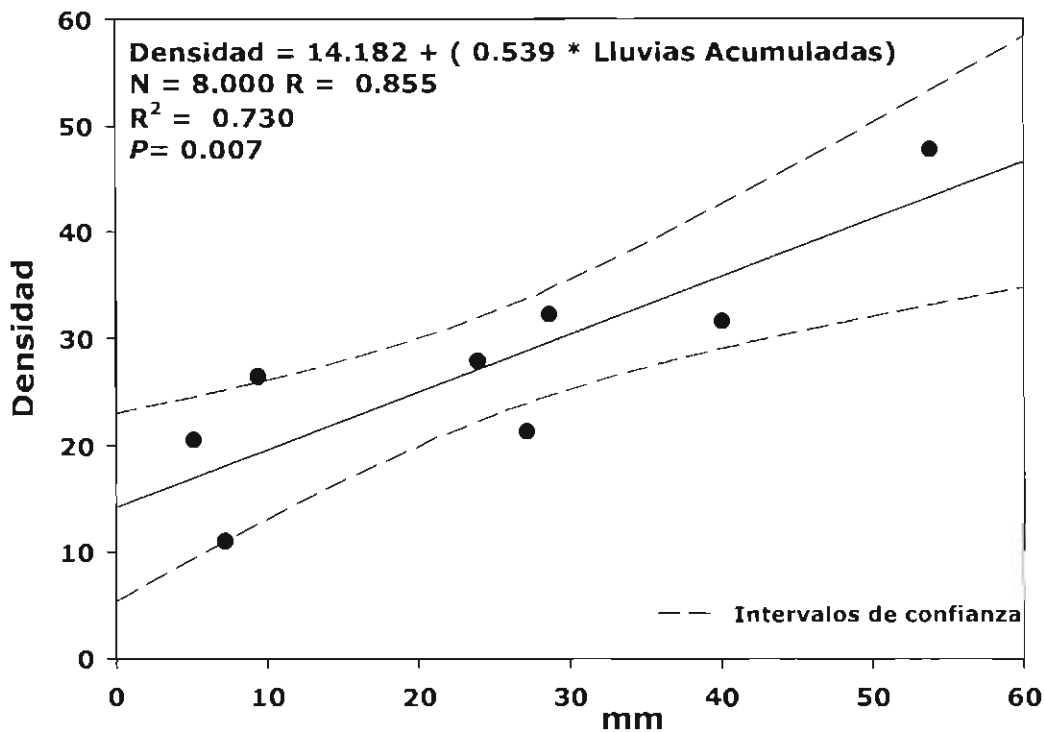


Figura 3.15 Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de secas y la densidad de *Lepus californicus* en marzo. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004

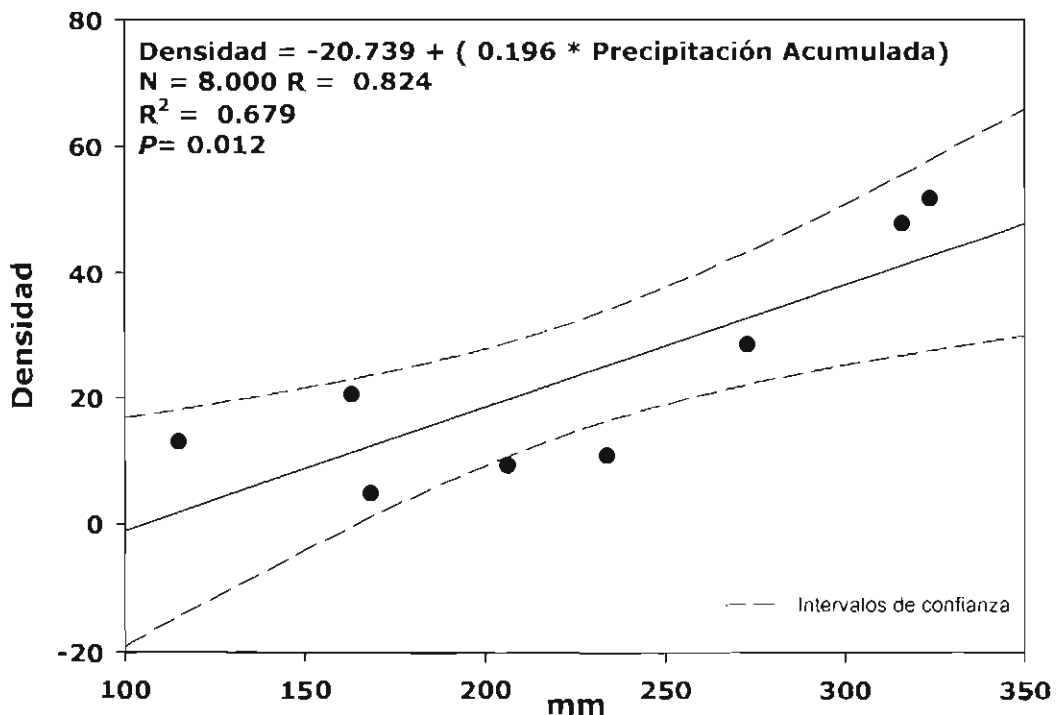


Figura 3.16 Regresión lineal simple entre la pluviometría acumulada durante la época de lluvias y la densidad de *Lepus californicus* en noviembre. Comunidad de pastizal. RBM. 1997-2004.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con base en los criterios señalados anteriormente para elegir al estimador más adecuado, que tuviera los menores valores de varianza de muestreo y de AIC; el mejor modelo para describir la densidad en ambas comunidades vegetales fue el Uniforme, en combinación con la función coseno y agrupando las observaciones en intervalos de 10 metros, que se corresponde a las Series de Fourier. Este modelo de acuerdo a la bibliografía consultada (Buckland, 1993, Parmenter, et al, 2003) resulta uno de los más robustos y flexibles para explicar las densidades en este tipo de estudios. La clave para el análisis de este tipo de muestreo, en el que se espera que habrá un menor número de observaciones conforme los organismos se alejen de la línea del transecto, es ajustar su frecuencia de distribución en los intervalos de las distancias perpendiculares al mismo, a una función de detección de las máximas distancias observadas, de tal manera que permita estimar la proporción de "objetos perdidos" o individuos no observados a lo largo del estudio (Thomas, et al., 2002).

En general, los valores obtenidos en este estudio para *L. californicus* en la RBM se encuentran dentro de los intervalos registrado por otros autores en diferentes localidades, con valores mínimos de 0.1 a 1 ind/ha, excepto con lo reportado por Rodríguez-Villeneuve, 2001 en un estudio realizado en Baja California Sur que encontró valores más bajos en el matorral (de 0.01-0.18). En los lagomorfos se han descrito variaciones de sus densidades en ciclos de 7 a 10 años (Johnson y Anderson, 1984), y aparentemente en este estudio se obtuvo el momento de inflexión entre noviembre de 1999 y marzo de 2000, como se observa en las figuras 3.2 ay b. Sin embargo es necesario realizar un seguimiento por más años para tener un panorama completo del comportamiento de las densidades y saber en qué momento aumenta o disminuye el tamaño de la población.

Se observa una tendencia a un aumento de las densidades hacia los últimos dos años del estudio, que coincide con un incremento en los valores de precipitación. Al elegir dentro del programa de Distance la opción para estimar la densidad global y por estrato, se obtuvieron los valores de la densidad de la liebre cola-negra en la comunidad de matorral o de pastizal para toda la época de lluvias y de secas, y al mismo tiempo los valores para cada mes dentro de cada época. La estimación global de las densidades muestra que los valores en las dos comunidades en la época de lluvias y de secas fluctúan entre los 0.22 a 0.27 ind/Ha. Sin embargo, al analizar los resultados por cada estrato se observa que estos valores presentan variaciones importantes entre los más bajos y los más elevados, siendo en general mayores en la comunidad de pastizal para ambas épocas, lo que se confirma con los resultados del ANOVA de tres vías que muestra que sí existen diferencias entre las 2 comunidades vegetales, así como entre los 8 años de estudio, mientras que la época del año, esto es, los meses de secas o de lluvias, no presenta diferencias significativas en cuanto a la densidad y número de individuos de *L. californicus*.

Para aislar los datos que presentaron las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para los factores año y hábitat, se realizó un procedimiento de comparación múltiple entre todas las pares de variables. De acuerdo a la prueba de Tukey se observó que los únicos años que presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al número de individuos y densidades de *L. californicus* contra los demás años de estudio fueron el año 7 y 8, esto es el 2003 y el 2004, que como puede observarse en el climograma en la RBM de 1995 a 2004, en estos dos últimos años el periodo de lluvias fue más largo y con valores más elevados de precipitación. La cantidad de lluvias por año juega un papel muy importante en la densidad de liebres en ambas comunidades vegetales, ya que de acuerdo a los resultados de las regresiones lineales simples la cantidad de precipitación total acumulada durante el año anterior, explica entre un 60 a un 80% de la variación de la densidad de *L. californicus*

obtenida durante la época de secas. Mientras que durante la época de lluvias, la pluviometría total del año anterior sólo explica el 35% para la comunidad de matorral y un 26% en la de pastizal.

Esto también podría explicarse porque la evaluación de la abundancia medida al final de la temporada de lluvias ya está incluyendo otro periodo más de lluvias, mientras que la relación con la abundancia durante la época de secas es más clara porque es un efecto inmediato. Por esta razón, al analizar la relación de la abundancia, tanto en secas como en lluvias, con la precipitación total inmediata anterior (evaluada como la precipitación total de los 12 meses anteriores), se encuentra que es muy alta, pues explica entre un 70 y un 80% de la variación del número de individuos y la densidad, en ambas comunidades vegetales. Esta diferencia entre épocas se puede explicar porque a pesar de que la precipitación es un factor muy importante, no es el único que está influyendo sobre el número de individuos y la densidad de liebres; Bronson y Tiemeier, (1959) observaron que los cambios en la cantidad de alimento disponible son una de las principales causas de variación de la abundancia de la liebre cola-negra en el sudoeste de Kansas, en donde el principal limitante para el crecimiento de las plantas es la humedad del suelo.

En general y como se esperaba, se encontró que en lugares abiertos como en el pastizal, las distancias para visualizar a las liebres fueron mayores que en la comunidad de matorral, tanto durante los meses de la época de lluvias como de secas. Además de que los resultados anteriores confirman la primera hipótesis sobre que la abundancia de la liebre *L. californicus* es mayor en la comunidad de pastizal toboso que en la de matorral de mezquite. La selección y uso del hábitat de esta especie puede explicarse por varias razones, ya que las liebres debido a su gran especialización cursorial tienen extremidades traseras muy largas, que les confiere la capacidad de ser corredores muy veloces (alcanzando aproximadamente 70 km/h), por lo que prefieren sitios "abiertos", con escasos refugios en los que

puedan correr para escapar de sus depredadores (Vaughan, 1978, Yamada et al. 1988). Por otro parte, estudios realizados en esta misma área sobre la selección del hábitat, concluyeron que la liebre cola-negra prefiere el pastizal sobre el matorral, a pesar de que proporcione menor cantidad de alimento, probablemente porque tiene mayor visibilidad, balanceando de este modo la ganancia del forrajeo con los costos de la depredación (Marín et al, 2003).

Discusión General y Conclusiones

Los factores ambientales influyen de manera importante sobre el inicio de la actividad reproductora, que puede ser medida a su vez por el incremento del peso de las gónadas de los adultos de la especie de interés (Flux, 1981; Martinet, et al. 1984). En el caso de la liebre *L. californicus*, al estudiar el comportamiento del peso de los ovarios a lo largo del año, se observó que en general hay un aumento entre los meses de febrero a abril, debido por un lado al crecimiento y maduración de los folículos de Graff, y en gran medida a la formación del CL, como consecuencia de la ovulación, posterior a la cópula, lo que refleja el comienzo de la estación reproductora. Este aumento se mantiene hasta los meses de agosto, durante la época de lluvias; de manera que los partos y la lactancia, que son los momentos de mayor demanda energética; ocurren durante el periodo de mayor oferta alimenticia, para decrecer conforme la estación reproductora finaliza. En el caso de las hembras para el aumento del peso gonadal, hay un efecto combinado entre el incremento del fotoperiodo con los valores de evaporación, precipitación y temperatura promedio con el inicio de la época reproductora, mientras que en los machos, el incremento del peso testicular está principalmente relacionado con el de las horas luz diarias. Por lo que, los resultados obtenidos permiten predecir, con base en estos 3 factores, el ciclo reproductor de *L. californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí.

Por otra parte se sabe que las densidades poblacionales de los lagomorfos son variables entre años, siguiendo un comportamiento cíclico y se ha sugerido que los factores causantes de estas fluctuaciones se relacionan con los cambios en la abundancia de alimento y con las estaciones pluviométricas, ya que en las zonas áridas y semiáridas, existe una gran variabilidad pluviométrica inter e intranual. Al realizar una correlación para comprobar la probable existencia de la relación entre la densidad de *Lepus californicus* con los factores climáticos, la pluviometría fue la que tuvo una correlación positiva y significativa con la densidad y el número de individuos.

Por lo que en este caso hay una correlación entre los factores climatológicos y la densidad de *L. californicus* a través de los 8 años de estudio, que parece reflejarse en el aumento de nuevos individuos al final de la estación reproductora.

De acuerdo a estudios anteriores, se conoce que tanto la temperatura como la precipitación están estrechamente vinculadas con la densidad de diferentes maneras, ya que al producir un incremento en la disponibilidad de alimento, aparentemente actúan como un indicador para que comience la época reproductora (Bothma, et al, 1977; Pévet, 1987). El momento del inicio de la estación reproductora y la longitud de la misma, pueden determinar cuántas camadas se producirán por año, lo que al final influye en la producción total por año de nuevos individuos y, por lo tanto, en el tamaño de la población (Wallage-Drees, 1983, Boyd, 1986). Sin embargo, en este aspecto es interesante señalar que se ha encontrado que, aún cuando la estación reproductora se extienda a lo largo de varios meses, como se encontró para la liebre cola-negra en la RBM; y a pesar de que algunas hembras alcancen su madurez sexual antes de que termine la estación reproductiva en que nacieron, sólo producirán crías hasta la siguiente estación (Haskell y Reynolds, 1947).

Por lo que posiblemente el principal papel de la lluvia en relación a la estación reproductora, más que como una señal para el inicio de la misma, esté relacionado con el incremento en el tamaño de las camadas, a manera de respuesta directa por el alimento fresco, como se ha visto en el conejo *Oryctolagus cuniculus* (Flux, 1981). Por otro lado, también es importante el nacimiento de las crías durante la época de lluvias porque hay mayor cobertura para protegerlas de los depredadores, ya que a diferencia de las conejas, las liebres no construyen complicados nidos sólo hace "depresiones" cubiertas sólo por algunas plantas, lo que no constituyen un mayor gasto energético (Yamada et al, 1988).

Además este tipo de especies presentan un patrón por "horario" en el que la madre alimenta a los lebratos sólo durante unos minutos durante la noche (Bronson, 1989; Yamada et al, 1988), mecanismo que como parte de su conducta maternal involucra un conjunto de señales y sonidos para comunicarse con sus crías, para asegurar su protección y supervivencia. Las crías por su parte, son precoces y capaces de comenzar a alimentarse de las plantas que conforman su hábitat desde etapas muy tempranas, ya que la madre las desteta aproximadamente al mes de nacidos. De esta manera se puede maximizar su energía, considerando que la lactancia es la etapa de mayor demanda energética en mamíferos (Millar, 1977). En este tipo de especies la demanda debe ser mayor, ya que, como se comprobó en el estudio del aparato reproductor, las hembras presentan folículos en diversos grados de desarrollo, lo que les permite presentar estro casi inmediatamente después de parir, por lo que es frecuente que estén preñadas de una nueva camada mientras están amamantando a la anterior. De manera que la conducta materna en los lepóridos tiene como ventaja que minimiza la energía que invierte la madre en amamantar a sus crías al mismo tiempo que reduce el riesgo de depredación (Yamada et al, 1988).

De esta manera, se concluye que el fotoperiodo es la señal ambiental más importante para el inicio de la estación reproductora de *Lepus californicus* en la RBM, mientras que la precipitación es el factor más importante relacionado con la densidad de las liebres, ya que la cantidad de lluvias determina al mismo tiempo la cantidad de cobertura vegetal y por lo tanto la cantidad de alimento disponible (Dunn et al, 1982). Todos estos eventos constituyen la estrategia reproductiva que presenta la liebre cola-negra para adaptarse y sobrevivir en el Desierto Chihuahuense, ya que los lagomorfos son un punto clave en la cadena alimenticia al formar parte de la dieta de muchos depredadores, como en el caso de *L. californicus*, que es presa de carnívoros como *Canis latrans*, *Lynx rufus*, y de diferentes aves rapaces *Buteo regalis*, *Aquila chrysaetos*, *Bubo virginianus* y (Best, 1996, Hernández et al, 2002).

Finalmente, se puede decir que las liebres en general, son poseedores de un diseño anatómico muy ventajoso en muchos sentidos; por una parte tanto machos como hembras tienen la capacidad de responder de forma rápida a cambios en los factores ambientales; ya que los machos incrementan el peso testicular al aumentar el fotoperiodo, mientras que las hembras, preparadas con una onda folicular continua, presentan prácticamente estró continuo, por lo cual son receptivas al macho, ovulando pocas horas después de la cópula, al mismo tiempo que tienen la capacidad de estar amamantando y gestando crías de forma simultánea, lo que implica mayor gasto energético, pero con la ventaja de tener crías precoces, aunado a su gran capacidad cursorial, y en el caso de esta especie en particular, presentando estaciones reproductivas largas, lo que conforma al final una estrategia reproductiva exitosa que le ha permitido adaptarse a ambientes que pueden ofrecer pocos recursos, mucha competencia y alto riesgo de depredación; lo que obliga a los individuos a hacer una elección cuidadosa y balanceada de su hábitat, para seleccionar entre alimento y protección, y que al final se ve reflejado en las densidades de las poblaciones.

Anexo 1. Determinación de la edad

INTRODUCCIÓN

Dentro de los estudios de dinámica poblacional, es muy importante conocer la estructura de edades, parámetro que se puede determinar calculando la proporción de la población total de individuos adscritos a cada clase de edades (Feldhamer, 1999), ya que la reproducción suele estar confinada a algunas de estas clases, además de que ejerce una influencia fundamental sobre otros parámetros como la tasa de natalidad y de mortalidad. Existen varios métodos para determinar las edades dentro de una población, como por ejemplo la osificación del cartílago epifiseal en los huesos largos, sin embargo, este criterio solamente permiten distinguir entre individuos juveniles, subadultos y adultos. Otro criterio que se utiliza, y en el cual no es necesario sacrificar a los ejemplares, consiste en marcar a los individuos (se acostumbra poner una marca en las orejas) y realizar observaciones de largo plazo a través del método de captura-recaptura. En estudios de dinámica poblacional este es uno de los métodos más utilizado, aunque en ocasiones puede ser muy laborioso e implicar muchos años de trabajo de campo, como en el caso de los lagomorfos, orden en el que es necesario hacer un seguimiento por 6 o 7 años para completar un ciclo. Por lo que algunos investigadores han propuesto otro tipo de metodología a través de observaciones del crecimiento periosteal de los huesos de la mandíbula, que a diferencia del método de captura-recaptura, puede realizarse a partir de una única observación. En el orden de los lagomorfos se ha establecido que el hueso de la mandíbula es el más indicado para este propósito, observándose claramente en preparaciones histológicas las líneas de crecimiento o adhesión anuales, a manera de bandas o zonas negras y blancas (Frylestam y von Schantz, 1977; Kovacs y Ocsényi, 1981). Una ventaja de este método es que las muestras de la mandíbula se pueden obtener a partir de heces de depredadores, con lo cual tampoco es necesario sacrificar a los animales, pero tiene la desventaja de que es indispensable

conocer con certeza a que especie pertenece, sobre todo en el caso de especies simpátricas.

METODOLOGÍA

Los ejemplares colectados de la libre cola-negra, *Lepus californicus* se prepararon para depositarlos en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del Instituto de Biología de la UNAM, por lo que se preservaron diferentes órganos junto con la piel y el esqueleto. De los individuos de *L. californicus* estudiadas en este trabajo, se conservaron particularmente las gónadas y los ojos, que se procesaron de acuerdo a las metodologías que se mencionan en los capítulos 1 y 2, pero que en este apartado se describen con más detalle, y que sirvieron como base de los criterios para la determinación de la edad:

1º) De acuerdo a la presencia o ausencia de la sutura exoccipital-supraoccipital en el cráneo de ejemplares de conejo castellano, *Silvilagus floridanus*, Hoffmeister y Zimmerman 1967, describieron 4 categorías: I y II) como individuos juveniles cuando la sutura se observaba con claridad a simple vista en el cráneo de los ejemplares; III) subadultos cuando la sutura se había fusionado parcialmente y no era necesario utilizar una lupa para observarla, y IV) adultos, cuando la sutura se había fusionado por completo y no era posible distinguirla (Figura 4.1). Para este estudio se revisaron los cráneos de los ejemplares de *L. californicus* depositados en la CNMA.

2º) A partir del peso seco del cristalino se calculó la edad aproximada en días, debido a que en esta estructura se acumulan fibras de colágena a lo largo de la vida. En el caso de los lagomorfos, este método permite distinguir entre adultos "juveniles" dentro de su primera estación de reproducción y adultos "viejos" en su segunda estación reproductiva (Connolly *et al*, 1969). El uso de este criterio tiene la ventaja de que permite conocer de manera aproximada el mes de nacimiento de los

individuos, aunque el peso de los cristalinos puede variar entre especies dependiendo del estado nutricional de las mismas (Dunn et al, 1982), pero requiere construir o conocer una curva de referencia de la relación peso seco del cristalino/días.

Para este trabajo se siguió la metodología de acuerdo a Lord, 1959. Los ojos de las liebres colectadas fueron fijados, en una solución de formol al 10% para provocar el endurecimiento del cristalino y facilitar la remoción del humor vítreo, posteriormente los cristalinos fueron removidos y colocados en una estufa a una temperatura de 80°C por 1 semana, al cabo de la cual se obtuvo su peso seco en miligramos en una balanza analítica. Para calcular la edad de los ejemplares se utilizó la ecuación propuesta por Tiemeier, 1965, para *L. californicus* en Kansas, modificada por Connolly et al. (1969), quienes transformaron el peso seco del cristalino en su logaritmo:

$$100/ \text{Edad (días)} + 69 = 3.032 - 1.158 \log. \text{Peso seco del cristalino (mg)}.$$

La transformación del peso seco del cristalino en su logaritmo, así como la de la edad en su relación inversa, permite eliminar la variabilidad que se presenta con el incremento de la edad (Dudzinski y Mykytowycz, 1961, citados por Connolly et al, 1969).

3°) Por último, al momento de la colecta cada individuo fue pesado antes de eviscerarlo y examinado para determinar su condición reproductiva: anotando en el caso de los machos la posición y peso de los testículos, para clasificarlos como activos o inactivos. En el caso de las hembras se consideraron las características externas de la glándula mamaria, y del útero observando si había presencia de crías, de estrías o de ambas, ya que las estrías se forman por la involución del útero posterior al parto. Además se obtuvo el peso de los ovarios y se observó su apariencia, detectando con lupa y posteriormente en el estudio histológico que se describe en el capítulo II, si presentaban protuberancias (Folículos de Graaf) o depresiones

(Cuerpos Lúteos), para clasificar a las hembras como inactivas (adultas o juveniles), o activas, que podían ser preñadas, lactando o preñadas y lactando simultáneamente.

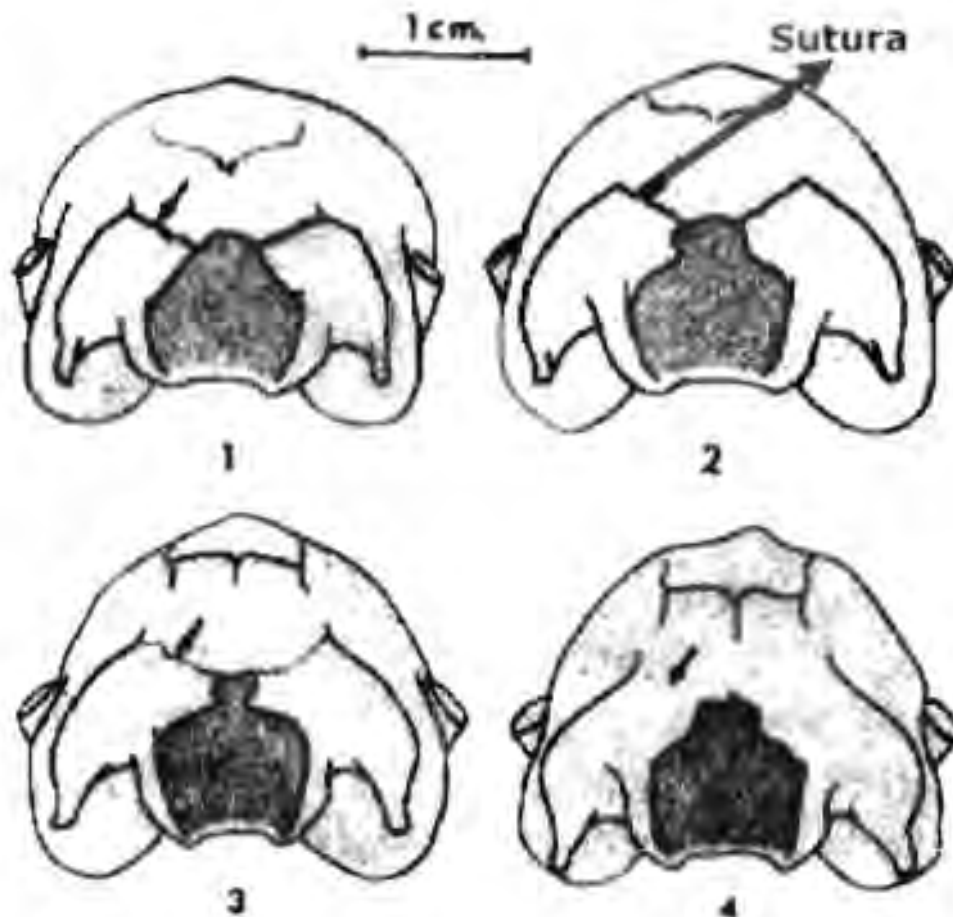


FIGURA 4.1 GRADO DE FUSIÓN DE LA SUTURA EXO-SUPRAOCCIPITAL EN CRÁNEOS DE CONEJOS DE ACUERDO A HOFFMEISTER Y ZIMMERMAN, (1967), QUE MUESTRA EL CRÁNEO COMPLETAMENTE OSIFICADO EN ADULTOS (FASE 4).

RESULTADOS

En este anexo solamente se presentan los resultados que permitieron clasificar a los individuos de hembras y machos de la liebre cola-negra en diferentes categorías como juveniles, subadultos o adultos de acuerdo a los

3 criterios usados: peso seco del cristalino, a la osificación de la fisura exo-supraoccipital y a su condición reproductora.

En la figura 4.2 se presenta la distribución del peso seco del cristalino de machos de *L. californicus* y en la figura 4.3 la del cristalino de las hembras para la misma especie.

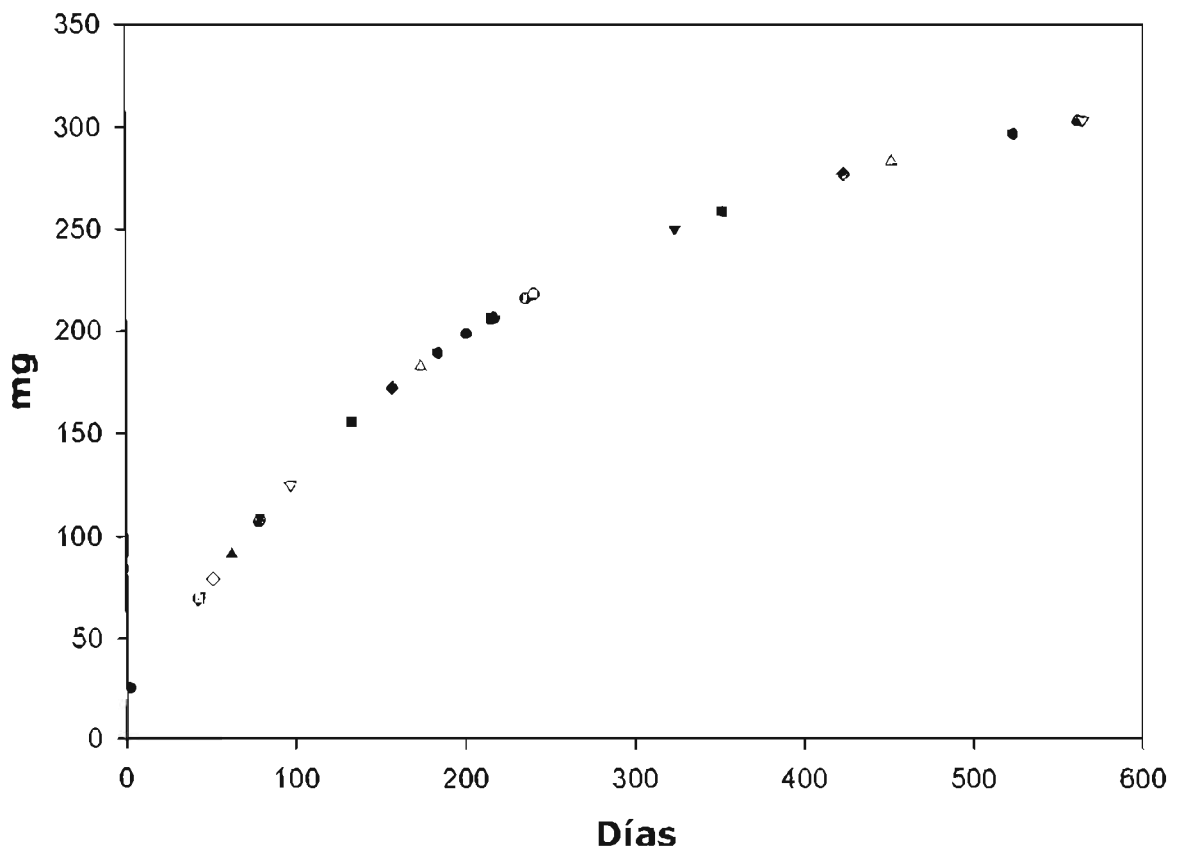


Figura 4.2 Peso seco del cristalino de machos de *Lepus californicus* en la RBM, de acuerdo a la ecuación de Tiemeier, 1965.

De acuerdo al peso del cristalino de los ejemplares de *L. californicus* colectados en la RBM, la edad máxima de las hembras y los machos es aproximadamente de año y medio a dos años, respectivamente. Finalmente en los cuadros 4.1 y 4.2 se resumen los resultados para la determinación de la edad de los individuos de hembras y machos de la liebre cola-negra de acuerdo a los 3 criterios mencionados con anterioridad.

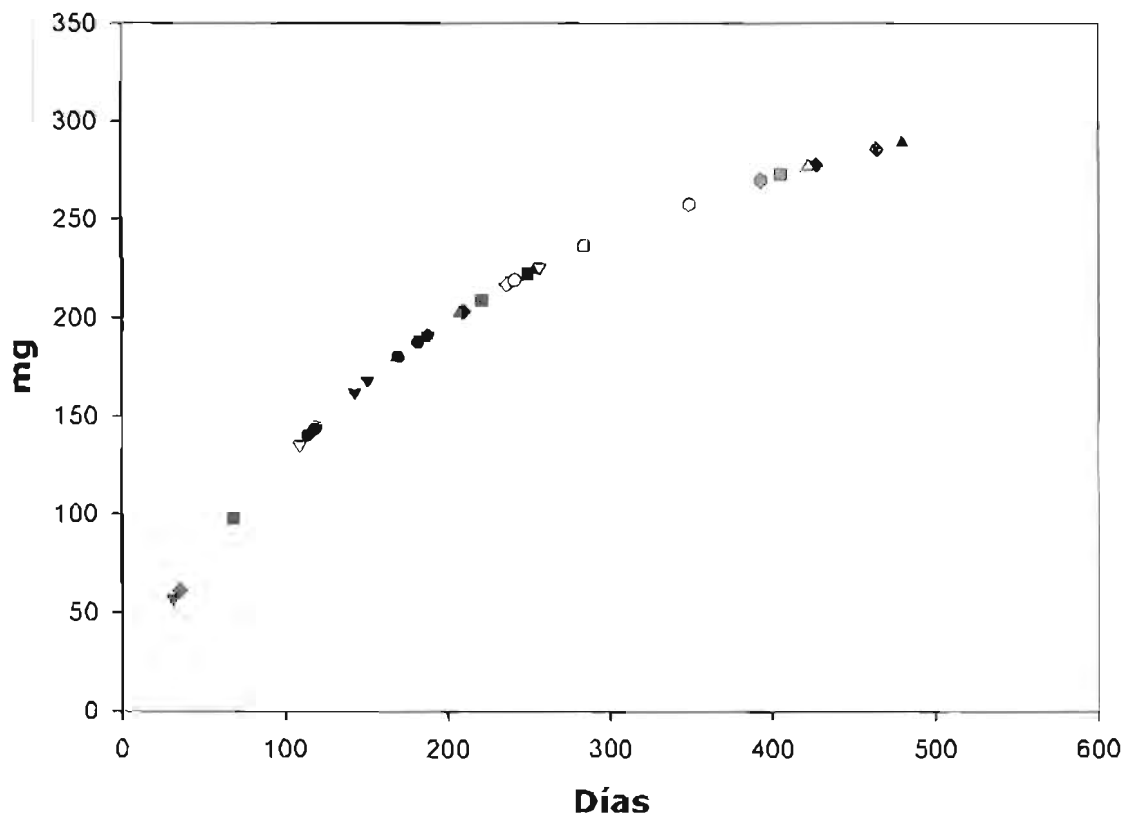


Figura 4.3 Peso seco del cristalino de hembras de *Lepus californicus*, en la RBM, de acuerdo a la ecuación de Tiemeier, 1965.

CUADRO 4.1. COMPARACIÓN DE LA EDAD, LA CONDICIÓN REPRODUCTORA Y LA FISURA OCCIPITAL DE HEMBRAS DE *L. CALIFORNICUS* EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMÍ.

FECHA	P. S. C* (mg)	EDAD ESTIMADA EN DÍAS **	EDAD ESTIMADA EN MESES	C.R***	FISURA OCCIPITAL.	Peso (g)
21-Feb-97	22	-1	0	I		2400
10-Sep-96	57	31	1	IJ	III	1000
15-Nov-96	61	35	1	L	IV	2500
15-Nov-96	97.5	68	2	L	IV	2700
14-Nov-96	135.5	109	4	L	IV	2600
10-Sep-96	140.5	114	4	IJ	III	1800
12-Sep-96	143.5	118	4	P	III	2100
12-Sep-96	144.5	119	4	I	III	1650
26-Abr-97	162.5	143	5	P	IV	2550
25-Feb-97	168.5	151	5	I	IV	2350
25-Abr-97	180	169	6	P/L	IV	2700
23-Feb-97	180.5	170	6	I	IV	2200
15-Ago-97	188	182	6	L	IV	2400
15-Ago-97	191.5	188	6	P	IV	2900
17-Ago-97	202.5	208	7	P	IV	2850
16-Ago-97	203.5	210	7	P/L	IV	2650
25-Jun-97	209	221	7	P	IV	2200
10-Sep-96	217	237	8	P/L	IV	2700
26-Abr-97	219	242	8	P	IV	2500
16-Ago-97	222.5	250	8	P/L	-----	2350
21-Feb-97	224.5	254	8	I	IV	2500
16-Ago-97	225.5	257	8	P/L	IV	2500
21-Abr-97	236.5	284	9	P	IV	2500
17-Ago-97	258	349	11	P/L	IV	2700
26-Abr-97	270	393	13	L	IV	2400
10-Sep-96	273	405	13	P/L	IV	2600
26-Jun-97	277	422	14	P/L	IV	2350
22-Abr-97	278	427	14	P	IV	2700
26-Jun-97	286	464	15	P/L	IV	2600
10-Sep-96	289	480	16	P	IV	2400

*P.S.C = peso seco del cristalino, **Edad estimada en relación al peso del cristalino, de acuerdo a la ecuación de Tiemeier, 1965: $100/\text{Edad (días)} + 69 = 3.032 \cdot 1.158 \log \text{P.S.C (mg)}$, *** C.R. = condición reproductora

CUADRO 4. 2 COMPARACIÓN DE LA EDAD, LA CONDICIÓN REPRODUCTORA Y LA FISURA OCCIPITAL DE MACHOS DE *L. CALIFORNICUS* EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMI.

FECHA	P.S.C* (mg)	EDAD ESTIMADA EN DÍAS **	EDAD ESTIMADA EN MESES	C.R ***	FISURA OCCIPITAL	PESO CORPORAL (g)	PESO PROMEDIO TESTÍCULOS (g)
14-Nov-96	25	2	0	I	IV	2100	2
16-Nov-96	69	42	1	I	IV	2300	2
14-Nov-96	70	43	1	I	IV	2200	3
22-Feb-97	79.5	51	2	II	IV	2250	4
20-Feb-97	91.5	62	2	A	IV	2800	7
14-Nov-96	107.5	78	3	A	IV	2550	1
22-Feb-97	108.5	79	3	A	IV	2300	7
22-Feb-97	125	97	3	A	IV	2350	6
17-Ago-97	155.5	133	4	A	IV	2200	5
25-Abr-97	172.5	157	5	II	IV	1900	4
23-Feb-97	183	174	6	II	IV	2100	4
21-Abr-97	189.5	184	6	A	III O IV	1900	6
27-Jun-97	199	201	7	A	IV	2000	7
27-Jun-97	206.5	216	7	A	IV	2100	8
27-Jun-97	206.5	216	7	A	-----	2000	6
28-Jun-97	207	217	7	A	IV	1900	6
15-Ago-97	207	217	7	A	III O IV	2100	8
20-Abr-97	216.5	236	8	A	IV	2200	6
22-Feb-97	218.5	241	8	II	IV	2100	5
12-Sep-96	250.5	324	11	A	IV	1750	4
28-Jun-97	259	352	12	A	IV	2100	6
26-Jun-97	277.5	424	14	A	IV	2000	7
12-Sep-96	283.5	452	15	A	IV	2300	6
22-Abr-97	297	524	17	A	IV	2200	7
10-Sep-96	303	562	18	A	IV	2600	6
10-Sep-96	303.5	565	19	A	IV	2200	5

*P.S.C = peso seco del cristalino, **edad estimada en relación al peso del cristalino, de acuerdo a la ecuación de tiemeier, 1965: $100/\text{edad (días)} + 69 = 3.032 \cdot 1.158 \log \text{p.s.c (mg)}$, *** C.R. = condición reproductora

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El peso seco del cristalino de hembras y machos se analizó por separado, para poder comparar los resultados de acuerdo a la condición reproductiva de cada organismo. En general, la estimación de la edad de *L. californicus* en la RBM de acuerdo a la ecuación de Tiemeier (1965), corresponde con lo descrito por Feldhamer (1971), quien se basa en los trabajos de Olson (1969) con la misma especie en el estado de Utah, y reúne a los organismos de acuerdo al peso del cristalino por meses. Los tres criterios para determinar la edad de las hembras, coinciden en el 86% de los casos. Se encontraron hembras de 7 a 16 meses de edad, con fisura occipital grado IV, lo cual corresponde a ejemplares adultos, que estaban preñadas, preñadas/lactando y lactando, lo que indica que comienzan a reproducirse durante su primer año de vida. Sin embargo, en algunos ejemplares no coincidieron los tres criterios para determinar la edad, ya que algunas hembras que por la fisura occipital correspondían a ejemplares adultos y además estaban lactando o preñadas; de acuerdo al peso del cristalino se calculó que tendrían entre 1 y 4 meses de edad. En el caso de los machos los tres criterios de la edad estimada de acuerdo al peso seco del cristalino, el peso promedio de los testículos y la fisura occipital, coincidieron solamente en un 73%. Esto puede deberse a varias razones; ya que en primer lugar el de la fisura occipital es derivado de un estudio realizado en *Sylvilagus*, pero no en *Lepus*; además, a pesar de que el método del peso seco del cristalino es muy confiable para determinar la edad de los individuos de la especie estudiada, el peso del cristalino pueden variar dependiendo del estado nutricional de los mismos (Dunn et al, 1982); y por último, durante el pico de la estación de reproducción, el peso de los testículos en machos adultos de liebres, presenta una elevada correlación con el corporal, pero puede disminuir a 1 o 2 gramos cuando no en individuos inactivos (Flux, 1981). Finalmente es necesario aclarar que no se colectaron cristalinos de todos los ejemplares de hembras y machos, por lo que el tamaño de la muestra para este análisis es menor a la metodología descrita para el estudio de la reproducción.

- BEDNARZ, J.C. AND J.A. COOK. 1984. Distribution and numbers of the white-sided jackrabbit (*Lepus callotis gaillardia*) in New Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 29(3):358-360.
- BEST, T. L. 1996. *Lepus californicus*. *Mammalian species*. 530:1-10.
- BEST, T. L. AND T. HILL H. 1993. *Lepus callotis*. *Mammalian species* 442:1-6.
- BOTHMA, J. DU P. AND J. G. TEER. 1977. Reproduction and productivity in South Texas cottontail rabbits. *Mammalia* 4(3): 253-281.
- BOYD, I. L. 1985. Effect of photoperiod and melatonin on testis development and regression in wild European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Biology of Reproduction* 33: 21-29.
- BOYD, I. L. 1986. Effect of daylength on the breeding season in male Rabbits. *Mammal Rev.* 16 (3/4):125-130.
- BROEKHUIZEN S. AND J. L. MULDER. 1983. Differences and similarities in nursing behaviour of hares and rabbits. *Acta Zool. Fennica* 174: 61-63.
- BRONSON, F. H. 1989. *Mammalian Reproductive Biology*. The University of Chicago Press, Chicago.
- BRONSON, F.H. AND O.W. TIEMEIER. 1958. Notes on crop damage by jackrabbits. *Trans. Kansas Acad. Sci.* 49: 455-456.
- BRONSON, F. H. AND O.W. TIEMEIER. 1959. The relationship of precipitation and black-tailed jack rabbit populations in Kansas. *Ecology* 40(2):194-198.
- BROWNING, H. C. 1973 The Evolutionary History of the Corpus Luteum. *Biology of reproduction*. 8:128-157.
- BUCKLAND, S.T. ANDERSON, D. R. BURNHAM, K. P. AND J.L. LAKE. 1993. *Distance Sampling: estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman & may. London, UK.
- CAILLOL, M. AND L. MARTINET. 1983. Mating periods and fertility in the doe hare (*Lepus europaeus*) bred n captivity. *Acta Zool. Fennica* 174: 65-68.
- CEBALLOS, G G. AND L C. GALINDO. 1984. *Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México*. Limusa, México.
- CERVANTES, F.A. 1993. *Lepus flavigularis*. *Mammalian Species*, 423:1-3.

- CHALLENGER, A. 1998. Utilización y Conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S.C. México.
- CHAPMAN, J.A., 1984. Latitude and gestation period in new world rabbits (Leporidae: *Sylvilagus and Romerolagus*). The American Naturalist. 124:442-445.
- CHAPMAN, J. A, A. L. HARMAN Y D. E. SAMUEL. 1977. Reproductive and physiological cycles in the cottontail complex in Western Maryland and nearby West Virginia. En: Wildlife Monographs. No. 56. Supplement to the Journal of Wildlife Management, 41(3):6-70.
- CHAPMAN, J.A., J.G. HOCKMAN AND W.R. EDWARDS. 1982. Cottontails (*Sylvilagus floridanus* and Allies). Pp. 83-123 in Wild Mammals of North America. (J.A. Chapman y G.A. Feldhamer, eds.) The Johns Hopkins University Press. Baltimore & Londres.
- CHERNEY, D.D., L.J.A. DIDIO AND P. MOTTA. 1975. The Development of Rabbit Ovarian Follicles Following Copulation Fertility and sterility 26(3):257-270.
- CLARK, D.O. 1975. Vertebrate pest control handbook. Calif. Dept. Of Food and Agric., Sacramento, California.
- CONNOLLY, G. E, M. L. DUDZINSKI AND W. M. LONGHURST. 1969. The eye lens as indicator of age in the black-tailed jack rabbit. Journal of Wildlife Management 33(1): 159-168.
- CONROY, M.J AND. J.D NICHOLS. 1996. Techniques for estimating abundance and species richness. Pp 177-234 in Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals. (Wilson, D. E; F. R, Cole; J.D., Nichols; R. Rudran y M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press. Washington and London.
- CORNET, A. 1988. Principales características climáticas. Pp.45-76 en Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la Biósfera de Mapimí, I. Ambiente Natural y Humano (Montaña, C. ed.) Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. 45-76 pp.
- CURRIE, P.O. AND GOODWIN, D.L. 1966. Consumptions of forage by black-tailed jackrabbits on salt desert ranges of Utah. J. Wildl Mange., 30: 304-311.

- DANIEL, A., J. HOLECHEK, R. VALDEZ, A. TEMBO, L. SAIWANA, M. FUSCO AND M. CARDENAS. 1993. Jackrabbit densities on faire and good condition Chihuahuan desert range. J. Range Managment. 46:524-528.
- DAVIS, C.A., MEDLIN, J.A. AND GRIFFING, J.P. 1975. Abundance of black-tailed jackrabbits, desert cottontail rabbits, and coyotes in southeastern New Mexico. New Mexico State Univ. Agric. Exp. Stn. Res. Rep. 293.
- DELIBES, M. Y J, CALDERON. 1979. Datos sobre la reproducción del conejo, *Oryctolagus cuniculus* (L.), en Doñana, S.O. de España, durante un año seco. Doñana, Acta Vertebrata, 6: 91-99.
- DELIBES, M., L. HERNÁNDEZ, Y F. HIRALDO. 1986. Datos preliminares sobre la ecología del coyote y gato montés en el sur del Desierto Chihuahuense, México. Historia Natural, 6: 77-82.
- DELIBES, M., L. HERNÁNDEZ, AND F. HIRALDO. 1989. Comparative food habits of three carnivores in Westermn Sierra Madre, Mexico. Z. Saugetierkunde, 54: 107-110.
- DELIBES, M. AND F. HIRALDO. 1987. Food habitats of the southern Chihuahuan desert. Southwestern naturalist 32: 457-461.
- DUNN, J.P., J.A. CHAPMAN AND R.E. MARSH. 1982. Jackrabbits (*Lepus californicus* and Allies). Pp: 146-163 en Wild Mammals of North America (J.A. Chapman y G.A. Feldhamer, eds.) The Johns Hopkins University Press. Baltimore & Londres.
- DUDZINSKI M. L. AND R. MYKYTOWYCZ. 1961. The eye lens as an indicador of age in tne wild rabbit in Australia. C.S.I.R.O. Wildlife Researc. 6(2): 156-159.
- EISENBERG, J.F. 1981. The mammalian radiations: an analysis of trends in evolution, adaptations, and behavior. Univ. Chicago Press, Chicago.
- FAGERSTONE, K.A.,G. K. LAVOIE AND R.E. GRIFFITH JR. 1980. Black-tailed jackrabbit diet and density on rangeland and near agricultural crops. Journal of range management. 33(3): 229-233.
- FATEHI, M. R. D. PIEPER AND R. F. BECK. 1988. Seasonal food habits of blacktailed jackrabbits (*Lepus californicus*) in southern New Mexico. 33(3):367-371.
- FLINDERS, J. T. AND R. M. HANSEN. 1973. Abundance and disperssion of leporids within a shortgrass ecosystem. Journal of Mammalogy, 54(1):287-291.

- FLUX J. E. C. 1965. Timing of the breeding season in the hare, *Lepus europeus* Pallas, and rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.). *Mammalia*. 29:557-562.
- FLUX J. E. C. 1981. Reproductive strategies in the genus *Lepus*. Pp. 155-174 in *Proceedings of the World Lagomorphs Conference*. (K Myres y C. C. MacInnes, eds.) University of Guelph. Ontario, Canadá.
- FLUX, J.E.,C. AND R. ANGERMANN. 1990. The Hares and Jackrabbits in Rabbits, hares and pikas. Status survey and Conservation plan. IUCN/SSC Lagomorph Specialist Group. Gland, Switzerland.
- FRANKLIN, H. H. BRONSON AND W. TIEMEIER. 1959. The relationship of precipitation and black-tailed jack rabbit populations. *Ecology*. 40(2): 194-198.
- FRENCH, N.R, R.MCBRIDE AND J. DETMER. 1965. Fertility and population density of the black-tailed jackrabbit. *Journal of Wildlife Management*, 29:14-26.
- FRYLESTAM, B. AND T. VON SCHANTZ. 1977. Age determination of European hares based on periosteal growth lines. *Mammalian Review*. 7(3): 151-154.
- GARCÍA-ARÉVALO, A. 2002. Vascular plants of the Mapimí Biosphere Reserve, México: a checklist. *BRIT.ORG/SIDA* 20(2).797-807.
- GONZÁLEZ-MARISCAL, G. AND J. S. ROSENBLATT. 1996. Maternal Behavior in Rabbits: A historical and Multidisciplinary Perspective. *Advances in the study behavior*. 25: 333-360.
- GROSS, J.E, STODDART, L.C. AND WAGNER, F.H. 1974. Demographic analysis of northern Utah population. *Wildl. Monogr.*, 40:1-68.
- GUTIÉRREZ, C. L. RANGEL Y A. LASSALA. 2006. Pubertad, ciclo estral y estacionalidad. Pp. 85-116 en *Reproducción de animales domésticos*. (C. Galina y J. Valencia, comps.). 2ª ed. Limusa, México.
- HAFEZ, E.S.E. 1989. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. 5a. ed. México: Interamericana, 649 pp.
- HALL, E.R.1981. *The Mammals of North America*. 2nd ed. Volumen 1 y 2. John Wiley & Sons, New York.
- HALFFTER, G., P. REYES-CASTILLO, M. E. MAURY, S. GALLINA Y E. EZCURRA. 1980. La conservación del germoplasma: Soluciones en México. *Folia Entomológica Mexicana* 46:29-64.

- HANSEN, R.M. AND FLINDERS, J.T. 1969. Food habits of North American hares. Range Sci. Dep. Sci. Ser. 1. Colorado State Univ., Fort Collins. 17 pp.
- HASKELL, H. S. AND H. G. REYNOLDS. 1947. Growth, Developmental food requirements, and breeding activity of the California jack rabbit. Journal of Mammalogy. 28(2): 129-136.
- HEGDAL, P. L. 1966. Jackrabbit damage in the western United States . Supp. Rep. F-42.2. Denver Wildl. Res. Center, Jackrabbit Res. Stn., Idaho.
- HERNÁNDEZ, L., AND M. DELIBES. 1994. Seasonal food habits of coyotes, *Canis latrans*, in the Bolson de Mapimí, Southern Chihuahuan Desert, Mexico. Z. Säugetierkunde 59: 82-86.
- HERNÁNDEZ, L., R.R. PARMENTER, J. W. DEWITT, D.C. LIGHTFOOT AND J. W. LAUNDRÉ. 2002. Coyote diets in the Chihuahuan Desert, more evidence for optimal foraging. Journal of Arid Environments 51: 613-624.
- HEWSON, 1989. Grazing preferences of mountain hares on heather moorland and hill pastures. Journal of Applied Ecology 26, 1-11-
- HILLIARD, J. 1973. Corpus luteum function in guinea pigs, hamsters, rats, mice and rabbits. Biology of reproduction 8:203-224.
- HOAGLAND, D. B. 1992. Feeding ecology of an insular population of the black-tailed jackrabbit (*Lepus californicus*) in the gulf of California. The Southwestern Naturalist 37(3): 280-286.
- HOFFMEISTER, D. F. AND E. G. ZIMMERMAN. 1967. Growth of the skull in the cottontail (*Sylvilagus floridanus*) and its application to age-determination. The American Midland Naturalist 78:198-206.
- JUÁREZ-MOSQUEDA, M.L. Y J. VALENCIA. 2006. Transporte de gametos y fertilización. Pp. 127-152 en Reproducción de animales domésticos. (C. Galina y J. Valencia, comps.). 2^a ed. Limusa, México.
- JHONSON, R. D. AND J. E ANDERSON. 1984. Diets of black-tailed jack rabbits in relation to population density and vegetation. Journal of Range Management. 37(1): 79-83.
- KAUS, A. 1993. Environmental perceptions and social relations in the Mapimí Biosphere Reserve. Conservation Biology. 7(2):398-406.

- KEITH, LL. B. AND J. R. CARY. 1979. Eye lens weights from free-living adult snowshoe hares of known age. *J. Wildl. Manage.* 43(4):1979.
- KREBS, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, Publishers, New York.
- KREBS, C.J., BOUTIN, S., BOONSTRA, R., SINCLAIR, A.R.E., SMITH, J.N.M., DALE, M.R.T., MARTIN, K. AND TURKINGTON, R. 1995. Impact of food and predation on the snowshoe hare cycle. *Science*, 269: 1112-1115.
- KOVACS, G. Y M. OCSÉNYI. 1981. Age structure and survival of a European hare population determined by periosteal growth lines. Preliminary study. *Acta Oecológica. OEcolog. Applic.* 2(3): 241-245.
- LECHLEITNER, R. R. 1959. Sex, ratio, age classes and reproduction of the black-tailed jack rabbit. *Journal of Mammalogy*, 40:63-81.
- LORD, R. D. 1959. The lens as an indicator of age in cottontail rabbits. *Journal of Wildlife Management*. 23(3): 358-360.
- MACDONALD, D.W., G. MACE AND S. RUSHTON. 1998. Proposals for future monitoring of British mammals. Department of the Environment, Transport and the Regions & Joint Nature Conservation Committee. London.
- MANDUJANO, S. 1994. Conceptos generales del método de conteo de animales en transectos, *CIENCIA*, 45, 203-211.
- MANDUJANO, M.C, C. MONTAÑA AND L.E. EGUIARTE. 1996. Reproductive Ecology and inbreeding depression in *Opuntia rastrera* (Cactacea) in the Chihuahuan desert: why are sexually derived recruitments so rare?. *American Journal of Botany* 83(1): 63-70.
- MARCINKIEWICZ, J.L., E.S. MOY AND J.M. BAHR. 1992. Change in responsiveness of rabbit corpus luteum to prostaglandin F-2 α during pregnancy and pseudopregnancy. *Journal of Reproduction and Fertility*. 94:305-310.
- MARÍN, A. I. 2000. Elección del uso de hábitat de la liebre cola negra, *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí: posibles implicaciones de la depredación. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. Estado de México.
- MARÍN, A. I. L. HERNÁNDEZ AND J. W. LAUNDRÉ. 2003. Predation risk and food quantity in the selection of habitat by black-tailed jackrabbit (*Lepus californicus*): an optimal foraging approach. *Journal of Arid Environments* 55:101-110.

- MARTINET, L. AND Y. DEMARNE. 1984. Nursing behaviour and lactation in the brown hare (*Lepus europaeus*) raised in captivity. *Acta Zool. Fennica* 171: 187-190.
- MARTINET, L. R., ORTAVANT AND M. COUROT. 1984. Seasonal breeding: changes in gonadal activity, *Acta Zool. Fennica* 171: 157-163.
- MARTÍNEZ A. J. AND J. LÓPEZ-PORTILLO. 2003. Growth and Architecture of small honey mesquites under jackrabbbit browsing: overcoming the disadvantage of being eaten. *Annals of Botany* 92: 365-375.4
- MILLAR, J. S. 1977. Adaptative features of mammalian reproduction. *Evolution*, 31:370-386.
- MONTAÑA, C. 1988. Las formaciones vegetales. Pp. 167-197 in Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la Biósfera de Mapimí, I. Ambiente Natural y Humano. (Montaña, C. Ed.). Instituto de Ecología, A. C. México, D. F.
- PALACIOS, F. Y J. FERNÁNDEZ. 1992. A new subspecies of hare from Majorca (Balearic Islands). *Mammalia*. 56:71-85.
- PARMENTER, R. T. L. YATES, D. R. ANDERSON, K. P. BURAHAM, J. L. DUNNUM, A. B. FRANKLIN, M. T. FRIGGENS, B. C. LUBOW, M. MILLER, G. S. OLSON, CH. A. PARMENTER, J. POLLARD, E. RESTAD, T. M. SHENK, TH. R. STANLEY AND G. C. WHITE. 2003. Small-mammal density estimation: a field comparison of grid-based vs. Web-based density estimators. *Ecological Monographs*. 73(1): 1-26.
- PEPIN, D. 1989. Variation in survival of brown hare (*Lepus europaeus*) leverets from different farmland areas in the Paris basin, *Journal of Applied Ecology* 26: 13-23.
- PEVET, P. 1987. Environmental control of the annual reproductive cycle in mammals: role of the pineal gland. *Comparative physiology of environmental adaptations* 3: 82-100.
- PORTALES-BETANCOURT, G. L. 1996. Estudio histológico comparado del ovario y la vagina del conejo *Sylvilagus floridanus* y de las liebres *Lepus callotis* y *Lepus flavigularis* (Mammalian: lagomorpha). Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A.M. México, D. F.

- PLUMPTRE, A. 2000. Monitoring mammal populations with line transect techniques in African forest. *Journal of Applied Ecology* 37:356-368.
- RABINOVICH, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental. México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. Y C. MÜDESPACHER. 1987. estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos de México. *Ciencia*. 38:49-67.
- RODRIGUEZ-VILLENEUVE, J.A. 2001. Densidad de la liebre cola negra *Lepus californicus* (Lagomorpha: Leporidae) y su relación con los cultivos agrícolas del valle de Santo Domingo, Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- ROGOWITZ, G.L. 1992. Reproduction of white-tailed jackrabbits on semi-arid range. *Journal of Wildlife Management* 56(4): 676-684.
- ROWLANDS, I.W. Y B. J. WEIRE. 1984. Mammals: Non primate Eutherians. En: Marshall's physiology of reproduction, Cap. 7. Vol. 1, Reproductive cycles of vertebrates (G. E. Lomming ed) 4ª ed. New York. Churchill, Livingstone. pp 495-500.
- SADLEIR, R.M.F.S. 1984. Ecological consequences of lactation. *Acta Zool. Fennica* 171: 179-182.
- SMITH, G. AND N. C. NYDEGGER. 1985. A spotlight line-transect method for surveying jack rabbits. *Journal of Wildlife Management*. 49(3): 699-702.
- SORIGUER, R. C. Y F. PALACIOS. 1996. Los lagomorfos Ibéricos: Liebres y conejos. Curso de gestión y ordenación cinegética. Colegio oficial de biólogos. Junta de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente. Granada.
- STAVY, M AND J. TERKEL. 1984. Plasma testosterone and estradiol levels during pregnancy in the hare (*Lepus capensis syriacus*). *Acta Zool. Fennica* 171:169-171.
- SUCHENTRUNK, R. W. AND G. B. HARTL. 1991. On eye lens weights other age criteria of the Brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). *Z. Säugetierkunde* 56:365-374.

- THOMAS, L. S. T. BUCKLAND, K. P. BURNHAM, D. R. ANDERSON, J. L. LAAKE, D. L. BORCHERS AND S. STRINDBERG. 2002. Distance sampling, Pp.544-552 in Enciclopedia of environments (EL-Shaarawi, A. and W. W. Piegorsch eds.). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- THOMAS, L., LAAKE, J. L., BUCKLAND, S.T., BORCHERS, D.L., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., STRINDBERG, S., MARQUES, F.C., BISHOP, J.R.B., HEDLEY, S.L., AND POLLARD, J.H. 1998. Distance 4.1 Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>.
- VAN TIENHOVEN, A. 1983. Reproductive Physiology of Vertebrates. 2ª ed. Cornell University Press. London. 491 p.
- VAUGHAN, T. A. 1978. Mammalogy. 2ª ed. Saunders Company. U.S.A.
- VELA, C. P., E. L. VELA C. Y C. PÉREZ G. 1981. Impacto de roedores y lagomorfos en los agostaderos del Norte de México. Serie Técnico-científica. Vol. 11. Nº 2. Dirección General Zona Norte. Depto. Manejo de Pastizales. Rancho Experimental La Campana-INIP-SARH.
- VORHIES, C. J. AND TAYLOR, W.P. 1933. The life histories and ecology of the jackrabbits *Lepus alleni* and *Lepus californicus* in relation to grazing in Arizona. Univ. Arizona Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 49:1-117.
- WALTER, S. A. J. NOVARO Y J. D. NICHOLS. 2000. Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. Mastozoología Neotropical. 7(2):73-80.
- WALLAGE-DREES, J.M. 1983. Effects of food on onset of breeding in rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in sand dune habitat. Acta Zool. Fennica 174: 57-59.
- WINDBERG, A. L., S. M. EBBERT AND B. T. KELLY. 1997. Population characteristics of coyotes (*Canis latrans*) in the Northern Chihuahuan Desert of New México. American Midland Naturalist. 138:197-207.
- YAMADA, F. SHIRAIISHI, S. AND UCHIDA, TA. 1988. Parturition and nursing behaviours of the japanese hare, *Lepus brachyurus brachyurus*. J. Mamm. Soc. Japan 13(1): 59-68.

- YAMADA, F. SHIRAISHI, S. TANIGUCHI, A. MORI, T. AND UCHIDA, TA. 1989. Follicular growth and timing of ovulation after coitus in the japanese hare, *Lepus brachyurus brachyurus*. J. Mamm. Soc. Japan 14(1): 1-9.

“Es una cuestión de disciplina, me decía más tarde el principito. Cuando por la mañana termina uno de acicalarse, hay que acicalar también cuidadosamente el planeta. Hay que dedicarse regularmente a arrancar los baobabs. cuando se les distingue de los rosales a los cuales se parecen mucho cuando son pequeñitos. Es un trabajo muy fastidioso pero muy fácil”...

REPRODUCTION OF BLACK-TAILED JACKRABBITS (LAGOMORPHA:
LEPUS CALIFORNICUS) IN RELATION TO ENVIRONMENTAL FACTORS
IN THE CHIHUAHUAN DESERT, MEXICO

GLORIA L. PORTALES, LUCINA HERNÁNDEZ,* FERNANDO A. CERVANTES, AND
JOHN W. LAUNDRE

*Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Nacional Autónoma de México,
Apartado Postal 70-153, 04510 México, México D.F. (GLP, FAC)*

*Instituto de Ecología, Asociación Civil Centro Regional Durango, Apartado Postal 632, 34000 Durango,
Durango, México (L.H., JWL)*

Present address of GLP: Instituto Nacional de Ecología, Periferico Sur #5000, 2° piso, Coyocan, 04530, México D.F.

**Correspondent: lucina@faua.unam.mx*

ABSTRACT—Climate elements can influence reproduction of mammals. In temperate zones, reproduction often is related to favorable environmental factors, such as spring and rainy seasons, which correspond to availability of food. The goal of this study was to describe the reproductive cycle of the black-tailed jackrabbit, *Lepus californicus*, with regards to temperature, rainfall, evaporation, and photoperiod in the Mapimi Biosphere Reserve in the central Chihuahuan Desert, Durango, Mexico. If the onset of breeding correlates with these environmental factors, we predicted that mating should be related to total rainfall. To test this prediction, we collected 39 females and 36 males between July 1996 and November 1997 and measured and recorded reproductive condition. Weights of ovaries in females were correlated with increases in photoperiod, evaporation, rainfall, and mean monthly temperature. Increases in male testicular weight were correlated with increasing photoperiod only. We concluded that differences in responses of males and females were related to differing reproductive strategies. Females experience higher reproductive costs and probably respond to a more complex set of environmental cues to increase their reproductive success.

RESUMEN—Los elementos del clima influyen en la reproducción de los mamíferos. En zonas templadas la reproducción a menudo está vinculada a factores ambientales favorables, como las épocas primaverales y de lluvias, las cuales corresponden con la disponibilidad de alimento. El objetivo de este trabajo fue describir el ciclo reproductivo de la liebre de cola negra, *Lepus californicus*, en relación con la temperatura, la precipitación, la evaporación y el fotoperíodo, en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, en el desierto Chihuahuense, en Durango, México. Si el inicio de la época reproductora se correlaciona con los factores ambientales, entonces predcimos que el apareamiento estará relacionado con la lluvia total. Para probar esta predicción, entre julio de 1996 y noviembre de 1997 colectamos 39 hembras y 36 machos y medimos y registramos su condición reproductora. En las hembras, los pesos de los ovarios se correlacionaron con el incremento del fotoperíodo, la evaporación, la precipitación y la temperatura media mensual. En el caso de los machos, los incrementos del peso testicular estuvieron correlacionados solamente con el incremento del fotoperíodo. Concluimos que las diferencias en las respuestas entre machos y hembras estuvieron relacionadas con las diferentes estrategias reproductivas. Para las hembras, el costo reproductivo es mayor, por lo que responden a una serie más compleja de claves medioambientales para aumentar su éxito reproductivo.

In northern temperate zones, increases in photoperiod and temperature are synchronized with the seasonal cycles of increased rainfall and, correspondingly, food availability (Rabinovich, 1980; Pévet, 1987). These envi-

ronmental factors have an important role in regulating gonadal activity in lagomorphs because of direct ties to reproductive success (Flux, 1981; Martinet et al., 1984). For example, female *Lepus timidus* consume large

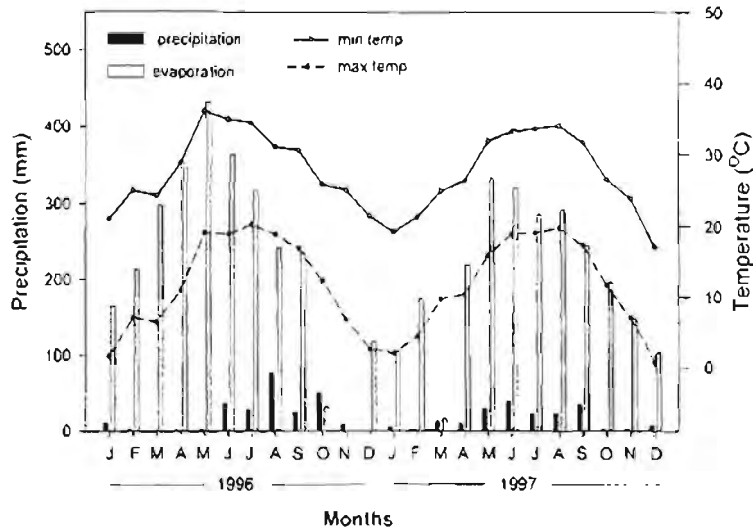


FIG. 1.—Monthly weather parameters for the Mapimi Biosphere Reserve, Durango, Mexico, showing values of precipitation, evaporation, and maximum and minimum temperature during 1996 and 1997.

amounts of grasses during gestation and lactation because of high energy demands, especially for lactation (Mullar, 1977; Sadler, 1984; Hewson, 1989). Thus, synchronizing the time of lactation with high food availability has definite reproductive advantages. Correspondingly, in male rabbits, seasonal patterns of testicular development and regression relate to photoperiod and correlate at the same time with the initiation and decline of female reproductive activity (Boyd, 1985). However, in arid zones, photoperiod does not correlate as closely with optimal environmental conditions for offspring, owing mainly to greater phenometric variability (Rabinovich, 1980; Flux, 1981). In arid areas, the black-tailed jackrabbit (*Lepus californicus*) is common and is able to breed almost all year, producing 3 to 6 litters per year of 2 to 6 young per litter (Vorhies and Taylor, 1933; Haskell and Reynolds, 1947; Lechleitner, 1959; Feldhamer, 1979; Best, 1996). However, peaks in numbers of pregnant females and in litter sizes normally occur just before the rainy season, the period of maximum food availability (mainly grasses).

The timing of reproduction varies geographically and with regional weather patterns. In southern Texas, peak reproduction of cottontail rabbits (*Sylvilagus floridanus*) is during January to April; this period coincides with the

greatest availability of plants, which in turn is determined mainly by increased temperature and precipitation (Bothma and Teer, 1977). In Arizona and New Mexico, there are 2 major annual reproductive seasons correlated with the 2 rainy seasons in summer and winter (Vorhies and Taylor, 1933; Davis et al., 1975). In California, breeding of black-tailed jackrabbits peaks after the end of the winter rainfall season (Lechleitner, 1959).

Although reproductive patterns of the black-tailed jackrabbit have been described for much of its range in the United States, this species also occurs in central Mexico (Hall, 1981). In this rather extensive region, primarily the Chihuahuan Desert, little is known of reproductive patterns in black-tailed jackrabbits except for data from Durango, Mexico, indicating the presence of pregnant and lactating females in July (Baker and Greer, 1962). Because of the paucity of data from Mexico, we wanted to describe annual reproductive patterns of black-tailed jackrabbits in the Mapimi Biosphere Reserve (MBR), which is located in the middle of the Chihuahuan Desert. Based on studies conducted in the United States, we predicted that peaks in reproduction would coincide with precipitation patterns prevalent for the MBR. However, we could not assume similar responses to the more extreme environmental condi-

TABLE 1.—Percent of animals reproductively active during the sample months of 1996 and 1997 on the Mapimi Biosphere Reserve, Durango, Mexico. For females, we distinguished among individuals that were pregnant only (P), pregnant and lactating (P/L), lactating only (L), and inactive (I).

Month	Reproductive activity (%)			
	Males	<i>n</i>	Females	<i>n</i>
July 1996	100	6	100 P	4
September	100	4	28.5 P, 28.5 P/L, 43 I	7
November	25	4	100 L	5
February 1997	50	6	100 I	4
April	75	4	67 P, 17 P/L, 17 L	6
June	100	7	33 P, 67 P/L	3
August	100	2	25 P, 23.5 L, 62.5 P/L	8
November	0	3	50 L, 50 I	2

tions in the Mexican part of the range of this species. Thus, the second goal of this study was to test the prediction that the peak in reproduction in black-tailed jackrabbits in the MBR was related to precipitation patterns. We tested this prediction by examining the correlation of gonadal weight, as an indicator of reproductive activity, to precipitation, mean temperature, maximum temperature, minimum temperature, photoperiod, and evaporation.

METHODS—We conducted this study in the Mapimi Biosphere Reserve in the central Chihuahuan Desert in Durango, Mexico (26°40'N, 103°40'W). Elevation ranges from 1,000 to 1,480 m (García-Arévalo, 2002). Average rainfall is 264 mm; 71% of the annual total occurs in summer, from June to September. Generally, there is a rainfall gradient from the northwest to the southeast in the MBR, with a large degree of annual variation. The mean temperature of the coldest month (January) is 11.8°C. Summers are warm, with mean temperatures varying from 24°C in September to 28°C in June (Corner, 1988). Vegetation in MBR consists primarily of creosote (*Larrea tridentata*), honey mesquite (*Prosopis glandulosa*), tobosa grass (*Hilaria mutica*), and cacti (*Opuntia basilaris*) (Montaña, 1988). In the Chihuahuan Desert, the diet of black-tailed jackrabbits consists primarily of grasses and forbs (Peña Neri, 1977; Fathei, 1986; Daniel et al., 1993). In Mapimi, jackrabbits have been observed eating cacti, creosote, honey mesquite, and verdolaga (*Portulaca oleracea*) by one of us (GLP) and by Mandujano (1995).

We obtained the following data from the daily records taken in the MBR: mean, maximum, and minimum temperatures; monthly pluviometry; evaporation; and monthly photoperiod between January 1996 through December 1997. We calculated values of photoperiod with the Weatherbmk 4 program

(version 4.04, Davis Instrument, Hayward, California, 1999), using geographic coordinates at the MBR.

To describe the annual reproductive pattern in jackrabbits, we collected specimens every 2 months over the 18 months of the study. We selected and shot animals opportunistically with a 0.22-caliber rifle and, because sexes were indistinguishable, we assumed there would be no bias in our collection. Because the study area is a Biosphere Reserve, it was possible to collect only a limited number of specimens per sample. Upon collection, we first classified reproductive activity based on the appearance of external genitalia in males, presence of mammary glands in females, and morphological analyses of gonads. Later, we classified animals as juveniles or adults according to the presence or absence of occipital-supraoccipital sutures (Hoffmeister and Zimmerman, 1967). In the laboratory, we dissected the reproductive organs, weighed them, and fixed them in Carnoy's reagent (Lechleitner, 1959; Bancroft and Stevens, 1977). Ovaries were examined for presence of Graafian follicles and corpora lutea.

We classified males as reproductively active or inactive based on the position of testes. Based on the appearance of uteri and mammary glands, we classified females as inactive (juveniles and adults) or active. Inactive females bore neither embryos nor developed mammary glands. Included in this category were juveniles with straight uteri lacking grooves; grooves form as a consequence of the involution of uteri after parturition. We placed active females in 3 categories: pregnant, lactating/pregnant, and lactating only. In the case of pregnant females, we noted the number of young or reabsorbed embryos and their positions in the uterine horns. When a female had well developed embryos and mammary glands, she was considered near parturition. In contrast, females with developed mammary glands lacking embryos were considered as lactating

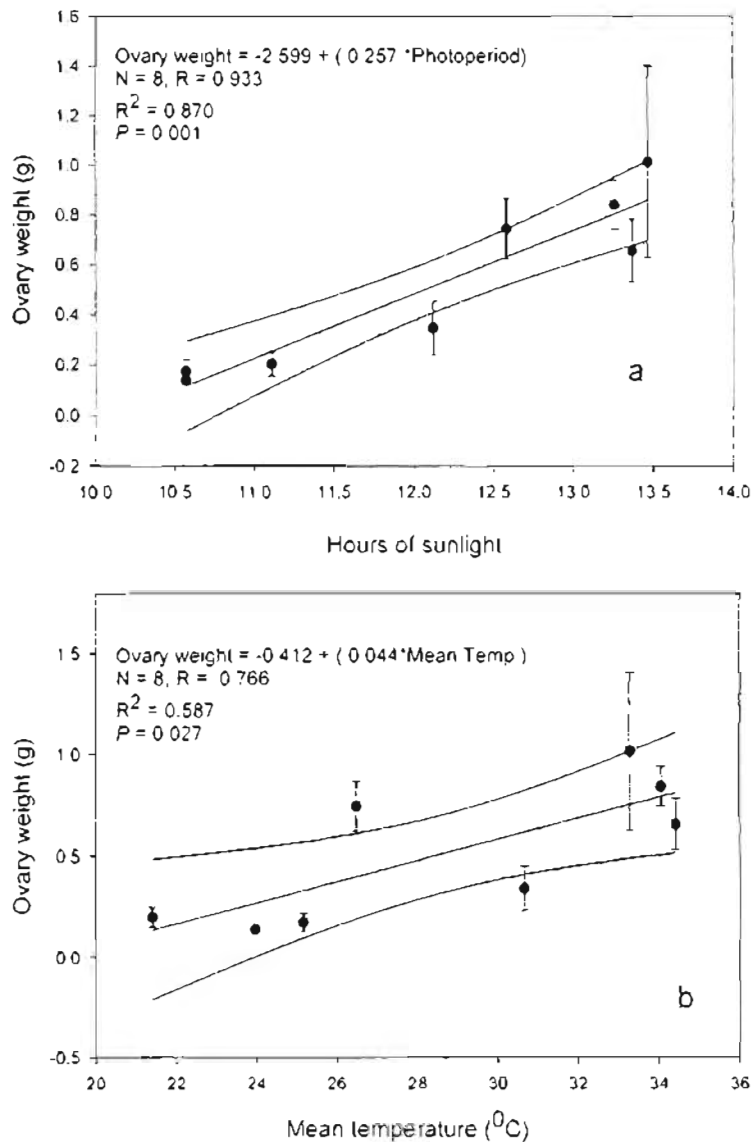


FIG. 2.—Regression of mean ovary weight with photoperiod (a) and mean temperature (b) for black-tailed jackrabbits collected on the Mapimí Biosphere Reserve, Durango, Mexico, during 1996 and 1997.

females with litters born no more than 1 month before collection, because young are nursed only for 3 to 4 weeks (Martinet and Demarne, 1984). Gravid females without developed mammary glands were experiencing a first pregnancy or the first pregnancy of the season.

To test for an association between variability of weights of gonads with rainfall, mean temperature, maximum mean temperature, minimum mean temperature, evaporation, and photoperiod, we con-

ducted a multiple correlation using Spearman's coefficient. We used simple linear regressions to obtain predictive equations for the significant relationships found in the multiple correlation. We used Sigma Stat software (version 2, Jandel Corporation, San Rafael, California). Means are \pm SE, and significance levels were $P = 0.05$.

RESULTS—During 1996, the lowest monthly mean temperature was in January (11°C) and

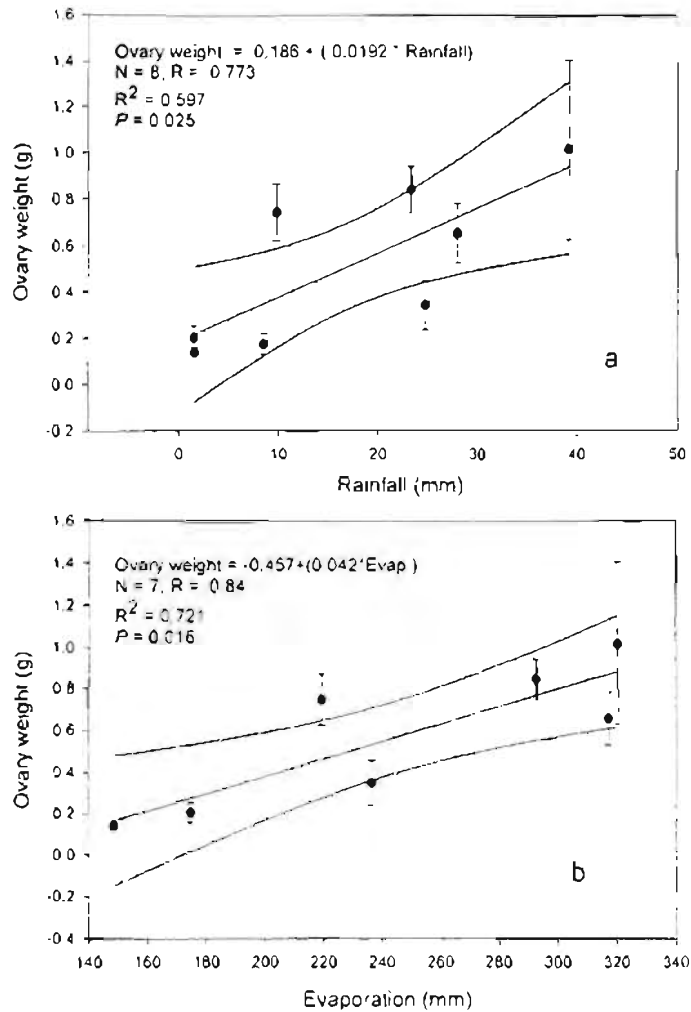


FIG. 3.—Regression of mean ovary weight with rainfall (a) and evaporation (b) for black-tailed jackrabbits collected on the Mapimi Biosphere Reserve, Durango, Mexico, during 1996 and 1997. There was 1 less sample point for evaporation because it was not measured in November 1996.

the highest was in May (28°C). In 1997, the lowest mean temperature was in December (8°C) and the highest in August (27°C). Total rainfall and evaporation for 1996 were 238.4 mm and 2,766 mm, respectively. The rainfall season in 1996 was from June to October, with maximum precipitation (76 mm) in August. The total rainfall and evaporation for 1997 were 205.4 mm and 2,443 mm, respectively, and the rainy season was from May to September, with maximum rainfall (39 mm) in June. In 1996, maximum values of evaporation were

from April to July, with the greatest evaporation during May (431 mm). In 1997, the maximum values were from May to August, with maximum evaporation again during May (333 mm) (Fig. 1). Variation in photoperiod during this study was from 10.3 to 13.5 h.

We collected 39 females (2 juveniles and 37 adults) and 36 males (all adults) from July 1996 to November 1997. All of the females were pregnant in July 1996; in September, 57% were pregnant and pregnant/lactating, and 43% (5 adults and 2 juveniles) were inactive

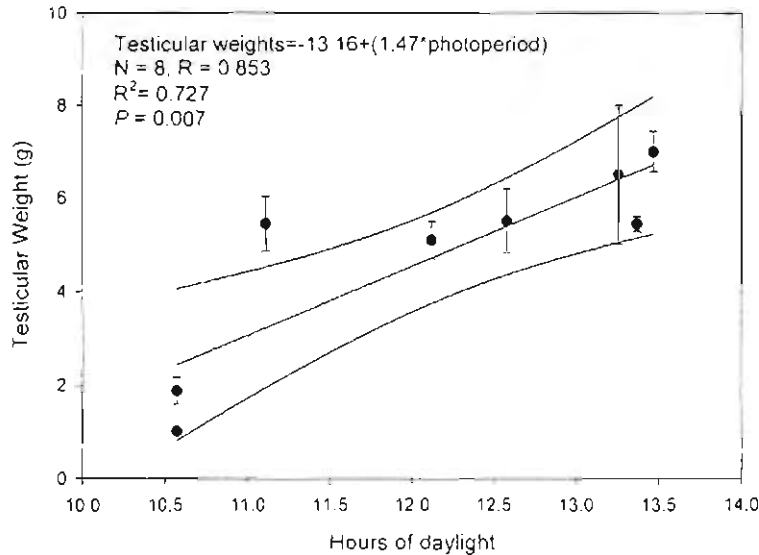


FIG. 4—Regression of mean testicle weight with photoperiod for black-tailed jackrabbits collected on the Mapiimi Biosphere Reserve, Durango, Mexico, during 1996 and 1997.

In November 1996, all females were lactating. All adult females were inactive in February 1997, all were reproductively active (pregnant or pregnant/lactating) from April to August, and 50% were lactating and 50% were inactive in November. Of the observed embryos, the mean litter size was 2.2, with a range of 1 to 4. We found 50 embryos in 23 pregnant females and recorded 1 reabsorption. Males demonstrated reduced reproductive activity (25%) in November 1996, but in November 1997, we did not find any reproductively active males (Table 1).

Ovarian weights were correlated significantly with photoperiod ($R^2 = 0.87$, $P = 0.001$), mean temperature ($R^2 = 0.59$, $P = 0.027$), rainfall ($R^2 = 0.60$, $P = 0.025$), and evaporation ($R^2 = 0.67$, $P = 0.015$) (Fig. 2 and 3). For males, the Spearman's coefficient was significant only for photoperiod ($R^2 = 0.72$, $P < 0.01$) (Fig. 4). There were no significant relationships between testicular weights and temperature ($P = 0.12$), rainfall ($P = 0.08$), or evaporation ($P = 0.06$).

DISCUSSION—From June to August, the rainy season in MBR, all adult females were pregnant or lactating/pregnant. Thus, the births are occurring when food supplies are most

abundant for females and their young (Mullar, 1977; Sadleir, 1984). Our results concur with those from other studies from more northern parts of the distribution of *L. californicus*.

In MBR, onset of the breeding season for jackrabbits is related to increasing photoperiod. However, reproductive activity for females also was related to temperature, rainfall, and evaporation, whereas males only responded to photoperiod. We suggest that differences in responses of males and females might be related to differing reproductive strategies. Females experience higher reproductive costs and likely respond to a more complex set of environmental cues, possibly to increase reproductive success. This reliance on other environmental cues by females is likely an adaptive strategy resulting from the high variability in precipitation and plant productivity in this area (Flux, 1965; Bronson, 1989). Given this variability, it would be counterproductive to maintain the same level of reproductive output across years. Such a strategy would endanger the survival of females and their offspring in years of low food supply. Males, on the other hand, have lower reproductive costs and can be sexually active regardless of seasonal productivity.

In conclusion, we found that black-tailed jackrabbits in the MBR have similar annual re-

productive patterns as in more northern areas. Photoperiod is the proximate cue for the start of reproductive activity. However, females might require multiple cues to better respond to the high annual variability in plant productivity.

This study was funded by Mapimi Long Term Ecological Research program of the Institute of Ecology, A.C. (CONACYT grant 1843P-N9507 to L. Hecóñdez). CONACYT awarded a scholarship to G. Portales (118253). Thanks to A. González-Romero, A. Sánchez-Marín, and J. P. Ramírez for help in the field.

LITERATURE CITED

- BAKER, R. H., AND J. K. GREER. 1962. Mammals of the Mexican State of Durango. Publications of the Museum of Michigan State University Biological Series 2:25–154.
- BANCROFT, J. D., AND A. STEVENS. 1977. Theory and practice of histological techniques. Churchill Livingstone, London, United Kingdom.
- BEST, T. L. 1996. *Lepus californicus*. Mammalian Species 530:1–10.
- BOTHWA, J. DU P., AND J. G. TEER. 1977. Reproduction and productivity in South Texas cottontail rabbits. *Mammalia* 4:253–281.
- BOND, I. L. 1985. Effect of photoperiod and melatonin on testis development and regression in wild European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Biology of Reproduction* 33:21–29.
- BROXSON, F. H. 1989. Mammalian reproductive biology. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- CORNET, A. 1988. Principales características climáticas. In: Montaña, C., editor. Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la Biosfera de Mapimi. I. Ambiente Natural y Humano. Instituto de Ecología, Asociación Civil México, D.F. Pp. 45–76.
- DANIEL, A., J. HOLICHEK, R. VALDEZ, A. TEMBO, L. SAIWANA, M. FUSCO, AND M. CARDENAS. 1993. Range condition influences on the Chihuahuan Desert cattle and jackrabbit diets. *Journal of Range Management* 46:296–301.
- DAVIS, C. A., J. A. MEDLIN, AND J. P. GRIFFING. 1975. Abundance of black-tailed jackrabbits, desert cottontail rabbits and coyotes in southeastern New Mexico. New Mexico State University Agricultural Experimental Station Research Report 293:55–63.
- FATHALLI, M. 1986. Comparative seasonal food habits of black-tailed jackrabbit diet and density on rangeland and near agricultural crops. *Journal of Range Management* 33:229–233.
- FELDMAMER, G. A. 1979. Age, sex ratios, and reproductive potential in black-tailed jackrabbits. *Mammalia* 43:473–478.
- FLUX, J. E. C. 1965. Timing of the breeding season in the hare *Lepus europaeus* Pallas, and rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.). *Mammalia* 29:557–562.
- FLUX, J. E. C. 1981. Reproductive strategies in the genus *Lepus*. In: Myres, K., and C. C. MacLones, editors. Proceedings of the World Lagomorphs Conference. University of Guelph, Ontario, Canada. Pp. 155–174.
- GARCÍA-ARÍVALO, A. 2002. Vascular plants of Mapimi Biosphere Reserve, México: a checklist. *SIDA* 20: 797–807.
- HALL, E. R. 1981. The mammals of North America, volume 1, second edition. Wiley Interscience Publications, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- HASKELL, H. S., AND G. C. REYNOLDS. 1947. Growth, developmental food requirements, and breeding activity of the California jackrabbit. *Journal of Mammalogy* 28:129–136.
- HEWSON, R. 1989. Grazing preferences of mountain hares of heather moorland and hill pastures. *Journal of Applied Ecology* 26:1–11.
- HOFFMILSTER, D. F., AND E. G. ZIMMERMAN. 1967. Growth of the skull in the cottontail (*Sylvilagus floridanus*) and its application to age-determination. *American Midland Naturalist* 78:198–206.
- LEIGHTNER, R. R. 1959. Sex ratio, age classes and reproduction of the black-tailed jack rabbit. *Journal of Mammalogy* 40:63–81.
- MANDUJANO, M. C. 1995. Establecimiento por semilla y propagación vegetativa de *Opuntia robusta* en 2 ambientes contrastantes en la Reserva de la Biosfera de Mapimi, Durango. Unpublished Ph.D. dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City.
- MARTINET, L., AND Y. DEMARNE. 1984. Nursing behavior and lactation in the brown hare (*Lepus europaeus*) raised in captivity. *Acta Zoologica Fennica* 171:187–190.
- MARTINET, L., R. ORTAVANT, AND M. COURROT. 1984. Seasonal breeding: changes in gonadal activity. *Acta Zoologica Fennica* 171:157–163.
- MONTAÑA, C. 1988. Las formaciones vegetales. In: Montaña, C., editor. Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la Biosfera de Mapimi. I. Ambiente Natural y Humano. Instituto de Ecología, Asociación Civil México, D.F. Pp. 167–197.
- MULLER, J. S. 1977. Adaptive features of mammalian reproduction. *Evolution* 31:370–386.
- PEÑA NERI, J. M. 1977. Comparación de la composición botánica de la dieta de la liebre de cola negra (*Lepus californicus*) y el ganado vacuno en un pastizal mediano con arbustivas. *Pastizales RELC-INIP-SARH* 8:1–10.
- PÉVET, P. 1987. Environmental control of the annual reproductive cycle in mammals: role of the pi-

- neal gland. *Comparative Physiology of Environmental Adaptations* 3:82–100.
- RABINOVICH, J. E. 1980. *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. Compañía Editorial Continental, México.
- SADLER, R. M. F. S. 1984. Ecological consequences of lactation. *Acta Zoologica Fennica* 171:179–182.
- VORHIES, C. J., AND W. P. TAYLOR. 1933. The life histories and ecology of the jackrabbits *Lepus alleni* and *Lepus californicus* in relation to grazing in Arizona. University of Arizona Agricultural Experimental Station Technical Bulletin 49:1–117.

Submitted 4 March 2003. Accepted 29 October 2003.
Associate Editor was Chen A. Jones.