

Reproducción y densidad de la liebre cola-negra (*Lepus californicus*) en relación a factores ambientales, en la Reserva de la Biosfera Mapimí, Desierto Chihuahuense

Gloria L. Portales-Betancourt^{1*}, Lucina Hernández Laundré²,
John W. Laundré² y Fernando A. Cervantes³

Abstract

The knowledge on the reproduction of wildlife species is necessary for an appropriate conservation or management program. Currently, very few studies have been carried out on the reproductive biology and demography of *Lepus californicus* in the Chihuahuan Desert; and the role of environmental factors in these processes. Also, the information on their population densities and the factors that determine their growth or decrease are of great relevance for to know the patterns in the reproduction of the species. The objective of this study was to describe the reproductive patterns of *L. californicus* in relation to temperature, precipitation, evaporation and photoperiod, and the relative abundance of the species at the Mapimí Biosphere Reserve (RBM). 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 environmental temperature ($R = 0.71$, $P = 0.037$) 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 that for males, they respond to a complex series of environmental cues, as a strategy to maximize its reproductive success.

Key words: DISTANCE, Lagomorpha, Mexico, photoperiod, reproduction.

Resumen

El conocimiento de la reproducción de las especies silvestres es indispensable para

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México 04510. E-mail: gportalesb@yahoo.com

²Rice Creek Field Station. Department of Biological Science. SUNY-Oswego, Nueva York, 14048, EE.UU. E-mail: lucina.hernandez@oswego.edu (LHL), john.laundre@oswego.edu (JWL).

³Colección Nacional de Mamíferos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida Universidad 3000, Distrito Federal, México 04510. E-mail: fac@ibilogia.unam.mx

* Corresponding author

cualquier estudio encaminado a su manejo o conservación. A la fecha, en México existen muy pocos trabajos de investigación sobre la manera en que influyen los factores ambientales en la biología reproductora de *Lepus californicus* en el Desierto Chihuahuense. Asimismo, la información sobre sus densidades poblacionales y sobre los factores que determinan su crecimiento o decrecimiento son de gran relevancia para conocer los patrones en la reproducción de la especie. El objetivo de este trabajo fue describir el patrón reproductivo de *L. californicus* en relación a los factores ambientales como la temperatura, precipitación, evaporación y el fotoperiodo, y su abundancia relativa en la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM). El peso de los testículos se correlacionó positiva y significativamente con el fotoperiodo ($R = 0.80$, $P = 0.01$). Mientras que el peso de los ovarios con el fotoperiodo ($R = 0.92$, $P = 0.0001$), la temperatura promedio ($R = 0.71$, $P = 0.037$) y la precipitación ($R = 0.82$, $P = 0.015$). Los resultados indican que el fotoperiodo es el principal factor que favorece el inicio de la estación reproductiva, aunque las hembras pueden requerir de múltiples factores para responder mejor a la alta variabilidad anual en la producción de plantas. Se concluyó que las diferencias en las respuestas entre machos y hembras están relacionadas con las diferentes estrategias reproductoras de esta especie. 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.

Palabras clave: DISTANCE, fotoperiodo, Lagomorpha, México, reproducción.

Introducción

Los factores ambientales como la precipitación, la temperatura, y la disponibilidad de alimento regulan de manera significativa la actividad gonadal de los mamíferos (Martinet y Demarne 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 1987). Concretamente, la reproducción de los lagomorfos (conejos y liebres silvestres) está relacionada con diferentes aspectos como: el estado fisiológico de las hembras (con folículos maduros a lo largo de todo el año), y con factores climáticos (vinculados a condiciones ambientales favorables para el nacimiento de las crías). Esto a su vez implica cantidad y calidad de alimento disponible (Flux 1981; Wallage-Drees 1983; Martinet y Demarne 1984).

Los lagomorfos son especies poliéstricas estacionales, esto significa que presentan varios ciclos estrales en la misma estación reproductiva. En muchos mamíferos de zonas templadas, se ha observado un efecto combinado entre la longitud del día (fotoperiodo) con la temperatura en el inicio del ciclo anual de su reproducción. Lo que significa que hay una sincronización entre el periodo de reproducción con los cambios climáticos estacionales (Rabinovich 1980; Martinet y Demarne 1984; Boyd 1985; Pévet 1987; Rogowitz 1992). En el conejo europeo (*Oryctolagus 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). Durante el invierno, la hembra 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), que induce el crecimiento folicular y lleva a la hembra a un estado de celo, que se mantiene hasta que ocurre la cópula (Chapman et al. 1982; Hafez 1989).

Los lagomorfos presentan estro posparto, lo que significa que las hembras pueden reproducirse inmediatamente después de parir, y comenzar a desarrollar una camada en el útero al mismo tiempo que amamantan otras crías. Esta condición reproductiva no provoca la pérdida de embriones, lo que les permite aprovechar así las condiciones ambientales favorables (Chapman et al. 1982; Rowlands 1984; Bronson 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 eventos reproductores (Rabinovich 1980; Pévet 1987). Por esto, 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). Por ejemplo, la liebre *Lepus timidus*, cuya distribución es circumpolar, en el norte de Europa y Asia, y que se reproduce de febrero a agosto, consume una mayor cantidad de pastos durante la gestación y la lactancia, ya que son los eventos fisiológicos reproductivos de mayor demanda de energía (Hewson 1989). Mientras que en el sur de Texas, Estados Unidos de América, 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 et al. 1977). En el caso de la liebre cola negra (*L. californicus*) en una población en Lake County, California, 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).

En las zonas áridas y semiáridas, *L. californicus* habita regularmente en matorrales y pastizales, en las que se alimenta de una amplia gama de especies vegetales, desde pastos, arbustos jóvenes y plántulas de árboles, como *Bouteloua* sp., *Gutierrezia* sp., *Opuntia* spp., *Larrea tridentata* y *Prosopis* sp., de las cuales prefieren los brotes (Hoagland 1992; Best 1996). Sus poblaciones fluctúan en ciclos de bajas a altas densidades en periodos de 7 a 10 años (Johnson y Anderson 1984). En California (entre 1951-1970) sus densidades fluctuaron entre 0.1 a 1 ind/ha, alcanzando las máximas densidades cada 6 a 10 años (Gross et al. 1974; Clark 1975). En Idaho fluctúan de 0.1 a 1.5 ind/ha (Gross et al. 1974; Smith y Nydegger 1985); en Kansas las densidades en pastizales varían de 0.2 a 0.3 ind/ha en pastizales (Best 1996). En Utah fluctúan de 0.1 a 1 ind/ha (Gross et al. 1974); en Arizona Vorhies y Taylor (1933) reportaron densidades de 1.2 ind/ha, mientras que Rodríguez-Villeneuve (2001), en Baja California Sur encontró densidades de 0.17-0.49 en pastizal y de 0.01-0.18 en matorral.

En zonas áridas y semiáridas en el que la época de lluvias ocurre en el verano, pero varía la cantidad de precipitación, los organismos se rigen por factores ambientales, que señalan el momento óptimo para reproducirse y asegurar, no sólo alimento disponible para las crías, sino también suficiente cobertura para su protección. Debido a la diversidad de especies de lagomorfos en México, y de la importancia que tienen en los ecosistemas en los que se distribuyen, es de gran importancia generar conocimiento sobre aspectos básicos de su ecología poblacional, a través de conocer la respuesta de

las especies a cambios ambientales (fotoperiodo, temperatura, precipitación) en relación con su biología reproductiva, y los factores que regulan su densidad poblacional (Baker y Greer 1962; Rodríguez-Villeneuve 2001). Por lo que el objetivo principal de este trabajo fue determinar la relación en que los factores ambientales influyen sobre la época reproductiva de *L. californicus* y su densidad poblacional en la Reserva de la Biosfera Mapimí, en el Desierto Chihuahuense, México.

Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), ubicada 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. La RBM tiene una superficie total de 342,387 hectáreas y se localiza entre los 26.3333° y 26.8667° de latitud norte, y los -103.9667° y -103.5333° de longitud oeste. La altitud oscila entre 1,000 a 1,480 msnm (García-Arévalo 2002). Dentro de la RBM se seleccionaron las dos comunidades vegetales más representativas de la flora de esta reserva; matorral, dominado por especies como *Opuntia rastrera*, *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Agave asperrima*, *A. lecheguilla* y *O. microdasys*; y pastizal dominado por *Hilaria mutica*, *Prosopis glandulosa*, *Larrea tridentata*, *Sporolobus spiciformis* y *Sida leprosa*.

Se colectaron 63 ejemplares adultos de *L. californicus* bimensualmente, entre julio de 1996 a noviembre de 1997. Se obtuvieron las siguientes medidas corporales: peso, sexo, condición reproductora y el peso de las gónadas. Los ejemplares (piel y esqueleto) fueron depositados en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNMA 39937-39959; 40001-40041). 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 lúteos (CL). En los machos se tomó en cuenta el peso de las gónadas, y la posición de los testículos al momento de la colecta (Bothma *et al.* 1977).

Para elaborar el climograma de la RBM se obtuvieron valores mensuales de temperatura promedio, mínima, máxima, precipitación y evaporación desde enero de 1995 hasta diciembre de 1997, a partir de los registros diarios que se colectan de manera rutinaria dentro de la RBM. 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. 1999). 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. Posteriormente, para obtener ecuaciones predictivas que explicaran las relaciones significativas encontradas con dicha correlación, se efectuaron una serie de regresiones lineales simples, con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa Sigma Plot (versión 4.0 para Windows, Jandel Corporation, San Rafael, California).

Estimación de la densidad poblacional. Para estimar la densidad de las liebres se utilizó el método 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). Ya que se basa en el supuesto de que no es posible detectar todos los individuos presentes, se denomina como probabilidad de detección a esta variación (Walker *et al.* 2000).

En los métodos de transectos en línea, la estimación de la densidad se basa en la función probabilística de detectar a un individuo en el centro del transecto, que es igual a 1; lo que implica que dicha probabilidad disminuye conforme aumenta la distancia perpendicular a la línea del trayecto (Smith y Nydegger 1985; Aranda 2000). Esto se debe a que se asume que, conforme aumenta la distancia a la cual se observan los individuos, aun en condiciones de buena visibilidad, llegará un momento en que es imposible observarlos. Esto permite construir una curva de detección $g(x)$ y estimar la densidad de una población con base en los siguientes supuestos (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:

$$D = nx f(0)/2L$$

donde: D = densidad de una población; n = número de individuos contados; x = distancia perpendicular; $f(0)$ = función probabilística de densidad a una distancia de cero metros y L = longitud del trayecto.

Para estimar la abundancia de *L. californicus* en el área de estudio, se utilizó el método de transecto en línea de amplitud variable con reflectores (Smith y Nydegger 1985; Mandujano 1994). Este método se diferencia del método de transecto en franja, porque no se fija previamente la amplitud del ancho del recorrido para el registro de los individuos observados (Smith y Nydegger 1985). En cada una de las comunidades vegetales (matorral y pastizal) se realizaron 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 el ejemplar, se ubicó con uno de los faros, y se midió con el auxilio de una cinta métrica (en metros), en forma perpendicular a la línea de conteo; registrando además el kilometraje, la posición de la liebre dentro del transecto, esto es, a qué 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.

La densidad de *L. californicus* se estimó del análisis de los datos de los transectos en línea en ambas comunidades vegetales. Se utilizó el programa DISTANCE versión 4.1 (Thomas *et al.* 1998) para estimar abundancias y densidades por medio de una serie de modelos estadísticos (Buckland *et al.*, 1993; Plumptre, 2000). Los valores de liebres

observadas se analizaron usando las funciones clave Uniforme, Semi-Normal y Azaroso, en combinación con la serie de expansión coseno, en intervalos de clase de 5, 10 y 20 metros de probabilidad de detección, procurando que no quedaran intervalos sin datos. La función matemática clave se representa como una curva que por lo general disminuye desde la línea central del transecto hasta la distancia máxima de observación de los especímenes. La serie de expansión coseno es un parámetro que ayuda a ajustar los datos de campo a la curva teórica.

Se generaron en total nueve diferentes modelos 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 Akaike (AIC). El cual se fundamenta en el cálculo del estimador con máxima verosimilitud (Buckland *et al.* 1993; Ballesteros 2000), b) así como que presentara el estimador con el Coeficiente de Variación más bajo (Smith y Nydegger 1985), y c) con base en el análisis de la forma de los histogramas de frecuencia, de manera que no hubiera intervalos de distancias sin registros. Estos tres criterios sirven para seleccionar el mejor modelo de la función de detección, por lo que conforman los principales requisitos para garantizar que la estimación de la densidad poblacional sea lo más cercana al tamaño real de la población.

Resultados

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 junio (27.2 °C), julio (27.3 °C) y agosto (26.9 °C), para comenzar a decrecer durante octubre. Los valores más bajos durante la época de invierno se presentaron entre diciembre (8.3 °C) y enero (11.7 °C; Fig. 1). Los valores de precipitación más elevados ocurrieron en septiembre de 1995 (101.40 mm), agosto de 1996 (76.10 mm), y junio de 1997 (39.20 mm). A lo largo del año, la diferencia del fotoperiodo entre el mes de junio, con mayor cantidad de horas luz (13 h 48 min) contra el mes de menor cantidad de horas luz en diciembre (10 h 29 min), fue de 3 horas 15 minutos.

Patrón reproductivo. Se colectaron 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 dos juveniles. El incremento del peso de las gónadas ocurrió primero en los machos, durante el mes de febrero y en las hembras, a partir de abril, para disminuir en ambos casos en noviembre (Fig. 2).

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 mantuvo hasta el mes de agosto, y disminuyó conforme la estación reproductora finalizó, en el mes de noviembre. Las primeras hembras preñadas fueron encontradas durante abril y las últimas en septiembre (Fig. 3). Los machos mostraron los primeros indicios de actividad reproductora, manifestada por el incremento del peso testicular, que 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 en 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.

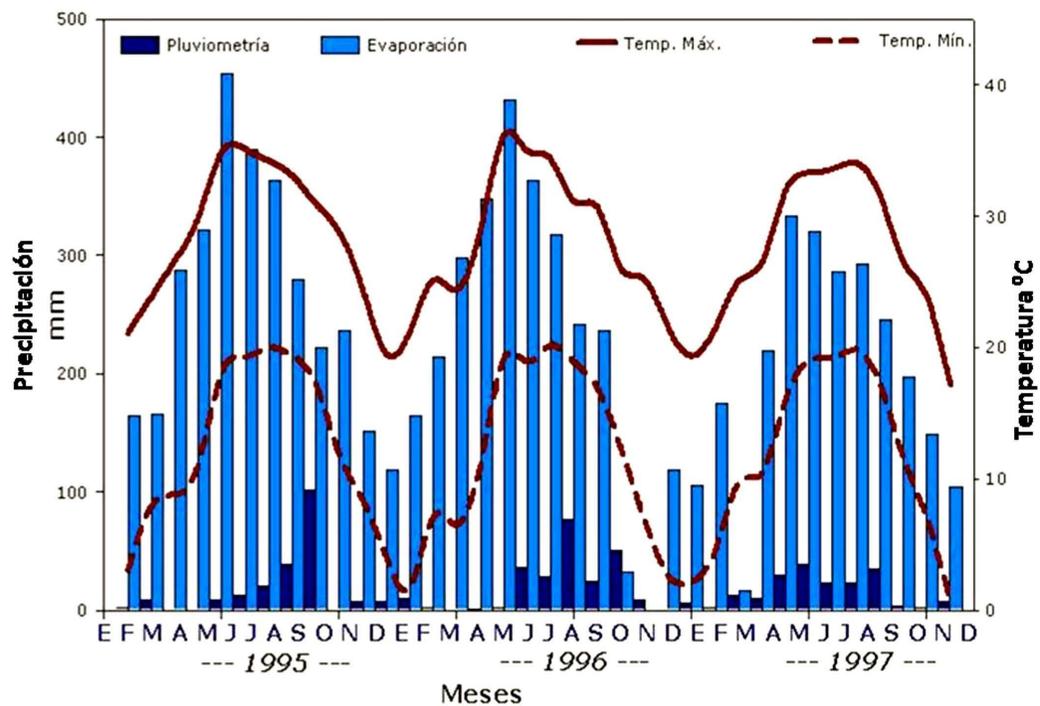


Figura 1. Climograma de la Reserva de la Biósfera Mapimí, 1995-1997.

Los nacimientos ocurren durante la época de lluvia, 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.

Correlación con los factores ambientales. Los resultados de las regresiones lineales simples entre el peso de las gónadas y los factores ambientales mostraron correlación positiva ($R = 0.80$, $P = 0.01$) de acuerdo al factor de Spearman, e indica 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 = $-13.165 + (1.475 * \text{fotoperiodo})$).

Estimación de la densidad. Considerando 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 *et al.* 1993; Parmenter *et al.* 2003) resulta uno de los más robustos y flexibles para explicar las densidades en este tipo de estudios. La estimación global de las densidades muestra que los valores en las dos comunidades fluctúan entre los 0.22 a 0.27 ind/ha, correspondiendo a valores entre 0.22 a 0.23 ind/ha en el matorral y de 0.23 a 0.27 ind/ha en el pastizal. 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.

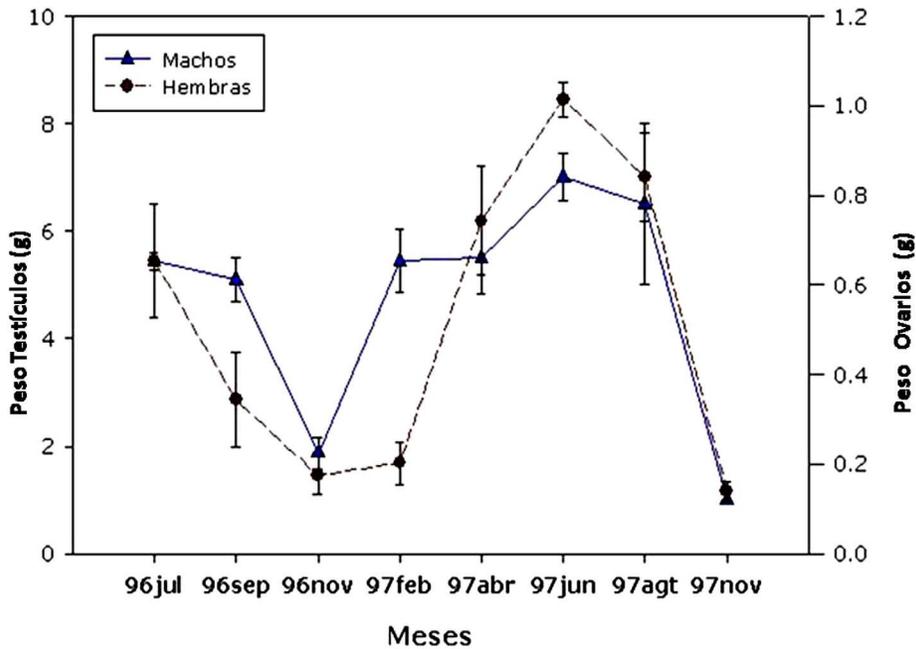


Figura 2. Peso de las gónadas de hembras y machos de *Lepus californicus* en la Reserva de la Biósfera Mapimí durante 1996-1997. (Las barras muestran los errores estándar).

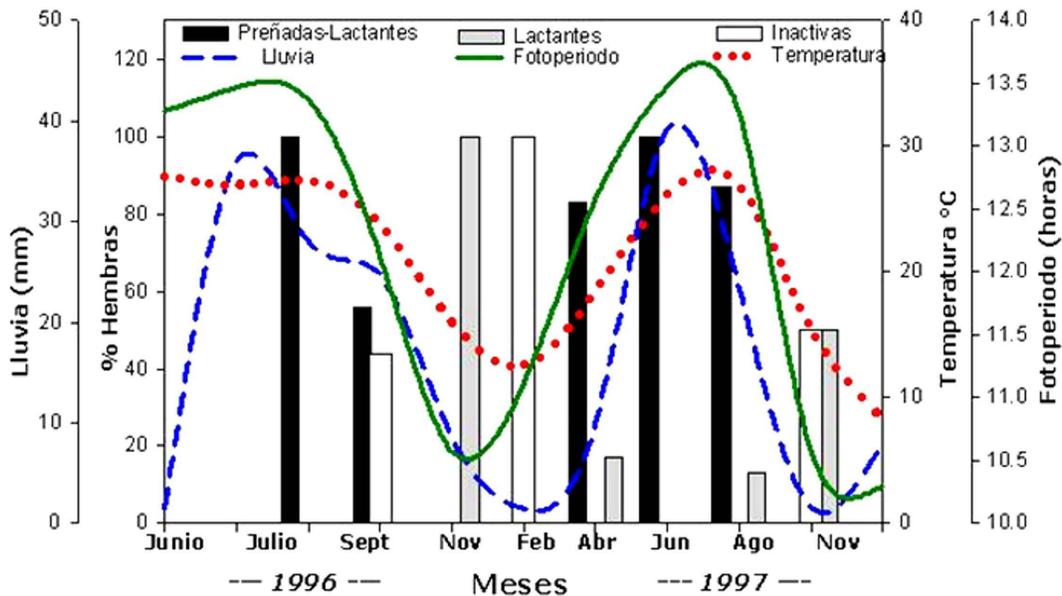


Figura 3. Comportamiento reproductor de la liebre *Lepus californicus* en la Reserva de la Biósfera Mapimí en Relación con algunos factores ambientales.

Discusión

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 y Demarne 1984). Al estudiar el comportamiento del peso de los ovarios anualmente de la liebre *L. californicus*, se observó que en general hay un aumento de peso entre los meses de febrero a abril. Lo anterior 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 para decrecer conforme la estación reproductora finaliza.

Por otro lado, en el caso del aumento del peso gonadal de las hembras, 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. En los machos, el incremento del peso testicular está principalmente relacionado con el de las horas luz diarias, lo que concuerda 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).

Al realizar una correlación para comprobar la probable existencia de la relación entre la densidad de *L. californicus* con los factores climáticos, la pluviometría tuvo una correlación positiva y significativa con la densidad y el número de individuos. Posiblemente el principal papel de la lluvia en relación a la estación reproductora, esté relacionado con el incremento en el tamaño de las camadas, como una respuesta directa a la disponibilidad de alimento fresco, como se ha observado en el conejo europeo *O. cuniculus* (Flux 1981). En Nuevo México, en el norte del Desierto Chihuahuense, *L. californicus* tiene diferencias en las densidades entre años, relacionadas con las variaciones de la precipitación (Daniel et al. 1993). En Kansas, el cambio en la cantidad en la vegetación disponible fue el principal factor que regulaba la abundancia de *L. californicus* (Franklin et al. 1959). En contraparte, en Baja California Sur, se encontraron las mayores densidades en zonas “abiertas” con especies anuales o pastos, y con especies indicadoras de perturbación, como la *Opuntia cholla* (Rodríguez-Villeneuve 2001).

Es importante que el nacimiento de las crías ocurra durante la época de lluvia porque hay mayor cobertura para protegerlas de los depredadores, ya que a diferencia de las conejas, las liebres no construyen complicados nidos, hacen “depressiones” cubiertas sólo por algunas plantas, lo que no constituyen un mayor gasto energético (Yamada et al. 1988). 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).

En este estudio se encontró que el fotoperiodo es la señal ambiental más importante para el inicio de la estación reproductora de *L. californicus* en la RBM, aunque las hembras pueden requerir de múltiples factores para responder adecuadamente a la alta variabilidad anual en la producción de plantas. De acuerdo a la densidad de las liebres, la precipitación es el factor más importante, ya que la cantidad de lluvias determina al mismo tiempo la cantidad de cobertura vegetal y por lo tanto, la calidad y cantidad de alimento disponible (Dunn *et al.* 1982). A partir de los resultados obtenidos de densidad poblacional se observó que a mayor precipitación, mayores valores en densidad. De tal manera que, durante el periodo de mayor oferta alimenticia ocurren los partos y la lactancia, que son los momentos de mayor demanda energética, sobre todo en las especies de liebres, debido a que presentan estro post parto. 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 su éxito reproductivo (Portales *et al.* 2004), y para adaptarse y sobrevivir en el Desierto Chihuahuense. La liebre cola-negra es una especie clave en la cadena alimenticia porque forma parte de la dieta de muchos depredadores carnívoros, como el coyote, *Canis latrans* y el linco, *Lynx rufus*, o de diferentes aves rapaces como el aguililla ferruginosa, *Buteo regalis*, el águila real, *Aquila chrysaetos* o el búho cornudo, *Bubo virginianus* (Best 1996; Hernández *et al.* 2002).

Finalmente, se puede decir que las liebres en general, son poseedoras de un diseño anatómico muy ventajoso que les permite responder de forma rápida a cambios en los factores ambientales. Por ejemplo, al aumentar el fotoperiodo, los machos incrementan el peso testicular, y las hembras, que poseen una onda folicular continua, se vuelven receptivas al macho, y ovulan pocas horas después de la cópula. *Lepus californicus* presenta estaciones reproductivas largas, lo que resulta en una estrategia reproductiva exitosa, que le ha permitido adaptarse a ambientes que ofrecen pocos recursos, mucha competencia y alto riesgo de depredación. Esta circunstancia 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 poblacionales.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Programa de Investigación a Largo Plazo-Mapimí del Instituto de Ecología. A.C. (CONACyT proyecto 1843P-N9507 otorgado a L. Hernández). G. Portales recibió una beca de doctorado por parte de CONACyT (118253). Agradecemos a la Dirección General de Vida Silvestre por proporcionar los permisos de colecta de los ejemplares. Finalmente agradecemos a A. González-Romero, A. Sánchez-Marín, y J. P. Ramírez por su ayuda en el trabajo de campo.

Referencias

- ARANDA, M. 2000. Estimación de la abundancia en poblaciones de mamíferos silvestres. Pp. 83-90 in Conservación y manejo de vertebrados en el trópico de México: Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre (Sánchez, O., M. Donovarro-Aguilar, J. Sosa-Escalante, eds.). Instituto Nacional

- de Ecología-SEMARNAP, U.S. Fish Wildlife Service, CONABIO, Sierra Madre, Unidos para la Conservación, Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- BALLESTEROS, F.** 2000. Técnicas aplicables para la estimación y monitorización de la abundancia de la liebre de pironal (*Lepus castroviejoii*). *Naturalia Cantabrigiae* 1:45-51.
- BAKER, R. H., y J. K. GREER.** 1962. Mammals of the Mexican State of Durango. Publications of Museum of Michigan State University. Biological Series 2:25-154.
- BEST, T. L.** 1996. *Lepus californicus*. *Mammalian Species* 530:1-10.
- BOTHMA, J., P. DU, y J. G. TEER.** 1977. Reproduction and productivity in South Texas cottontail rabbits. *Mammalia* 4:253-281.
- 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 day length on the breeding season in male Rabbits. *Mammalian Review* 16:125-130.
- BRONSON, F. H.** 1989. *Mammalian Reproductive Biology*. The University of Chicago Press, Chicago, EE.UU.
- BUCKLAND, S.T., D. R. ANDERSON, K. P. BURNHAM, y J. L. LAAKE.** 1993. *Distance Sampling: estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman and May. London, Reino Unido.
- CLARK, D. O.** 1975. *Vertebrate pest control handbook*. California Department of Food and Agriculture, Sacramento, EE.UU.
- CHAPMAN, J.A., J. G. HOCKMAN, y W. R. EDWARDS.** 1982. Cottontails (*Sylvilagus floridanus* and Allies). Pp. 83-123 in *Wild Mammals of North America* (Chapman, J. A., y G. A. Feldhamer, eds.). The Johns Hopkins University Press. Baltimore y Londres, EE.UU.
- DANIEL, A., J. HOLECHEK, R. VALDEZ, A. TEMBO, L. SAIWANA, M. FUSCO, y M. CARDENAS.** 1993. Jackrabbit densities on faire and good condition Chihuahuan desert range. *Journal of Range Management* 46:524-528.
- DUNN, J. P., J. A. CHAPMAN, y R. E. MARSH.** 1982. Jackrabbits (*Lepus californicus* and Allies). Pp. 146-163 in *Wild Mammals of North America* (Chapman, J. A., y G. A. Feldhamer, eds.) The Johns Hopkins University Press. Baltimore y Londres, EE.UU.
- FLUX, J. E. C.** 1981. Reproductive strategies in the genus *Lepus*. Pp. 155-174 in *Proceedings of the World Lagomorphs Conference* (Myres, K., y C. C. MacInnes, eds.). University of Guelph. Ontario, Canadá.
- FRANKLIN, H., H. BRONSON, y W. TIEMEIER.** 1959. The relationship of precipitation and black-tailed jack rabbit populations. *Ecology* 40:194-198.
- GARCÍA-ARÉVALO, A.** 2002. Vascular plants of Mapimí Biosphere Reserve, Mexico: a checklist. *SIDA* 20:797-807.
- GROSS, J. E., L. C. STODDART, y F. H. WAGNER.** 1974. Demographic analysis of northern Utah population. *Wildlife Monographs* 40:1-68
- GUTIÉRREZ, C., L. RANGEL, y A. LASSALA.** 2006. Pubertad, ciclo estral y estacionalidad. Pp. 85-116 in *Reproducción de animales domésticos* (Galina, C., y J. Valencia, comps.). Segunda edición, Limusa. Ciudad de México, México.
- HAFEZ, E. S. E.** 1989. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. Quinta

- edición. Interamericana. Ciudad de México, México.
- HERNÁNDEZ, L., R. R. PARMENTER, J. W. DEWITT, D. C. LIGHTFOOT, Y J. W. LAUNDRE.** 2002. Coyote diets in the Chihuahuan Desert, more evidence for optimal foraging. *Journal of Arid Environments* 51:613-624.
- HEWSON, R.** 1989. Grazing preferences of mountain hares on heather moorland and hill pastures. *Journal of Applied Ecology* 26:1-11.
- 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* 37:280-286.
- JOHNSON, R. D., Y J. E ANDERSON.** 1984. Diets of black-tailed jack rabbits in relation to population density and vegetation. *Journal of Range Management* 37:79-83.
- LECHLEITNER, R. R.** 1959. Sex, ratio, age classes and reproduction of the black-tailed jack rabbit. *Journal of Mammalogy* 40:63-81.
- MANDUJANO, S.** 1994. Conceptos generales del método de conteo de animales en transectos. *Ciencia* 45:203-211.
- MARTINET, L., Y Y. DEMARNE.** 1984. Nursing behaviour and lactation in the brown hare (*Lepus europaeus*) raised in captivity. *Acta Zoologica Fennica* 171:187-190.
- MILLAR, J. S.** 1977. Adaptative features of mammalian reproduction. *Evolution* 31:370-386.
- 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, C. A. PARMENTER, J. POLLARD, E. RESTAD, T. M. SHENK, T. R. STANLEY, Y G. C. WHITE.** 2003. Small-mammal density estimation: a field comparison of grid-based vs. Web-based density estimators. *Ecological Monographs* 73:1-26.
- PÉVET, P.** 1987. Environmental control of the annual reproductive cycle in mammals: role of the pineal gland. *Comparative Physiology of Environmental Adaptations* 3:82-100.
- PLUMPTRE, A.** 2000. Monitoring mammal populations with line transect techniques in African forest. *Journal of Applied Ecology* 37:356-368.
- PORTALES-BETANCOURT, G. L.** 2006. Reproducción y Abundancia de la liebre *Lepus californicus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí, en el Desierto Chihuahuense, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- PORTALES B. G. L., L. HERNÁNDEZ, F. A. CERVANTES, Y J.W. LAUNDRE.** 2004. Reproduction of Black-tailed jackrabbits (Lagomorpha: *Lepus californicus*) in relation to environmental factors in the Chihuahuan Desert, México. *The Southwestern Naturalist* 49:359-366.
- PROGRAMA WEATHERLINK.** 1999. Versión 4.04, Davis Instrument Corporation. California, EE.UU.
- RABINOVICH, J. E.** 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental, Ciudad de México, México.
- RODRÍGUEZ-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. Ciudad de México, México.
- ROGOWITZ, G. L.** 1992. Reproduction of white-tailed jackrabbits on semi-arid range. *Journal of Wildlife Management* 56:676-684.
- ROWLANDS, I. W., y B. J. WEIRE.** 1984. Mammals: Non primate Eutherians. Pp. 495-500 in Marshall's physiology of reproduction (Lomming, G. E. ed.). Cuarta edición. New York, EE.UU.
- SADLEIR, R. M. F. S.** 1984. Ecological consequences of lactation. *Acta Zoologica Fennica* 171:179-182.
- SMITH, G., y N. C. NYDEGGER.** 1985. A spotlight line-transect method for surveying jack rabbits. *Journal of Wildlife Management* 49:699-702.
- THOMAS, L., J. L. LAAKE, S. T. BUCKLAND, D. L. BORCHERS, D. R. ANDERSON, K. P. BURNHAM, S. STRINDBERG, F. C. MARQUES, J. R. B. BISHOP, S. L. HEDLEY, y J. H. POLLARD.** 1998. Distance 4.1 Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>.
- THOMAS, L., S. T. BUCKLAND, K. P. BURNHAM, D. R. ANDERSON, J. L. LAAKE, D. L. BORCHERS, y S. STRINDBERG.** 2002. Distance sampling. Pp. 544-552 in *Encyclopedia of environments* (EL-Shaarawi, A., y W. W. Piegorsch, eds.). John Wiley and Sons, Ltd., New York, EE.UU.
- VORHIES, C. J., y 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
- WALKER, S. A., J. NOVARO, y J. D. NICHOLS.** 2000. Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical* 7:73-80.
- WALLAGE-DREES, J. M.** 1983. Effects of food on onset of breeding in rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in sand dune habitat. *Acta Zoologica Fennica* 174:57-59.
- YAMADA, F., S. SHIRAISHI, y TA. UCHIDA.** 1988. Parturition and nursing behaviors of the japanese hare, *Lepus brachyurus brachyurus*. *Journal of Mammalian Society of Japan* 13:59-68.

Sometido: 16 de abril de 2012

Revisado: 6 de junio de 2012

Aceptado: 21 de junio de 2012

Editor asociado: Consuelo Lorenzo

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández