

00377  
5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

COMPARACIÓN DE CRANEOMETRÍA Y DE VARIABILIDAD  
GENÉTICA ENTRE POBLACIONES DE LAGOMORFOS INSULARES Y  
PENINSULARES DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(SISTEMÁTICA)

P R E S E N T A

MARIO CASTAÑEDA SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO A. CERVANTES REZA

MÉXICO, D. F.

JULIO, 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
COORDINACIÓN

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 27 de mayo de 2002, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática) del alumno(a), Castañeda Sánchez Mario, con número de cuenta 99809803, y número de expediente 3991082, con la tesis titulada: "Comparación de craneometría y de variabilidad genética entre poblaciones de lagomorfos insulares y peninsulares de Baja California, México.", bajo la dirección de la Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza.

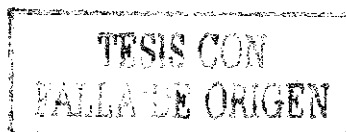
Presidente: Dr. Manuel Uribe Alcocer  
Vocal: Dr. Juan Núñez Farfán  
Secretario: Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza  
Suplente: Dr. Joaquín Arroyo Cabrales  
Suplente: Dra. Consuelo Lorenzo Monterrubio

Sin otro particular, quedo de usted

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 26 de junio de 2002

Dra. Tila María Pérez Ortiz  
Coordinadora del Programa

c c p Expediente del interesado



## RECONOCIMIENTOS

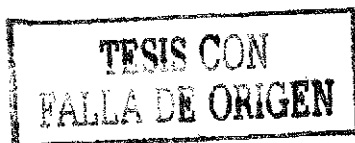
Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado mediante la beca crédito con número de registro 130084.

A la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM (DGEP), por el apoyo otorgado mediante una beca complementaria.

A los integrantes de mi comité tutorial, Dr. Fernando A. Cervantes, Dr. Juan Núñez Farfán y Dra. Consuelo Lorenzo Monterrubio, por sus invaluable contribuciones durante el desarrollo del proyecto y en las revisiones del manuscrito final.

A la Doctora Linda K. Gordon y a las autoridades del Museo Americano de Historia Natural de Washington D. C., por permitirme revisar los ejemplares de la colección de mamíferos.

A la Organización Vida Silvestre, A. C., por las facilidades brindadas durante las colectar en Isla del Carmen.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco los comentarios del Dr. Manuel Uribe Alcocer, del Dr. Juan Núñez Farfán, del Dr. Fernando A. Cervantes, del Dr. Joaquín Arroyo Cabrales y de la Dra. Consuelo Lorenzo Monterrubio, quienes fueron miembros del jurado y cuyas sugerencias enriquecieron este manuscrito de manera significativa.

A mis entrañables amigos del Instituto de Biología, de la UAM Xochimilco, sin los cuales no habría sido posible cumplir con esta meta, no deseo hacer omisiones, así que mil gracias a todos.

A mis compañeros del Curso de Ecología de Ecosistemas Amazónicos y a la Organización para Estudios Tropicales, por enriquecer mi formación profesional y por la enorme experiencia personal que me permitieron vivir.

A la Fís. Ana Luisa Guzmán y al M. V. Z. Sebastián Ortiz Seguí de la Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por todas las facilidades brindadas para la culminación de esta tesis.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres, sin quienes habría sido inimaginable llegar hasta aquí, no se imaginan lo agradecido y lo orgulloso que estoy de ser su hijo.

A mis hermanitos Jesús, Mary y Clau por ser cómplices de mis locuras, los amo como a mi mismo.

A mi niña Nafi por todos los bellos sentimientos que me despierta.

A mi San, por el infinito cariño con el que me cobija.

*“...When we have mastered the difficulties presented  
by the peculiarities of island life  
we shall find it comparatively easy to deal  
with the more complex and less clearly defined problems  
of continental distribution...”*

*Alfred Russel Wallace, 1902*

## ÍNDICE

RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	11
HIPÓTESIS .....	11
ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS .....	12
Área de Estudio .....	12
Ejemplares Examinados .....	13
Estudio Aloenzimático.....	15
Estudio Craneométrico y de Medidas Somáticas.....	18
RESULTADOS .....	21
Aloenzimas .....	21
Morfometría .....	24
Estadística univariada .....	26
Estadística multivariada.....	26
DISCUSIÓN.....	29
Aloenzimas .....	29
Morfometría.....	35
Biogeografía.....	41
CONCLUSIONES .....	45
RECOMENDACIONES .....	46
LITERATURA CITADA .....	47



## RESUMEN

La mastofauna de la Península de Baja California ha estado sujeta a eventos de aislamiento geográfico durante miles de años. Un caso concreto se presenta entre las liebres Lepus insularis de Isla Espíritu Santo y L. californicus xanti del sur de la Península, cuyo de aislamiento geográfico se estima en 5 a 12,000 y 35,000 años respectivamente. En el presente estudio se analizó la magnitud de la divergencia evolutiva causada por el aislamiento geográfico, por medio del análisis de las frecuencias alélicas, las diferencias craneométricas intra e interespecíficas y la comparación de medidas somáticas de ambas especies. Los resultados se compararon con un sistema biogeográfico similar que se presenta entre L. californicus sheldoni de Isla el Carmen y L. californicus martirensis del norte de la Península. Además, fue examinada la variación en tamaños corporales, a la luz de una teoría biogeográfica que indica que los lagomorfos insulares tienden a ser más pequeños que sus contrapartes de tierra firme (Foster, 1965). Se examinaron 26 loci con tejidos de corazón y riñón, mediante la técnica de electroforesis en geles de almidón descrita por Harris y Hopkinson, 1976. Los estimadores de variabilidad genética se analizaron con el programa BIOSYS. Por otra parte, se examinaron 30 caracteres craneales mediante un análisis de componentes principales y uno de función discriminante utilizando el programa SAS. Asimismo, se estudiaron cinco medidas somáticas mediante un análisis de varianza utilizando el programa SAS. La variabilidad genética estimada mediante la heterocigocidad y el polimorfismo indicó que L. californicus xanti es la población más variable y L. insularis la menos variable, en tanto que las diferencias craneométricas marcadas por un análisis de componentes principales y uno discriminante, indicaron que las diferencias en tamaño craneal explican la mayor cantidad de la varianza y que en este sentido L. insularis está muy diferenciada del grupo de L. californicus. Por otra parte, los resultados de la comparación de tamaños corporales indicaron que no hay un ajuste total con el patrón biogeográfico documentado. Por lo anterior, se confirma la alta divergencia evolutiva entre L. insularis y L. californicus xanti y que la teoría de modificación en el tamaño corporal entre ambos sistemas se cumple parcialmente entre estas poblaciones de liebres.

## INTRODUCCIÓN

Las liebres son mamíferos de tamaño mediano con cuerpo delgado, orejas prominentes y patas traseras largas y fuertes. Las liebres, junto con los conejos y las pikas pertenecen al orden Lagomorpha, que se divide en las familias Leporidae y Ochotonidae (Wilson y Reeder, 1993). La distribución de este orden es casi cosmopolita, ya que sólo está ausente de la Antártida, Australia y del extremo sur de Sudamérica (Fux y Angerman, 1990). La familia Leporidae esta representada por 55 especies y 11 géneros a nivel mundial, de los cuales únicamente cinco especies de liebres y 10 de conejos se distribuyen en México (Arita y Ceballos, 1997; Ruedas, 1998), en los géneros Romerolagus, Sylvilagus y Lepus (Fux y Angerman, 1990), lo que representa aproximadamente el 27% de todos los lepóridos del planeta.

Todas las liebres del planeta pertenecen al género Lepus, en él se agrupan 30 especies o más según la clasificación que se adopte (Fux y Angerman, 1990). Cinco de éstas se distribuyen en territorio mexicano: la liebre torca Lepus callootis, la liebre tropical L. flavigularis, la liebre antílope L. alleni, la liebre cola negra L. californicus y la liebre negra L. insularis. Es notable destacar la alta diversidad de liebres en la Península de Baja California y sus islas, donde se distribuyen las tres especies y siete subespecies siguientes: L. insularis, L. californicus xanti, L. californicus martirensis, L. c. sheldoni, L. c. benneti, L. c. deserticola, L. c. margaritae y L. alleni tiburonensis (Hall, 1981).

Lepus californicus xanti Thomas, 1898, es una subespecie de liebre cola negra endémica de la Península de Baja California (Fig. 1) cuya distribución abarca la mayor parte del estado de Baja California Sur.

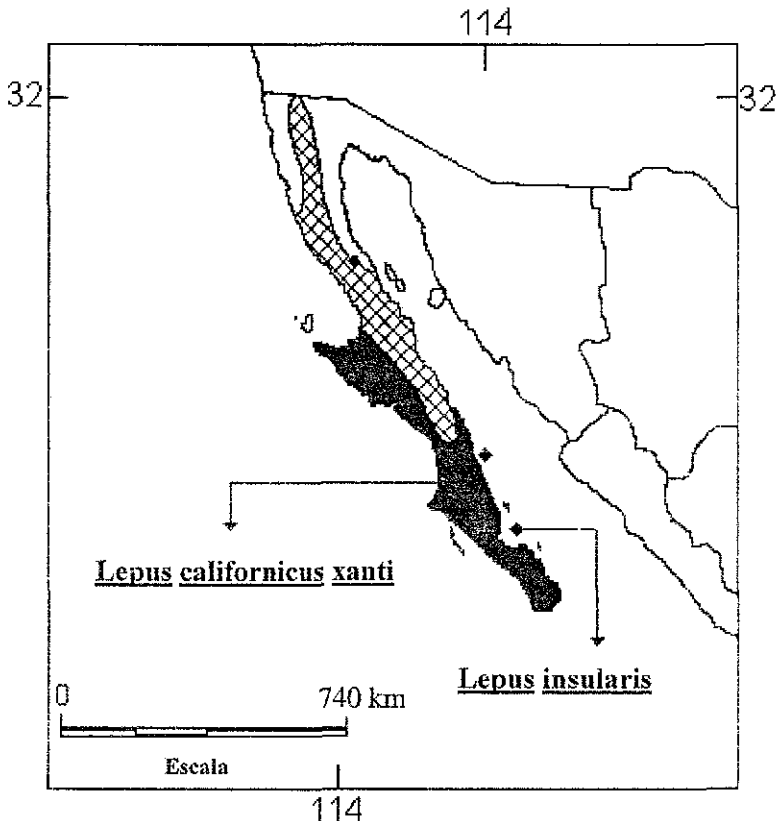


Figura 1.- Área de distribución de Lepus californicus xanti y de L. insularis Mapa modificado de Hall (1981).

La distribución vertical de Lepus californicus xanti va desde el nivel del mar hasta los 1220 msnm. Se caracteriza por tener el dorso color gris oscuro y los lados del cuerpo color ante rosado semejante al de L. c. benneti, la cabeza y orejas grises como

L. c. martirensis y la parte ventral ante crema (Nelson, 1909; Best, 1996; Fig. 2). Nelson (1909), comparó 11 variables craneales y somáticas de cinco ejemplares de 13 subespecies de liebres cola negra y concluyó que L. c. xanti es de tamaño mediano, más grande que L. c. margaritae y que L. c. sheldoni, pero menor que las otras liebres de la Península.

Lepus insularis Bryant, 1891, es la liebre negra y es una especie endémica de la Isla Espíritu Santo (Cervantes *et al.*, 1996), localizada frente a Bahía de la Paz en el Golfo de California (Fig. 1), cuya distribución vertical abarca desde los 0 hasta los 300 msnm (Thomas y Best, 1994). Se caracteriza por su vistosa cabeza de color negro, generalmente con pelos blancos y grisáceos sobre las orejas y alrededor de los ojos. El resto del pelaje dorsal, incluyendo la parte superior de la cola, es notablemente negra con un fino grisáceo y canela oscuro (Fig. 3). El color canela predomina en la parte ventral y tiene una línea negra que se extiende a lo largo de ambos lados de las patas traseras desde la parte superior del talón (Saint-Loup, 1895). Nelson (1909), en un estudio de craneometría y variables somáticas comparó los promedios de cinco ejemplares de L. insularis con promedios de 13 subespecies de liebres cola negra y encontró que L. insularis es de tamaño ligeramente mayor que L. c. margaritae, L. c. sheldoni y L. c. xanti y que no presentan diferencias con L. c. martirensis.

Al parecer, Lepus insularis surgió como consecuencia de un evento vicariante de una población de L. californicus xanti (Nelson, 1909; Orr, 1960), cuando la fracción de tierra que dio origen a Isla Espíritu Santo se separó de la Península, llevándose un relicto

de la población de liebres cola negra, evento que sucedió hace 5,000 a 12,000 años (Thomas y Best, 1994), y ha sido determinante en la divergencia evolutiva que se presenta entre ambas especies.

La relación entre estas especies de liebres es tan estrecha que en algún tiempo se cuestionó la condición específica de Lepus insularis, considerándola una subespecie melánica de L. californicus (Orr, 1960) y atribuyendo las diferencias encontradas únicamente al efecto del aislamiento espacial, como factor de “especiación” o “diferenciación específica cercana” (Orr, 1960)

Dicha relación se estudió con un análisis de taxonomía numérica basado en 12 caracteres craneales (Dixon *et al.*, 1983). Este análisis, en el que se compararon promedios obtenidos de 16 subespecies de L. californicus contra promedios de caracteres craneales y somáticos de liebres negras, aportó evidencias importantes para considerarlas especies distintas. Cervantes, *et al.*, 1999b, examinaron las diferencias cariotípicas entre ambas especies, encontrando que, aunque el número cromosómico diploide coincide tanto entre ambas especies como con todo el género Lepus ( $2n=48$ ), hay una ligera diferencia en el número fundamental de sus cromosomas, que es menor en L. insularis (80) que en L. c. xanti (82). Sin embargo, a pesar de saberse que son especies distintas, aún se desconoce el grado de variación genética que existe entre estas especies de liebres, y las diferencias encontradas sobre su variación craneométrica y somática no son suficientes debido a las pocas variables contempladas y al pequeño número de ejemplares examinados (Nelson, 1909; Dixon *et al.*, 1983).

Los estudios sobre variación genética en mamíferos como roedores (Awise, 1974; Best y Janecek, 1992) y otros lagomorfos, en los cuales se ha interrumpido el flujo genético entre poblaciones (Lorenzo, 1996), han demostrado que el aislamiento genera una disminución en la variabilidad genética, lo cual puede estar ocurriendo con L. insularis y su contraparte peninsular. Esta disminución en la variabilidad genética se podría expresar en la reducción del promedio de alelos por locus, del porcentaje de loci polimórficos y del promedio observado de heterocigocidad individual (Awise, 1974). Entre las probables causas de la pérdida de variación genética en especies de mamíferos insulares se han mencionado una o la combinación de varias fuerzas evolutivas que actúan en respuesta a la suspensión del flujo génico, al aislamiento reproductivo (Awise, 1974) y al tiempo de aislamiento (Orr, 1960; Best y Janecek, 1992); dichas fuerzas evolutivas pueden ser: el efecto fundador (Berry, 1986), eventos de cuello de botella (Gallardo *et al.*, 1995) y la deriva génica (Awise *et al.*, 1974), esta última considerada como la fuerza microevolutiva más importante en las especies de mamíferos terrestres insulares del Golfo de California (Lawlor, 1983). Esto se debe al nulo flujo genético entre las poblaciones de las islas y las poblaciones de la Península así como con otras poblaciones insulares, a que la tasa de mutación en mamíferos es muy baja y a que el tamaño relativamente pequeño de las islas mantiene poblaciones pequeñas de mamíferos sobre las cuáles actúa de forma más intensa esta fuerza microevolutiva.

Los estudios sobre craneometría y medidas somáticas entre ambas especies, han mostrado una aparente diferencia entre el tamaño craneal y corporal (Nelson, 1909; Dixon *et al.*, 1983) siendo Lepus insularis mayor que L. californicus xanti, sin embargo,

dichos estudios presentan cierto grado de incertidumbre debido a la escasa cantidad de variables y de ejemplares examinados.

Se considera que las comparaciones de algunas variables somáticas de liebres, son importantes por que han sustentado hipótesis biogeográficas, como aquella que, basada en la comparación de patrones de variación en el tamaño corporal de poblaciones insulares, con sus respectivas contrapartes peninsulares; propone que las liebres y conejos que habitan sobre las islas muestran tendencia a disminuir su tamaño en comparación con sus contrapartes de tierra firme (Foster, 1965; Case, 1978; Lomolino, 1985 y Hoagland 1992), debido a su aislamiento geográfico, a la nula competencia intraespecífica e interespecífica, a la ausencia de depredadores y a la presión de selección de sus hábitos alimentarios. Por lo anterior, se esperaría que las medidas craneales y algunas somáticas de L. insularis fueran más pequeñas que las de L. c. xanti. Sin embargo, otros estudios (Lawlor, 1982), basados en el análisis de numerosas excepciones, como ocurre con L. insularis y L. c. xanti, llegaron a conclusiones más conservadoras y cuestionaron la existencia de un patrón real, bien definido, de modificación del tamaño corporal de mamíferos de islas.

Por lo anterior, resulta interesante el estudio del sistema Lepus insularis-L. californicus xanti; pero además, es posible comparar los resultados a la luz de otro sistema similar que se presenta entre L. c. martirensis (subespecie peninsular) y L. c. sheldoni (subespecie insular), liebres localizadas en la misma región del Golfo de California.

Lepus californicus martirensis Stowel, 1893, presenta una distribución que abarca desde la parte media del estado de Baja California Sur , hasta el norte de la Península de California (Fig. 4).

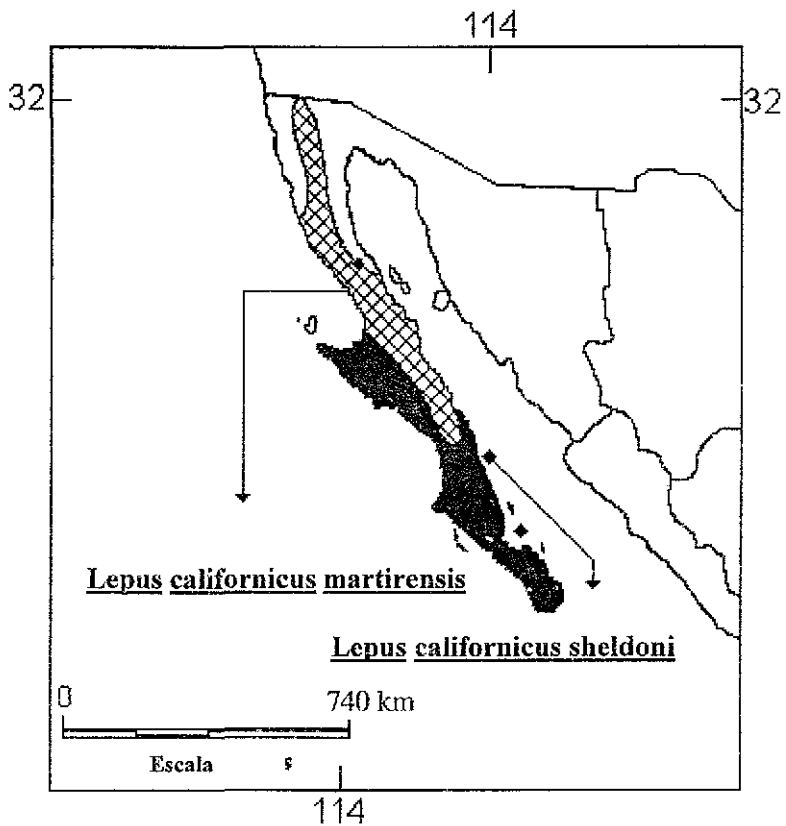


Figura 4.- Área de distribución de Lepus californicus martirensis y de L. c. sheldoni. - Mapa modificado de Hall (1981).

La distribución vertical de esta subespecie de L. californicus va desde el nivel del mar en San Quintín hasta los 2296 msnm en las montañas de la Sierra de San Pedro Mártir (Nelson, 1909). El conocimiento de su craneometría y medidas somáticas es



limitado ya que sólo existe el antecedente de Nelson (1909) quien publicó promedios obtenidos de cinco ejemplares. No hay trabajos sobre su variación genética.

Por otra parte, la liebre cola negra Lepus californicus sheldoni Burt, 1933, endémica de la Isla El Carmen, que se localiza frente a la Bahía de Loreto. Se caracteriza por presentar una coloración moderadamente más clara y un menor tamaño que el resto de las subespecies de L. californicus de la región peninsular adyacente a la isla (Hoagland, 1992). Ha sido poco estudiada desde que se describió con cuatro ejemplares (Burt, 1933) y se estima que el tiempo de aislamiento de su contraparte peninsular es de alrededor de 35,000 años (Hoagland, 1992).

Al parecer Lepus californicus martirensis y L. c. xanti presentan otro caso de divergencia ya que su historia evolutiva es semejante a la de L. insularis con L. c. xanti. La distribución geográfica de ambas subespecies hace pensar que pueden estar emparentadas estrechamente, ya que L. c. martirensis se distribuye en el territorio adyacente a la Isla El Carmen. Sin embargo, el grado de divergencia entre ellas en apariencia es menor que en el caso anterior, ya que únicamente se consideran distintas a nivel infraespecífico. Aunque se desconoce el grado de variación genética existente entre ambas, es posible suponer, con base en estudios realizados con aloenzimas de otros mamíferos que sea mínima debido a que sólo son subespecies diferentes (Awise, 1974).

La variación en medidas somáticas y craneales de L. c. sheldoni, basada en el estudio de las medidas de cuatro ejemplares, ha demostrado que es una subespecie

pequeña de L. californicus (Burt, 1933). Sin embargo, no se ha explorado con mayor profundidad este aspecto mediante un análisis estadístico formal, empleando suficientes caracteres y procedimientos estadísticos de mayor alcance. En relación con la teoría biogeográfica de modificación del tamaño corporal, se espera encontrar variación de la población insular con respecto a su contraparte peninsular y que la tendencia se incline hacia la disminución de esta variable (Nelson, 1909; Burt, 1933; Foster, 1965; Lomolino, 1985).

Es evidente que la Península e islas del Golfo de California (Fig. 5) han funcionado como laboratorios naturales para las poblaciones de lagomorfos (Hoagland, 1992), así como para muchos otros grupos de seres vivos que habitan dicha región, ya que en ellas se han desarrollado procesos evolutivos que han derivado en la formación de numerosas especies y subespecies de organismos endémicos (Orr, 1960), como ocurre con las liebres mencionadas anteriormente. Entre otros factores que han colaborado en la composición actual de la mastofauna de la región es posible mencionar a la deriva continental, a los cambios climáticos acontecidos desde finales del terciario, al desarrollo del desierto de Norteamérica de principios del Plioceno y a la formación geológica del Golfo de California (Lawlor, 1983). Este escenario ha provocado la formación de un complejo sistema de islas con relictos de poblaciones de mamíferos de gran interés científico (Orr, 1960) de los cuales las poblaciones de lagomorfos insulares han sido poco estudiadas (Chapman *et al.*, 1983)

Las islas del Golfo de California se formaron como consecuencia de la evolución geológica de la Península de Baja California, la cual hasta el Mesozoico se encontraba unida al continente por el lado de Sonora y Sinaloa (Gastil *et al.*, 1983). Se ha considerado que la Península se separó debido a una serie de movimientos tectónicos y al surgimiento de fallas geológicas, en dirección noroeste-oeste (Durham y Allison, 1960; Moctezuma y Serrato, 1988; Álvarez, 1997). Por lo tanto, es probable que el aislamiento de algunos mamíferos como Lepus insularis haya sido consecuencia de la separación de una porción de tierra de la Península, como lo sugiere Lawlor (1983). Esto explica la estrecha relación faunística que existe entre la región de la Paz y e Isla Espíritu Santo, así como la nula información existente de movimientos trans-golfo de especies de mamíferos terrestres e insulares desde Sonora (Lawlor, 1983). Si el aislamiento geográfico, mencionado anteriormente ha generado algún tipo de variación entre las poblaciones insulares y sus contrapartes correspondientes, se espera que ésta se manifieste en los estimadores de variación genética y en los caracteres craneales y somáticos que serán explorados.

## OBJETIVOS

- Examinar la magnitud de la divergencia evolutiva producida por efecto del aislamiento geográfico en Lepus insularis de Baja California Sur, con respecto a Lepus californicus xanti, mediante el análisis de la variación aloenzimática y craneométrica y comparar los resultados con los que se obtengan de Lepus californicus martirensis y Lepus californicus sheldoni.
- Analizar el ajuste de la variación en medidas corporales de poblaciones de lagomorfos insulares al patrón biogeográfico de modificación del tamaño corporal propuesto por Foster (1965).

## HIPÓTESIS

- El aislamiento geográfico genera una disminución de la variabilidad genética en poblaciones de liebres insulares y ésta se expresa en la reducción del promedio de alelos por locus, del porcentaje de loci polimórficos y del promedio observado de heterocigocidad individual.
- Las poblaciones de liebres insulares presentan tamaños corporales menores que sus contrapartes de tierra firme.

## OBJETIVOS

- Examinar la magnitud de la divergencia evolutiva producida por efecto del aislamiento geográfico en Lepus insularis de Baja California Sur, con respecto a Lepus californicus xanti, mediante el análisis de la variación aloenzimática y craneométrica y comparar los resultados con los que se obtengan de Lepus californicus martirensis y Lepus californicus sheldoni.
- Analizar el ajuste de la variación en medidas corporales de poblaciones de lagomorfos insulares al patrón biogeográfico de modificación del tamaño corporal propuesto por Foster (1965).

## HIPÓTESIS

- El aislamiento geográfico genera una disminución de la variabilidad genética en poblaciones de liebres insulares y ésta se expresa en la reducción del promedio de alelos por locus, del porcentaje de loci polimórficos y del promedio observado de heterocigocidad individual.
- Las poblaciones de liebres insulares presentan tamaños corporales menores que sus contrapartes de tierra firme.

## ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

### Área de Estudio

Baja California Sur abarca 71,428 km<sup>2</sup>, esta dividido por al menos cinco regiones biogeográficas que son: el Desierto Central, la Serranía, el Desierto del Vizcaíno, los Llanos de la Magdalena y los Cabos. Destacan tres componentes estructurales a nivel general, uno de ellos es su sierra, la cual corre paralela a la costa. El segundo componente corresponde a una amplia planicie costera localizada en el occidente, con 40 km de anchura media y finalmente el tercer componente es su sistema de islas que esta constituido en el Pacífico por tres islas, mientras que del lado del Mar de Cortés por 12 islas, entre las que se encuentran Espíritu Santo y El Carmen.

La Isla Espíritu Santo forma parte del extremo oriental de la Bahía de La Paz y está separada de ésta por el canal de San Lorenzo que mide seis kilómetros. Se encuentra ubicada entre los 24° 30' de latitud norte y los 110° 20' de longitud oeste. su origen se debe a un desprendimiento de la zona peninsular adyacente (Gastil *et al.*, 1983). Mide 19 km de largo y 5.5 kilómetros de ancho en promedio, con una superficie de 99 km<sup>2</sup>; su mayor altitud es de 595 msnm (Moctezuma y Serrato, 1988), se estima que el tiempo de separación de esta isla del resto de la Península no supera los 12,000 años.

La Isla El Carmen se localiza a 15 kilómetros al este del puerto de Loreto, a 11 km al sureste de Isla Coronado y a seis km de la costa de la Península. Se ubica entre los 26° 04' y 25° 48' de latitud norte y los 111° 05' y 111° 12' de longitud oeste. Mide aproximadamente 27 kilómetros de largo por nueve de ancho. Una cordillera la recorre a

todo lo largo, con alturas de hasta 479 msnm. El área que ocupa es de 151 km<sup>2</sup> y el tiempo de separación de la Península esta estimado en 35,000 años (Case, 1978).

### **Ejemplares Examinados**

En el presente estudio se utilizaron pieles, esqueletos y tejidos congelados (corazón-riñón) de ejemplares de Lepus insularis y L. c. xanti, depositados en la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología de la UNAM (CNMA), los cuales se colectaron en 1994 en la porción sureste de la Isla Espiritu Santo y a 60 km al noroeste de la Paz respectivamente, con el Permiso de Colector Científico No. FAUT-0002 y el Permiso Especial de Colecta Científica de SEMARNAP No. A00702.

Con el objeto de poder realizar comparaciones con otros lagomorfos, también fueron incluidas las pieles, esqueletos y tejidos congelados de algunos ejemplares de Lepus californicus texianus, L. callotis y Sylvilagus floridanus también de la CNMA, colectados en los estados de Durango y Jalisco, así como de L. c. sheldoni y L. c. martirensis. Las dos últimas subespecies también fueron colectadas en dos localidades, Lepus californicus sheldoni a dos kilómetros al norte de Bahía Salinas (25° 59' 57' N y 111° 06' 18' W), en la punta norte de Isla El Carmen, entre octubre de 1999 y abril del 2000, con los permisos especiales de colecta científica de SEMARNAP No. DOO.02 - 3237 y DOO.02 -2058; mientras que L. c. martirensis en la Reserva de la Biosfera "Desierto del Vizcaíno", en las localidades de San Lucas (27° 14' N y 112° 13' W), Volcán La Virgen (27° 23' N y 112° 29' W) y Alfredo Bonfil (27° 20' N y 112° 42' W),

entre octubre de 1999 y abril del 2000, con los permisos especiales de colecta científica de SEMARNAP No. DOO. 02.-3237 y DOO. 02.-2058.

Además de los ejemplares de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. texianus, L. callotis y Sylvilagus floridanus de la CNMA de la UNAM antes mencionados, fueron incluidas pieles y esqueletos de ejemplares de Lepus insularis, L. c. xanti y L. c. martirensis de la Colección de Mamíferos del Museo Nacional de Historia Natural de Washington D. C. (USNM). Durante las visitas a las colecciones CNMA y USNM se realizaron mediciones de cráneos de todas las poblaciones y se copiaron los valores de las medidas somáticas directamente de las etiquetas de cada ejemplar.

Los individuos colectados fueron cazados con una escopeta calibre 16 mm y la preparación de sus pieles se realizó el mismo día de la colecta, empleando las técnicas convencionales en mastozoología para ejemplares de colección científica. Para la limpieza y conservación de los cráneos también se siguieron técnicas mastozoológicas pertinentes mediante el uso de derméstidos. Las muestras de órganos colectados (corazón-riñón) de los ejemplares recién sacrificados fueron colocadas en criotubos NUNC, introducidos en un tanque de nitrógeno líquido para su conservación y transportación y depositados finalmente en un ultracongelador a -80°C. Finalmente, todos los ejemplares fueron identificados siguiendo los criterios de Hall (1981) y depositados en la CNMA.



### Estudio Aloenzimático

En este estudio se incluyeron muestras de tejidos congelados (corazón-riñón) de ejemplares de las poblaciones de L. insularis (n=10) y Lepus californicus xanti (n=10). Así mismo, se incluyeron muestras de tejidos (corazón-riñón) de ejemplares de L. c. sheldoni (n=10), L. c. martirensis (n=10), L. c. texianus (n=10), L. callotis (n=3) y Sylvilagus floridanus (n=3) de la CNMA.

Las muestras de corazón y riñón se procesaron juntas, homogenizando los tejidos en una solución amortiguadora 0.01 Tris-0.001 EDTA pH. 6.8, en proporción 1:1. Los homogeneizados se centrifugaron a una temperatura de 5 °C a 4000 r.p.m. durante 25 minutos y el sobrenadante se congeló a -80°C hasta ser procesado por electroforesis horizontal usando geles de almidón, de acuerdo a la técnica descrita por Harris y Hopkinson (1976).

Se elaboraron 35 geles en concentraciones de 10 y 12 %, usando almidón de papa (Sigma Chemical) con diferentes diluciones de solución amortiguadora, dependiendo del locus a examinar. La mezcla de la solución amortiguadora-almidón se homogenizó para evitar la formación de grumos, calentándola en un matraz durante tres minutos, aproximadamente y posteriormente conectándola por medio de una manguera a una bomba de vacío para extraer las burbujas de aire. Finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente con el fin de que el gel se solidificara. Una vez sólido el gel, se dividió longitudinalmente, cortándolo con una navaja y se separaron las dos porciones para insertar entre ellas rectángulos de papel filtro (Whatman Filter Paper N° 3) de un

centímetro de longitud aproximadamente, previamente humedecidos con la muestra (sobrenadante) correspondiente al tejido (corazón-riñón) de cada individuo.

El gel con las muestras se colocó en una cámara de electroforesis horizontal y se mantuvo en contacto en cada uno de sus extremos con el buffer iónico, sometiénolo a un campo eléctrico conectado a una fuente de poder. Se emplearon diferentes voltajes (150 voltios en promedio) y el tiempo varió de acuerdo con la solución amortiguadora empleada (generalmente de 12 a 18 horas).

Se examinaron 26 loci en cada individuo de las poblaciones estudiadas, en el Cuadro 1 se muestran las abreviaturas correspondientes a cada proteína enzimática así como el número establecido por la Unión Internacional de Bioquímica (International Union of Biochemistry) y la Comisión de Enzimas (Enzyme Commission). Después del corrimiento, cada gel se cortó en rebanadas y en cada una se tiñó una enzima colocándola en una charola con una solución conteniendo un sustrato específico para la enzima, con un colorante que precipita donde la reacción enzimática se lleva a cabo, de acuerdo a la técnica descrita por Murphy *et al.*, (1990). Finalmente, cada gel fue fotografiado con una película para impresión en color (Fig. 6).

Para la interpretación de los resultados, fueron excluidos los valores de las poblaciones de L. callotis y Sylvilagus floridanus debido a que su presencia originaba una sobreestimación de los indicadores de variación genética de las liebres de la Península. El tamaño de muestra por locus no representó el total de los individuos en

ningún taxa estudiado, debido a que en algunos geles no se observaron bandas por dificultades con la técnica de electroforesis, la de tinción o ambas.

El registro de la movilidad de las enzimas se realizó considerando la migración anodal observada, después de someter a un campo eléctrico los geles con las muestras de tejidos, en la cámara de electroforesis. De tal forma que aquellos loci con migración más anodal fueron considerados como el alelo "A", los siguientes como el alelo "B" y así sucesivamente. Estos registros son ejemplificados con el zimograma del locus MDH (Fig. 6), con lo que se construyó la matriz de datos (Cuadro 2).

Se determinó la cantidad de alelos exclusivos (aquellos alelos que únicamente se encontraban presentes en uno de los taxa) y la cantidad de alelos fijos (aquellos alelos que se encontraban presentes en uno de los taxa y con una frecuencia del 100%). Así mismo, se estimó el número promedio de alelos por locus, el porcentaje de loci polimórficos y la heterocigidad observada y esperada por Hardy-Weinberg, presentes en cada una de las enzimas y en cada taxa, a partir del examen de todos los geles, de acuerdo con la movilidad que presentaron las bandas, con el programa BIOSYS (Swofford y Selander, 1989). Posteriormente, en cada uno de los taxa se examinaron los alelos que correspondían a cada locus tomando en cuenta aquellos que fueron homocigotos y heterocigotos a fin de determinar los valores de variabilidad genética y divergencia genética ( $F_{st}$ ).

Se construyeron dos fenogramas mediante el método UPGMA (Unweighth Pair-Group Method with Arithmetic Averaging; Swofford y Selander, 1989) para representar las distancias genéticas entre las poblaciones de liebres del presente estudio, a partir de una matriz construida con los índices de distancia genética de Nei (1978), y de Cavalli-Sforza y Edwards (1967). Dichos índices fueron elegidos debido a que manejan números de muestras pequeños y a que se pueden comparar con otros estudios de lagomorfos. De igual manera, se construyó un fenograma de distancias genéticas con el algoritmo de Wagner (Farris, 1972; Swofford y , 1989), debido a que asume que las tasas de sustitución de aminoácidos no son constantes en todas las poblaciones y se representa gráficamente con las diversas longitudes de las ramas del fenograma resultante.

### **Estudio Craneométrico y de Medidas Somáticas**

Se examinaron 30 caracteres craneales (Fig. 7) de individuos de las poblaciones de liebres siguientes: L. insularis (n= 48), L. californicus xanti (n= 65), L. c. sheldoni (n= 31), L. c. matirensis (n= 21) y L. californicus texianus (n= 25), con un vernier digital calibrado con un nivel de precisión de 0.1 mm. Las medidas craneales que se incluyeron se describen en el Apéndice 1. Estas medidas, son representativas de la longitud, anchura y profundidad craneal y fueron retomadas de otras investigaciones con el objeto de hacer comparativo el presente estudio (Baker *et al.*, 1978; Robinson y Dippenaar, 1987; Best y Janecek, 1992; Schmidly y Bradley, 1995; Cervantes y Lorenzo, 1997).

Para el presente estudio sólo fueron tomados en cuenta ejemplares adultos de ambos sexos, seleccionados de acuerdo con el criterio empleado por Hoffmeister y

Zimmerman (1967), el cual toma en cuenta el grado de fusión de la sutura del exoccipital-supraoccipital y considera como adultos aquellos que presentan la sutura completamente osificada, que corresponde con la categoría IV (Fig. 8). Además de los análisis craneométricos, se realizó la comparación de medidas somáticas siguientes: longitud total (LOTO), longitud de la cola (LOCO), longitud de la pata trasera izquierda (LOPA); longitud de la oreja izquierda (LOOR) y peso (PESO), que se describen en el Apéndice 1.

Los análisis exploratorios realizados con las variables craneales y somáticas, incluyen estadísticos descriptivos como la media ( $\bar{X}$ ), desviación estándar ( $D Est$ ), diagramas de tallo y hoja, coeficientes de variación (C.V. menores del 20% representan una baja variación individual) y gráficas de distribución normal ( $W < 0.05$ ), con ayuda del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, 1988) y STATISTICA para WINDOWS (StatSoft, 1998). Dichos análisis se aplicaron para conocer la variación de los estadísticos descriptivos, para detectar errores en la captura de los datos y para decidir la prueba estadística siguiente con base en los supuestos de normalidad. Dichos análisis fueron realizados en función de la variación individual intraespecífica y entre sexos.

La estadística univariada contempló una prueba no paramétrica de Wilcoxon, utilizando la rutina PROCNPARWAYWILCOXON del paquete estadístico SAS, para extraer los estadísticos "z" y "t" (nivel de significancia 95%), los cuales ayudaron a identificar las diferencias entre las variables por sexos. Se calcularon los coeficientes de variación para identificar el nivel de variación individual. Además se realizó una

ANOVA de una vía (nivel de significancia 95%) para conocer la diferencia entre medias.

El análisis de estadística multivariada empleado se basó únicamente en criterios morfométricos craneales y consistió en un análisis de componentes principales, utilizando la rutina PROCPRINCOMP del paquete SAS y del programa estadístico STATISTICA para WINDOWS (StatSoft, 1998), con ejemplares adultos de categoría IV de L. insularis, L. c. xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus. El propósito fue determinar el número de variables independientes que recogían la mayor parte de la varianza entre los caracteres. Además, se realizó un análisis discriminante utilizando la rutina del paquete SAS (PROCDISCRIM), para determinar si existían diferencias entre las poblaciones de liebres empleando como indicadores únicamente los caracteres craneométricos, así como para averiguar en qué sentido se daban dichas diferencias, con la ayuda de las distancias entre los centroides de cada población (Distancia de Mahalanobis) y los resultados se representaron en una gráfica de tres dimensiones utilizando el paquete STATISTICA para WINDOWS (StatSoft, 1998)

## RESULTADOS

### Aloenzimas

El análisis de 26 loci en 35 geles indicó la existencia un total de 16 loci polimórficos (Cuadro 3), y al considerar exclusivamente a las poblaciones de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus, reveló que el valor más alto de polimorfismo fue de tres alelos por locus, el cual se presentó en los loci siguientes: ME-1, PGM-2, SOD-2, 6 PGD y ALB. En tanto que el locus polimórfico con el mayor número de alelos, al considerar a todos los taxa, fue 6 PGD con cuatro alelos. El resultado de este mismo análisis hecho por taxón indicó que el número más alto de alelos por locus fue tres y se presentó en los loci siguientes: PGM-2 y 6 PGD de L. insularis; ME-1 y SOD-2 de L. c. xanti; ALB de L. c. sheldoni; PGM-2 y SOD-1 de L. c. martirensis y finalmente PGM-2 de L. c. texianus (Cuadro 3).

En relación con los resultados de polimorfismo promedio, éstos indicaron que el mayor porcentaje (34.6) de dicho polimorfismo lo presentó L. c. texianus (Cuadro 3), mientras que el menor porcentaje (19.2) lo presentó L. insularis. En relación con el promedio de alelos por locus (Cuadro 3), el mayor promedio (1.4) lo presentaron L. c. xanti, L. c. martirensis y L. c. texianus, mientras que el valor más bajo (1.3) lo presentó L. insularis y L. c. sheldoni. Por otra parte, los loci monomórficos encontrados en las poblaciones de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus fueron: MDH-1, GPI, GOT-2, PGM-1, SOD-1, GDH, GOT-1, SDH,

$\alpha$ GPD y CK-1, mientras que al considerar también a L. callotis y a Sylvilagus floridanus, los loci monomórficos encontrados fueron únicamente MDH-1, GPI y GOT-2.

El estudio de la heterocigocidad observada por locus (Cuadro 3), indicó que los valores más altos de individuos heterocigotos, sin considerar a Lepus callotis ni a Sylvilagus floridanus, fueron los de Lepus insularis, seguido de L. c. xanti y L. c. martirensis, mientras que los más bajos fueron encontrados en L. c. sheldoni y L. c. texianus. Se identificaron 14 alelos exclusivos y ningún alelo fijo. Dichos alelos exclusivos se presentaron de la manera siguiente: uno en L. insularis: HK; cuatro en L. c. xanti: MDH-2, ME-1, PAP y LGG; dos en L. c. sheldoni: ME-2 y ALB; dos en L. c. martirensis: LDH-1 y G6PDH; y dos en L. c. texianus: LA y ME-2.

El valor promedio del índice de fijación de Wright's ( $F_{st}$ ) para todos los taxa aquí estudiados fue 0.449 (Cuadro 4), mientras que análisis de  $F_{st}$  realizado únicamente con las subespecies de Lepus californicus y L. insularis fue notablemente menor (0.192). Del total de los 26 loci, el valor de chi-cuadrada del  $F_{st}$ , para 22 de ellos, resultó ser estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) y se muestran en el Cuadro 4. Los otros cuatro loci (SOD-2, MDH-1, GPI y GOT-2) no mostraron diferencias significativas.

La matriz de distancias genéticas basada en el índice de Cavalli-Sforza y Edwards (1967), indicó que las poblaciones más similares entre sí fueron Lepus insularis y L. californicus texianus, debido a que su valor de distancia genética fue el menor,



seguidas por el L. insularis con L. c. xanti (Cuadro 5). Mientras tanto, las especies menos parecidas, de acuerdo con el mismo índice, fueron L. c. texianus y L. c. martirensis ya que presentaron el valor más alto de todas las liebres del presente estudio. De igual manera fue construida una matriz de distancia genética empleando el índice de Nei (1978). Esta matriz muestra que las especies con mayor similitud genética fueron L. insularis y L. c. xanti, seguidas por L. c. texianus y L. insularis. Los taxa más distantes, de acuerdo con los valores resultantes de dicho índice fueron L. c. martirensis y L. c. xanti (Cuadro 5).

Con base en la matriz de distancia genética de Cavalli-Sforza y Edwards (1967), se construyó un fenograma basado en un UPGMA, cuyo coeficiente de correlación cofenética fue de 0.993 (Fig. 9). La topología de dicho fenograma muestra que la relación más estrecha se da entre Lepus insularis y L. californicus texianus, destaca la inclusión de L. c. texianus en el grupo compacto formado por las L. californicus de la Península con L. insularis y la separación de L. callotis así como la mayor distancia entre todas las liebres con el conejo Sylvilagus floridanus.

Con base en la matriz de distancia genética de Nei (1978), se construyó otro fenograma empleando el método de UPGMA (Fig. 10a), el cual presentó un coeficiente de correlación cofenética de 0.998, y la topología obtenida difiere ligeramente del fenograma construido con el índice de Cavalli-Sforza y Edwards (1967). En este fenograma se hace evidente la estrecha relación entre Lepus insularis y L. californicus xanti, por una parte y de L. c. sheldoni con L. c. martirensis por la otra, entre las que

destaca la inclusión de L. c. texianus. Es notorio que no hay una correspondencia absoluta con el fenograma construido con el otro índice debido a que la rama de L. c. texianus se mueve. Sin embargo, se conservan los grupos formados por las subespecies de Lepus californicus y L. insularis por un lado y L. callotis ligeramente más separado, así como el conejo Sylvilagus floridanus, formando una rama completamente separada de todas las liebres.

Finalmente, fue construido un fenograma con el algoritmo de Wagner (Fig. 10a), empleando la matriz de distancia genética de Cavalli-Sforza y Edwards (1967), cuya topología no es concordante con el fenograma realizado con el método UPGMA. En dicho fenograma se advierten dos grupos de liebres de la Península, uno de ellos formado por Lepus insularis y L. californicus xanti y el otro formado por L. c. sheldoni y L. c. martirensis. Además, fuera de este grupo y con sus correspondientes ramas más cortas se desprenden L. c. texianus y L. callotis. Sylvilagus floridanus es la rama basal del fenograma y muestra una amplia separación de todas las liebres.

### **Morfometría**

En los Cuadros 6 a 10 se muestran los resultados de los análisis exploratorios realizados en todas las variables (craneométricas y somáticas) tomadas de individuos de las poblaciones de liebres siguientes: Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus. En dicho análisis, se contemplaron algunos estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, coeficiente de variación (C.V.)), así como una prueba de normalidad ( $W < 0.05$ ).

Con respecto a las variables craneales, los resultados de los análisis exploratorios indicaron que únicamente los C.V. de la LOPP (Longitud del Paladar) de las poblaciones de Lepus californicus xanti y L. c. texianus, presentaron valores por arriba del 10%. Mientras que entre variables somáticas, se observó como patrón general que los C.V. mayores al 10% correspondieron a la LOCO (Longitud de la Cola) y al PESO (Peso) en todas las poblaciones de liebres del presente estudio. Al respecto, únicamente presentaron valores de C.V. mayores al 20% el PESO de L. c. sheldoni y la LOCO de L. c. texianus (Cuadros 6 a 10).

En relación con los promedios de los C.V. por población, se encontró en todos los casos que los mayores promedios se presentaron al considerar las variables somáticas y craneales juntas. Por el contrario, al considerar únicamente a las variables craneales los valores del C.V. fueron más bajos; siendo el menor porcentaje el de Lepus californicus martirensis como se puede observar en el Cuadro 11.

En relación con la prueba de normalidad, se determinó que el 25% de las variables de L. insularis, el 17% de L. californicus xanti, el 8% de L. c. sheldoni, el 3% de L. c. martirensis y el 6% de L. c. texianus no presentaron distribuciones normales (Cuadro 6 a 10). Por lo cual se decidió realizar una prueba univariada no paramétrica de Wilcoxon con un valor de significancia del 95% ( $Z < 0.05$ ), debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad para realizar una prueba paramétrica, y a que la prueba de Wilcoxon presenta la ventaja de analizar muestras pequeñas.

### **Estadística univariada**

Mediante una prueba no paramétrica de Wilcoxon, se realizó una comparación entre sexos con cada una de las poblaciones, en la cual se analizaron tanto las variables somáticas como las craneales (Cuadros 6 a 10). Únicamente se detectaron diferencias significativas entre sexos ( $Z < 0.05$ ) en dos variables de Lepus insularis, ANCI y LOTO, lo cual representa el 6% del total de variables; nueve variables de L. californicus xanti LOBU, LOPP, ANNA, ANBU, PRBU, LOMA, AIAU, LOTO y PESO (25%); once variables de L. c. martirensis LOMC, ANCC, LOBA, LONA, ADMX, LOBO, LODI, ALMA, LOMA, ACMA y LOPA (31%); y dos variables de Lepus c. texianus ALMA y PESO (6%). Debido a las pocas diferencias en ambos sexos se consideraron hembras y machos como un sólo grupo y se usaron así en el análisis multivariado solamente las variables craneales.

La variación en tamaños entre las poblaciones de liebres fue detectada al comparar los valores promedio de las variables somáticas mediante una ANOVA, donde Lepus insularis fue más grande en la longitud total (LOTO) y el peso (PESO) con respecto a todas las poblaciones de liebres cola negra (Cuadro 12).

### **Estadística multivariada**

El análisis de componentes principales se realizó únicamente con caracteres craneales de ejemplares adultos (hembras y machos juntos) de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus. Dicho análisis encontró que el porcentaje de variación en los tres primeros componentes principales fue de 63.2 %, del

cual el primer componente es responsable del 42.96 % de la variación total craneal interespecífica, el segundo componente explica el 14.4 % y el tercer componente explica el 5.8 % (Cuadro 13). El primer componente refleja diferencias en tamaño por poseer signos positivos en todas las variables, con la variable LOMC que explica el mayor porcentaje de variación y le siguen LOBA y LOMA. Los componentes dos y tres reflejan diferencias en forma por poseer combinaciones de signos (+ y -) como se observa en el Cuadro 13.

Al hacer una gráfica de tres dimensiones de los componentes uno, dos y tres, se observó una separación en la nube de puntos con respecto al componente dos, haciendo evidente que aparecen formando un grupo más o menos compacto todas las subespecies de Lepus californicus del presente estudio, separados de L. insularis (Fig. 11).

El Análisis Discriminante realizado únicamente con caracteres craneales de ejemplares adultos (hembras y machos juntos) de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus (Cuadro 14), reveló que los primeros cuatro componentes canónicos acumulan el 100 % de la variación entre poblaciones, del cual el primer componente concentra el 57.8%, el segundo el 29.2%, el tercero el 9% y el cuarto el 3.9% (Cuadro 14 a). Además, se observa que los valores de Mahalanobis más altos son aquellos entre L. c. sheldoni y L. c. texianus (Cuadro 14 c), mientras que los más bajos se presentaron entre L. c. martirensis y L. c. texianus. La clasificación realizada por el análisis discriminante (Cuadro 14 d), correspondió al 100 % con la

asignación taxonómica en los taxa Lepus insularis, L. c. sheldoni y L. c. texianus, mientras que en L. c. xanti y en L. c. martirensis fue del 93.9 y 85.7 % respectivamente.

La representación gráfica de las distancias entre los centroides (Fig. 12) , al considerar al componente canónico uno, indicó que existe una separación notable en la distribución de todas las poblaciones de Lepus californicus con respecto a L. insularis. Mientras que en relación con el componente canónico dos, se advierte una separación que ubica en ambos extremos del grupo formado por L. c. martirensis, L. c. xanti y L. insularis a L. c. texianus y a L. c. sheldoni, como se observa en la Figura 12.

## DISCUSIONES

### Aloenzimas

El análisis de las frecuencias génicas (Cuadro 3), sin Sylvilagus floridanus ni L. callotis, mostró que L. californicus xanti fue la población con más alelos exclusivos (cuatro alelos), por lo que se considera la población más variable entre las liebres en el presente estudio, con este estimador. En contraste, la especie de Isla Espiritu Santo, L. insularis, fue la menos variable debido a que sólo presentó un alelo exclusivo.

Lo anterior es congruente con datos encontrados en otras poblaciones de liebres (Lorenzo, 1996) y heterómidos (Best y Janecek, 1992), donde se obtuvieron más alelos exclusivos en poblaciones continentales de amplia distribución geográfica como Lepus callotis, L. californicus, Dipodomys nitratooides y Dipodomys merriami, que en especies aisladas o de distribución restringida como L. flavigularis y Dipodomys insularis, ya que se sabe que poblaciones de mamíferos de distribución restringida, probablemente fundadas por un pequeño número de individuos y de crecimiento lento, experimentan pérdida de alelos y la reducción en la heterocigocidad (Glover y Barret, 1987). Lo anterior coincide con la distribución de L. insularis y L. c. sheldoni ya que al igual que L. flavigularis, son poblaciones restringidas a un área geográfica relativamente pequeña (menor a 150 km<sup>2</sup>) y aisladas de sus poblaciones ancestrales por una barrera geográfica.

Además del aislamiento geográfico y del efecto fundador, se han documentado otras causas de esta baja variación genética como ocurre con los efectos de la deriva genética en lepóridos de México (Lorenzo, 1996) y eventos de cuello de botella en

roedores de la cordillera de los Andes (Gallardo *et al.*, 1995). Por otra parte, las cantidades de alelos exclusivos en las demás poblaciones de liebres, L. c. martirensis, L. c. sheldoni y L. c. texianus (dos alelos respectivamente), también son bajas, lo cual es consistente con resultados de cariotipos de varias especies de liebres del género Lepus en el mundo, los cuales indican que éste es un género bastante conservador en su genoma ya que presenta un mismo número cromosómico diploide ( $2n=48$ ) y las diferencias se limitan al número fundamental.

En relación con el promedio de alelos por locus, los valores más altos se presentaron en Lepus californicus xanti, L. c. martirensis, L. c. texianus (1.4 alelos por población respectivamente), sin considerar a L. callotis ni a Sylvilagus floridanus. Por el contrario, L. insularis y L. c. sheldoni nuevamente presentaron los promedios más bajos (1.3 alelos por población) con este estimador de variación genética (Cuadro 3). Lo anterior coincide con estudios hechos con roedores de los géneros Peromyscus (Awise *et al.*, 1974), Neotoma (Cervantes y Vargas, 1998), Dipodomys (Best y Janecek, 1992) y Ctenomys (Gallardo *et al.*, 1995), los cuales han demostrado que las poblaciones aisladas, o remanentes de poblaciones grandes que se han fragmentado por un efecto vicariante, presentan promedios de alelos por locus más bajos que sus respectivas contrapartes.

Por lo tanto, este patrón se repite con los valores de alelos por locus encontrados en el presente estudio en las poblaciones de liebres insulares, lo cual podría atribuirse al efecto del aislamiento geográfico, el tamaño de la población y a la interrupción del flujo



genético (Gallardo *et al.*, 1995). Lo anterior debido a que si bien no hay trabajos formales sobre densidades poblacionales de ninguna de estas especies de liebres insulares, se sabe que las islas son relativamente pequeñas; para L. insularis, la Isla Espíritu Santo tiene una superficie de 99 km<sup>2</sup> (Gastil *et al.*, 1983; Moctezuma y Serrato, 1988) y para L. c. sheldoni, Isla del Carmen ocupa una área estimada en 151 km<sup>2</sup>. Por lo anterior, dichas islas no podrían mantener poblaciones grandes de estos mamíferos, lo cual se corrobora con la ausencia de mamíferos grandes como carnívoros o artiodáctilos. Dicha disminución del promedio de alelos por locus se ha descubierto también en relictos de poblaciones de plantas, fundadas por poblaciones pequeñas, como ocurrió con los lirios acuáticos brasileños de la especie Eichornia paniculata introducidas en Jamaica (Glover y Barrett, 1987).

En relación con el promedio porcentual de loci polimórficos, sin considerar a L. callotis ni a Sylvilagus floridanus, se encontró un valor más alto (61%, 16 loci de 26) que en trabajos anteriores con lepóridos (Lorenzo, 1996; Scribner y Warren, 1986) lo cual se reflejó ligeramente en cada población (Cuadro 15), donde los porcentajes relativamente más altos se presentaron en L. c. texianus, L. c. xanti y L. c. sheldoni. Dichos porcentajes son similares a otros encontrados en poblaciones silvestres de lepóridos (Scribner y Warren, 1986; Lorenzo, 1996) y de roedores del género Ctenomys (Gallardo *et al.*, 1995).

Por su parte, Lepus insularis presentó nuevamente el valor más bajo en cuanto al promedio porcentual de loci polimórficos, de las poblaciones de liebres del presente

estudio (19.2%), el cual es semejante al encontrado anteriormente en la fiebre tropical L. flavivularis (22.6%) del Istmo de Tehuantepec (Lorenzo, 1996), pero mayor al de Sylvilagus mansuetus (8.7%) de Isla San José (Cervantes *et al.*, 1999b). Este bajo polimorfismo de L. insularis probablemente se deba a las particularidades del aislamiento geográfico (Lawlor, 1983), a la escasa amplitud de su distribución geográfica (Berry, 1986) y a la influencia de estos factores abióticos sobre el tamaño de la población.

El promedio más alto de heterocigocidad media por conteo directo, sin contemplar a Sylvilagus floridanus ni a Lepus callotis, se presentó en L. insularis, este valor es alto en comparación con otros trabajos (Cuadro 15), y resulta poco común ya que se ha documentado con Peromyscus leucopus y Oryzomys palustris que las frecuencias de heterocigotos de poblaciones aisladas son más bajas que los de poblaciones de distribución amplia (Loxterman, 1995), ya que dichas frecuencias tienen una relación proporcional con el tamaño poblacional. De manera que siendo L. insularis la de distribución más restringida, por vivir en una Isla de no más de 99 km<sup>2</sup>, se esperaba que presentara la población más pequeña y en consecuencia las frecuencias de heterocigotos más bajas, como ocurrió con la población de L. c. sheldoni. Las demás poblaciones de liebres del presente estudio presentan una deficiencia de heterocigotos, la cual resulta poco común en poblaciones de mamíferos, si consideramos su amplia distribución geográfica, niveles de flujo genético y tamaño poblacional grande. Los valores de polimorfismo y heterocigocidad, de manera general, demostraron que existe una cantidad alta de alelos por locus y una deficiencia de heterocigotos en las

poblaciones estudiadas. Como se ha observado en poblaciones de L. europeus la deficiencia en heterocigotos puede deberse a la ocurrencia de alelos nulos (Hartl *et al.*, 1993), los cuales no se identificaron debido a la fineza de técnica empleada.

Por presentar mayor número de alelos exclusivos, alelos por locus y mayor porcentaje de loci polimórficos, Lepus californicus xanti, L. c. texianus y L. c. martirensis se consideran como las poblaciones más variables genéticamente del presente estudio. Así mismo, L. insularis y L. c. sheldoni son las menos variables por no presentar alelos fijos, así como por presentar niveles bajos de alelos por locus y porcentajes de loci polimórficos con respecto a las demás poblaciones.

El hecho de que Lepus insularis y L. californicus sheldoni presenten menor variación genética puede ser consecuencia del aislamiento geográfico a lo largo de su evolución, en dos pequeñas islas localizadas en el Golfo de California. Ahí el flujo génico se cortó y pudieron estar sometidas a los efectos de deriva genética, como se ha observado en poblaciones de Oryctolagus cuniculus en Australia y en L. flavigularis en el Istmo de Tehuantepec (Lorenzo, 1996), o a cuestiones relacionadas con el efecto fundador (Berry, 1986; Wayne *et al.*, 1991), eventos de cuello de botella (Gallardo *et al.*, 1995) o la combinación de varias de estas fuerzas evolutivas.

En relación con las demás poblaciones de L. californicus, su distribución amplia y fragmentada pudo ocasionar que cada una de ellas estuviera sujeta a presiones de

selección particulares y, por lo mismo, que las diferencias genéticas se acentúen al habitar en localidades diferentes manteniendo niveles más altos de variación genética.

Los fenogramas derivados de las matrices de distancia genética de Cavalli-Sforza y Edwards (1967) y de distancia genética de Nei (1978), demostraron que las especies de liebres más similares son Lepus insularis y L. californicus xanti, de acuerdo a lo que se esperaba por información de trabajos anteriores, ya que al parecer, Lepus insularis surgió como consecuencia de un evento vicariante de una población de L. c. xanti (Nelson, 1909; Orr, 1960), cuando la fracción de tierra que dio origen a Isla Espiritu Santo se separó de la Península, llevándose un relicto de la población de liebres cola negra (Thomas y Best, 1994). Así mismo, L. c. sheldoni y L. c. martirensis resultaron ser muy similares en los fenogramas derivados de las matrices de distancia genética, lo cual puede ser indicio de que la subespecie insular derive de una población relicta de L. c. martirensis. Por otra parte, destaca la inclusión de la rama de L. c. texianus; sin embargo, debido a que esta subespecie de L. californicus se distribuye en una región alejada de la Península de California se puede pensar que su similitud genética medida con aloenzimas puede corresponder a un evento de evolución paralela, ya que es claro que la similitud estrecha con L. insularis esta lejos de ser la más objetiva y probablemente con un análisis molecular más fino (FRLP) los resultados cambiarían. Por otra parte, las especies menos relacionadas son L. callotis y Sylvilagus floridanus, como se esperaba debido a que son lepóridos que pertenecen a géneros diferentes.

Igualmente, la diferenciación genética ocurrida entre los géneros en estudio fue alta ( $F_{st} = 0.449$ ; Cuadro 4). comparada con otros lepóridos y roedores (Loxterman, 1995), lo que indica que probablemente la diferenciación genética a nivel genérico ocurrió en las poblaciones ancestrales y que, actualmente, las poblaciones se encuentran aisladas sin que exista flujo genético entre las mismas.

### **Craneometría y Medidas Somáticas**

La variación individual examinada mediante los coeficientes de variación (C.V.), indicó que los valores más altos correspondieron a los caracteres somáticos (Cuadros 6 a 10), específicamente a la longitud de la cola (LOCO) y al peso (PESO) y fueron menores al 20% en todos los casos, excepto el PESO de los machos de Lepus californicus sheldoni (24%) y la LOCO de las hembras de L. c. texianus (21%). Lo anterior, concuerda con otros estudios realizados con lepóridos (Cervantes y Lorenzo, 1997; Cervantes y Vargas, 1998), múridos (Santos, 1998) y heterómidos (Mancera, 2000), donde en raras ocasiones algún carácter craneométrico presentó un C.V. superior al 10%. Dichos estudios, explican la alta variación de las medidas somáticas en función de la variabilidad natural de dichos caracteres. En relación con lo anterior, se ha atribuido la mayor variación de la LOCO y el PESO a la falta de precisión que acompaña a las mediciones y la variación entre preparadores (Cervantes y Vargas, 1998). Sin embargo, resulta interesante descubrir que las mismas variables presentaron los C.V. más alto en el presente estudio, por lo que probablemente esta variación sea inherente a dichas variables somáticas. Finalmente, las comparaciones entre machos y hembras (Cuadro 11), no indicaron un patrón encontrado en otros estudios con lagomorfos, donde la variación individual de las

hembras, estimada mediante los C.V., resultó más alta que en los machos (Robinson y Dippenaar, 1987; Cervantes y Vargas, 1998).

Los promedios de los C.V. por población, indicaron también que la variación es homogénea y baja, debido a que la diferencia entre el valor más alto y el más bajo no fue superior al 1.5%, como se observa en el Cuadro 11. Lo anterior, coincide con evaluaciones realizadas con conejos de los géneros Sylvilagus (Diersing, 1980) y Romerolagus (Cervantes y Lorenzo, 1997), donde los promedios por población fueron menores al 10%, ya que éste es un requisito importante para efectuar comparaciones entre especies (Cervantes y Vargas, 1998), pues se sabe que no se deben hacer comparaciones incluyendo grupos cuya variación intraespecífica sea mayor que la interespecífica. Por lo anterior, es posible afirmar que existe poca variación individual entre sexos, intrapoblacional e interespecífica, en las liebres aquí estudiadas, en relación con los C.V. de los caracteres contemplados para el presente estudio, así como en la toma de las medidas.

Las diferencias entre sexos encontradas por medio del análisis no paramétrico fueron mínimas. Lepus californicus martirensis presentó el mayor número de variables con diferencias significativas entre sexos ( $Z < 0.05$ ) en 11 de 35 variables que equivale al 31%, y L. c. sheldoni el menor (0%), siendo el promedio porcentual de la variabilidad debida al sexo en las poblaciones del presente estudio del 13%. Esto concuerda con análisis realizados con poblaciones de L. arcticus (Baker *et al.*, 1978), L. saxatilis, L. capensis y Bunolagus monticularis (Robinson y Dippenaar, 1987), en los cuales las

diferencias significativas entre sexos fueron mínimas. Así como en poblaciones de Sylvilagus floridanus y S. audubonij de Texas (Scribner y Warren, 1986). Algo semejante a lo anterior fue descubierto en un análisis de taxonomía numérica de nueve especies del género Lepus, donde obtuvieron resultados similares al estudiar las liebres por sexos separados y al combinar ambos sexos (Dixon *et al.*, 1983). El único caso en el que machos y hembras han diferido significativamente es en L. americanus, donde incluso fue necesario hacer análisis por sexos separados (Nagorsen, 1985).

Por otra parte, la nula diferencia significativa entre sexos de L. c. sheldoni, no es un caso aislado ya que esto mismo fue observado entre especies de conejos del género Sylvilagus en México (Diersing y Wilson, 1980), E. U. A. (Scribner y Warren, 1986) y Australia (Taylor *et al.*, 1977). Por lo anterior, no se consideró dimorfismo sexual ni variación individual significativos en las poblaciones de liebres aquí estudiadas.

En relación con las diferencias en tamaño por variables, los resultados confirman que Lepus insularis es la especie más grande, debido a que la longitud total (LOTO) y el peso (PESO) fueron mayores que en las poblaciones de liebres cola negra (Cuadro 12) y a que un análisis de varianza ( $F < 0.05$ ) indicó diferencias significativas en todas las variables somáticas entre cada una de las poblaciones de liebres del presente estudio. Por lo cual, el resultado del tamaño en orden decreciente, considerando únicamente variables somáticas, es el siguiente: L. insularis, L. californicus texianus, L. c. martirensis, L. c. xanti y L. c. sheldoni.

El hecho de que Lepus insularis sea la especie más grande refuerza los antecedentes documentados de taxonomía numérica, donde se encontraron valores más altos en esta especie que en varias subespecies de L. californicus (Nelson, 1909; Burt, 1933; Dixon *et al.*, 1893), como se observa en los Cuadros 16 y 17. Cabe mencionar que a pesar de que en algunas variables los datos aquí encontrados no corresponden con los valores documentados en otros trabajos, el análisis global de las poblaciones de liebres concuerda con la gradación en tamaño reportada desde principios del siglo pasado (Nelson, 1909; Burt, 1933). Lo anterior puede deberse a la inclusión de pocos ejemplares (cinco en promedio) y a la posiblemente inclusión de individuos subadultos o juveniles en los trabajos anteriores.

En relación con la estadística multivariada, el análisis de componentes principales mostró que tanto el tamaño como la forma son factores importantes que contribuyen a explicar la varianza entre las poblaciones de liebres del presente estudio. Lo anterior, debido a que aun que el componente uno presenta únicamente valores con signo positivo (Cuadro 13 b) la suma de los tres primeros componentes apenas explican el 63.18% de la variación total, en cambio los componentes dos y tres están compuestos por combinaciones de valores positivos y negativos, lo cual indica que además del tamaño, la forma esta siendo un factor importante de variación. Otro indicador de este señalamiento, es que el primer componente que contribuyen a explicar la mayor cantidad de variación entre las poblaciones corresponde a la longitud mayor del cráneo (LOMC) que es una variable referida al tamaño y explica el 42.92% de la variación total (Cuadro 13 a). El componente dos representó el 14.5% de la variación total y el componente tres el 5.7%.



En la representación gráfica (Figura 11), a lo largo del eje del componente uno, las poblaciones de individuos de L. insularis y L. c. texianus, no mostraron diferencias entre si, pero fueron ligeramente más largos que L. c. martirensis, seguidos por L. c. xanti y L. c. sheldoni al último. El factor forma también contribuyó, a las diferencias morfométricas interespecíficas entre los taxa; ya que los componentes dos y tres (referidos a la forma) explican el 20% de la variación total y en la representación gráfica se observa como contribuyen a separar las nubes de puntos de las poblaciones (Figura 11).

Análisis de componentes principales realizados en otros lepóridos han mostrado que el componente uno es el que explica en gran medida la variación entre los taxa y está fuertemente influenciado por el tamaño. En relación con esto, un análisis en tres subespecies del conejo Sylvilagus floridanus (macrocorpus, holzneri y orizabae) basado en 26 variables craneales, mostró que el componente principal uno explicó el 78.5% de la variación observada y separó las muestras especialmente por tamaño, en cambio el componente principal dos explicó solamente el 11.1% de la variación. Dicho análisis, ilustró el tamaño relativamente largo de S. f. macrocorpus comparado con orizabae y holzneri (Diersing y Wilson, 1980).

De igual manera, en un análisis de 37 muestras de 15 subespecies de Lepus americanus, el componente uno consideró una gran variación explicada por el tamaño (92.63% en hembras y 92.8% en machos) basados en 15 caracteres (Nagorsen, 1985). En tanto que en liebres africanas, la cantidad de variación morfométrica explicada por el

componente uno fue de 70.15% reflejando la importancia del tamaño, en donde L. saxatilis se consideró como la más larga, Bunolagus monticularis como la más pequeña y L. capensis se encontró en posición intermedia (Robinson y Dippenaar, 1987). Únicamente S. audubonii y S. floridanus demostraron poca variación en forma y tamaño; sin embargo, esta tendencia no fue significativa (Scribner y Warren, 1986).

Por lo anterior, debido a que la variación total encontrada entre las poblaciones de liebres no es exclusiva de un factor sino de una combinación de diferencias en tamaño craneal y en la forma del cráneo, ambos factores contribuyen a explicar el total de la variación entre las poblaciones de liebres del presente estudio

La maximización de las distancias entre las especies producidas por el análisis discriminante (Cuadro 14), representada en la matriz de distancias de Mahalanobis y en la representación gráfica, separó perfectamente a Lepus insularis del grupo de las liebres de cola negra L. californicus martirensis, L. c. xanti, L. c. sheldoni y L. c. texianus (Figura 12), de acuerdo con lo que se había documentado (Dixon *et al.*, 1983), lo cual es entendible considerando que se trata de especies distintas, pero además, mostró que hay una diferencia intraespecífica muy marcada entre el grupo formado por L. c. martirensis y L. c. xanti y con la subespecie L. c. sheldoni, la cual se segrega notoriamente, en los ejes de los componente dos y tres.

Las distancias morfométricas entre centroides (distancias de Mahalanobis) demostraron que las poblaciones más similares fueron Lepus californicus xanti y L. c.

martirensis (con un valor de 17.3). Esto es congruente si se analiza la distribución geográfica (simpátrica) de ambas liebres sobre la Península de California (Hall, 1981). Asimismo, las especies que más difieren morfométricamente son L. c. sheldoni y L. c. texianus (con un valor de 139.9), lo cual también es congruente con su distribución geográfica, ya que la primera se localiza en una isla del Golfo de California y la última se distribuye desde el centro y norte de México hasta el sur de Estados Unidos.

En relación con los porcentajes que resultaron de la asignación de categorías del análisis discriminante (Cuadro 14 d), el hecho que los ejemplares de todas las poblaciones aquí estudiadas fueran correctamente asignados en su clasificación taxonómica previamente definida muestra que existe, por un lado, poca variación intraespecífica y por otro, una total separación interespecífica a nivel craneométrico.

### **Teoría Biogeográfica**

Los resultados de la comparación de tamaños corporales, entre L. insularis y L. californicus xanti, y entre L. c. sheldoni y L. c. martirensis, coinciden con la teoría biogeográfica de modificación del tamaño corporal en poblaciones insulares (Foster, 1965; Case, 1978; Hoagland 1992), únicamente en el caso de L. c. sheldoni con L. c. martirensis. Lo anterior, debido a que por una parte L. insularis de Isla Espíritu Santo es en promedio la liebre más grande y robusta y por otro L. c. sheldoni de Isla El Carmen es la más pequeña de las liebres de la Península aquí estudiadas.

Debido a que no hay una correspondencia total en cuanto al patrón propuesto (Foster, 1965; Case, 1978; Hoagland 1992), los resultados encontrados en Lepus insularis se suman a los de otros estudios de lagomorfos, múridos y heterómidos (Lawlor, 1982, 1983), que examinan numerosas excepciones, cuestionando la existencia de un patrón real o de un patrón bien definido de tamaños corporales de poblaciones lagomorfos que habitan islas.

Al parecer, L. c. sheldoni es más pequeña por la ausencia de competencia intraespecífica e interespecífica, la ausencia de depredadores y la presión de selección que representa sus hábitos alimentarios generalistas, que involucran una variedad de componentes secundarios de las plantas con las que se alimenta, las cuales inhiben el crecimiento en mamíferos (Hoagland, 1992).

Los valores obtenidos de los alelos exclusivos, alelos por locus, polimorfismo y heterocigocidad entre Lepus californicus xanti y L. insularis, indican que existen una reducción en la variabilidad genética de la especie insular (Cuadro 3), la cual pudo ser causada por el aislamiento geográfico, aunado al tiempo de aislamiento y a la interrupción del flujo genético entre ambas poblaciones. Por otra parte, la reducción de la variabilidad genética medida con los mismos estimadores, entre L. c. mattirensis y L. c. sheldoni es poco contundente (Cuadro 3), ya que se limita a la disminución en el promedio de alelos por locus y a la heterocigocidad. Lo anterior pudo ser consecuencia de las particularidades del aislamiento geográfico entre estas poblaciones, como puede ser la intensidad del efecto fundador y de eventos de cuello de botella, aunado al mayor

tamaño de la Isla del Carmen (151 km<sup>2</sup>) en comparación con Isla Espíritu Santo (99 km<sup>2</sup>), ya que el tiempo de aislamiento entre *L. c. martirensis* y *L. c. sheldoni* (35,000 años) es mayor que entre *L. c. xanti* y *L. insularis* (5,000 a 12,000 años).

Finalmente, los resultados del análisis aloenzimático de 26 loci, revela una divergencia evolutiva escasa entre las liebres peninsulares e insulares del presente estudio, como se observa en los fenogramas de las Figuras 10a y 10b. Estos resultados, sumados a los de estudios previos con cromosomas (Cervantes *et al.*, 1999b), refuerzan la idea de que el género *Lepus* es muy conservador en su genoma.

En relación con lo anterior, Avise (1974), menciona que uno de los inconvenientes de los análisis con aloenzimas, radica en que muchos cambios nucleotídicos pueden ocurrir sin alterar la secuencia de los aminoácidos y muchos cambios en los aminoácidos pueden ocurrir sin alterar las cargas completas de los polipéptidos. Además, menciona que cerca del 30% de las posibles sustituciones nucleotídicas codifican para aminoácidos con cargas diferentes, lo cual puede provocar una subestimación de las diferencias proteínicas entre las poblaciones, que se refleja en los valores de distancia genética.

Los resultados del análisis de aloenzimas, no son congruentes con los de las variables craneométricas y somáticas, ya que en éstos últimos se hace evidente una divergencia detectada considerablemente mayor entre las poblaciones de las islas y sus contrapartes (Fig. 12), donde *L. insularis* es mayor que *L. c. xanti* y *L. c. sheldoni* es

menor que L. c. martirensis. Al respecto, se sabe que la base genética de las diferencias en variables morfométricas están sustentadas por muchos cambios en la secuencias de aminoácidos del los individuos de una población, por lo tanto son buenos estimadores de la divergencia ocurrida entre las liebres de la Península y las liebres de las islas.

## CONCLUSIONES

- ❖ Las poblaciones de L. insularis y L. c. xanti muestran escasa diferenciación genética.
- ❖ Los resultados de distancia genética entre las poblaciones de liebres insulares y de tierra firme indican que Lepus insularis está más cercana a L. californicus xanti que a cualquier otra población de las liebres de cola negra
- ❖ Los resultados de distancia genética indican que Lepus californicus sheldoni y L. c. martirensis están más cercanas entre sí que con cualquiera de las demás poblaciones de liebres del presente estudio
- ❖ La divergencia evolutiva entre las poblaciones de liebres insulares y peninsulares detectada con los análisis craneométricos, reveló una diferenciación considerable entre estas poblaciones, lo cual apoya la hipótesis de la influencia del aislamiento geográfico en su diferenciación.
- ❖ El tamaño promedio de la subespecie insular Lepus californicus sheldoni se ajusta al patrón biogeográfico descrito por Foster (1965), contrario a lo que sucede con Lepus insularis.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar investigaciones sobre los factores que han provocado pérdida de la variabilidad genética de lagomorfos insulares.
- ❖ Analizar como varían las frecuencias alélicas de las poblaciones de liebres insulares a través del tiempo para hacer una propuesta de conservación.



## LITERATURA CITADA

- Álvarez C., S. T. 1997. Diversidad y conservación de pequeños mamíferos terrestres de Baja California Sur. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México México, D., F. 25-198.
- Arita, H. T., y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 33-71.
- Avise, J. C. 1974. Systematic value of electrophoretic data. *Systematic Zoology*. 23 (4): 465-481.
- Avise, J. C., M. H. Smith, and R. K. Selander. 1974. Biochemical polymorphism and systematics in the genus Peromyscus. VI. The boylii species group. *Journal of Mammalogy*, 55 (4):751-763.
- Baker, A. J., R. L. Peterson, J. L. Eger y T. H. Manning 1978. Statistical analysis of geographic variation in the skull of the arctic hare (Lepus arcticus). *Canadian Journal of Zoology*, 56 (10); 2067-2082.
- Berry, R. J. 1986. Genetics of insular populations of mammals, with particular reference to differentiation and founder effects in British small mammals. *Biological Journal of the Linnean Society*, 28: 205-230
- Best, T. L. y L. L. Janecek. 1992. Allozymic and morphologic variation among Dipodomys insularis, Dipodomys nitratoides and two populations of Dipodomys merriami (Rodentia: Heteromyidae). *The Southwestern Naturalist*, 37 (1): 1-8
- Best, T. L. 1996. Lepus californicus. *Mammalian Species*, 530: 1-10
- Burt, W. H. 1933. An undescribed jack-rabbit, genus Lepus from Carmen Island, Gulf of California, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 46: 37-38
- Case J., T. 1978. A general explanation for insular body size trends in terrestrial vertebrates. *Ecology*, 59 (1): 1-18.
- Cavalli-Sforza, L. L. and Edwards, W. F. 1967. Phylogenetic analysis: models and estimation procedures. *Evolution* 21: 550-570.
- Cervantes, F. A., S. T. Álvarez-Castañeda, B. Villa-R., C. Lorenzo y J. Vargas. 1996. Natural history of the black jackrabbit (Lepus insularis) from Espíritu Santo Island, Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 41(2):186-189.

- Cervantes, F. A. y C. Lorenzo. 1997 Morphometric differentiation of rabbits (Romerolagus and Sylvilagus) and jackrabbits (Lepus) of Mexico. *Gibier Faune Sauvage*, 4 (3): 405-425.
- Cervantes, F. A. y Vargas, J. 1998. Comparación morfológica entre los conejos Romerolagus diazi, Sylvilagus floridanus y Sylvilagus audubonii de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 3: 45-78.
- Cervantes, F. A., Ramírez, J. P., Marín A. y Portales B. G. 1999a. Allozyme variation of cottontail rabbits (Sylvilagus) from Mexico. *Zeitschrift für Säugetierkunde. International Journal of Mammalian Biology*, 64: 356-362.
- Cervantes, F. A., A. Rojas, C. Lorenzo y S. T. Álvarez-Castañeda. 1999b. Chromosomal differentiation between the jackrabbits Lepus insularis and L. californicus from Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología* 4:63-71.
- Chapman, J. A., K. R. Dixon, W. Lopez-Forment y D. E. Wilson. 1983. The new world jackrabbits and hares (genus Lepus) -1. Taxonomic history and populations status. *Acta Zoologica Fennica*, 174: 49-51.
- Diersing, V. E. y D. E. Wilson. 1980. Distribution and systematic of the rabbits (Sylvilagus) of the west-central Mexico. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 297: 1-34.
- Dixon, K. R., J. A. Chapman, G. R. Willner, D. E. Wilson y W. Lopez-Forment. 1983. The new world jackrabbits and hares (genus Lepus)- 2. Numerical taxonomic analysis. *Acta Zool. Fennica*, 174: 53-56.
- Durham, J. W. y E. C. Allison. 1960. The geologic history of the Baja California and its marine faunas. *Systematic Zoology*, 9 (1-4):47-90
- Farris, J. S., 1972. Estimating phylogenetics trees from distance matrices. *The American Naturalist*, 106 (951): 645-667.
- Flux, J. E. C. y R. Angermann. 1990. The hares and jackrabbits. In: *Rabbits, Hares and Pikas: Status Survey and Conservation Action Plan* (J. A. Chapman and J. E. C. Flux, Eds.) Information Press, Oxford, U.K. 167 pp.
- Foster, J. B. 1965. The evolution of the mammals of the Queen Charlotte. *British Columbia Occasional Papers. B.C. Prov. Mus.* 14: 1-130.
- Gallardo, M. H., Köhler, N. y Araneda, C. 1995. Bottleneck effects in local populations of fossorial Ctenomys (Rodentia, Ctenomidae) affected by vulcanism. *Heredity*, 74:638-646.

- Gastil, G., J. Minch, y R. P. Phillips 1983. The Geology and ages of the Islands. Pp 13-25, in *Island Biogeography in the Sea of Cortez* (T. J. Case and M. L. Cody, eds.). University of California Press, Berkeley, 508 pp.
- Glover, D. E. y Barrett, S. C. H 1987. Genetic variation in continental and island populations of *Eichhornia paniculata* (Pontederiaceae). *Heredity*, 59: 7-17.
- Hall, E. R. 1981. *The mammals of north America*. Second ed. John Wiley and Sons, New York. 314-332 pp.
- Harris H. y D. A. Hopkinson. 1976. *Handbook of enzyme electrophoresis in humans genetics*. American Elsevier Publishing Company, Inc. New York.
- Hartl, G. B., Suchentrunk, F., Nadlinger, K. y Willing, R. 1993. An integrative analysis of genetic differentiation in the brown hare *Lepus europaeus* based on morphology, allozymes, and mitochondrial DNA. *Acta Theriologica*, 38 (2): 33-57.
- Hoagland, B. D. 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. y Zimmerman E. G. 1967. Growth of the skull in the cottontail (*Sylvilagus floridanus*) and its applications to age determination. *American Midland of Naturalist*, 78: 198-206.
- Lawlor, T. E. 1982. The evolution of body size in mammals: evidence from insular populations in Mexico. *The American Naturalist*, 119 (1): 54-72.
- Lawlor, T. E. 1983. The Mammals. Pp 265-287, in *Island Biogeography in the Sea of Cortez* (T. J. Case and M. L. Cody, eds.). University of California Press, Berkeley, 508 pp.
- Lomolino, M. V. 1985. Body size of mammals on islands: the island rule re-examined. *The American Naturalist*, 125: 310-316.
- Lorenzo, C. 1996. Estudio sistemático de lagomorfos de México. Tesis Doctoral Universidad Nacional Autónoma de México. México, D., F. 155-186 Pp.
- Loxterman, J. L. 1995. Allozymic variation in the marsh rice rat, *Oryzomys palustris*, and the white-footed mouse, *Peromyscus leucopus*, on the Virginia barrier islands and southern Delmarva Peninsula. M.S. thesis. Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia USA. Pp. 68.

- Mancera, F. M. E. 2000. Variación morfométrica intrapoblacional de Liomys irroratus guerrensis (Rodentia: Heteromidae) en Omiltemi, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México México, D., F. 14-25 Pp.
- Moctezuma, B. y M. Serrato (Eds.) 1988. Islas del Golfo de California. Secretaría de Gobernación y Universidad Nacional Autónoma de México México, D., F. 50-250 pp.
- Murphy, R. W., J. W. Sites, Jr., D. G. Buth y Ch. H. Hauffler. 1990. Proteins I: Isozyme Electrophoresis. Pp. 45-126, in Molecular Systematics (Hillis, D. M. y C. Moritz, eds.). Sinauer Associates, Inc Publishers. Sunderland, Massachusetts, U. S. A. 588 pp.
- Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics, 89:583-590
- Nagorsen, D. W. 1985. a morphometric study of geographic variation in the snowshoe hare (Lepus americanus). Canadian Journal of Zoology, 63: 567-579.
- Nelson, E. W 1909 The rabbits of North America. North American Fauna, 29:1-314
- Orr, T. R. 1960. An analysis of the recent land mammals. Systematic Zoology, 9 (1-4): 47-90.
- Robinson, T. J. y N. J. Dippenaar. 1987. Morphometrics of the South African Leporidae II: Lepus Linnaeus, 1758, and Bunolagus Thomas, 1929 Annals of the Transvaal Museum, 34 (18): 379-404.
- Ruedas, L. A. 1998. Systematics of Sylvilagus Gray, 1867 (Lagomorpha: Leporidae) from Southwestern North America Journal of Mammalogy, 79 (4): 1355-1378
- Saint- Loup, M. R. 1895. Étude sub un nouveau type de Léporidé, Lepus edwardsi (nov. Sp.). Bull. Mus. Hist. Nat, Paris 1: 4-6.
- Santos, M. J. A. 1999. Análisis craneométrico funcional de la variación intrapoblacional en Peromyscus gratus (Rodentia: Muridae). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D., F. 13-25 Pp.
- Schmidly, D. J. y R. D. Bradley. 1995. Morphological variation in the sinaloan Mouse Peromyscus simulus. Revista mexicana de Mastozoología, 1: 44-58.
- Scribner, K. T. y R. J. Warren. 1986. Electrophoretic and morphologic comparisons of Sylvilagus floridanus and S. audubonii in Texas. The Southwestern Naturalist, 31 (1): 65-71

- Statistical Analysis System Institute Ins. 1988. SAS User's guide: Statistics. SAS Institute Ins., Cary, North Carolina. Pp 956
- StatSoft, Inc. 1998. STATISTICA for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK: StatSoft, Inc. 2300 East 14<sup>th</sup> Street, Tulsa, OK, USA.
- Swofford, D. L. y R. B. Selander. 1989. Biosys-1. A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematics. Release 1.7. Department of Genetics and Development, University of Illinois, Urbana, Illinois. 65 pp
- Taylor, J., L. Freedman, T. J. Olivier y Mcluskey. 1977. Morphometrics distances between Australian wild rabbit populations. Australian Journal of Zoology, 25:721-732.
- Thomas, H. H. y T. L. Best. 1994. Lepus insularis. Mammalian Species, 465: 1-3
- Wayne, R. K., S. B. George, D. Gilbert, P. W. Collins, S. D. Kovach, D. Girman, and N. Lehman. 1991. A morphologic and genetic study of the island fox, Urocyon littoralis. Evolution, 45:1849-1868.
- Willson, D. E. y D. M. Reeder. 1993. Mammal Species of the World a Taxonomic and Geographic Reference 2<sup>nd</sup> Ed. Smithsonian Institution Press, Washington D. C. 1207 pp.

Cuadro 1.- Soluciones amortiguadoras usadas, las enzimas analizadas con sus números correspondientes, establecidos por la Unión Internacional de Bioquímica y la Comisión de Enzimas (E.C.), así como las formas moleculares de las proteínas estudiadas de los taxa Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, L. c. texianus, L. callotis y Sylvilagus floridanus.

Soluciones Amortiguadoras	Locus	E. C.	Formas Moleculares
Tris-citrato I pH 6.7/6.3 Proporción 1:7	Lactato Deshidrogenasa (LDH 1,2)	1.1.1.27	Tetramero
	Malato Deshidrogenasa (MDH 1,2)	1.1.1.37	Dímero
	Enzima Malica (ME 1,2)	1.1.1.40	Tetramero
	Fosfoglucomutasa (PGM 1,2)	5.4.2.2	Monómero
Tris-citrato II pH 8.0 Proporción 1:29	Glucosa-6-fosfato Isomerasa (GP1)	5.3.1.9	Dímero
	Superoxido dismutasa (SOD 1,2)	1.15.1.1	Dímero
	6-Fostogluconato Deshidrogenasa (6-PGD)	1.1.1.44	Dímero o Tetramero
	Glucosa Deshidrogenasa (GDH)	1.1.1.118	Dímero
PGI-Fosfato de Potasio pH 6.7 Proporción 1:19	Purina Nucleosido Fosforilasa (NP)	2.4.2.1	Dímero
	Glutamato-Oxaloacetato Transaminasa (GOT 1,2)	2.6.1.1	Dímero
	Sorbitol Deshidrogenasa (SDH)	1.1.1.14	Dímero
Tris-Malato-EDTA pH 7.4 Proporción 1:9	Glicerol-3-Fosfato Deshidrogenasa ( $\alpha$ GPD)	1.1.1.8	Dímero
	Glucosa-6-Fosfato Deshidrogenasa (G-6-PDH)	1.1.1.49	Dímero
	Hexoquinasa (HK)	2.7.1.1	Monómero
Hidróxido de Litio (A+B), pH 8.1/8.4 10% sol. A 90% sol. B	Creatinoquinasa (CK 1,2)	2.7.3.2	Dímero
	Peptidasas (LA, PAP y LGG)	3.4.13	
	Albumina (Alb)	No específico	Monómero

Cuadro 2 Matriz de genotipos por locus en Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, L. c. texianus, L. callotis y Sylvilagus floridanus. Los individuos homocigotos están representados por aquellas parejas de un solo tipo de letra: los individuos heterocigotos están representados por parejas de letras diferentes y 00 corresponde a los loci sin registro.

LDH-1 LDH-2 MDH-1MDH-2 ME-1 ME-2 PGM-1 PGM-2 GPI SOD-1 SOD-2 6PGD GDH NP GOT-1GOT-2 SDH aGPD G6PDH HK CK1 CK2 ALB LA PAP LGG

BCSLR insularis

00598 IESN AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BC AA AA BB AA AA AA AA AA BB CC BB BB BB  
00582 IESN AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BC AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
00706 IESN AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB 00 AA AA 00 AA AA 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
00720 IESN AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB AA AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
00772 IESN AA AA AA AA AA BB AA BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA BB 00 00 BB BB BB BB  
00699 IESN AA AA AA AA AA BB AA 00 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA 00 BB BB BB BB  
00771 IESN AA AA AA AA AA BB 00 CC 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
00785 IESN AA AA AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
00700 IESN AA AA AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB

BCSLR xanti

00866 LPAZ AA AA AA AA AA BB AA BB AA BB BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
00799 LPAZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB CC BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
00804 LPAZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
90543 LPAZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB 00 AA AA 00 AA AA 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
90541 LPAZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB AA AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB CC BB  
00697 LPAZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB AA AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB CC AB  
00608 LPAZ AA AA AA AA BB BB AA AA 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB CC BB  
00542 LPAZ AA BB AA AA BB BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
00805 LPAZ AA BB AA AA CC BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
00917 LPAZ AA BB AA BB BB BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB

BCSLR sheldoni

01607 ICAR AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
01608 ICAR AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB 00 AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
01609 ICAR AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
01610 ICAR AA AA AA AA AA BB AA BB AA BB BB 00 AA AA 00 AA AA 00 AA AA 00 00 CC BB BB BB  
01606 ICAR AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB AA AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 CC BB AA BB  
01623 ICAR AA AA AA AA BB BB AA AA 00 BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA 00 00 AA BB AA BB  
01627 ICAR AA AA AA AA BB BB AA AA 00 BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA AA 00 AA BB AA BB  
01626 ICAR AA AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 AA BB BB BB  
01623 ICAR AA AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 AA BB BB BB  
01622 ICAR AA AA AA AA AA AA 00 AA 00 BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA 00 AA BB BB BB

BCSLR martirensis

01613 DVIZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BB AA AA BB AA AA AA BB AA AA BB BB BB BB  
01616 DVIZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BC AA AA BB AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB BB  
01615 DVIZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BB AA AA AA AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
01617 DVIZ AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB CC 00 AA AA 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
01612 DVIZ BB AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
01611 DVIZ BB AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
01614 DVIZ BB AA AA AA AA BB AA AA 00 BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
01619 DVIZ AA BB AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
01620 DVIZ AA BB AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
01621 DVIZ AA BB AA AA AA BB 00 CC 00 BB AA AA AA AA BB AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB

DURAN texianus

01124 MAPM AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
01128 MAPM AA AA AA AA AA BB AA BB AA BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB AA BB  
01129 MAPM AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB AA BB AA AA BB AA AA AA AA AA BB BB BB BB BB  
01081 MAPM AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB 00 AA AA 00 AA AA 00 AA AA 00 00 BB AA AA BB  
01072 MAPM AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
01080 MAPM AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB BB BB  
01082 MAPM AA BB AA AA AA BB AA AA 00 BB AA BB AA BB BB AA AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
01074 MAPM AA AA AA AA AA CC 00 CC 00 BB AA AA AA BB BB AA AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
01069 MAPM AA AA AA AA AA BB 00 BB 00 BB AA AA AA BB BB AA AA AA AA AA AA 00 BB BB BB BB  
01065 MAPM AA AA AA AA AA CC 00 CC 00 BB AA AA AA BB BB AA AA AA AA AA AA 00 CC BB BB BB

DESCO gallotis

00063 DESC AA AA AA AA AA CC AA AA AA BB AA AD AA BB BB AA AA AA AA AA BB CC BB AA BB  
00062 DESC AA AA AA AA AA BB AA AA AA BB BB BB AA 00 00 AA 00 00 AA AA 00 00 BB BB AA BB  
00064 DESC AA AA AA AA AA BB 00 BB 00 AA BB AA AA CC BB AA BB AA AA AA AA 00 BB BB BB BB

DESCO Sylvilagus

00272 FLOR BB CC AA BB AA BC BB AA AA AA BB BB BB BB AA BB BB AA BB BB AA BB AA CC  
00300 FLOR CC AA AA BB AA AA AA BB AA CC AA BB BB 00 00 AA 00 00 AA BB 00 00 BB AA CC CC  
00285 FLOR BB CC AA CC CC CC 00 DD 00 BB AA AA BB AA AA AA CC BB AA BB BB 00 BB BB BB CC

---



Cuadro 3 - Alelos (a-d), número de individuos (n), frecuencias alélicas, alelos exclusivos (☼), número total de alelos exclusivos por población estudiada (ALE EXCL), promedios de alelos por locus (PROM), porcentaje de loci polimórficos (% POLI), promedios observados de heterocigocidad individual (conteo directo; H OBS), promedios esperados de heterocigocidad individual (equilibrio de Hardy-Weinberg; H ESP) y promedios del tamaño de la muestra por locus (TAMAÑO), de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, L. c. texianus, L. callotis y Sylvilagus floridanus de México. Sólo están incluidos los loci polimórficos (23 de 26 loci); los loci monomórficos fueron MDH-1, GPI y GOT-2. El símbolo \*\*\* representa a las especies con una deficiencia significativa ( $p < 0.05$ ) de heterocigotos (ver el Cuadro 1 para las abreviaciones de los loci).

Locus	<u>Lepus insularis</u>	<u>Lepus c. xanti</u>	<u>Lepus c. sheldoni</u>	<u>Lepus c. martirensis</u>	<u>Lepus c. texianus</u>	<u>Lepus callotis</u>	<u>Sylvilagus floridanus</u>
LDH-1 n= a b c	10 a	10 a	10 a	10 a 0.7 b 0.3 ☼ ***	10 a	3 a	3 b 0.667 c 0.333 ☼
LDH-2 n= a b c	10 a	10 a 0.7 b 0.3 ***	10 a	10 a 0.7 b 0.3 ***	10 a 0.9 b 0.1 ***	3 a	3 a 0.333 c 0.667 ☼
MDH-2 n= a b c	10 a	10 a 0.9 b 0.1 ☼ ***	10 a	10 a	10 a	3 a	3 a 0.667 c 0.333 ☼
ME-1 n= a b c	10 a	10 a 0.6 b 0.3 c 0.1 ☼ ***	10 a 0.8 b 0.2 ***	10 a	10 a	3 a	3 a 0.667 c 0.333
ME-2 n= a b c	10 b	10 b	10 a 0.1 ☼ b 0.9 ***	10 b	10 b 0.8 c 0.2 ☼ ***	3 b 0.667 c 0.333	3 a 0.333 b 0.167 c 0.5

PGM-1 n= a b	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	2 a	2 a 0.5 b 0.5 ☼
PGM-2 n= a b c d	9 a 0.556 b 0.333 c 0.111	10 a 0.6 b 0.4	10 a 0.7 b 0.3	10 a 0.7 b 0.2 c 0.1	10 a 0.6 b 0.2 c 0.2	3 a 0.667 b 0.333	3 a 0.333 b 0.333 d 0.333 ☼
SOD-1 n= a b c	10 b	10 b	10 b	10 b	10 b	3 a 0.333 ☼ b 0.667	3 a 0.333 b 0.333 c 0.333 ☼
SOD-2 n= a b c	10 a 0.7 b 0.3	10 a 0.4 b 0.5 c 0.1	10 a 0.7 b 0.3	10 a 0.7 b 0.2 c 0.1	10 a 0.7 b 0.3	3 a 0.667 b 0.333	3 a 0.667 b 0.333
6PGD n= a b c d	9 a 0.778 b 0.111 c 0.111	9 a 0.667 b 0.333	8 a 0.375 b 0.625	9 a 0.222 b 0.722 c 0.056	9 a 0.333 b 0.667	3 a 0.5 b 0.333	3 a 0.333 b 0.667 d 0.167 ☼
GDH n= a b	10 a	10 a	10 a	10 a	10 a	3 a	3 b ☼
NP n= a b c	9 a	8 a	9 a	8 a	8 a 0.5 b 0.5 ☼	2 b 0.5 c 0.5 ☼	2 a 0.5 b 0.5
GOT-1 n= a b	8 b	7 b	8 b	7 b	7 b	2 b	2 a 0.5 ☼ b 0.5
SDH n= a b c	9 a	8 a	9 a	8 a	8 a	2 a 0.5 b 0.5 ☼	2 b 0.5 c 0.5 ☼
α GPD n= a b	8 a	7 a	8 a	7 a	7 a	2 a	2 b ☼

G6PDH n= a b	10 a b	10 a a	10 a a	10 a 0.8 b 0.2 ☼	10 a a	3 a a	3 a a
HK n= a b	10 a 0.8 b 0.2 ☼	10 a a	10 a a	10 a a	10 a a	3 a a	3 a b
CK1 n= a b	7 a a	7 a a	7 a a	7 a a	7 a a	2 a a	2 a b ☼
CK2 n= a b	3 a b	3 a b	3 a 0.333 b 0.667	3 a 0.667 b 0.333	3 a b	1 a b	1 a b
ALB n= a b c	10 a b 0.9 c 0.1	10 a b	10 a 0.5 ☼ b 0.3 c 0.2	10 a b	10 a b	3 a b 0.667 c 0.333	3 a 0.333 b 0.667
LA n= a b	10 a b	10 a b	10 a b	10 a b	10 a 0.1 ☼ b 0.9	3 a b	3 a 0.333 b 0.667
PAP r= a b c	10 a b c	10 a b 0.7 c 0.3 ☼	10 a 0.3 b 0.7	10 a b	10 a 0.2 b 0.8	3 a 0.667 b 0.333	3 a 0.333 b 0.333 c 0.333
LGG n= a b c	10 a b c	10 a 0.05 ☼ b 0.95	10 a b	10 a b	10 a b	3 a b	3 a c ☼
ALE EXCL	1	4	2	2	2	4	12
PROM	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.8
% POLI	19.2	30.8	30.8	26.9	34.6	34.6	61.5
H OBS	0.009	0.004	0.000	0.004	0.000	0.013	0.013
H ESP	0.075	0.128	0.136	0.122	0.126	0.203	0.387
TAMAÑO	9.0	8.9	9.0	8.9	8.9	2.7	2.7

Las estimaciones de % POLI incluyen sólo aquellos loci para los cuales, el alelo dominante tuvo una frecuencia menor a 0.95

Cuadro 4.- Índice de Fijación ( $F_{st}$  de Wright's) en 23 loci polimórficos, calculado con muestras de liebres (Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, L. c. texianus, L. callotis) y un conejo de México (Sylvilagus floridanus). El símbolo \* representa la chi-cuadrada significativa ( $p < 0.05$ ) para la categoría en la que están incluidos todos los taxa.

LOCUS	Todos los taxa	Sin <u>L. callotis</u> ni <u>Sylvilagus</u>	Sin <u>L. californicus</u>
* LDH-1	0.609	0.255	0.700
* LDH-2	0.372	0.153	0.571
* MDH-2	0.676	0.082	0.700
* ME-1	0.223	0.201	0.250
* ME-2	0.364	0.126	0.345
* PGM-1	0.462	-	0.400
* PGM-2	0.068	0.030	0.077
* SOD-1	0.375	-	0.250
SOD-2	0.091	0.054	0.112
* GPGD	0.158	0.190	0.166
* GDH	1	-	1.00
* NP	0.512	0.444	0.455
* GOT-1	0.462	-	0.400
* SDH	0.6	-	0.455
* $\alpha$ GPD	1	-	1.00
* G6PDH	0.176	0.167	-
* HK	0.839	0.167	0.778
* CK1	1	-	1.00
* CK2	0.481	0.444	-
* ALB	0.283	0.370	0.136
* LA	0.232	0.082	0.250
* PAP	0.299	0.174	0.348
* LGG	0.947	0.04	1.00
Media	0.449	0.192	0.495

Cuadro 5.- Matriz de distancia genética de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, L. c. texianus y L. callotis. Las cifras localizadas debajo de la diagonal corresponden a las distancias genéticas de Cavalli-Sforza & Edwards (1967) y arriba de dicha diagonal a las distancias genéticas de Nei (1978).

Población	<u>Lepus insularis</u>	<u>Lepus c. xanti</u>	<u>Lepus c. sheldoni</u>	<u>Lepus c. martirensis</u>	<u>Lepus c. texianus</u>	<u>Lepus callotis</u>	<u>Sylvilagus floridanus</u>
<u>Lepus insularis</u>	-	0.015	0.028	0.040	0.022	0.064	0.576
<u>Lepus c. xanti</u>	0.178	-	0.031	0.041	0.027	0.064	0.583
<u>Lepus c. sheldoni</u>	0.194	0.211	-	0.030	0.027	0.060	0.602
<u>Lepus c. martirensis</u>	0.201	0.209	0.210	-	0.036	0.103	0.617
<u>Lepus c. texianus</u>	0.172	0.205	0.201	0.211	-	0.026	0.549
<u>Lepus callotis</u>	0.282	0.305	0.281	0.331	0.220	-	0.528
<u>Sylvilagus floridanus</u>	0.595	0.592	0.595	0.607	0.579	0.578	-

Cuadro 6.- Comparación estadística de variables craneales y somáticas de machos y hembras de *Lepus insularis* para la categorías de edad IV. a) Análisis exploratorio por sexos separados. b) Prueba de normalidad por sexos separados ( $W < 0.05$ ). c) Análisis no paramétrico de Wilcoxon de ambos sexos juntos ( $Z < 0.05$ ). Las variables se describen en el Apéndice I. Abreviaciones: m= macho, h=hembra, n= tamaño de la muestra,  $\bar{X}$  media, D Est= desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación y (p)= probabilidad. Los valores estadísticamente significativos se encuentran marcados con letras negritas.

Variable	Sexo	n	a)			b)	c)
			$\bar{X}$	D Est	C.V. %	W (p)	Z (p)
LOMC	m	30	95.60	1.98	2.07	0.971 (0.614)	1.4566
	h	15	96.34	1.57	1.63	<b>0.880 (0.047)</b>	(0.1452)
ANNC	m	30	30.18	0.56	1.84	0.942 (0.122)	-0.8650
	h	16	30.03	0.61	2.03	<b>0.867 (0.024)</b>	(0.3870)
PRCR	m	29	35.61	0.99	2.77	0.939 (0.115)	0.1425
	h	14	35.66	1.26	3.53	0.974 (0.891)	(0.8866)
LOBU	m	29	13.26	0.57	4.3	0.961 (0.395)	0.5448
	h	15	13.32	0.53	3.97	0.971 (0.833)	(0.5858)
LOIS	m	29	11.60	0.71	6.15	0.988 (0.977)	-1.0771
	h	15	11.37	0.69	6.03	0.952 (0.541)	(0.2814)
ANIS	m	29	3.33	0.13	3.99	0.971 (0.625)	0.8304
	h	16	3.37	0.14	4.24	0.966 (0.740)	(0.4063)
LOPP	m	30	6.06	0.33	5.48	0.979 (0.823)	-0.7842
	h	16	5.97	0.27	4.58	0.965 (0.722)	(0.4329)
LOBA	m	29	78.99	1.95	2.46	0.954 (0.268)	1.2627
	h	15	79.52	1.54	1.93	<b>0.873 (0.038)</b>	(0.2067)
ANZI	m	28	43.00	0.96	2.22	0.959 (0.368)	-0.2801
	h	14	42.83	0.59	1.38	0.939 (0.384)	(0.7794)
LONA	m	29	39.19	1.31	3.35	0.929 (0.060)	0.8537
	h	16	39.74	1.10	2.76	0.958 (0.611)	(0.3932)
ANNA	m	29	18.36	0.93	5.05	0.985 (0.946)	0.6809
	h	15	18.63	1.00	5.35	0.949 (0.492)	(0.4959)
LDMX	m	29	17.11	0.44	2.59	0.966 (0.485)	-0.1423
	h	16	17.09	0.38	2.25	<b>0.884 (0.046)</b>	(0.8868)
ADMX	m	29	24.78	0.56	2.28	0.971 (0.635)	1.7953
	h	15	25.06	0.49	1.98	0.973 (0.861)	(0.0726)
ANPO	m	28	12.27	0.40	3.28	0.962 (0.421)	0
	h	16	12.26	0.40	3.23	0.934 (0.282)	(0.9999)
LOFI	m	30	23.12	0.68	2.96	0.970 (0.580)	1.0725

	h	16	23.35	0.62	2.66	0.950 (0.475)	(0.2835)
LOBO	m	29	13.05	0.55	4.21	0.966 (0.488)	0.5572
	h	16	13.18	0.44	3.35	0.959 (0.617)	(0.5773)
ANBA	m	29	9.53	0.42	4.43	0.934 (0.081)	0.5819
	h	15	9.61	0.25	2.58	0.956 (0.600)	(0.5606)
LODI	m	30	24.58	0.66	2.7	0.973 (0.656)	1.0266
	h	16	24.87	0.83	3.35	0.942 (0.372)	(0.3046)
PRRO	m	30	19.23	0.76	3.94	0.973 (0.671)	0.1383
	h	16	19.31	0.45	2.31	0.941 (0.351)	(0.8899)
ANBU	m	29	12.08	0.56	4.6	0.982 (0.893)	0.1361
	h	15	12.09	0.57	4.67	0.963 (0.710)	(0.8917)
PRBU	m	29	30.78	0.90	2.91	0.986 (0.960)	0.3962
	h	15	30.94	0.64	2.07	0.927 (0.240)	(0.6919)
ANFC	m	29	12.11	0.58	4.76	0.957 (0.311)	0.4085
	h	15	12.14	0.57	4.67	0.988 (0.992)	(0.6829)
ANCI	m	30	22.86	0.80	3.48	0.956 (0.738)	<b>-2.1565</b>
	h	16	22.37	0.41	1.85	0.961 (0.660)	<b>(0.0310)</b>
ALMA	m	28	40.67	1.08	2.66	<b>0.927 (0.057)</b>	1.6104
	h	16	41.12	0.68	1.66	0.936 (0.300)	(0.1073)
LOMA	m	26	44.30	1.13	2.55	0.967 (0.561)	-0.1813
	h	16	44.32	0.70	1.59	0.959 (0.613)	(0.8561)
ALRM	m	28	13.82	0.46	3.31	<b>0.924 (0.049)</b>	1.3176
	h	16	14.02	0.44	3.16	0.959 (0.626)	(0.1876)
LDMA	m	27	17.31	0.48	2.78	0.972 (0.676)	-0.03769
	h	16	17.28	0.48	2.79	<b>0.844 (0.011)</b>	(0.9699)
ACMA	m	28	5.96	0.22	3.68	0.981 (0.881)	-0.2686
	h	16	5.89	0.28	4.78	<b>0.777 (0.001)</b>	(0.7882)
AIMA	m	29	3.56	0.14	4.04	<b>0.898 (0.009)</b>	-1.0679
	h	16	3.52	0.12	3.48	0.933 (0.267)	(0.2855)
AIAU	m	26	36.89	0.85	2.31	0.955 (0.318)	0.7695
	h	12	37.19	0.51	1.37	0.901 (0.155)	(0.4416)
LOTO	m	30	568.66	19.23	3.38	0.969 (0.558)	<b>3.9210</b>
	h	14	597.21	16.08	2.69	0.926 (0.258)	<b>(0.0001)</b>
LOCO	m	30	93.23	12.32	<b>13.21</b>	0.957 (0.297)	-0.01206
	h	15	92.27	15.08	<b>16.34</b>	0.925 (0.231)	(0.9904)
LOPA	m	30	117.10	4.33	3.69	0.949 (0.185)	0.2545
	h	15	117.86	3.46	2.94	0.956 (0.591)	(0.7990)
LOOR	m	30	111.66	5.49	4.19	0.948 (0.173)	0
	h	16	111.43	4.82	4.32	<b>0.882 (0.042)</b>	(0.9999)
PESO	m	15	2628.60	281.90	<b>10.72</b>	0.905 (0.113)	1.5901
	h	7	2800.00	284.31	<b>10.15</b>	0.925 (0.525)	(0.1118)

Cuadro 7.- Comparación estadística de variables craneales y somáticas de machos y hembras de *Lepus californicus xanti* para la categorías de edad IV. a) Análisis exploratorio por sexos separados. b) Prueba de normalidad por sexos separados ( $W < 0.05$ ). c) Análisis no paramétrico de Wilcoxon de ambos sexos juntos ( $Z < 0.05$ ). Las variables se describen en el Apéndice 1. Abreviaciones: m= macho, h=hembra, n= tamaño de la muestra,  $\bar{X}$  media, D Est= desviación estándar, C.V. = coeficiente de variación y (p)= probabilidad. Los valores estadísticamente significativos se encuentran marcados con letras negritas.

Variable	Sexo	n	a)			b)	c)
			$\bar{X}$	D Est	C.V. %	W (p)	Z (p)
LOMC	m	21	89.54	2.05	2.29	0.926 (0.113)	-1.3457
	h	34	90.20	2.01	2.23	0.979 (0.820)	(0.1784)
ANNC	m	22	29.85	0.72	2.41	0.969 (0.674)	-1.2415
	h	34	30.13	0.87	2.90	0.985 (0.928)	(0.2144)
PRCR	m	20	35.89	1.01	2.82	0.940 (0.251)	0.0091
	h	33	35.95	1.04	2.88	0.985 (0.934)	(0.9927)
LOBU	m	20	12.65	0.54	4.25	<b>0.903 (0.048)</b>	<b>-2.7746</b>
	h	32	13.05	0.52	3.99	0.958 (0.281)	<b>(0.0055)</b>
LOIS	m	20	10.19	0.58	5.71	0.930 (0.166)	-1.7655
	h	31	10.57	0.73	6.92	0.973 (0.642)	(0.0775)
ANIS	m	21	3.11	0.13	4.30	0.970 (0.709)	-0.0727
	h	32	3.12	0.16	5.16	0.941 (0.097)	(0.9420)
LOPP	m	22	5.23	0.52	<b>10.02</b>	0.942 (0.221)	<b>-2.4751</b>
	h	34	5.57	0.47	8.40	0.986 (0.942)	<b>(0.0133)</b>
LOBA	m	21	72.68	1.98	2.72	0.959 (0.490)	-1.9458
	h	32	73.82	2.16	2.92	0.976 (0.723)	(0.0517)
ANZI	m	21	39.34	0.97	2.47	0.956 (0.429)	-0.9378
	h	30	39.71	1.27	3.20	0.945 (0.144)	(0.3483)
LONA	m	22	36.57	1.49	4.06	0.977 (0.842)	0.1718
	h	33	36.70	1.71	4.66	<b>0.917 (0.017)</b>	<b>(0.8636)</b>
ANNA	m	21	17.88	0.93	5.20	0.961 (0.527)	<b>2.5120</b>
	h	34	17.19	1.07	6.22	<b>0.936 (0.059)</b>	<b>(0.0210)</b>
LDMX	m	22	15.76	0.53	3.38	0.967 (0.635)	-0.7634
	h	34	15.85	0.65	4.09	0.973 (0.613)	(0.4452)
ADMX	m	22	23.03	0.69	3.00	0.979 (0.892)	-1.7783
	h	32	23.44	0.77	3.29	0.968 (0.499)	(0.0753)
ANPO	m	22	11.19	0.50	4.47	0.988 (0.985)	-0.6963
	h	34	11.29	0.49	4.35	0.944 (0.101)	(0.4862)



LOFI	m	20	23.08	0.70	3.03	0.925 (0.134)	0.0846
	h	32	23.08	0.88	3.80	0.982 (0.888)	(0.9325)
LOBO	m	22	11.78	0.42	3.54	<b>0.899 (0.026)</b>	-1.5604
	h	34	11.96	0.64	5.35	0.959 (0.278)	(0.1187)
ANBA	m	22	8.36	0.49	5.87	0.978 (0.865)	-1.7607
	h	32	8.71	0.71	8.13	0.967 (0.478)	(0.0783)
LODI	m	21	24.20	0.77	3.20	<b>0.909 (0.049)</b>	-1.4463
	h	33	24.57	0.96	3.90	0.954 (0.220)	(0.1481)
PRRO	m	20	18.90	0.64	3.38	0.928 (0.151)	1.1944
	h	32	18.65	0.72	3.83	0.967 (0.491)	(0.2323)
ANBU	m	21	12.05	0.53	4.40	0.977 (0.867)	<b>-2.8038</b>
	h	33	12.54	0.53	4.25	0.948 (0.142)	<b>(0.0051)</b>
PRBU	m	20	29.23	0.59	2.02	0.942 (0.271)	<b>-2.4682</b>
	h	33	29.71	0.79	2.64	0.964 (0.387)	<b>(0.0136)</b>
ANFC	m	19	11.69	0.66	5.63	0.969 (0.751)	0.5397
	h	31	11.60	0.82	7.10	0.980 (0.843)	(0.5894)
ANCI	m	21	22.27	0.82	3.67	0.979 (0.898)	-0.6061
	h	31	22.43	0.93	4.13	0.983 (0.911)	(0.5444)
ALMA	m	20	38.43	1.53	3.99	0.931 (0.173)	-0.8088
	h	32	38.82	1.23 49	3.18	0.984 (0.926)	(0.4186)
LOMA	m	19	41.22	1.37	3.32	0.968 (0.723)	<b>-2.1688</b>
	h	31	42.19	1.23	2.92	0.947 (0.159)	<b>(0.0301)</b>
ALRM	m	20	12.50	0.58	4.67	0.950 (0.384)	-0.7994
	h	32	12.66	0.58	4.61	0.974 (0.671)	(0.4240)
LDMA	m	20	16.42	0.58	3.52	0.947 (0.330)	-0.6583
	h	32	16.58	0.57	3.43	0.969 (0.540)	(0.5103)
ACMA	m	21	5.13	0.27	5.38	0.939 (0.206)	-1.7483
	h	33	5.27	0.28	5.40	0.973(0.620)	(0.0804)
AIMA	m	20	3.24	0.13	4.16	0.968 (0.710)	-0.3671
	h	33	3.26	0.19	5.71	0.979 (0.798)	(0.7135)
AIAU	m	17	34.63	0.56	1.62	0.973 (0.839)	<b>-2.9528</b>
	h	27	35.49	0.94	2.65	0.894 <b>(0.010)</b>	<b>(0.0031)</b>
LOTO	m	18	516.22	16.98	3.29	0.973 (0.833)	<b>-2.6492</b>
	h	35	535.34	22.93	4.29	0.939 (0.069)	<b>(0.0081)</b>
LOCO	m	19	82.84	9.56	<b>11.53</b>	0.947 (0.352)	-1.2419
	h	35	87.74	12.52	<b>14.27</b>	0.968 (0.460)	(0.2143)
LOPA	m	19	111.73	4.70	4.21	0.973 (0.811)	-1.7294
	h	35	114.68	5.49	4.79	0.941 (0.078)	(0.0837)
LOOR	m	19	118.42	8.11	6.84	0.972 (0.808)	-0.7524
	h	35	120.22	9.12	7.58	0.983 (0.899)	(0.4518)
PESO	m	9	1175.50	135.10	7.61	0.951 (0.691)	<b>-3.2828</b>
	h	22	2106.80	252.27	<b>11.97</b>	0.965 (0.586)	<b>(0.0010)</b>

Cuadro 8.- Comparación estadística de variables craneales y somáticas de machos y hembras de Lepus californicus sheldoni para la categorías de edad IV. a) Análisis exploratorio por sexos separados. b) Prueba de normalidad por sexos separados ( $W < 0.05$ ). c) Análisis no paramétrico de Wilcoxon de ambos sexos juntos ( $Z < 0.05$ ). Las variables se describen en el Apéndice I. Abreviaciones: m= macho, h=hembra, n= tamaño de la muestra,  $\bar{X}$  media, D Est= desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación y (p)= probabilidad. Los valores estadísticamente significativos se encuentran marcados con letras negras.

Variable	Sexo	n	a)			b)	c)
			$\bar{X}$	D Est	C.V. %	W (p)	Z (p)
LOMC	M	3	89.06	1.81	2.03	0.958 (0.607)	0.0
	H	5	88.58	3.43	3.87	0.927 (0.581)	(0.9999)
ANNC	M	3	30.55	1.64	5.36	0.955 (0.593)	0.9036
	H	6	29.65	0.98	3.32	0.911 (0.425)	(0.3662)
PRCR	M	3	35.42	0.98	2.78	0.950 (0.571)	0.4364
	h	3	34.73	1.35	3.87	0.999 (0.930)	(0.6625)
LOBU	m	3	14.02	0.56	4.00	0.795 (0.102)	1.3093
	h	3	13.29	0.65	4.86	0.998 (0.906)	(0.1904)
LOIS	m	3	10.48	0.40	3.80	0.841 (0.216)	-0.6454
	h	6	10.83	0.63	5.82	0.913 (0.440)	(0.5186)
ANIS	m	3	2.98	0.14	4.70	1.000 (0.992)	-0.3872
	h	6	3.02	0.15	4.80	0.900 (0.362)	(0.6985)
LOPP	m	3	4.76	0.12	2.58	0.876 (0.312)	-1.0371
	h	6	5.01	0.35	7.07	0.970 (0.887)	(0.2997)
LOBA	m	3	72.32	1.94	2.68	0.977 (0.711)	0.0
	h	3	73.10	3.16	4.32	0.978 (0.718)	(0.9999)
ANZI	m	3	39.33	0.76	1.93	0.972 (0.680)	0.5962
	h	5	38.99	1.28	3.29	0.960 (0.807)	(0.5510)
LONA	m	3	34.53	0.94	2.71	0.926 (0.475)	-0.1290
	h	6	34.71	1.24	3.56	0.969 (0.882)	(0.8973)
ANNA	m	3	16.91	1.49	8.80	0.866 (0.283)	-0.3872
	h	6	17.12	1.00	5.83	0.952 (0.771)	(0.6985)
LDMX	m	3	15.62	0.55	3.55	0.781 (0.069)	0.1296
	h	6	15.71	0.47	2.98	0.912 (0.437)	(0.8969)
ADMX	m	3	23.20	1.07	4.59	0.864 (0.279)	0.1290
	h	6	23.02	0.57	2.49	0.924 (0.533)	(0.8973)
ANPO	m	3	11.43	0.47	4.13	0.990 (0.813)	-0.5962

	h	5	11.63	0.12	1.03	0.864 (0.241)	(0.5510)
LOFI	m	3	22.61	0.51	2.25	1.000 (0.992)	0.0
	h	5	22.52	0.60	2.64	0.973 (0.886)	(0.9999)
LOBO	m	3	11.49	0.55	4.82	0.831 (0.190)	-0.1767
	h	4	11.77	0.73	6.17	0.967 (0.793)	(0.8597)
ANBA	m	3	8.63	0.18	2.07	<b>0.750 (0.000)</b>	0.1783
	h	4	8.61	0.72	8.40	0.975 (0.840)	(0.8584)
LODI	m	3	23.80	0.90	3.79	<b>0.769 (0.042)</b>	-0.2993
	h	5	24.17	0.99	4.09	<b>0.703 (0.012)</b>	(0.7642)
PRRO	m	3	17.99	0.60	3.36	0.904 (0.398)	0.0
	h	5	18.12	0.27	1.48	0.983 (0.939)	(0.9999)
ANBU	m	3	12.14	0.14	1.17	0.907 (0.407)	0.4364
	h	3	12.01	0.32	2.68	0.838 (0.208)	(0.6625)
PRBU	m	3	29.57	1.05	3.56	0.865 (0.282)	0.0
	h	3	29.69	0.94	3.15	0.957 (0.602)	(0.9999)
ANFC	m	3	11.94	0.61	5.11	0.984 (0.755)	0.5303
	h	4	11.63	0.32	2.79	0.898 (0.415)	(0.5959)
ANCI	m	3	22.53	1.34	5.95	0.932 (0.497)	0.3872
	h	6	21.79	1.18	5.41	0.928 (0.566)	(0.6985)
ALMA	m	3	36.17	1.33	3.67	0.943 (0.539)	-0.1290
	h	6	36.95	1.72	4.66	0.843 (0.128)	(0.8973)
LOMA	m	3	41.38	2.21	5.34	1.000 (0.992)	0.1290
	h	6	41.18	1.51	3.66	<b>0.740 (0.016)</b>	(0.8973)
ALRM	m	3	11.11	0.15	1.30	1.000 (0.961)	0.12909
	h	6	11.14	0.74	6.62	0.962 (0.837)	(0.8973)
LDMA	m	3	17.28	1.01	5.86	0.907 (0.408)	0.38729
	h	6	16.94	0.49	2.90	0.854 (0.162)	(0.6985)
ACMA	m	3	5.34	0.22	4.13	0.997 (0.900)	-0.64549
	h	6	5.46	0.34	6.25	0.943 (0.699)	(0.5186)
AIMA	m	3	3.25	0.22	6.77	0.997 (0.900)	0.0
	h	6	3.23	0.21	6.64	0.816 (0.075)	(0.9999)
AIAU	m	3	35.57	1.00	2.82	0.939 (0.521)	0.8660
	h	2	36.37	1.07	2.94	1.000 (1.000)	(0.3865)
LOTO	m	4	500.50	10.66	2.13	0.952 (0.698)	-1.2760
	h	8	514.50	16.50	3.21	0.958 (0.794)	(0.2019)
LOCO	m	4	89.75	7.59	8.46	0.857 (0.245)	0.0858
	h	8	88.25	7.59	8.60	0.919 (0.428)	(0.9316)
LOPA	m	4	110.25	4.11	3.73	0.926 (0.553)	-1.3611
	h	8	114.37	4.84	4.23	0.926 (0.486)	(0.1735)
LOOR	m	4	125.00	5.10	4.08	0.944 (0.653)	0.5122
	h	8	123.87	7.24	5.84	0.876 (0.176)	(0.6085)
PESO	m	4	1650.00	404.14	<b>24.49</b>	0.913 (0.487)	-0.6866
	h	8	1712.50	216.71	<b>12.65</b>	0.895 (0.263)	(0.4923)

Cuadro 9.- Comparación estadística de variables craneales y somáticas de machos y hembras de Lepus californicus martirensis para la categorías de edad IV. a) Análisis exploratorio por sexos separados. b) Prueba de normalidad por sexos separados ( $W < 0.05$ ). c) Análisis no paramétrico de Wilcoxon de ambos sexos juntos ( $Z < 0.05$ ). Las variables se describen en el Apéndice 1. Abreviaciones: m= macho, h=hembra, n= tamaño de la muestra,  $\bar{X}$  media, D Est= desviación estándar, C.V = coeficiente de variación y (p)= probabilidad. Los valores estadísticamente significativos se encuentran marcados con letras negras

Variable	Sexo	n	a)			b)	c)
			$\bar{X}$	D Est	C.V. %	W (p)	Z (p)
LOMC	m	12	91.73	2.30	2.52	0.964 (0.784)	<b>2.57</b>
	h	7	95.03	2.22	2.35	0.938 (0.641)	<b>(0.009)</b>
ANNC	m	12	29.92	1.02	3.42	0.928 (0.339)	<b>2.070</b>
	h	7	31.05	1.17	3.76	0.897 (0.328)	<b>(0.0384)</b>
PRCR	m	11	36.02	1.24	3.45	0.957 (0.717)	0.8608
	h	7	36.52	0.75	2.05	0.964 (0.856)	<b>(0.3893)</b>
LOBU	m	12	13.41	0.99	7.41	0.955 (0.659)	-.5493
	h	7	13.21	0.93	7.06	0.820 (0.065)	<b>(0.5828)</b>
LOIS	m	11	10.57	0.91	8.64	0.955 (0.680)	-.1507
	h	6	10.56	0.41	3.84	0.899 (0.357)	<b>(0.8802)</b>
ANIS	m	12	3.16	0.19	6.08	0.933 (0.391)	1.1444
	h	7	3.25	0.17	5.12	0.913 (0.437)	<b>(0.2524)</b>
LOPF	m	12	5.46	0.40	7.35	0.948 (0.563)	1.69105
	h	7	5.81	0.26	4.48	0.943 (0.681)	<b>(0.0908)</b>
LOBA	m	12	74.80	2.28	3.05	0.960 (0.729)	<b>2.4932</b>
	h	7	78.11	1.82	2.33	0.950 (0.741)	<b>(0.0127)</b>
ANZI	m	12	40.15	0.66	1.65	0.902 (0.163)	1.9016
	h	7	41.05	1.06	2.59	0.945 (0.705)	<b>(0.0572)</b>
LONA	m	11	36.94	1.12	3.03	0.935 (0.445)	<b>2.7638</b>
	h	6	38.47	0.80	2.08	0.871 (0.226)	<b>(0.0057)</b>
ANNA	m	12	17.53	1.40	7.98	0.950 (0.593)	0.2536
	h	7	17.87	0.96	5.39	0.956 (0.797)	<b>(0.7998)</b>
LDMX	m	12	16.19	0.61	3.75	0.938 (0.445)	0.7183
	h	7	16.42	0.55	3.35	0.926 (0.567)	<b>(0.4725)</b>
ADMX	m	12	23.44	0.58	2.48	0.938 (0.444)	1.9024
	h	7	24.26	0.83	3.40	0.925 (0.525)	<b>(0.0571)</b>
ANPO	m	12	11.71	0.40	3.45	0.952 (0.623)	1.3528
	h	7	12.00	0.48	3.96	0.935 (0.612)	<b>(0.17161)</b>

LOFI	m	12	23.64	1.16	4.91	0.920 (0.268)	1.45246
	h	6	24.54	0.70	2.85	0.860 (0.181)	(0.1464)
LOBO	m	12	11.75	0.72	6.17	0.974 (0.905)	<b>1.98961</b>
	h	7	12.49	0.47	3.75	0.975 (0.930)	<b>(0.0466)</b>
ANBA	m	12	8.78	0.74	8.44	0.976 (0.922)	1.2254
	h	7	9.26	0.79	8.49	0.968 (0.889)	(0.2204)
LODI	m	12	<b>24.80</b>	1.11	4.49	0.940 (0.465)	<b>2.832</b>
	h	7	<b>26.56</b>	0.83	3.15	0.956 (0.799)	<b>(0.0046)</b>
PRRO	m	12	18.79	0.76	4.02	0.962 (0.757)	1.5642
	h	7	19.42	0.75	3.88	0.978 (0.949)	(0.1178)
ANBU	m	12	12.33	0.59	4.80	0.953 (0.631)	- .2958
	h	7	12.25	0.52	4.25	0.911 (0.419)	(0.7674)
PRBU	m	12	29.26	0.87	2.97	0.964 (0.780)	1.9455
	h	7	30.14	0.86	2.86	0.929 (0.557)	(0.0517)
ANFC	m	12	11.11	0.71	6.39	0.955 (0.663)	0.93007
	h	7	11.40	0.66	5.80	0.955 (0.784)	(0.3523)
ANCI	m	12	23.09	0.73	3.17	0.972 (0.886)	- 46503
	h	7	22.90	0.62	2.70	0.945 (0.703)	(0.6419)
ALMA	m	11	39.23	1.70	4.35	0.943 (0.534)	<b>2.0830</b>
	h	7	41.09	1.34	3.25	0.873 (0.206)	<b>(0.0372)</b>
LOMA	m	12	42.79	1.40	3.27	<b>0.863 (0.051)</b>	<b>2.32417</b>
	h	7	44.18	1.11	2.52	0.941 (0.665)	<b>(0.0201)</b>
ALRM	m	11	13.14	0.63	4.78	0.913 (0.254)	0.7249
	h	7	13.41	1.16	8.63	0.854 (0.138)	(0.4685)
LDMA	m	12	17.03	0.59	3.46	0.976 (0.922)	0.97192
	h	7	17.40	0.92	5.28	0.971 (0.907)	(0.3311)
ACMA	m	12	5.31	0.28	5.24	0.920 (0.274)	<b>2.15749</b>
	h	6	5.55	0.05	0.83	0.888 (0.306)	<b>(0.0310)</b>
AIMA	m	12	3.23	0.17	5.24	0.941 (0.477)	0.3804
	h	7	3.29	0.16	4.91	0.983 (0.971)	(0.7036)
AIAU	m	8	35.83	1.02	2.85	0.965 (0.852)	<b>2.00104</b>
	h	6	36.87	0.78	2.13	0.921 (0.509)	<b>(0.0454)</b>
LOTO	m	11	527.36	36.23	6.87	0.955 (0.685)	1.32290
	h	8	553.00	35.37	6.40	0.966 (0.864)	(0.1859)
LOCO	m	11	87.45	8.44	9.65	0.925 (0.347)	0.9098
	h	8	94.00	13.97	<b>14.86</b>	0.926 (0.489)	(0.3629)
LOPA	m	11	117.54	4.18	3.56	0.957 (0.713)	<b>2.7345</b>
	h	8	123.62	3.96	3.20	0.869 (0.150)	<b>(0.0062)</b>
LOOR	m	11	131.36	7.12	5.42	0.937 (0.468)	0.2897
	h	8	132.12	3.87	2.93	0.932 (0.541)	(0.7720)
PESO	m	6	1980.00	306.24	<b>15.51</b>	0.961 (0.834)	1.49695
	h	4	<b>2270.00</b>	<b>162.07</b>	7.14	0.980 (0.875)	(0.1344)

Cuadro 10.- Comparación estadística de variables craneales y somáticas de machos y hembras de Lepus californicus texianus para la categorías de edad IV. a) Análisis exploratorio por sexos separados. b) Prueba de normalidad por sexos separados ( $W < 0.05$ ). c) Análisis no paramétrico de Wilcoxon de ambos sexos juntos ( $Z < 0.05$ ). Las variables se describen en el Apéndice 1. Abreviaciones: m= macho, h=hembra, n= tamaño de la muestra,  $\bar{X}$  media, D Est= desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación y (p)= probabilidad. Los valores estadísticamente significativos se encuentran marcados con letras negritas

Variable	Sexo	n	a)			b)	c)
			$\bar{X}$	D Est	C.V. %	W (p)	Z (p)
LOMC	M	11	94.98	2.96	3.12	0.893 (0.146)	0.1760
	h	10	95.19	2.52	2.65	0.923 (0.366)	(0.8603)
ANNC	m	12	31.16	1.19	3.82	0.969 (0.844)	-1.2202
	h	10	30.53	0.97	3.16	0.892 (0.170)	(0.2224)
PRCR	m	11	37.97	1.24	3.26	0.893 (0.145)	-0.6339
	h	10	37.41	0.60	1.60	0.897 (0.194)	(0.5261)
LOBU	m	12	13.96	0.56	4.02	0.962 (0.761)	-0.2970
	h	10	13.87	0.65	4.66	<b>0.842 (0.045)</b>	(0.7664)
LOIS	m	11	10.37	0.88	8.49	0.926 (0.358)	1.6905
	h	10	10.89	0.79	7.26	0.951 (0.669)	(0.0909)
ANIS	m	12	3.01	0.15	5.07	0.955 (0.652)	-0.0659
	h	10	3.00	0.18	5.91	0.919 (0.338)	(0.9474)
LOPP	m	12	6.29	0.66	<b>10.46</b>	0.951 (0.597)	0.0659
	h	10	6.36	0.71	<b>11.19</b>	0.863 (0.079)	(0.9474)
LOBA	m	12	78.16	2.75	3.51	0.945 (0.520)	-0.0989
	h	10	77.95	2.49	3.20	0.901 (0.212)	(0.9212)
ANZI	m	12	41.17	1.28	3.11	0.953 (0.638)	-0.1066
	h	9	41.05	1.25	3.05	0.923 (0.412)	(0.9151)
LONA	m	12	38.68	2.21	5.72	0.910 (0.203)	0.36286
	h	10	38.54	1.30	3.38	0.983 (0.977)	(0.7167)
ANNA	m	12	19.08	1.26	6.63	0.933 (0.391)	-0.8574
	h	10	18.52	0.72	3.86	0.952 (0.681)	(0.3912)
LDMX	m	12	16.50	0.65	3.93	0.920 (0.271)	-0.2133
	h	9	16.45	0.56	3.38	0.859 (0.092)	(0.8311)
ADMX	m	12	23.94	0.66	2.75	0.942 (0.488)	0.5604
	h	10	24.09	0.65	2.71	0.899 (0.206)	(0.5752)
ANPO	m	12	11.79	0.51	4.31	<b>0.863 (0.049)</b>	-0.2132
	h	9	11.68	0.38	3.22	0.937 (0.545)	(0.8311)

LOFI	m	12	24.00	1.39	5.80	0.959 (0.716)	-0.4285
	h	10	23.81	0.83	3.50	0.890 (0.163)	(0.6682)
LOBO	m	12	12.55	0.78	6.21	0.931 (0.370)	-0.9896
	h	10	12.17	0.43	3.55	0.934 (0.471)	(0.3224)
ANBA	m	12	9.49	0.67	7.07	0.908 (0.192)	-1.0220
	h	10	9.16	0.68	7.45	0.937 (0.504)	(0.3068)
LODI	m	12	25.93	1.22	4.72	0.881 (0.086)	0.4286
	h	10	26.17	1.21	4.61	0.935 (0.486)	(0.6682)
PRRO	m	12	20.06	1.11	5.55	0.988 (0.992)	-1.4840
	h	10	19.56	0.36	1.85	0.911 (0.274)	(0.1378)
ANBU	m	12	13.11	0.51	3.91	0.911 (0.211)	-1.5838
	h	10	12.66	0.53	4.17	0.926 (0.393)	(0.1132)
PRBU	m	12	30.95	1.21	3.89	0.939 (0.453)	-1.022
	h	10	30.42	0.79	2.61	0.928 (0.410)	(0.3068)
ANFC	m	12	11.90	0.67	5.65	0.968 (0.835)	-0.3628
	h	10	11.80	0.57	4.84	0.938 (0.513)	(0.7167)
ANCI	m	12	22.97	1.01	4.39	0.929 (0.347)	1.1539
	h	10	23.54	1.06	4.50	0.961 (0.789)	(0.2485)
ALMA	m	11	43.08	0.70	1.62	0.892 (0.142)	2.1272
	h	9	44.07	0.92	2.08	0.920 (0.383)	(0.0334)
LOMA	m	12	44.88	1.17	2.61	0.980 (0.956)	0.6044
	h	9	45.27	1.26	2.78	0.946 (0.636)	(0.5455)
ALRM	m	12	13.82	0.60	4.38	0.929 (0.347)	1.0553
	h	10	14.11	0.63	4.45	0.955 (0.708)	(0.2913)
LDMA	m	12	17.51	0.76	4.34	0.966 (0.814)	-0.5607
	h	10	17.40	0.84	4.82	0.882 (0.132)	(0.5749)
ACMA	m	12	5.38	0.28	5.18	0.952 (0.616)	0.8246
	h	10	5.48	0.25	4.62	0.947 (0.617)	(0.4095)
AIMA	m	12	3.09	0.14	4.42	0.961 (0.742)	0.8576
	h	10	3.18	0.23	7.25	0.910 (0.272)	(0.3911)
AIAU	m	11	37.26	1.31	3.50	0.982 (0.974)	-1.3624
	h	8	36.48	0.71	1.94	0.954 (0.752)	(0.1731)
LOTO	m	10	561.80	26.72	4.76	0.900 (0.210)	-1.0206
	h	9	548.44	30.13	5.49	0.925 (0.425)	(0.3074)
LOCO	m	10	89.50	7.65	8.55	0.931 (0.440)	-1.1368
	h	10	95.00	20.09	<b>21.15</b>	0.959 (0.760)	(0.2556)
LOPA	m	11	123.00	9.27	7.54	0.955 (0.682)	0.3182
	h	10	123.50	8.90	7.20	0.912 (0.279)	(0.7503)
LOOR	m	11	137.63	5.85	4.25	0.942 (0.521)	0.4591
	h	9	139.00	4.27	3.07	0.988 (0.991)	(0.6461)
PESO	m	10	2180.00	238.28	<b>10.93</b>	0.966 (0.838)	<b>2.9510</b>
	h	9	2611.00	247.21	9.47	0.979 (0.955)	<b>(0.0032)</b>

Cuadro 11.- Comparación de los promedios obtenidos de los Coeficientes de Variación entre las variables craneales y somáticas de las poblaciones de liebres Lepus insularis y L. californicus.

	<u>Lepus insularis</u>	<u>Lepus c. xanti</u>	<u>Lepus c. sheldoni</u>	<u>Lepus c. martirensis</u>	<u>Lepus c. texianus</u>
Craneales	3.24	4.17	4.05	4.26	4.42
Somáticas	7.1	7.6	7.7	7.5	8.2
Todas	3.80	4.67	4.58	4.73	4.97
Machos	4.0	4.3	4.5	5.1	4.9
Hembras	3.6	5.0	4.6	4.3	5.1

Cuadro 12.- ANOVA ( $F < 0.05$ ) de las variables somáticas de las poblaciones de liebres Lepus insularis y L. californicus, (p) = probabilidad. Los valores estadísticamente significativos se encuentran marcados con letras negritas. Se presenta la media ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar (D Est) para cada variable.

Variáble	<u>Lepus insularis</u>	<u>Lepus c. xanti</u>	<u>Lepus c. sheldoni</u>	<u>Lepus c. martirensis</u>	<u>Lepus c. texianus</u>	F (p)
LOTC	576.4 (24.2)	526.9 (27.6)	509.8 (15.9)	538.2 (37.2)	567.2 (46.3)	<b>23.7</b> <b>(0.0000)</b>
LOCO	92.9 (13.1)	86.0 (11.7)	88.8 (7.3)	87.6 (15.6)	93.3 (15.5)	<b>2.32</b> <b>(0.0598)</b>
LOPA	117.4 (4.0)	113.6 (5.4)	113.0 (4.9)	120.1 (5.0)	123.2 (8.9)	<b>14.67</b> <b>(0.0000)</b>
LOOR	111.6 (5.3)	119.6 (8.7)	124.3 (6.4)	131.7 (5.8)	137.9 (5.3)	<b>67.0</b> <b>(0.0000)</b>
PESO	2683.2 (287.7)	2010.6 (269.8)	1691.7 (274.6)	2096.0 (289.2)	2384.2 (323.2)	<b>30.4</b> <b>(0.0000)</b>



Cuadro 13.- Análisis de Componentes Principales de variables craneales de ambos sexos de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus.

a).- Proporción (%) de variación morfométrica explicada por los componentes. b).-

Coefficientes de las variables estandarizadas. Los valores más altos se encuentran marcados con letras negritas.

a).-

Componente	Eigenvalor	Diferencia	Proporción (%)	Acumulativo (%)
PRIN1	12.8898	8.56308	42.966	42.966
PRIN2	4.3267	2.5872	14.4224	57.388
PRIN3	1.7395	0.37473	5.7984	63.187
PRIN4	1.3648	0.07392	4.5493	67.736

b).-

Variable	Componente 1	Componente 2	Componente 3
LOMC	<b>0.267455</b>	0.01344	0.020108
ANCC	0.108101	0.21287	0.450393
PRCR	0.076226	0.352991	0.053894
LOBU	0.046236	0.263011	-0.278464
LOIS	0.130459	-0.225456	0.220106
ANIS	0.12676	-0.286611	-0.031292
LOPP	0.138619	-0.004546	-0.119618
LOBA	<b>0.261257</b>	-0.043487	-0.023385
ANZI	0.232972	-0.14178	0.051518
LONA	0.232263	0.029601	-0.138097

ANNA	0.179291	0.138334	-0.202755
LDMX	0.214762	-0.174438	-0.091035
ADMX	0.209544	-0.153941	-0.118743
ANPO	0.200903	-0.039305	-0.018694
LOFI	0.148943	0.196859	0.304458
LOBO	0.224259	-0.086903	-0.125089
ANBA	0.204853	-0.058269	0.264151
LODI	0.151358	0.276651	0.278201
PRRO	0.188547	0.186961	-0.019883
ANBU	0.031146	0.322554	-0.205981
PRBU	0.214346	0.085434	-0.120203
ANFC	0.129979	-0.085252	0.439359
ANCI	0.11589	0.174109	-0.143225
ALMA	0.206503	0.180812	-0.096642
LOMA	<b>0.235978</b>	0.050357	0.006445
ALRM	0.211713	0.028788	-0.105153
LDMA	0.153651	-0.030533	-0.030376
ACMA	0.196119	-0.251787	-0.13057
AIMA	0.122703	-0.335167	0.014201
ATAU	0.217016	0.084962	0.038671

---

Cuadro 14.- Análisis discriminante de variables craneales de adultos de ambos sexos de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus

a).- Eigenvalores para los primeros 4 componentes canónicos. b).- Coeficientes canónicos de función discriminante estandarizados. c).- Matriz de distancias de Mahalanobis entre poblaciones. d).- Valores de clasificación por población determinados por el Análisis Discriminante. Los valores más altos se encuentran marcados con letras negritas.

a) -

Función	Eigenvalores	Diferencia	Varianza (%)	Acumulativo (%)
1	15.7228	7.7749	<b>57.8</b>	57.8
2	7.9478	5.4973	29.2	87.0
3	2.4505	1.3684	9.0	96.0
4	1.0822		3.9	100

b).-

Variable	CANI	CAN2	CAN3
LOMC	-.393	-.049	-.767
ANCC	<b>-.728</b>	-.121	-.510
PRCR	-.267	.305	-.025
LOBU	-.112	.182	-.741
LOIS	.216	-.191	-.100
ANIS	-.255	.027	.921
LOPP	-.041	.208	.367
LOBA	.920	.533	-.203
ANZI	.667	-.203	.022
LONA	.472	-.097	-.027
ANNA	.265	-.018	-.014
LDMX	-.051	-.015	.101
ADMX	.145	-.017	-.196
ANPO	.200	.036	.009
LOFI	<b>-.589</b>	-.386	.048
LOBO	.036	-.191	.220
ANBA	.136	.044	-.057

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

LODI	-262	.428	.729
PRRO	-213	.097	.426
ANBU	-120	.019	.439
PRBU	392	-.417	.123
ANFC	202	-.179	-.094
ANCI	-250	-.140	-.091
ALMA	-.358	.639	.052
LOMA	-.365	.022	.042
ALRM	.374	.509	.439
LDMA	-.118	-.062	-.516
ACMA	.241	-.107	-.267
AIMA	.354	-.167	.109
AIAU	.154	.087	-.306

c).-

Población	<u>Lepus insularis</u>	<u>Lepus c. martirensis</u>	<u>Lepus c. sheldoni</u>	<u>Lepus c. texianus</u>	<u>Lepus c. xanti</u>
<u>Lepus insularis</u>	0	54.36	123.39	104.94	67.55
<u>Lepus c. martirensis</u>	54.36	0	80.48	41.74	17.34
<u>Lepus c. sheldoni</u>	123.39	80.48	0	139.94	57.88
<u>Lepus c. texianus</u>	104.94	41.74	139.94	0	56.77
<u>Lepus c. xanti</u>	67.55	17.34	57.88	56.77	0

d).-

	<u>Lepus insularis</u>	<u>Lepus c. xanti</u>	<u>Lepus c. sheldoni</u>	<u>Lepus c. martirensis</u>	<u>Lepus c. texianus</u>
<u>Lepus insularis</u>	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>Lepus c. xanti</u>	0.0	93.9	0.0	6.1	0.0
<u>Lepus c. sheldoni</u>	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
<u>Lepus c. martirensis</u>	0.0	7.1	0.0	85.7	7.1
<u>Lepus c. texianus</u>	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

Cuadro 15.- Parámetros que ilustran la variación genética entre lagomorfos.

Población	Loci Polimórficos	Heterocigocidad Media	Fuente bibliográfica
<u>Lepus europeus</u>	15.3 %	18.7 %	Hartl <i>et al.</i> , 1993
<u>Oryctolagus cuniculus</u>	-	5.9 %	Richadson <i>et al.</i> , 1980
<u>Sylvilagus floridanus</u>	33.0 %	2.8 %	Scribner y Warren, 1986
<u>Sylvilagus floridanus</u>	22.6 %	-	Lorenzo, 1996
<u>Sylvilagus audubonii</u>	25.0 %	4.5 %	Scribner y Warren, 1986
<u>Ochotona princeps</u>	-	4.6 %	Glover <i>et al.</i> , 1977
<u>Lepus callotis</u>	51.6 %	-	Lorenzo 1996
<u>Lepus californicus</u>	35.5 %	-	Lorenzo 1996
<u>Lepus flavigularis</u>	22.6 %	-	Lorenzo 1996
<u>Romerolagus diazi</u>	38.7%	-	Lotenzo 1996
<u>Ctenomys maulinus</u>	30.4 y 50%	3.1 y 4.3 %	Gallardo <i>et al.</i> , 1995
<u>Peromyscus</u>	26 a 0.0%	0.6 a 7.9%	Avise <i>et al.</i> , 1974
<u>Sylvilagus mansuetus</u>	8.7 %	0%	Cervantes <i>et al.</i> , 1999a
<u>Dipodomys merriami</u>	12 a 18 %	2.3%	Best y Janecek, 1992
<u>Dipodomys insularis</u>	6 %	0.8%	Best y Janecek, 1992
<u>Dipodomys nitratoides</u>	27 %	1.7%	Best y Janecek, 1992
<u>Eichhornia paniculata</u>	23 %	8 %	Glover y Barret, 1986
<u>Lepus insularis</u>	19.2 %		Presente estudio
<u>Lepus c. xanti</u>	30.8 %		Presente estudio
<u>Lepus c. sheldoni</u>	30.8 %		Presente estudio
<u>Lepus c. martirensis</u>	26.9 %		Presente estudio
<u>Lepus c. texianus</u>	34.6 %		Presente estudio
<u>Lepus callotis</u>	34.6 %		Presente estudio

Cuadro 16.- Comparación de algunas variables craneométricas entre Lepus californicus y L. insularis (modificada Dixon *et al.*, 1983).

Variabes Craneométricas	* <u>L. californicus</u>	<u>L. insularis</u>
Ancho del zigomático	42.3	43.3
Constricción postorbital	12.5	13.8
Anchura de los nasales	19.0	18.7
Longitud de la fila de dientes maxilar	16.4	17.4
Diámetro del meato auditivo externo	5.7	5.4
Ancho de la caja craneana	26.5	24.7
Longitud del paladar	6.3	6.0

\* Los promedios que obtuvo Dixon *et al.*, (1983) fueron resultado de ejemplares de 16 subespecies de L. californicus.

Cuadro 17.- Comparación del promedio de medidas craneométricas y somáticas (mm) de 5 ejemplares adultos de Lepus insularis, L. c. xanti, L. californicus sheldoni y L. c. martirensis (modificada de Nelson, 1909 y Burt, 1933). Los valores que se encuentran en paréntesis corresponden a los resultados encontrados en el presente estudio.

Medidas Craneométricas y Somáticas	<u>L. c. insularis</u> (Nelson, 1909)	<u>L. c. xanti</u> (Nelson, 1909)	<u>L. c. sheldoni</u> (Burt, 1933)	<u>L. c. martirensis</u> (Nelson, 1909)
Longitud total	574 (576)	523 (526)	560 (509)	568 (538)
Longitud cola	96 (93)	80 (86)	95 (89)	96 (88)
Longitud pata	121 (117)	113 (113)	118 (113)	125 (120)
Longitud oreja	105 (112)	116 (120)	126 (124)	131 (132)
Longitud basilar	74 (79)	70 (73)	71 (72)	75 (76)
Longitud de los nasales	40 (39)	37 (37)	38 (34)	38 (38)
Profundidad del rostro	19 (19)	21 (19)	20 (18)	20 (19)
Ancho del parietal	32 (-)	30 (-)	31 (-)	29 (-)
Longitud de la bula	14 (13)	13 (13)	15 (13)	14 (13)



Figura 2 - La liebre de cola negra (Lepus californicus), presenta la mayor distribución y abundancia dentro del territorio mexicano, cuenta con 17 subespecies que se encuentran desde los estados del centro de México hasta el norte, noreste y noroeste de la República Mexicana (Foto: Don Bacus).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 3 - La liebre negra (*Lepus insularis*), es una especie endémica de México y se distribuye únicamente en Isla Espíritu Santo, localizada en el Golfo de California (Foto: Fernando A. Cervantes)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



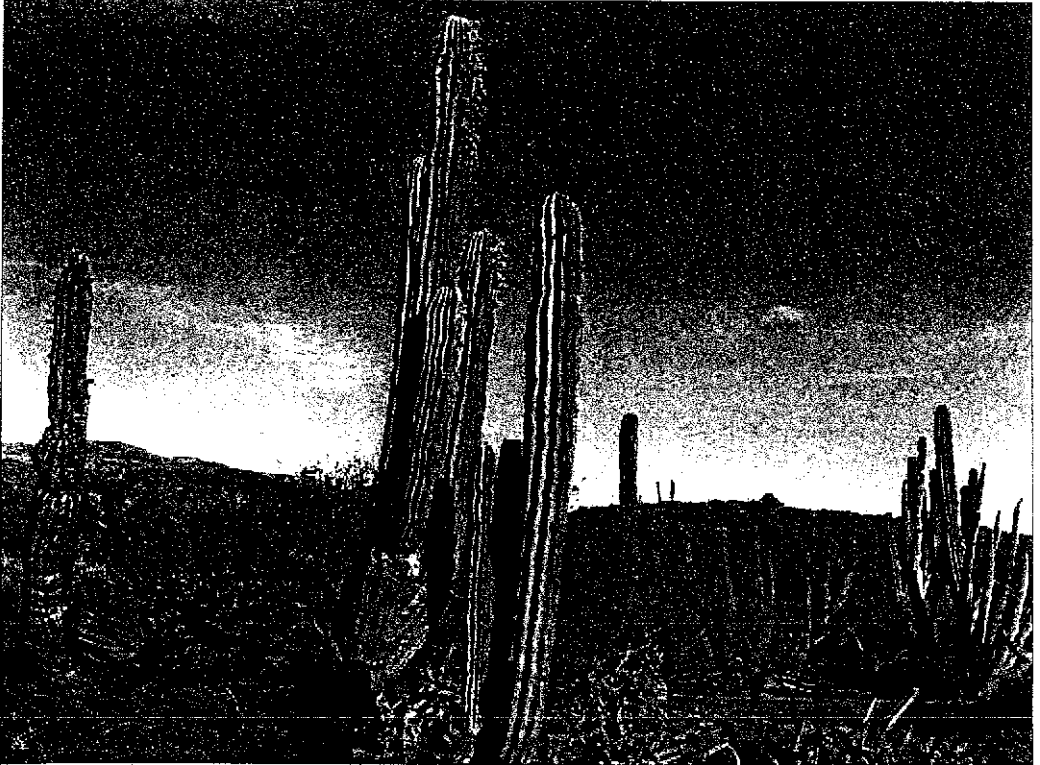
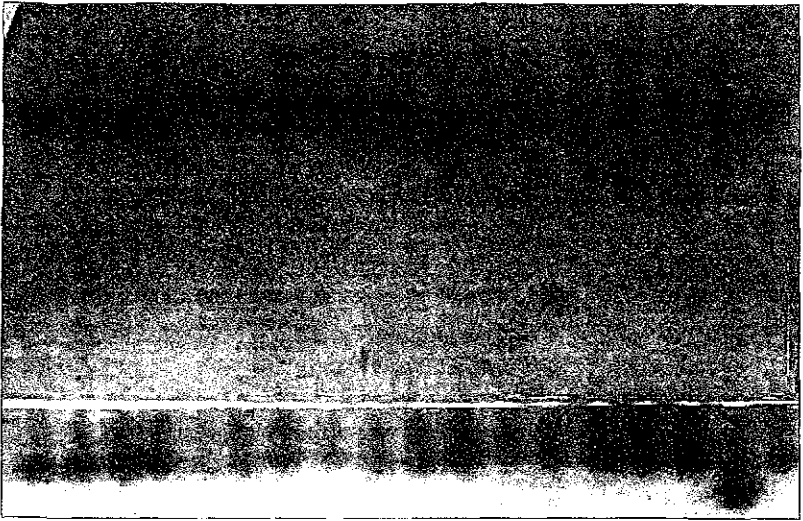


Figura 5.- El tipo de ecosistema característico de la Península de Baja California y las islas del Golfo de California, en el que habitan las poblaciones de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni y L. c. martirensis (Foto: Mario Castañeda).

TEMA CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

(a)



(b)

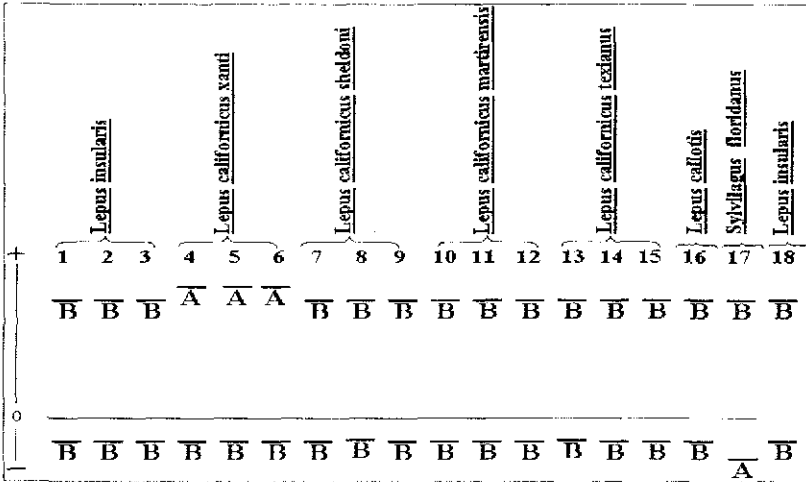


Figura 6.- Zimograma realizado con la fotografía de la enzima MDH (a). Los números representan muestras de tejido homogenizado de corazón-riñón de individuos de cada uno de los taxa (b). La letra A representa el alelo de aquellos individuos que migraron más, tanto anodalmente (+) como catódicamente (-), mientras que la letra B representa a el alelo de aquellos individuos que migraron menos, con relación al punto de partida que esta representado por la ralla (0)

TEL. 3600  
FALLA DE ORIGEN

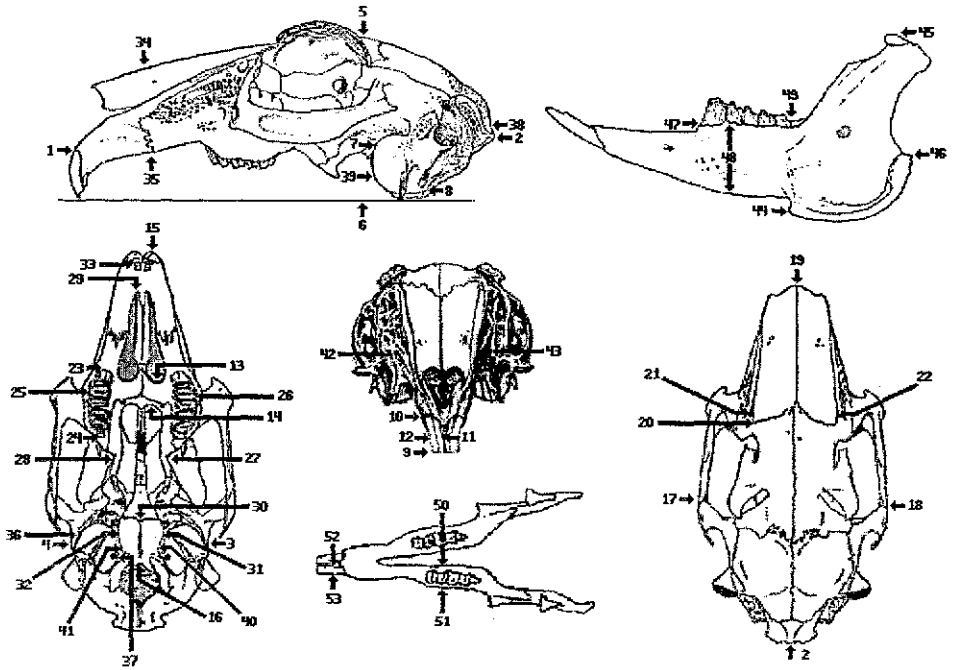


Figura 7.- Medidas craneométricas tomadas a los organismos de las especies Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, y L. c. texianus (modificado de Hall, 1981; Robinson y Dippenaar, 1987).

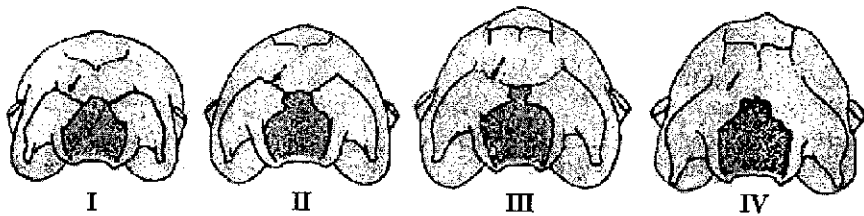


Figura 8.- Vista posterior de un lepórido en el que se observa la evolución en la osificación de la sutura exoccipital-supraoccipital de acuerdo a los criterios de Hoffmeiser y Zimmerman (1967). La categoría IV corresponde a la etapa adulta.

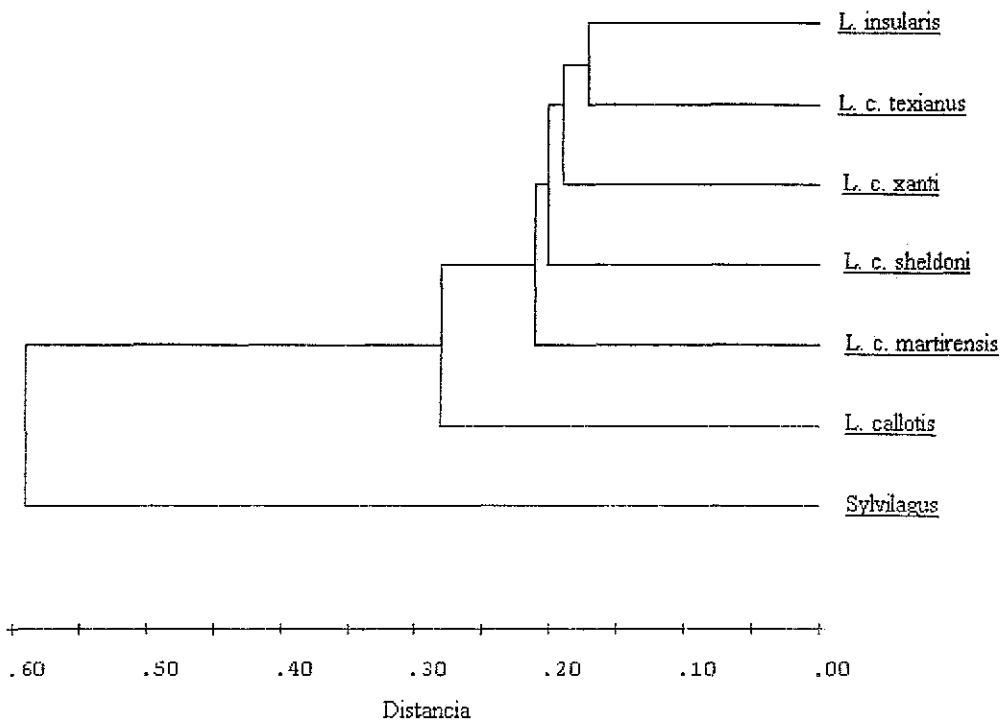


Figura 9.- Fenograma de distancia genética entre liebres (Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis, L. c. texianus y L. callotis) y una especie de conejo (Sylvilagus floridanus) de México basado en un UPGMA de Cavalli-Sforza y Edwards (1967). Correlación cofenética = 0.993.

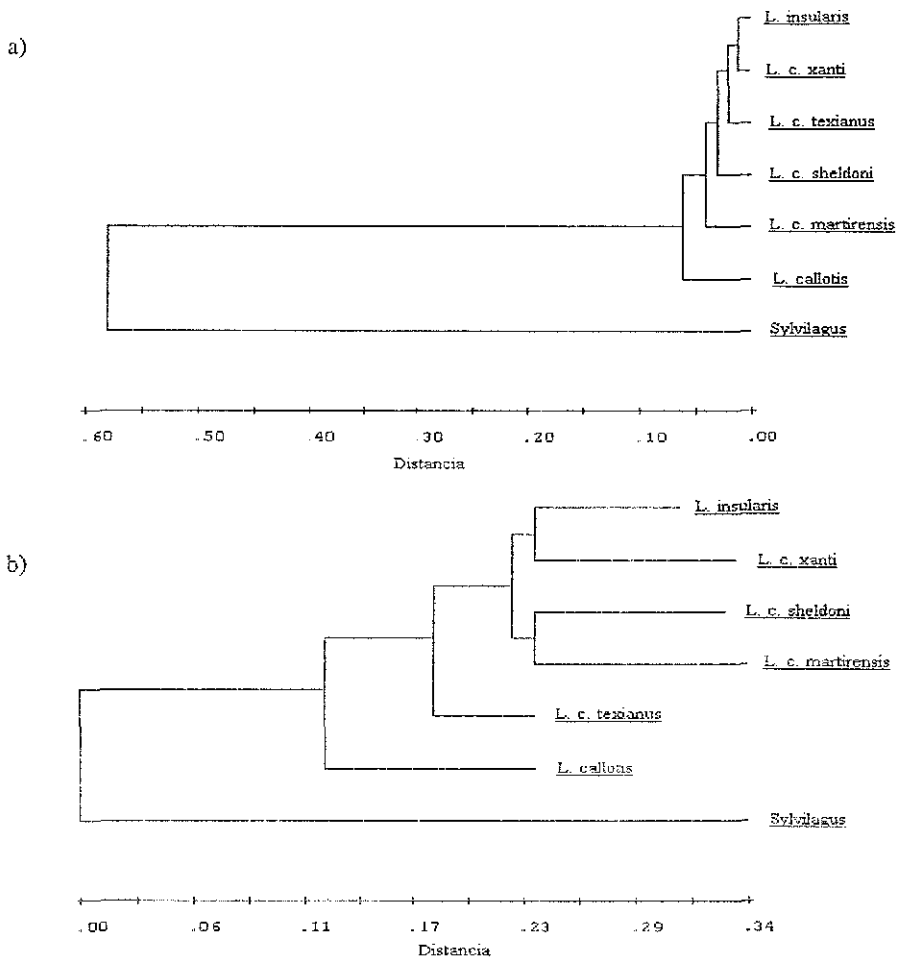
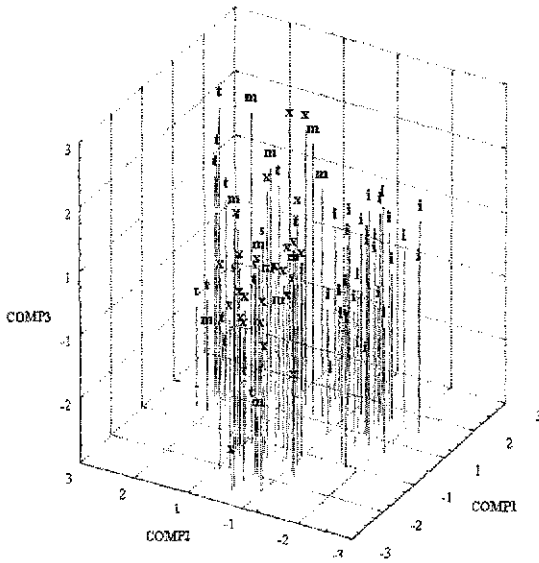


Figura 10.- Fenograma de distancia genética entre liebres (*Lepus insularis*, *L. californicus xanti*, *L. c. sheldoni*, *L. c. martirensis*, *L. c. texianus* y *L. callotis*) y el conejo (*Sylvilagus floridanus*) de México, (a) basado en un UPGMA utilizando el índice de Nei (1978). Correlación cofenética = 0.997. b) Fenograma realizado con el procedimiento de Wagner mediante el índice de Cavalli-Sforza y Edwards (1967). Correlación cofenética = 0.998 y longitud total del árbol = 1 137.

ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES



ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

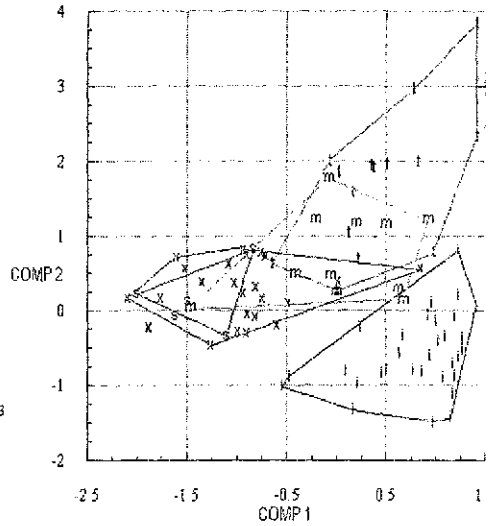
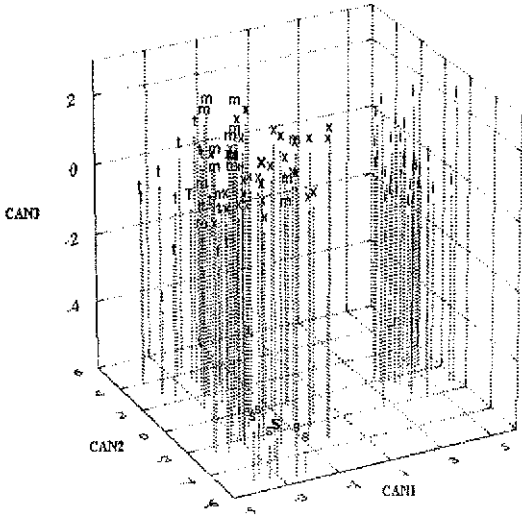


Figura 11.- Análisis de Componentes Principales de variables craneales de ambos sexos para Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus. COMP1= componente principal uno; COMP2= componente principal dos y COMP3= componente principal tres.

ANÁLISIS DISCRIMINANTE DE COMPONENTES CANÓNICOS



ANÁLISIS DISCRIMINANTE DE COMPONENTES CANÓNICOS

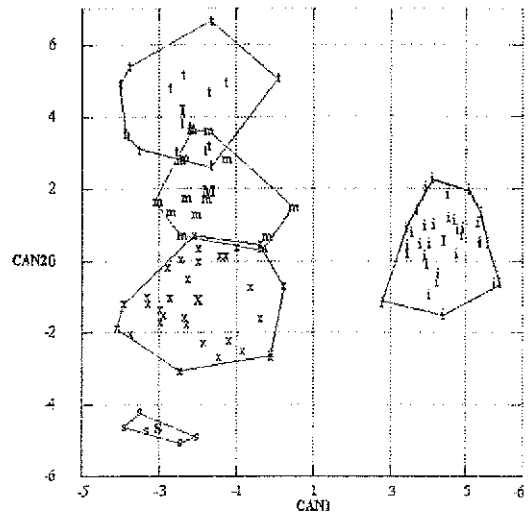


Figura 12.- Análisis Discriminante de Componentes Canónicos de variables craneales de Lepus insularis, L. californicus xanti, L. c. sheldoni, L. c. martirensis y L. c. texianus. CAN1= componente canónico uno; CAN2= componente canónico dos y CAN3= componente canónico tres. Las letras mayúsculas representan el centroide de cada población.

## APÉNDICE I

CARACTER	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA
<b>(LOMC)</b> 1-2 Longitud mayor del cráneo	<i>Del punto anterior de la premaxila (usualmente entre los incisivos superiores) al punto posterior del escudo supraoccipital</i>
<b>(ANCC)</b> 3-4 Ancho de la caja craneana	<i>Ancho mayor tomado por debajo de la protección de los zigomáticos</i>
<b>(PRCR)</b> 5-6 Profundidad del cráneo	<i>Mayor altura (o distancia vertical) del cráneo, en posición de deslizarlo por un vidrio, entre los incisivos superiores y los procesos mastoideos</i>
<b>(LOBU)</b> 7-8 Longitud de la bula	<i>Longitud mayor antero-posterior de la bula</i>
<b>(LOIS)</b> 9-10 Longitud del incisivo	<i>Distancia tomada en la ranura del incisivo superior I<sub>1</sub></i>
<b>(ANIS)</b> 11-12 Ancho del incisivo	<i>Medida horizontal tomada de un incisivo superior</i>
<b>(LOPP)</b> 13-14 Longitud del paladar	<i>Distancia mínima de la superficie anterior del incisivo al punto más anterior de la sección cóncava del paladar</i>
<b>(LOBA)</b> 15-16 Longitud basal	<i>Longitud de la muesca ventro-mediana del foramen magnum a la cara anterior del I<sub>1</sub></i>
<b>(ANZI)</b> 17-18 <i>Ancho del zigomático</i>	<i>Ancho máximo entre las superficies laterales de los procesos zigomáticos</i>
<b>(LONA)</b> 19-20 Longitud nasal	<i>Longitud mayor del hueso nasal</i>
<b>(ANNA)</b>	<i>Ancho mayor tomado entre ambos nasales</i>



21-22 Ancho nasal	
<b>(LDMX)</b>	
23-24 Longitud de la hilera de dientes maxilar	Longitud alveolar de la hilera de dientes de dientes maxilar.- Pm <sub>2</sub> M <sub>3</sub>
<b>(ADMX)</b>	
25-26 Ancho de la hilera de dientes maxilar	Tomada entre ambas hileras de dientes y el alvéolo labial de Pm <sub>3</sub>
<b>(ANPO)</b>	
27-28 Ancho postdental	Ancho mínimo entre el proceso pterigoideo posterior a la hilera de dientes maxilar
<b>(LOFI)</b>	
13-29 Longitud del foramen	Longitud mayor de uno de los forámenes incisivos
<b>(LOBO)</b>	
16-30 Longitud basioccipital	Longitud media-ventral del basioccipital
<b>(ANBA)</b>	
31-32 Ancho del Basioccipital	Ancho mayor entre las bulas auditivas
<b>(LODI)</b>	
23-33 Longitud del diastema	Del margen alveolar posterior al incisivo superior al margen alveolar anterior del Pm <sub>2</sub>
<b>(PRRO)</b>	
34-35 Profundidad del rostro	Tomada del punto más ventral del rostro (el punto formado por el premaxilar y el maxilar) dorsalmente en una línea perpendicular a la longitud de la superficie ventral del rostro a la superficie más dorsal de los nasales
<b>(ANBA)</b>	
36-37 Ancho de la bula	Distancia entre el margen más lateral de ambas bulas
<b>(PRBU)</b>	
38-39 Profundidad de la bula	(Mayor altura del cráneo) profundidad del cráneo de la superficie postero-dorsal del escudo supraoccipital al plano entre la superficie

	antero-ventral de ambas bulas auditivas
(ANFC)	
40-41 Ancho del foramen carótido	Distancia entre los dos forámenes
(ANCI)	
42-43 Ancho de los canales infraorbitales	Distancia entre los canales tomada entre el límite de ambos forámenes del borde lateral de cada canal
(ALMA)	
44-45 Altura de la mandíbula	Tomada de la extensión más anteroventral del proceso angular de la parte más dorsal del proceso coronoides
(LOMA)	
46-47 Longitud de la mandíbula	Punta anterior de los alvéolos de Pm <sub>3</sub> a la extensión más posterior del proceso angular
(ALRM)	
48 Altura del ramo	De la parte más baja del punto labial más anterior de los alvéolos de Pm <sub>2</sub> ventralmente de la extensión más ventral del ramo
(LDMA)	
47-49 Longitud de la hilera de dientes mandibular	Del límite anterior alveolar de Pm <sub>3</sub> al posterior alveolar de M <sub>3</sub>
(ACMA)	
50-51 Ancho del cuerpo mandibular	Ancho máximo del ramo mandibular verticalmente al punto entre Pm <sub>3</sub> y M <sub>1</sub>
(AIMA)	
52-53 Ancho del incisivo I <sub>1</sub>	Tomado de un solo incisivo labial
(AIAU)	
54-55 Ancho interauditivo	

---

(Baker *et al.*, 1978; Robinson y Dippenaar, 1987; Best y Janecek, 1992; Schmidly y Bradley, 1995; Cervantes y Lorenzo, 1997), ver Fig. 7.