



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CONEJOS Y
LIEBRES (LAGOMORPHA: LEPORIDAE) DE MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

ADRIANA DEL CARMEN ROMERO PALACIOS



DIRECTORA DE TESIS: M. en C. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA

2004



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA





UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Adriana del Carmen Romero Palacios

FECHA: 14-Ene-2004

FIRMA: [Firma]

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Análisis de la distribución de los conejos y liebres (Lagomorpha: Leporidae) de México"

realizado por Adriana del Carmen Romero Palacios con número de cuenta 9419202-7

quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

M. en C. Livia Socorro León Paniagua

Propietario

Biol. Alejandro Gordillo Martínez

Propietario

Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza

Suplente

Biol. Francisco Javier Romero Malpica

Suplente

Biol. Guillermo Pérez Saldaña

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló en el Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, UNAM, como parte de las actividades del Taller de “Faunística, sistemática y biogeografía de vertebrados terrestres e insectos de México” impartido por los profesores

Dr. Jorge Llorente Bousquets

Dr. Adolfo Navarro Siguënza

Dr. Juan José Morrone Lupi

Dr. Oscar Flores Villela

Dr. Luis Medrano

Dr. Juan Márquez

M. en C. Livia León Paniagua

M. en C. Ada Ruiz

M. en C. Armando Luis Martínez

Biól. Alejandro Gordillo Martínez

Biól. Luis Canseco

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres María de Carmen Palacios Jiménez y Oscar Miguel Romero Malpica por el apoyo incondicional, la comprensión y el gran amor que me brindan siempre además de ser ejemplos a seguir para mí. A mi hermana Gaby por la complicidad, amistad, cariño y por compartir toda una vida juntas llena de tropiezos pero sobre todo de grandes enseñanzas. A Iván por ser como un hermano para mí. Agradezco sinceramente a toda mi familia y a los que ya no están entre nosotros por las palabras de aliento y todos esos momentos de felicidad.

A Esteban por el inmenso amor y por no dudar en demostrarlo nunca, por todo lo vivido, además de formar parte importante en mi vida y en esta nueva etapa llena de planes y proyectos sin olvidar la motivación, sugerencias y ayuda cruciales para la culminación de esta tesis.

A mi directora de tesis M. en C. Livia León Paniagua a la cual admiro, por los aportes y revisiones realizadas a este trabajo, pero además por formar parte importante en mi formación como bióloga. Agradezco también el apoyo, el interés, la comprensión y sobre todo su amistad.

A mis sinodales Biol. Alejandro Gordillo, Dr. Fernando Cervantes, Biol. Francisco Romero (por adoptarme un rato en la UAM-X y apoyarme con la idea de seguir sus pasos) y Biol. Guillermo Pérez por sus valiosos comentarios y recomendaciones, así como las revisiones realizadas a este trabajo, las cuales aportaron mucho al mismo.

A mis amigos tanto de la carrera como de toda la vida Héctor (por el gran apoyo, enseñanzas y por compartir sus experiencias de trabajo, además de contemplarme para los mismos y por la sincera amistad), Lucía y Diana (por compartir tantos momentos inolvidables y por demás divertidos), Erick (por el apoyo constante, las recomendaciones y ayuda en la realización de este trabajo y por la amistad de varios años), Sandra, Talina y Karina (por estar ahí en todo momento y por ser incomparables amigas). A las personas que en algún momento formaron y forman parte importante en mi vida y me apoyaron de una forma u otra. De todos he aprendido muchas cosas.

A todos mis compañeros del Museo por los momentos gratos y por alojarme en la “pajarera” aún siendo de los Mastos, en especial al Dr. Adolfo Navarro por su constante preocupación porque terminemos a tiempo las tesis y el apoyo, a Alejandro Gordillo por

brindarme su amistad y por sus comentarios y consejos siempre tan atinados, además de ser una guía y apoyo importante para todo lo que hice en el Museo, a Héctor (Loco) por el buen sentido del humor y la amistad.

A todos en la colección nacional de Mamíferos por la amabilidad y el apoyo que me ofrecieron, particularmente al Dr. Fernando Cervantes curador de esta colección por los sabios consejos y por permitirme el acceso a los datos de los ejemplares y a Julieta Vargas por su amistad y por escucharme en cualquier momento y situación.

A los otros curadores de las colecciones Dr. Ticúl Álvarez (q.e.p.d) del IPN, Dr. José Ramírez-Pulido (UAM-I), M. en C. Livia León Paniagua (MZFC), por las facilidades y por permitirme el acceso a los datos de los ejemplares y al Dr. Ricardo López-Wilchis (UAM-I) por la confianza de proporcionarme todos los datos de las colecciones del extranjero, para conformar la base de datos.

A AMCELA por ser una inolvidable experiencia para mi y por acompañarme y formar parte de todo este proceso por ya varios años.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
El orden Lagomorpha.....	3
La importancia de los lagomorfos en México.....	4
Estudios realizados con los lagomorfos de México.....	6
Situación actual del orden Lagomorpha en México.....	8
Los patrones de distribución de las especies.....	10
Los modelos predictivos en la distribución de las especies.....	11
El uso de las bases de datos en estudios biogeográficos.....	13
Objetivos.....	16
Métodos.....	17
Obtención de datos.....	17
Elaboración de la base de datos.....	17
Aplicación del “GARP” para la modelar la distribución de las especies, las áreas de endemismo y riqueza de especies.....	18
Análisis de los datos.....	18
Resultados.....	20
Discusión y Conclusiones.....	34
Los patrones de endemismo y riqueza de lepóridos en México.....	35
Las especies insulares y de distribución restringida.....	38
El uso del GARP como herramienta para modelar la distribución de las especies.....	39
Medidas propuestas para la conservación de los conejos y liebres silvestres de México.....	41
Literatura citada.....	44

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros.

Cuadro 1. Los lagomorfos del mundo.....	4
Cuadro 2. Liebres y conejos considerados en el calendario cinegético mexicano. Temporada 2003-2004.....	6
Cuadro 3. Estatus de conservación actual de los lagomorfos mexicanos.....	9

Figuras.

Figura 1. Distribución potencial de <i>Lepus alleni</i>	22
Figura 2. Distribución potencial de <i>Lepus californicus</i>	23
Figura 3. Distribución potencial de <i>Lepus callotis</i>	23
Figura 4. Distribución potencial de <i>Lepus flavigularis</i>	24
Figura 5. Distribución potencial de <i>Lepus insularis</i>	24
Figura 6. Distribución potencial de <i>Sylvilagus audubonii</i>	25
Figura 7. Distribución potencial de <i>Sylvilagus bachmani</i>	25
Figura 8. Distribución potencial de <i>Sylvilagus brasiliensis</i>	26
Figura 9. Distribución potencial de <i>Sylvilagus cunicularius</i>	26
Figura 10. Distribución potencial de <i>Sylvilagus floridanus</i>	27
Figura 11. Distribución potencial de <i>Sylvilagus graysoni</i>	27
Figura 12. Distribución potencial de <i>Sylvilagus insonus</i>	28
Figura 13. Distribución potencial de <i>Sylvilagus mansuetus</i>	28
Figura 14. Distribución potencial de <i>Sylvilagus robustus</i>	29
Figura 15. Distribución potencial de <i>Romerolagus diazi</i>	30
Figura 16. Sitios de colecta para los lagomorfos en México.....	31
Figura 17. Área nacional ocupada por los lepóridos mexicanos basada en el GARP.....	31
Figura 18. Mapa de patrones de riqueza para las especies de lagomorfos en México basado en el GARP y utilizando provincias biogeográficas.....	32
Figura 19. Mapa de patrones de endemismo para las especies de lagomorfos en México basado en el GARP y utilizando las provincias biogeográficas.....	33
APÉNDICE I. Lista de colecciones mastozoológicas y museos consultados.....	59

INTRODUCCIÓN

Las sociedades contemporáneas se encuentran ante el deterioro progresivo de su ambiente, toda vez que se ha hecho mal uso de este en las formas más diversas. La alternativa de desarrollo con base en una utilización racional y con una actitud de respeto hacia los recursos naturales indudablemente nos ofrece la mejor opción, sin embargo el problema tiene matices políticos, económicos y culturales.

La ganadería, la agricultura, el crecimiento urbano, la cacería de subsistencia y furtiva, la introducción de especies exóticas, la tala, entre otros han provocado severos impactos sobre el ambiente y sobre el orden ecológico (Ceballos, 1993). De lo anterior y debido al deterioro que han sufrido los hábitats naturales surge la necesidad urgente de conocer y conservar la biodiversidad.

Por otro lado, México es considerado como un país megadiverso ya que alberga el 10% de la biodiversidad total del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992), sin embargo, el valor de la biota no sólo radica en la diversidad, sino también en el hecho de que un elevado número de especies son endémicas (Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1987). Los factores que han determinado esta riqueza son su posición geográfica, su antigua y compleja historia geológica, su accidentada topografía y variedad de suelos, clima y vegetación (Toledo, 1988).

En relación a las especies de mamíferos terrestres, México cuenta con el mayor número en todo el Continente Americano. Se calcula que de las 504 especies que conforman la mastofauna terrestre mexicana, 149 son endémicas lo que equivale a un 33% y las restantes una combinación de componentes neárticos y neotropicales (Arita y Ceballos, 1997), y como resultado la riqueza de especies presenta elementos con afinidades biogeográficas muy diversas. A nivel mundial, México ocupa el segundo lugar en número de especies de mamíferos, solo por debajo de Indonesia (Mittermeier y Goettsch, 1992).

En nuestro país, los roedores y los quirópteros son los órdenes de mamíferos mejor representados (Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1987). Los lagomorfos, aunque no se comparan en número de especies con los dos grupos antes mencionados, conforman un grupo representativo de la fauna de mexicana. El país posee la diversidad máxima de lagomorfos del Continente Americano y se sitúa como uno de los países que aloja más especies de lepóridos (conejos y liebres) en el mundo después de China (Cervantes y

González, 1996). En este panorama se destaca la importancia de su estudio y conservación, al ser un orden importante desde muchos aspectos como el ecológico, social, cultural, e incluso económico.

Este estudio tiene como objetivo principal analizar la distribución potencial de las 15 especies de lagomorfos que existen en el país mediante el uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y del reciente método Genetic Algorithms for Rule-set Prediction (GARP; Stockwell y Noble, 1992, Stockwell y Peters, 1999); y se enmarca dentro de la biogeografía ecológica, tomando en cuenta la relación que existe entre diversos factores bióticos (tipo de vegetación) y abióticos (temperatura, precipitación, elevación, etc.) a fin de elaborar modelos predictivos de la distribución de los conejos y liebres, con el fin de proporcionar una idea de los patrones de distribución que presenta cada una de las especies de lagomorfos en México y de sus nichos ecológicos.

Los modelos generados fueron la base para establecer la distribución geográfica esperada de las especies de conejos y liebres, lo que en términos del estudio de la biogeografía, sería el primer paso para poder establecer posteriores patrones de distribución. Es decir, para llevar a cabo cualquier reconstrucción de la historia de la biota de un lugar, es necesario hacer un análisis de rangos de distribución de las especies estudiadas. Estos análisis generalmente están basados en distribuciones actuales, y la base de datos disponible para realizarlos es una compilación de localidades de colecta de los organismos en cuestión (Myers y Giller, 1998). Los modelos describen las condiciones ambientales bajo las cuales las especies deberán ser capaces, en un sentido ecológico, de mantener sus poblaciones, ya que se sabe que las condiciones geográficas y climáticas peculiares, se imprimen por si mismas en los elementos faunísticos, resultando en zonas biológicas más o menos bien definidas (Villa y Cervantes, 2003).

Debido a los importantes aportes de la biogeografía ecológica se pueden hacer inferencias sobre la biogeografía histórica, además de contestar algunas preguntas de la biogeografía como la estimación de la diversidad beta y alfa, centros de endemismo, biodiversidad, y biología de la conservación, por ejemplo (Peterson, *et. al.* 1999).

ANTECEDENTES

El orden Lagomorpha

Los lagomorfos en el mundo comprenden a los conejos y liebres (Familia Leporidae con 11 géneros, 29 especies de liebres y 25 especies de conejos), así como a las picas (Familia Ochotonidae con 2 géneros y 26 especies, Cuadro 1), y son encontrados a través del mundo tanto como especies nativas o especies introducidas. Habitan desde el Ecuador hasta los 80° N, y del nivel del mar hasta los 5000 m, tanto en desierto como en bosques tropicales. Su intervalo de tamaño abarca desde los más pequeños como las picas (algunas con menos de 100 g), los conejos (de 1 a 4 kg), y las liebres (hasta más de 5 kg). Originalmente fueron clasificados como roedores (suborden Duplicidentata), hasta que en 1912 se reconoció al orden Lagomorpha (Chapman y Flux, 1990; Vaughan, 2000).

Los lagomorfos más antiguos conocidos se encuentran al final del Eoceno (hace 50 millones de años) en Asia y América del Norte, pero las formas asiáticas más primitivas pueden ser anteriores a las de Norteamérica. A pesar de sus probables orígenes asiáticos, la Familia Leporidae pasó en Norteamérica la mayor parte de su desarrollo en el Oligoceno y principios del Mioceno. Las primeras picas aparecieron en Asia en el Eoceno y se extendieron por América del Norte y Europa en el Plioceno. Las picas parecen haber tenido su máximo, tanto en distribución como en diversidad, durante el Mioceno (hace 26.7 millones de años) y desde entonces han disminuido, mientras que los conejos y las liebres han mantenido una distribución muy amplia desde el Plioceno (Vaughan, 2000).

La característica distintiva de los lagomorfos es la presencia de un segundo par de dientes incisivos, que se localizan atrás de los incisivos superiores, presentan un cráneo fenestrado e hileras de dientes no coincidentes superiores e inferiores y cola corta. Las liebres nacen cubiertas de pelo y con los ojos abiertos, en pequeñas depresiones en forma de cuna. Los conejos nacen desnudos, con los ojos cerrados, y son cuidados por la madre hasta dos o tres semanas; construyen nidos o elaboradas conejeras para sus crías (Chapman y Flux, 1990). En general los lagomorfos poseen movimientos rápidos, tienen patas largas especializadas para la locomoción cursorial. Tienen orejas largas con movimientos para detectar el peligro e irradiar calor en lo que se refiere a especies desérticas. Las picas son

de hábitos diurnos y los lepóridos de hábitos crepusculares y nocturnos (Chapman y Flux, 1990).

En México existen 15 especies de conejos y liebres. Esta riqueza representa la diversidad máxima de lagomorfos del continente americano y sitúa a México como uno de los países que aloja más especies de conejos y liebres en el mundo. De estas 15 especies de lepóridos, cinco pertenecen al grupo de las liebres (*Lepus*) y el resto al grupo de los conejos (*Sylvilagus* y *Romerolagus*) el primer género con nueve especies y el segundo con una sola especie. El 57% de las especies son endémicas de México, cinco de conejos y tres de liebres, además una es quasiendémica (*Lepus callotis*) esto hace que el país cuente con el mayor número de endemismos de lagomorfos. Aunado a esto, las áreas de distribución de los lepóridos mexicanos son en general muy restringidas como es el caso del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*, Cervantes y González, 1996).

Cuadro 1. Los lagomorfos del mundo (Chapman y Flux, 1990)

LAGOMORPHA		
Ochotonidae	Leporidae	
Picas	Liebres	Conejos
<i>Ochotona</i> (25)	<i>Lepus</i> (29)	<i>Pentalagus</i> (1)
		<i>Pronolagus</i> (3)
		<i>Romerolagus</i> (1)
		<i>Caprolagus</i> (1)
		<i>Oryctolagus</i> (1)
		* <i>Sylvilagus</i> (15)
		<i>Brachylagus</i> (1)
		<i>Bunolagus</i> (1)
		<i>Poelagus</i> (1)
		* <i>Nesolagus</i> (2)

Los números entre paréntesis se refieren al número de especies existentes de cada género.

*Se añaden dos especies al género *Sylvilagus* y uno al género *Nesolagus* según Ruedas (1998), y Cervantes (2002).

La importancia de los lagomorfos en México

Los lagomorfos silvestres de México tienen un papel muy importante a nivel ecológico porque constituyen la base de las redes alimentarias de los ecosistemas; podemos decir que los ciclos poblacionales de muchos carnívoros están determinados de modo notable por los cambios en las densidades de población de los conejos. Además de los

roedores, representan el alimento de la mayor parte de depredadores como serpientes, aves rapaces diurnas y nocturnas y de otros mamíferos carnívoros como cánidos, prociónidos, mustélidos y félidos en cualquier tipo de hábitat (Cervantes y González, 1996). Los conejos y liebres silvestres juegan un rol importante con su actividad escabadora en la aireación, mezcla y reciclaje del suelo, sin dejar atrás la ayuda en la transformación y el realce de la infiltración de agua dentro del suelo y en el ciclo de los nutrientes como ha sido demostrado con otros mamíferos escabadores en otros ecosistemas. Además sus excretas sirven de abono y proveen de nutrientes a los suelos, permitiendo el buen desarrollo de muchas especies de plantas. Son acarreadores de semillas ayudando a la dispersión de las plantas. Su dieta incluye grandes cantidades de partes reproductivas y vegetativas de pastos, hierbas, arbustos y hasta árboles, lo cual trae como consecuencia un proceso de regulación de las poblaciones de especies vegetales, tanto en el aspecto florístico como estructural (Cervantes y González, 1996). En general, estas especies contribuyen positivamente a la dinámica del ecosistema.

Los lagomorfos mexicanos son importantes en todo el territorio nacional como fuente de alimento para habitantes del sector rural y como fuente de atracción de cazadores deportivos (Cervantes y González, 1996, Cuadro 2). También pueden ser considerados como plagas en cultivos agrícolas y como competidores importantes del ganado en tierras de agostadero (Rodríguez, 2001).

El problema se da cuando estos organismos empiezan a competir con el hombre por los mismos recursos, y como consecuencia de esto, pueden ser sujetos a programas de control, ya que afectan sobre todo a la agricultura acarreando pérdidas económicas. Muchas veces se debe a la introducción de especies o por la ausencia de especies que controlen la expansión de los conejos. Sin embargo, no existe hasta el momento información suficiente sobre muchas especies y aún menos, una evaluación del impacto económico de éstas en zonas agrícolas (Rodríguez, 2001).

Cuadro 2. Liebres y conejos considerados en el calendario cinegético mexicano. Temporada 2003-2004 (Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT).

Tipo de permiso de cacería IV. "Pequeños mamíferos". (Se podrá usarse rifle o escopeta)

• Liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>)
• Liebre torda (<i>Lepus callotis</i>)
• Conejo audubon del desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>)
• Conejo de bosque tropical (<i>Sylvilagus brasiliensis</i>)
• Conejo mexicano ó montés (<i>Sylvilagus cunicularius</i>)
• Conejo de este ó castellano (<i>Sylvilagus floridanus</i>)

Estudios realizados con los lagomorfos de México

En general el orden Lagomorpha en México ha sido abordado también desde el aspecto de la conservación (Schouten, 1990; Cervantes, 1993; Ceballos, 1993; Ellis, 1996), sistemático, (Hall, 1951; Van Der Loo, 1981; Uribe-Alcocer, 1977; Lorenzo, 1996), paleontológico (Dawson, 1967; Dalquest, 1970), biogeográfico (Iñiguez-Davalos, 1993), genético (Robinson, 1980; Lorenzo *et. al.*, 1999-2000; Cervantes *et. al.*, 1999-2000, 2002), morfológico (White y Keller, 1984; Cervantes y Lorenzo, 1997) registro fósil (Miller, 1982), y sobre todo en aspectos generales de las especies (Anderson, 1984; Chapman y Flux, 1990; Gaona, 1991; Cervantes, 1990, 1993, 1999), o en listados y escritos en donde se incluyen a las especies de este orden (Amstrong, 1971; Ceballos y Galindo, 1984; Arita y León-Paniagua, 1993; Arita, 1993, 1997; Ramírez-Pulido *et. al.*, 2000; Ceballos, 2002). Sin embargo, este grupo representativo de la fauna mexicana, al igual que otros grupos aún carecen de estudios en varios aspectos entre los cuales destacan trabajos de filogenia, genética y muchos de los cuales se necesitan abordar para proponer medidas dirigidas a la conservación y manejo de las especies sobre todo aquellas especies endémicas o que presentan una distribución restringida.

Los géneros que más han sido estudiados desde varios enfoques y por varios autores es *Sylvilagus* y *Romerolagus*, del segundo con su especie monotípica *Romerolagus diazi*, se conocen aspectos sobre todo de ecología (Galindo, 1979; De Poorter, 1979; Cervantes y López-Forment, 1981; Matsuzaki, 1982, 1985; Chapman, 1984; Hot, 1987; Martínez, 1987; Cervantes y Martínez, 1992; Velázquez, 1993, 1993, 1994, 1996), conservación (Durrel, 1968, 1970; Villa, 1974; Cervantes, 1979, 1981, 1982; López-Forment. 1981; Lindsay,

1982; Bell, 1985; Hoth, 1987, 1987; Rivera-Contreras, 1988; Valencia, 1991; Velázquez, 1993, 1995, 1995) y de aspectos generales (Gaumer, 1913; Rojas, 1951; Granados, 1980, 1981; Cervantes, 1980, 1990; Fa, 1990; Buendía, 1990; Velázquez, 1993; Romero y Velázquez, 1994), después un poco menos sobre genética (Uribe-Alcocer, 1975; García-Rey, 1976; Van Der Loo, 1979, 1981) y sistemática (Merriam, 1896; Nelson, 1901; Nelson, 1904, 1907, 1909; Miller, 1911; Rojas, 1955; Raun, 1965; Robinson, 1981; Sauter, 1990; González, 1992) y casi no hay estudios sobre parasitología (Uchikawa, 1979; Kamiya, 1979; Gibbons, 1980; Hoffmann, 1994).

La información bibliográfica revisada indica que las especies del género *Sylvilagus* se han estudiado en mayor grado desde el punto de vista sistemático (Hoffmeister, 1963; Baker, 1954; Diersing, 1980, 1981; Lorenzo, 1987; Dalquest, 1989; Vargas-Cuenca, 1992; McCarthy 1999-2000) y de aspectos generales (Hall, 1959; Hoffmeister, 1963, 1963; Chapman, 1974, 1978, 1980, 1982; Cervantes, 1992; Howard y Best, 1994). En menor grado se han hecho estudios sobre conservación (Dooley, 1987; Chapman, 1984), registro fósil (Dalquest, 1961), genética (Guereña, 1983; Lorenzo, 1993; Lorenzo y Cervantes, 1995, 1999), ecología (Chapman, 1984; Fa, 1992); anatomía (Hoffmeister, 1967; Alvarado, 1983; Cervantes, 1998) y antropología (Serra-Puche, 1986; Alvarez, 1963, 1969, 1991).

El género *Lepus* ha sido estudiado en menor grado, y los trabajos también tienen una clara tendencia a resolver problemas en sistemática (Burt, 1933; Bryant, 1891; Anderson y Gaunt 1962; Chapman, 1983), aspectos generales (Dunn, 1982; López-Forment, 1989; Best y Henry, 1993; Cervantes, 1993, 1996; Howard y Best, 1994), genética (Hsu, 1967; Schruder, 1978; Uribe-Alcocer, 1989; González, 1992; González y Cervantes, 1996; Lorenzo, 2003), histología (Portales, 1996) y ecología (Vorhies, 1933; Hoagland, 1992; Cervantes, 1997, 1998; Vargas-Cuenca, 2000; Rodríguez, 2001).

Las especies que más se han considerado para su estudio dentro de sus respectivos géneros son *Sylvilagus floridanus*, *Lepus californicus* y *Romerolagus diazi* (Hernández, 1996). Además *S. floridanus* ha sido tratada desde aspectos morfológicos y de dentición, en un estudio realizado por Ruedas (1998), por medio del cual se determinó que *Sylvilagus robustus* se considerara como una especie y no como una subespecie de *Sylvilagus floridanus*.

Las especies escasamente estudiadas son *Sylvilagus insonus* y *Lepus insularis* (Hernández, 1996), debido entre muchos otros factores, posiblemente al difícil acceso a las localidades donde se distribuyen estos organismos.

En relación a los temas de análisis geográficos, para especies de lagomorfos mexicanos no existe información disponible, aunque hay un trabajo sobre el conejo pigmeo de Idaho (*Brachylagus idahoensis*) en el cual utilizaron sistemas de información geográficos (SIG's), para predecir las áreas de uso potencial basándose en aspectos de vegetación y geológicos. Esto con el propósito de identificar áreas no disponibles para el conejo pigmeo, e identificar el hábitat potencial apropiado para la especie (Gabler, 2000).

Situación actual del orden Lagomorpha en México

Algunas especies mexicanas de lagomorfos tienen asignado el *status* de especies comunes regionalmente, pero en otras, se desconoce su situación actual. Desafortunadamente, existen evidencias de que las poblaciones de varias especies están siendo deterioradas de manera considerable a pesar de que su distribución en México es amplia y comprende desde las zonas semiáridas hasta los bosques húmedos (Cervantes y González, 1996).

Las principales amenazas contra las poblaciones de lagomorfos en el país son la desaparición de su hábitat y la cacería furtiva. La falta de una planeación en su aprovechamiento y el abuso en el manejo de los ecosistemas mexicanos han propiciado que la tala, los incendios, el pastoreo y la apertura continua de más áreas de cultivo hayan eliminado o cambiado directa o indirectamente las características de los hábitats adecuados para el ciclo de vida de los conejos y las liebres (Cervantes y González, 1996).

En México, cuatro especies tienen poblaciones tan pequeñas o hábitats tan restringidos, que se recomienda su protección completa. Estos son el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), el conejo de las Islas Mariás (*Sylvilagus graysoni*), el conejo de Omiltemi (*Sylvilagus insonus*) y la liebre tropical (*Lepus flavigularis*) todos en vías de extinción. El estado de conservación de *Lepus insularis* se reporta como especie rara y el de *Sylvilagus mansuetus* como especie indeterminada. Por lo tanto, la conservación de estas especies requiere el establecimiento de reservas naturales que protejan a sus poblaciones y a sus hábitats, pero, desafortunadamente, en nuestro país son escasos los esfuerzos de

investigación y protección sobre los conejos y liebres silvestres (Cervantes y González, 1996) (Cuadro 3).

La conservación y manejo de lagomorfos en el mundo, considera fundamental la preservación del hábitat, programas de introducción y regulación de poblaciones, y medidas de protección (Chapman y Flux, 1990).

Cuadro 3. Estatus de conservación actual de los lagomorfos mexicanos (Villa y Cervantes, 2003)

ESPECIE	NOM-ECOL-059-2000	UICN Red List 1996	CITES	SEDESOL
<i>Lepus alleni tiburonensis*</i>	Sujeta a protección especial	Menor riesgo	-	Rara
<i>Lepus californicus sheldoni*</i>	Sujeta a protección especial	Menor riesgo	-	Rara
<i>Lepus californicus magdalenae*</i>	Sujeta a protección especial	Menor riesgo	-	Rara
<i>Lepus flavigularis*</i>	En peligro de extinción	En peligro de extinción	-	En peligro
<i>Lepus insularis*</i>	Sujeta a protección especial	Menor riesgo (casi amenazada)	-	Rara
<i>Lepus callotis**</i>	-	Menor riesgo (casi amenazada)	-	-
<i>Romerolagus diazi*</i>	En peligro de extinción	En peligro de extinción	Apéndice I (Peligro de extinción)	En peligro
<i>Sylvilagus bachmani cerrosensis*</i>	Sujeta a protección especial	Menor riesgo	-	Rara
<i>Sylvilagus graysoni*</i>	Amenazada	En peligro de extinción	-	Amenazada
<i>Sylvilagus insonus*</i>	En peligro de extinción	En peligro crítico de extinción	-	En peligro
<i>Sylvilagus mansuetus*</i>	Sujeta a protección especial	Menor riesgo (casi amenazada)	-	Rara
<i>Sylvilagus cunicularius*</i>	-	Menor riesgo (casi amenazada)	-	-
<i>Sylvilagus audubonii</i>	-	Menor riesgo	-	-
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	-	Menor riesgo	-	-
<i>Sylvilagus floridanus</i>	-	Menor riesgo	-	-
<i>Sylvilagus robustus</i>	-	-	-	-

(*) Endémica.

(**) Quasiendémica.

Los patrones de distribución de las especies

La relación entre las condiciones ambientales y la localización de las especies ha sido estudiada como una forma de explicar los patrones de distribución de las mismas. Se ha establecido que la presencia o ausencia de una especie depende de la disponibilidad de parches de hábitat adecuados para la misma en el paisaje (Pulliam y Dunning 1997), los cuales han sido definidos como un “mosaico de parches de hábitat a través del cual los organismos se mueven, se establecen, se reproducen y eventualmente mueren” (Forman y Godron, 1986). La abundancia de las especies a lo largo de este mosaico de distribución no se da de manera uniforme, ya que generalmente se concentran en ciertas zonas y son menos abundantes en otras (Brown, 1995).

A partir de varios estudios, se ha determinado que ciertos factores ambientales pueden influir en la distribución de las especies. Posteriormente se ha tratado de asociar la distribución de especies animales con la disponibilidad de ciertos hábitats, considerados de acuerdo a la especie en cuestión. De esta manera, aprovechando la tecnología de los sistemas de información geográficos, es posible producir modelos predictivos sobre los patrones de distribución de las especies. Se puede establecer que para plantear patrones de distribución es necesario conocer, por un lado la historia biogeográfica de las especies, y por otro lado la influencia que factores bióticos y abióticos tienen sobre ellas. Las explicaciones históricas deben considerarse, en general, cuando un patrón de distribución no puede ser completamente explicado en términos de su respuesta a condiciones ambientales contemporáneas (Arita y Rodríguez, 2001; Illoldi, *et. al.*, 2001).

Recientemente se hizo un análisis de la composición de especies de mamíferos del noroeste de México, basándose en provincias biogeográficas, así como de las características climáticas, fisiográficas y de vegetación de esa región del país. Sus resultados concluyeron que el noroeste de México está dividido en tres subregiones, seis superprovincias y trece provincias. El ordenamiento de las provincias muestra un patrón este-oeste debido a la influencia de la corriente marina de California y las características oceanológicas del Golfo de California. Un segundo patrón indica un gradiente norte-sur debido al efecto de peninsularidad ocasionado por la presencia de mamíferos provenientes de la región del desierto de Mohave. Un gradiente altitudinal, tercer patrón identificado, cobra importancia en las zonas de la Sierra de la Laguna y de Juárez. El origen tectónico de la Península de

Baja California influyó en las características actuales de las provincias (Alvarez-Castañeda, 1995 en Villa y Cervantes, 2003).

En general, los lagomorfos, excluyendo a los endémicos *Romerolagus* y a *Lepus*, penetran en Sudamérica, pero es principalmente el género *Sylvilagus*, un género norteamericano (Villa y Cervantes, 2003).

Los modelos predictivos en la distribución de las especies

El conocimiento sobre la biodiversidad en general y la falta de fuentes de datos o la imprecisión de las bases existentes sobre la distribución de los ejemplares presentes en colecciones científicas y museos (Bojórquez-Tapia *et. al.*, 1994) han dado pauta para el desarrollo de nuevos modelos que permiten a partir de esta escasa información, predecir la extensión y ubicación de hábitats con potencial para albergar poblaciones de especies de interés (Carroll *et. al.*, 1999).

Los sistemas de información geográfica (SIG) han significado una verdadera revolución conceptual y práctica en el manejo y análisis de las bases de datos. En general varios hechos son importantes en lo que a los sistemas de información geográfica se refiere: la capacidad de este dispositivo informático para gestionar y analizar datos espaciales y la combinación de distintas funciones operativas definidas sobre este tipo de información. En primer lugar se introducen datos espaciales en la computadora; después se crea una base de datos que conserve sus características de modo económico y coherente; posteriormente surge un proceso de gestión y manipulación para interrogar a la base de datos, por así llamarlo para poder analizar y generar nueva información a partir de la ya incluida en la base de datos, y por último se obtiene la representación cartográfica de los datos (Bosque *et. al.*, 1994).

Por otro lado, Peterson (2000) propone que las aplicaciones del SIG para la conservación de la biodiversidad han procedido en dos direcciones principales: 1. El desarrollo de algoritmos para caracterizar la distribución geográfica de las especies y 2. El priorizar áreas para la conservación. En el primero, las áreas que se ajustan a ciertas condiciones son tomadas como áreas de distribución geográfica predicha para las especies. En el segundo método los datos de distribución son modelados utilizando el SIG para

predecir las co-ocurrencias geográficas y ubicar las áreas identificadas como prioritarias para acciones de conservación (Feria, 2001).

Actualmente han surgido modelos como la regresión logística y métodos basados en medidas de distancias para predecir la distribución geográfica de las especies a partir de datos de sitios de colecta de organismos depositados en museos y colecciones (Peterson y Cohoon, 1999).

Un método que ha probado su eficiencia en predecir la distribución de especies cuyos datos generalmente provienen de colecciones en donde no se especifica la ausencia o su abundancia, ha sido desarrollado por David Stockwell en 1991. Este es un algoritmo genético conocido como GARP (Genetic Algorithms for Rule-set Prediction) que retoma el concepto de nicho ecológico fundamental (Hutchinson, 1957) integrando métodos como BIOCLIM para identificar las áreas del paisaje que se encuentran dentro o fuera del nicho de la especie estudiada. El algoritmo evalúa las correlaciones entre la distribución de la especie, obtenida a partir de datos puntuales georeferenciados de la misma, y una serie de características ambientales como la precipitación, temperatura, topografía, tipo de vegetación, etc (Colchero, 2001). Por lo tanto, es posible con este método cuantificar la fragmentación de los hábitats naturales remanentes, como consecuencia de la alta deforestación en el país, por mencionar un ejemplo.

La finalidad del modelo es demostrar que en los procesos naturales hay una “conservación” del nicho, por lo que tiende a cambiar a un ritmo muy lento. Esto se relaciona con la capacidad de adaptación de las especies que es generalmente más lenta que la tasa de extinción cuando éstas se encuentran fuera del nicho fundamental, por lo que, la especiación se da antes de que sucedan cambios fundamentales en el nicho (Peterson *et. al.*, 1999).

El GARP, es un sistema de modelación que permite generar una serie de posibles modelos (llamados reglas), las cuales pueden ser usadas para varias funciones (Stockwell, 1999). Este sistema trabaja en un proceso interactivo de selección de reglas, evaluación, comprobación e incorporación. En primer lugar es elegido un método de una serie de posibilidades (regresión logística, reglas de bioclimas) y luego es aplicado a los datos desarrollándose posteriormente una regla (Peterson *et. al.*, 1999).

En resumen, el análisis GARP produce abstracciones del nicho ecológico de la especie y los sitúa en un contexto geográfico es decir, produce áreas de distribución

potencial sobreestimadas, pues considera todas aquellas regiones geográficas en las cuales se encuentran las condiciones ecológicas similares como áreas de presencia del taxón (Peterson *et. al.*, 1999). Este software usa la inteligencia artificial para producir esa abstracción del nicho ecológico de las especies, basado en atributos físicos y ecológicos, disponibles en formatos digitales (Navarro *et. al.*, 2002)

Como ventajas de esta aproximación se contempla que:

- 1) Esta integración sencilla de GARP a un ambiente SIG haría posible tomar ventaja sobre la experiencia previa de usuarios de sistemas de información geográfica con modelos de SIG's (entrada->procesamiento->salida), lo que haría más sencillo a un usuario de SIG entender y utilizar GARP dentro de este ambiente.
- 2) Los usuarios de SIG pueden utilizar GARP como un escalón en análisis de modelos más elaborados y complejos, i.e. la generación de modelos GARP sería solo una fase dentro de un marco de trabajo y análisis más complejo, recibiendo la entrada de otro proceso (modelos de cambio climático), y la salida del modelo podría alimentar a su vez otros pasos del mismo modelo.
- 3) Ahorraría muchos pasos en el proceso de crear modelos GARP y mapas, removiendo muchos procedimientos de conversión de datos.

Como desventaja, se podría mencionar la siguiente:

Prevenir a gente que no es usuaria de SIG crear modelos GARP. En países como el nuestro, y en algunos otros, no muchos biólogos son usuarios del SIG, sin incluir el alto costo de los sistemas, por lo que en muchas ocasiones no se tiene un fácil acceso a ellos.

El uso de las bases de datos en estudios biogeográficos

El uso del GARP depende de la introducción de datos al sistema, y estas bases de datos pueden separarse en dos categorías:

- 1) Datos cartográficos: Incluyen aquellos mapas que serán utilizados en el análisis y que comprenden factores tanto bióticos (e.g. tipos de vegetación) como abióticos (e.g.

temperatura, precipitación, clima, elevación, etc). Estos datos se pueden encontrar en formato digital y provienen tanto de fotografía aérea como de imágenes de satélite, y se encuentran a diferentes escalas geográficas.

2) Datos biológicos: Incluyen datos de ejemplares y localidades de colecta de los grupos a estudiar. Se pueden encontrar básicamente datos de la localidad geográfica, colector, fecha, y nombre aún y cuando se reconoce que esta información puede contener cierto grado de incertidumbre taxonómica y geográfica (Sánchez-Cordero, *et. al.*, 2001; Escalante, *et. al.*, 2001).

Las bases de datos son el resultado de la recopilación de datos de ejemplares almacenados en museos y colecciones científicas, así como de la literatura biológica y del trabajo de campo.

Como ventaja de las bases de datos se tiene que la información geográfica digitalizada permite el manejo de datos espaciales en cualquier sistema computacional, principalmente los sistemas de información geográficos (ESRI, 1996). Sin embargo, también puede representar ciertos inconvenientes que deben tomarse en cuenta cuando se realiza un análisis. Uno de los principales inconvenientes es la escala a la cual se va a trabajar ya que mucha de la cartografía existente en formato digital se encuentra a escalas pequeñas (i.e. 1:1'000 000 o más) y esto hace que la información sea general y difícil de aplicar a estudios locales. De igual manera es difícil encontrar toda la cartografía necesaria para el análisis, ya que en formato digital sólo se tiene algunos temas, como topografía, precipitación, temperatura y climas, principalmente. Datos más específicos o con mejor resolución resulta complicado de conseguir. Otro problema que debe considerarse cuando se eligen mapas cartográficos es la temporalidad, ya que la información contenida en ellos puede no ser equiparable con la información biológica que se este analizando pudiendo ser está última más reciente o antigua; y esto genera un problema de interpretación de patrones y predicciones realizadas con los datos. Aunque existen bases de datos generadas en paquetes comerciales o que provienen de instituciones universitarias y/o gubernamentales (CONABIO) que han sido revisadas para evitar errores en la nomenclatura taxonómica así como en la georreferenciación de las localidades, si se tienen datos de museos o colecciones, la información generalmente es incompleta y difícil de conseguir, lo cual genera "espacios" en la información disponible para cada ejemplar. Un problema común a enfrentar en la elaboración y utilización de las bases de datos es la georreferenciación.

Aunque existen estándares para verificar la ubicación geográfica de las localidades, en muchas ocasiones se encuentran con ejemplares “históricos”, cuya etiqueta incluye únicamente el nombre común de la localidad sin ninguna otra referencia. Esto lleva a tener que ubicar la localidad utilizando atlas, gaceteros, cartografía a diferentes escalas, listas municipales, etc, con el fin de tratar de encontrar la localidad en cuestión, lo cual puede resultar una tarea muy larga e infructuosa, ya que puede haber desaparecido la localidad de colecta, cambiado de nombre, o existir homonimias. También se pueden encontrar nombres de taxones mal definidos, sin referencias a autoridades ni a sistemas de clasificación con los que se utilizan actualmente, sin incluir otros datos de las etiquetas que eran omitidos, como nombre del colector, tipos de vegetación o asociaciones, etc. (Escalante, *et. al.*, 2001; Sánchez-Cordero, *et. al.*, 2001).

Las bases de datos permiten a partir de los datos recabados, realizar una serie de análisis, como en el caso de la obtención de los patrones de distribución, que sirven de base para interpretar la historia biogeográfica de un grupo determinado. Otra gran ventaja que presentan las bases de datos es la actualización que se puede hacer en ellas conforme se realiza trabajo de campo, o se encuentran disponibles nuevas bases de datos, se puede ir actualizando a fin de tener una mayor cobertura geográfica y una mayor representatividad de las localidades de la especie o especies a estudiar, lo que permitirá tener cada vez análisis más confiables e interpretaciones más acertadas de los datos. Finalmente, otra ventaja de la utilización de las bases de datos es que permite recabar y utilizar toda la información disponible, tanto histórica como actual, a fin de realizar análisis ecológicos y biogeográficos. A pesar de las ventajas, no se deben olvidar los problemas enfrentados al utilizar bases de datos provenientes de museos y colecciones, en particular lo relacionado con las colectas realizadas con el “síndrome de carreteras” o con la cercanía de las localidades a ciudades importantes, por mencionar algunos; por lo que se debe tomar con cautela cuando se utilizan para interpretar patrones de distribución. Con el uso del SIG, se pueden identificar, de manera gráfica, los sitios donde no existen registros de localidades, así como sitios donde hay muchas colectas, a fin de establecer zonas de colecta sistemáticas para tener una mayor representatividad del grupo estudiado (Iloldi, 2001).

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la distribución geográfica potencial de los lagomorfos de México utilizando el modelo predictivo Genetic Algorithms for Rule-set Prediction (GARP).

Objetivos particulares

1.- Recopilar la información sobre los sitios de colecta de los ejemplares de lagomorfos de México en las diferentes colecciones mastozoológicas mediante consultas directas para elaborar una base de datos georreferenciada de los mismos.

2.- Modelar para cada especie de lepórido en México las áreas potenciales de distribución utilizando el GARP.

3.- Obtener los patrones generales de distribución de la riqueza de especies y de endemismo de lagomorfos del país, con base en los mapas de distribución potencial obtenidos a través del GARP.

4.- Proponer medidas para la conservación del orden Lagomorpha en México.

MÉTODOS

Obtención de datos

El estudio se basó en la recopilación de información de colecciones científicas tanto del país por medio de visitas a estas colecciones, como del extranjero. Estas últimas facilitadas por el Dr. López-Wilchis en la UAM-I (Apéndice I), de las cuales se tomaron los datos de colecta más importantes para el estudio poniendo énfasis en las localidades de colecta. Se consultaron también los gaceteros del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM para la obtención de georreferencias y posteriormente se ubicaron los sitios no encontrados en esos gaceteros en cartas topográficas de México (escala 1:500,000 y 1:250,000, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1995; INEGI, 1988) para georreferenciarlos.

Elaboración de la base de datos

Se elaboró una base de datos relacional en Acces 2000 (Microsoft, 1999a) en la cual se vaciaron los datos de colecta obtenidos de las colecciones como son: número de catálogo, género, especie, subespecie, sexo, estado, localidad, elevación y colector; además de los datos de latitud y longitud (latgrad, latmin, latseg y longrad, lonmin, lonseg) que se obtuvieron de gaceteros o que fueron georreferenciados con ayuda de cartografía. Se diseñó una consulta con la finalidad de transformar las coordenadas a grados decimales para posteriores análisis con SIG y GARP. Los cuadros resultantes de la base de datos se guardaron en formato D-Base III por cada especie, para visualizar los datos puntuales de las localidades en el programa de SIG, Arc View 3.2 (ESRI, 1999). Posteriormente se ingresaron los registros georreferenciados al programa DesktopGARP mediante un archivo de Excel (Microsoft, 1999b) con el nombre de la especie, la longitud, y latitud y utilizando los parámetros de vegetación potencial, provincias biogeográficas, provincias fisiográficas, provincias bióticas, temperatura media anual, precipitación media anual, hipsometría (todos a escala 1: 4 000 000), ecorregiones de México (1: 1 000 000), pendiente (grados), aspecto (tasa máxima de elevación entre los puntos), y datos de elevación (CONABIO, 1997).

Aplicación del “GARP” para modelar la distribución de las especies, las áreas de endemismo y riqueza de especies.

Las coordenadas de la localización de los puntos en formato de grados decimales, una vez en el programa fueron sometidas a cinco repeticiones de predicciones para los mapas por cada especie, mediante el uso del algoritmo genético (GARP) las cuales son evaluadas y modificadas hasta llegar a una solución “óptima”, posteriormente se sumaron las cinco repeticiones para obtener un mapa único por especie con la predicción de la distribución final. Es importante mencionar que se introdujeron solamente las localidades únicas, es decir, las localidades que no se presentan más de una vez en la base de datos generada o que tienen los mismos datos de longitud y latitud, esto para un mejor funcionamiento del programa.

Análisis de los datos

Una vez que se obtuvieron los mapas de cada especie, se proyectaron los puntos de colecta que anteriormente habían sido exportados a D-Base III para generar un mapa de cada especie con la distribución potencial y los puntos de colecta. Para el caso de *Romerolagus diazi* se generaron dos mapas de distribución potencial. En el primero se utilizaron los mismos parámetros empleados para todas las especies y para el segundo se realizó un recorte por medio de la función llamada “clip” del programa y especificando la altitud a la cual se encuentra el zacatuche (2850-4250 m) para así, obtener un mapa de distribución más real o actual y con menos sobrepredicción.

Se generó también un mapa con los puntos de colecta de todas las especies en todo el país. Lo anterior se observa en mapas de división política únicamente, ya que se pretende detectar los sesgos en la colecta y la distribución de las especies en cada estado. Posteriormente, se elaboró un mapa en donde se puede observar el área nacional ocupada por los lagomorfos basándose en los mapas de distribuciones potenciales.

Para obtener los mapas de patrones de endemismo, fueron consideradas las 8 especies endémicas para el país (Cuadro 3) y se realizó una suma de los mapas de distribuciones potenciales obtenidos para cada especie. Con la intersección de los mapas se

obtuvieron áreas de ocurrencia baja y alta de especies, proponiendo que baja se refiere a que hay presencia de 1 y 2 especies, y alta se refiere a que se presentan 3 y 4 especies, que es el máximo de especies que se pueden presentar en las áreas intersectadas.

Para obtener los mapas de patrones de riqueza de especies se sumaron los mapas de distribuciones potenciales de las 15 especies de lepóridos. Se obtuvo un mapa que muestra la ocurrencia de las especies de lagomorfos en el país y se le asignaron los valores de ocurrencia baja con 1 y 2 especies, moderada de 3 a 5 y alta con 6 y 7.

Para analizar los mapas de las especies endémicas y de riqueza de especies se utilizó el mapa de provincias biogeográficas (CONABIO, 1997) ya que estas son definidas a partir del análisis de la composición de especies pertenecientes a varios grupos, entre ellos los mamíferos y consideraciones que incluyen relaciones bióticas e historia geológica (Villa y Cervantes, 2003). Se considera de gran importancia también que este mapa de provincias biogeográficas está determinado para considerar un sistema estándar de regiones naturales de México, por medio del cual se pueden plantear el crecimiento y políticas de apoyo y conservación de la biodiversidad del país ([ww.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)). Asimismo, se utilizó el mapa de ecorregiones sobrepuesto en el mapa de distribución potencial de las 15 especies, para delimitar las áreas ecológicas con base en los puntos de colecta, en las que las especies se encuentran y responden, considerando que en cada ecorregión hubiera la menos un punto o registro.

RESULTADOS

La base de datos quedó conformada de 4412 registros georreferenciados de las especies de lagomorfos de México de distintas colecciones y museos (Apéndice I) y solamente se utilizaron 1577 localidades únicas de los 31 estados de la República Mexicana. Esta base de datos georreferenciada es probablemente la más completa y actualizada para México, ya que incluye registros tanto de colecciones mexicanas como del extranjero lo cual no se había hecho anteriormente; a pesar de que existen trabajos que recopilan información de los lagomorfos de México en general como el de Hernández (1996).

Se realizaron un total de 75 modelos GARP para las especies de conejos y liebres, o sea 5 modelos para cada una de ellas con el objeto de producir los mapas de distribuciones potenciales. Los mapas son resultado de la utilización del GARP bajo los mismos parámetros.

De esta manera, se presentan 15 mapas (Figuras 1 a la 15) de las distribuciones finales obtenidos mediante el GARP por medio de la suma de los 5 modelos obtenidos para cada especie. Con esto se obtuvo un sólo mapa de distribución potencial en el cual se refleja el área total que puede ser ocupada según los modelos del nicho ecológico producidos por el programa. En estos mapas se observan los patrones particulares de requerimientos del hábitat de cada una de las especies de lagomorfos en México y sus respectivos puntos de colecta. En la Figura 15 se representan dos mapas de distribución del conejo zacatuche y en el primero (A) se observa una sobrepredicción de la distribución actual basada en los puntos de colecta históricos. Por otro lado, en el segundo (B) se observa la distribución actual del zacatuche. Por medio de la superposición del mapa de ecorregiones (CONABIO, 1997) en cada uno de los mapas de distribución potencial se pudo delimitar mejor el área ecológica y definir mejor la distribución de la especie haciendo un recorte y basándose en los puntos de colecta de las mismas. Además se observó que existe una coincidencia en las áreas de predicción obtenidas y las ecorregiones sobrepuestas.

En la Figura 16 se encuentran representados los puntos de colecta de lagomorfos para todo el país obtenidos de los datos de colecciones y museos consultados. En este mapa

se evidencia que en la mayor parte del territorio nacional se han colectado ejemplares, por lo que se puede decir que el país se encuentra bien representado en cuanto a lugares de colecta de lagomorfos. En la Figura 17 se presenta el mapa del área nacional que ocupan los lagomorfos, el cual nos da una idea de la importancia del grupo, ya que en casi el 100% del territorio nacional se observan áreas potenciales de ocurrencia para los lepóridos.

Para la obtención de los patrones de riqueza, al igual que con los de endemismo, los mapas fueron tomados con base en las distribuciones potenciales incluyendo a todas las especies y se sumaron tomando en cuenta los porcentajes más altos de predicción. Además, se utilizaron las provincias biogeográficas generadas por CONABIO en 1997. En la Figura 18 se encuentra representada la riqueza de lepóridos del país, y se observa que en general la distribución de la riqueza es heterogénea, y en gran parte del territorio mexicano hay presencia de por lo menos una especie. No se encuentra presencia de especies en una pequeña zona del Soconusco, y se puede apreciar que la mayor concentración de riqueza (6-7 especies) esta concentrada en el Eje Volcánico, la Sierra Madre Oriental y Occidental, la Costa del Pacífico, Baja California, el Altiplano Norte (Chihuahense) y en la Provincia del Golfo de México, es decir, la tendencia de riqueza de especies de lagomorfos se da del centro al norte del país.

Las provincias que presentaron una distribución moderada (3-5 especies) ocupan la mayoría del territorio nacional, exceptuando las provincias que presentan una ocurrencia baja (1-2 especies) como son parte de la Sonorense, la Depresión del Balsas, los Altos de Chiapas, parte de la del Golfo de México al igual que la de la Costa del Pacífico, y la Sierra Madre del Sur (Fig. 18).

Los mapas de patrones de endemismo de la familia Leporidae en México se realizaron a partir de los obtenidos para cada especie, utilizando de igual manera provincias biogeográficas. En la Figura 19 se muestran las áreas de endemismo de lepóridos, y en donde como máximo se tuvieron a cuatro especies endémicas ocupando las áreas de mayor endemismo.

Se observó que las áreas de ocurrencia alta de endemismo (3-4 especies), se encontraron en el Eje Volcánico, en la Sierra Madre del Sur y en la Depresión del Balsas, es decir, del centro del país hacia la parte sur del mismo (Fig.19).

Las especies de lagomorfos endémicas que se hallaron reunidas en esas áreas son *Sylvilagus cunicularius*, *Sylvilagus insonus*, *Lepus callotis* y *Romerolagus diazi*. Las áreas

con una ocurrencia baja de especies (1-2 especies), ocupan el resto del país, dejando huecos en donde no hubo proyección del GARP y además no se tuvieron puntos de colecta de las especies endémicas. Estas son las provincias de California, la Sonorense, la Tamaulipeca, los Altos de Chiapas, la del Soconusco y una parte de la del Golfo de México. Las especies que se presentaron en estas áreas de menor concentración de endemismos son *Lepus flavigularis*, *Lepus callotis* y *Sylvilagus cunicularius*.

Las islas por su parte, presentan baja riqueza de especies, sin embargo presentan un alto número especies endémicas. Además se ha observado que mantienen una diversidad taxonómica comparativamente alta en relación con el continente (Ceballos *et. al*, 2002). Las especies insulares de lepóridos presentes para el país son *Sylvilagus mansuetus*, *Lepus insularis* y *Sylvilagus graysoni*, lo que muestra que el número de endemismos en islas es alto y equivale a un 38% teniendo en cuenta a los 11 géneros de mamíferos presentes en islas. El único género presente en México con distribución restringida es *Romerolagus* localizada únicamente en una pequeña zona del Eje Neovolcánico Transversal (Fig. 15).

Lepus alleni

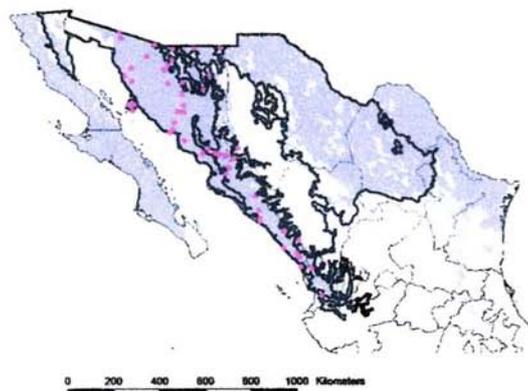


Figura 1. Distribución potencial con base en los sitios de colecta de la liebre antilope. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Lepus californicus

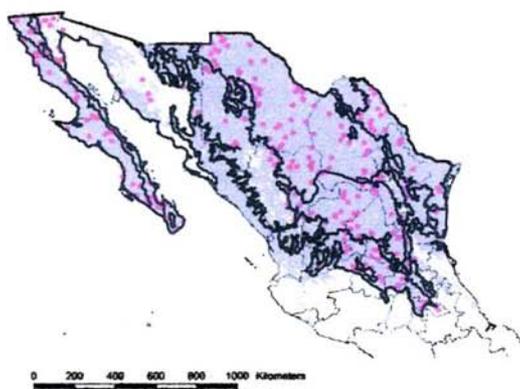


Figura 2. Distribución potencial con base en los sitios de colecta de la liebre de cola negra. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Lepus callotis

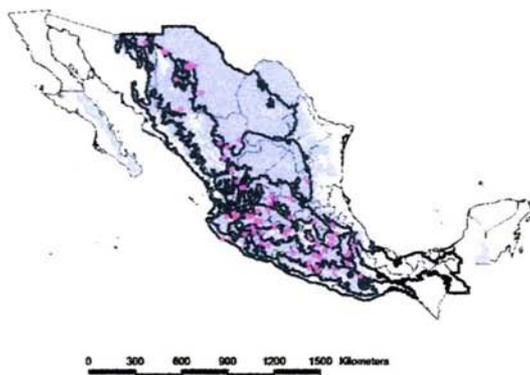


Figura 3. Distribución potencial con base en los sitios de colecta de la liebre torda. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Lepus flavigularis

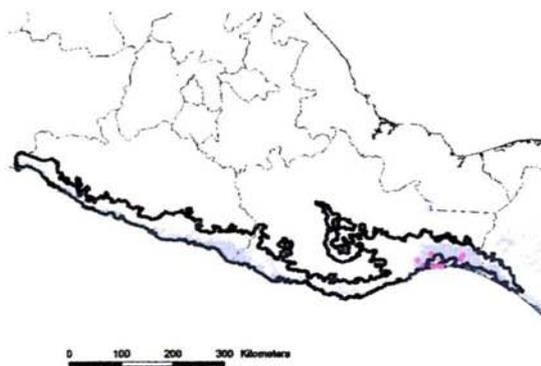


Figura 4. Distribución potencial con base en los sitios de colecta de la liebre del Istmo de Tehuantepec. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Lepus insularis

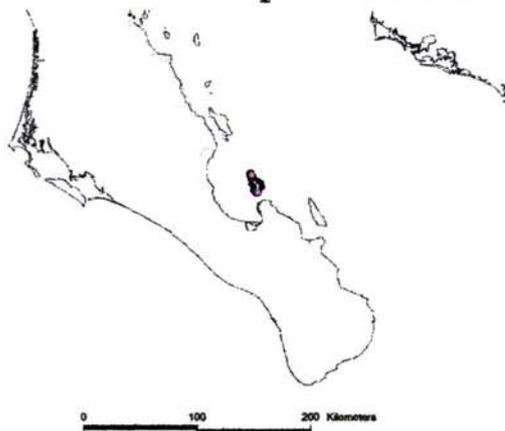


Figura 5. Distribución potencial con base en los sitios de colecta de la liebre negra. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus audubonii

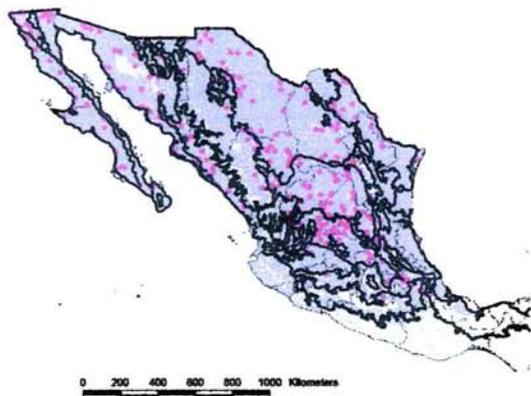


Figura 6. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo audubon del desierto. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus bachmani

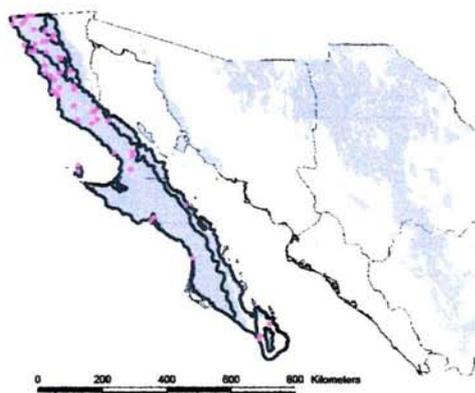


Figura 7. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo matorralero. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus brasiliensis

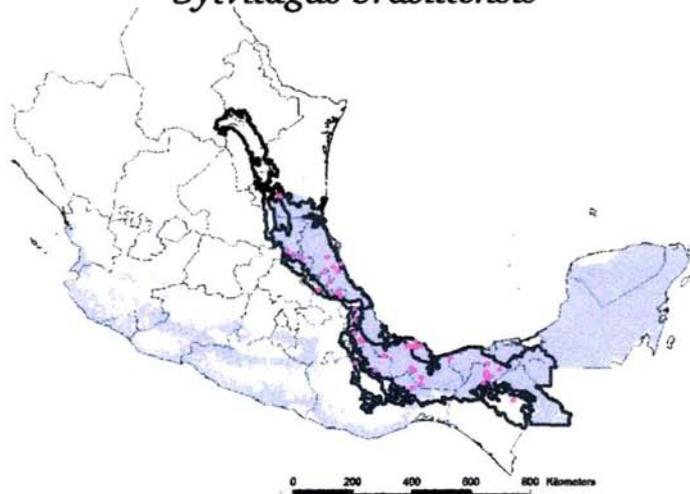


Figura 8. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo tropical. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus cunicularius

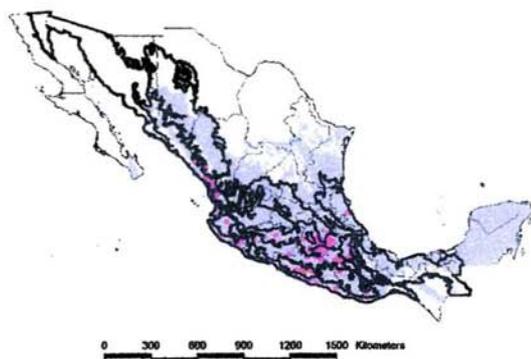


Figura 9. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo mexicano. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus floridanus

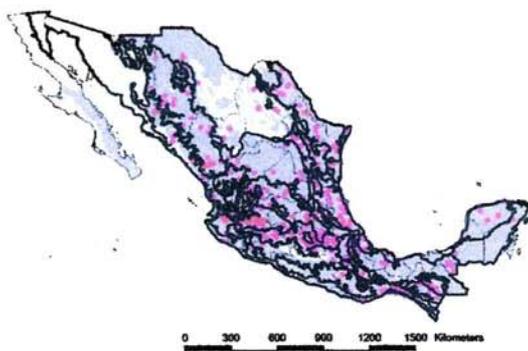


Figura 10. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo castellano. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus graysoni

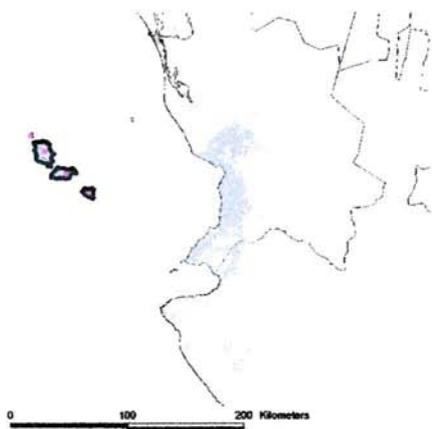


Figura 11. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo de las Islas Marias. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus insonus

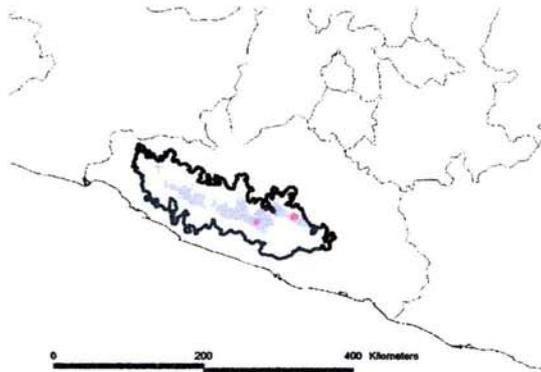


Figura 12. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo de Omiltemi. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus mansuetus

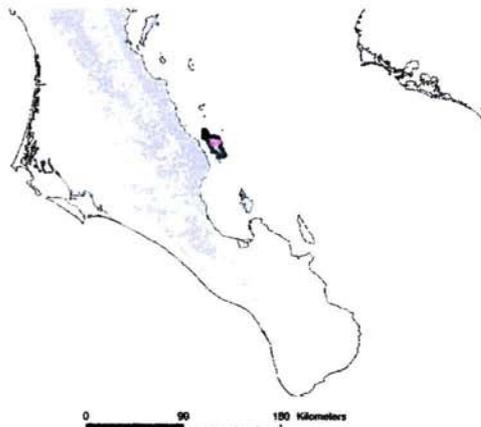


Figura 13. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo matorralero de la Isla San José. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Sylvilagus robustus

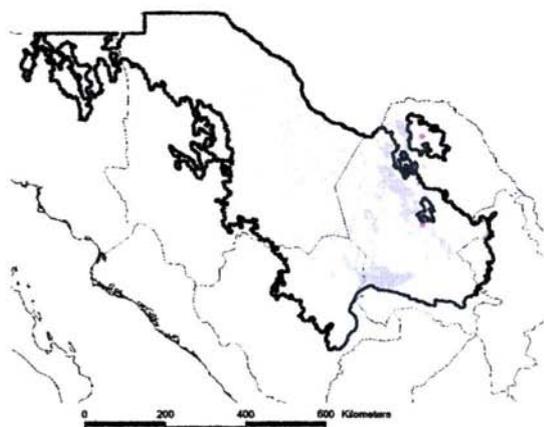
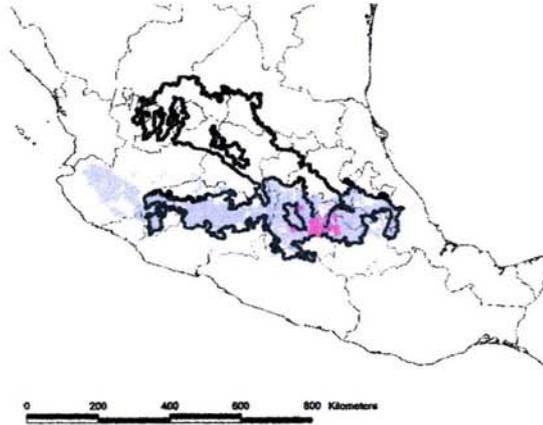


Figura 14. Distribución potencial con base en los sitios de colecta del conejo de monte. Los puntos rojos representan los sitios de colecta y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto.

Romerolagus diazi A



Romerolagus diazi B

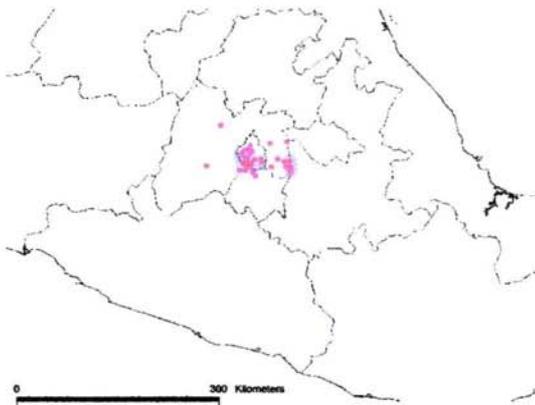


Figura 15. El mapa A representa la distribución potencial del zacatuche utilizando los mismos parámetros empleados para todas las especies y las áreas más marcadas en negro representan las ecorregiones en donde se encuentra al menos un punto. En el mapa B se observa la distribución potencial del zacatuche obtenida con el recorte de elevación a la que se puede encontrar a la especie. Los puntos rojos representan los sitios de colecta.

Sitios de Colecta para Lagomorfos



Figura 16. Sitios de Colecta para los Lagomorfos en México con base en los registros de las colecciones mastozoológicas consultadas (Ver Apéndice I).

Área Nacional ocupada por Lagomorfos



Figura 17. Área Nacional ocupada por los Lagomorfos en México con base en la suma de las distribuciones potenciales obtenidas mediante el GARP.

Riqueza de especies de lagomorfos en México

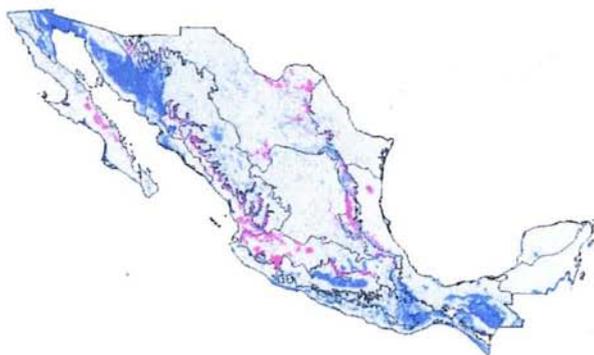


Figura 18. Patrones de distribución potencial de la riqueza de especies de lagomorfos en México utilizando las Provincias Biogeográficas CONABIO, 1997. El color azul indica una incidencia baja de especies que incluye a 1 o 2 especies presentes en la misma área. El color gris indica una incidencia moderada de especies que incluye a un número de 3 a 5 especies presentes en la misma área. El color rojo indica una incidencia alta de especies que incluye a 6 o 7 especies presentes en la misma área.

Endemismos de especies de lagomorfos en México



Figura 19. Patrones de distribución potencial del endemismo de especies de lagomorfos en México utilizando las Provincias Biogeográficas CONABIO, 1997. En rojo se encuentran las áreas con una incidencia alta de especies en donde se encuentran 3 o 4 ocupando las mismas áreas de distribución. En rosa se encuentran las áreas con una incidencia baja de especies en donde se encuentran 1 o 2 especies ocupando las mismas áreas de distribución.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La base de datos conformada para el estudio constituye en este momento la más completa y actualizada de los lagomorfos de México, a pesar de que algunos autores habían recopilado información de colecciones de país (Hernández, 1996) y de colecciones de Estados Unidos y Canadá (López-Wilchis, 1998).

Se observó con los mapas obtenidos de algunas especies que existe una sobrepredicción del área de distribución real tomando en cuenta la propuesta de Chapman y Flux (1990) y los registros marginales de Hall (1981). Esto se debe a que el GARP predice en zonas en donde aunque no hay puntos de ocurrencia de la distribución nativa, si existen las condiciones ambientales del lugar en donde se registró a la especie, es decir, predice en lugares en donde las condiciones ambientales son muy similares a las que se presentan en el área de distribución nativa, pero no toma en cuenta características biológicas o históricas que delimitan la distribución de las especies. Sin embargo, con el uso de las ecorregiones se pudo delimitar de una mejor manera la distribución real de los conejos y liebres. Las razones que impiden que las especies se encuentren o lleguen a esas áreas de predicción, pueden ser debidas a factores geográficos como la presencia de barreras que limiten el paso de los organismos, pero también factores ecológicos como las interacciones y la competencia entre los lagomorfos y otras especies con nichos similares, así como los cambios históricos de la distribución. Las reglas ecológicas que son muy estables y conservadoras a través de largos periodos de tiempo, son a las que las especies obedecen y que determinan su distribución geográfica (Mc.Arthur, 1972; Martínez-Meyer, 2002).

Un ejemplo claro en el que se obtuvo una predicción del nicho ecológico sobrestimada es en el mapa de distribución potencial de *Romerolagus diazi*, en donde el modelo predice sitios de distribución potencial para todo el Eje Neovolcánico Transversal (Fig. 15 A), existiendo evidencias de distribución histórica de la especie; sin embargo, en la actualidad este conejo se distribuye en los volcanes más cercanos a la Ciudad de México, y esto se puede observar tomando en cuenta el mapa de distribución potencial obtenido mediante la aplicación de la variable altitud, seleccionada de acuerdo a la elevación a la cual se puede encontrar en la actualidad al zacatuche (Fig. 15 B). En este caso es el factor de altitud el que limita la distribución de la especie en otras áreas cercanas a su distribución real, pero además la cercanía con la Ciudad de México y las actividades humanas como la

desforestación, los incendios provocados y la introducción de especies ferales, han afectado considerablemente el hábitat de la especie, quedando este fragmentado y las especies aisladas (Hoth *et al.*, 1987)

Aparentemente el intervalo de distribución de especies que presentan una distribución restringida como esta, disminuyó por cambios climáticos y geológicos hasta quedar confinado a la distribución relictual que se observa en la actualidad (Ceballos *et al.* 2002)

Otros mapas en los que se encontró una predicción sobrestimada aunque en distintos niveles es con las liebres *Lepus alleni*, *Lepus callotis* y *Lepus flavigularis* y con los conejos *Sylvilagus bachmani*, *Sylvilagus mansuetus*, *Sylvilagus robustus*, *Sylvilagus graysoni*, *Sylvilagus brasiliensis*, *Sylvilagus cunicularius* y *Sylvilagus floridanus*. En estas especies los factores que podrían limitar a las especies para que pudieran llegar a penetrar a esas áreas sobrestimadas serían los ecológicos sobre todo. Aunque es probable también, que en esos lugares existan los organismos pero no se contó con puntos de ocurrencia o de colecta (Nakasawa, 2003).

Los patrones de endemismo y riqueza de lepóridos en México

Debido a la compleja historia geológica del país que ha generado una distribución irregular del territorio y los diferentes procesos biológicos y climáticos se ha moldeado el escenario evolutivo de la biota nacional, propiciando una distribución desigual de la biodiversidad. Esto demuestra que el patrón de riqueza de las especies de mamíferos parece depender de la heterogeneidad de la diversidad de hábitat (Arita, 1993). En términos generales existe una clara tendencia a incrementarse hacia el sur del país, alcanzando su máximo valor donde convergen la Sierra Madre del Sur, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental (Espinosa-Organista *et al.* 2000).

Lo contrario a lo que se tuvo en el mapa de riqueza de especies de lepóridos (Fig. 18) se observa en Arita (1993) en donde se encuentra que la distribución de mamíferos en general, se ve más limitada en los estados del norte del país a pesar de ser los más grandes, esto debido al efecto de latitud. Además, se concluye que la riqueza faunística de México reside no en cada unidad política sino en la suma de las diferentes subfaunas que constituyen la mastofauna del país.

Por otro lado, Iñiguez y Santana en 1993, proponen que la riqueza relativa de especies de mamíferos se incrementa de norte a sur en el gradiente latitudinal, y el número de especies endémicas se incrementa hacia el sur ya que la densidad de las especies de cada orden de mamíferos varía también con el tipo de vegetación (Fa y Morales, 1991). Por tanto, para México, las zonas de alto endemismo y alta riqueza de especies coinciden con la gran complejidad orográfica de algunas regiones y en general son escenario de transiciones ecológicas y biogeográficas abruptas (e.g. Eje Volcánico Transversal, Sierra Madre Occidental y del Sur y el Altiplano Chiapaneco), por lo que el origen de los patrones de distribución puede ser más compleja. De igual manera, Ceballos (2002) y Fa y Morales, (1993) concuerdan en que la riqueza total de mamíferos se incrementa de manera notable con el decremento de la latitud, es decir, aumenta de norte a sur y, en general, los cuadrantes más tropicales presentan un mayor número de especies que los templados. Por otro lado, el endemismo de especies se sabe que incrementa de latitudes árticas a templadas, pero son más abundantes en islas que en los continentes, así como que el grado de endemismo incrementa con el tamaño del área.

Los datos obtenidos en el presente trabajo coinciden por otro lado, con la propuesta de Ceballos (1997) en donde por medio de un mapa de riqueza de especies reconoce que la zona con mayor concentración de especies es el Eje Neovolcánico Transverso, al igual que lo propuesto por Fa y Morales (1991, 1993) para los lagomorfos, los cuales consideran también que la provincia del Eje Neovolcánico Transverso y los alrededores del centro de México, son áreas de riqueza significativa de especies y de un endemismo excepcional, debido a su complejidad topográfica, la cual ha provocado el aislamiento de organismos más sedentarios y es responsable además de un patrón intrincado de distribución de las especies en general. También se encontró al igual que Ceballos (1997) que las zonas con menor riqueza de especies se encuentran en parte de la Costa del Pacífico y sobre todo en la península de Yucatán, áreas en donde se observó un número bajo de puntos y de predicción hecha por el modelo sobre todo en la Península abarcando los estados de Yucatán, Campeche y Tabasco.

En relación con el mapa de endemismos concuerda con lo encontrado por Ceballos *et. al.*, (1993), Ramírez-Pulido y Müdspacher (1987) y Fa y Morales, (1993) en donde se puede verificar que las zonas más importantes de especiación, hablando de mamíferos en general, incluyen a las islas del Golfo de California, al Eje Neovolcánico, a las selvas secas

del occidente y a la sierra madre del sur; zonas que contienen alrededor del 75% de las especies endémicas; mientras que el resto habitan en los desiertos y sierras del centro-norte y noroeste del país, además en islas del Pacífico y el Caribe. La zona del Eje Neovolcánico además es importante ya que alberga el 5% de los 141 géneros endémicos de mamíferos de México. En esta zona se encuentra el género endémico *Romerolagus diazi* (Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1987; Fa y Morales, 1991). En general, estas regiones de alto endemismo coinciden con una alta incidencia de especies endémicas en otros grupos de vertebrados que reafirman estos patrones e indican procesos causales similares así como, accidentes geográficos y condiciones ecológicas particulares que limitan la distribución geográfica de muchas especies, favoreciendo por consiguiente la restricción de las endémicas en áreas geográficas particulares.

Ceballos en 2002 propone que los mamíferos endémicos muestran tendencias diferentes a las de la riqueza, ya que esta última, no presenta un incremento latitudinal tan marcado. El número de estas especies aumenta de norte, este y sur hacia el centro y el oeste de México, además se caracterizan por presentar áreas de distribución reducidas, tamaños corporales reducidos y por ser herbívoras; estas características están asociadas a ciclos de vida cortos y velocidades de especiación altas. En cuanto a lagomorfos se tiene que es un orden que presenta una gran proporción de especies endémicas, al igual que los roedores e insectívoros, aunque difieren en el número de especies totales. En sentido amplio, México es un país con un alto porcentaje de especies endémicas, y mantiene porcentajes de endemismos estadísticamente mayores a lo que se esperaría de un país de su territorio y similares a los observados en países insulares (Ceballos *et. al.* 2002, Fa y Morales, 1993).

Las regiones de México que se distinguen por su alto número de endemismos son las selvas tropicales secas del occidente del país y los bosques templados de las montañas del Eje Neovolcánico Transverso (Fig. 19) en la parte central del territorio nacional. Cabe destacar que la región del Eje contiene a todos los géneros endémicos y más de la mitad de las especies de mamíferos endémicos del país (Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1991).

La distribución de la riqueza de especies y endemismos en el Eje Neovolcánico Transverso varía de acuerdo al orden de mamíferos del que se trate, pero obedece al efecto conjunto de la historia del lugar y de los diferentes hábitat actuales de la región. A lo largo de las zonas centrales altas del Eje es común encontrar formas Neárticas de conejos y

liebres (Fa y Morales, 1991). En cuanto a los lagomorfos de América se sabe que tienen afinidades norteamericanas. Tres géneros son de afinidades Neárticas y dos Tropicales. *Sylvilagus* es el género más ampliamente distribuido en todo el continente Americano. *Lepus* es considerado un género Neártico hasta que entra a la parte tropical del estado de Oaxaca. El último género, *Romerolagus*, tiene un rango restringido solamente al Eje Neovolcánico Transversal.

En general, el área de distribución que ocupan los conejos y liebres silvestres de afinidades Neárticas como otros grupos, entre ellos los roedores, dentro del territorio nacional es muy amplia, pero se concentra en las regiones altas centrales y esto se observa con la gran cantidad de puntos en el mapa y las áreas de distribución potencial sumadas de todas las especies (Figuras 16 y 17) lo cual concuerda con la idea de que México es un país muy diverso y que en cuanto a este grupo se refiere no es la excepción (Mittermeier y Goetsch, 1992).

Las especies insulares y de distribución restringida

Los mamíferos responden rápidamente a la formación de especies nuevas debido al aislamiento geográfico en islas continentales y oceánicas. De esta manera existe un alto número de especies endémicas distribuidas en 27 islas mexicanas. Según López-Forment *et al.* (1996), de las 140 especies de mamíferos, casi el 22% o sea 30 especies son insulares y en el caso de los lagomorfos están representadas por *Sylvilagus mansuetus* de la Isla San José en el Golfo de California, *Sylvilagus graysoni* de las Islas Tres Marias de Nayarit y *Lepus insularis* de la Isla San José en el Golfo de California. También parte de la distribución de *Lepus alleni* se encuentra en Isla Tiburón en el Golfo de California, aunque la mayor parte de su intervalo de distribución se ubica en territorio continental. En cuanto a la riqueza de especies por área, esta es mayor en las islas que en el territorio continental. Aunque las islas representan una extensión reducida, albergan un gran número de taxa de mamíferos (107 especies de 53 géneros. Villa y Cervantes, 2003; Fa y Morales, 1993).

Los mapas de las especies insulares presentaron en su mayoría sobrepredicción en las costas del país, o en pequeñas regiones continentales cercanas a la isla; esto debido a que las condiciones que se presentan ahí pueden ser muy similares a las que se presentan en las islas. Lo contrario pasa con las especies encontradas muy cerca a la costa, en donde se

observó que no hubo una predicción hacia las islas (*Lepus alleni*, *L. flavigularis*, *Sylvilagus bachmani*, *S. insonus* y *S. brasiliensis*). En el caso de *Sylvilagus insonus*, *Lepus flavigularis*, *Sylvilagus robustus* y *Romerolagus diazi*, especies de distribución restringida únicamente presentan una predicción de distribución potencial en el territorio continental y no existe sobrepredicción pudiendo ser comparable con los mapas de distribución de Hall (1981).

El uso del GARP como herramienta para modelar la distribución de las especies

Existe poca bibliografía referente a trabajos donde se utilicen estos modelos con mamíferos, solamente algunos con mamíferos mayores como el berrendo realizado por Colchero (2001), y también este algoritmo genético ha sido utilizado por Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer (2000) en un trabajo con roedores, en donde concluyen que es un modelo que ha demostrado la habilidad de predecir las distribuciones de especies de pequeños mamíferos en el Neotrópico. La capacidad de predicción que tiene el algoritmo genético (GARP) lo convierte en un método novedoso y atractivo para fines aplicados en conservación y manejo. Sin embargo en su mayoría los trabajos realizados anteriormente con esta herramienta basan sus predicciones en datos obtenidos a partir de colecciones (Peterson *et al.* 1999, Joseph y Stockwell, 2000, Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer, 2000). La ventaja que suponen los ejemplares de las colecciones es el hecho de que abarcan una escala temporal mucho más amplia, por lo general que los monitoreos faunísticos (Colchero, 2001). Otro estudio que utiliza los SIG's, es el propuesto por Gabler *et al.*, (2000) en el cual reconoce áreas de hábitat potencial para el conejo pigmeo en Idaho, pero no utiliza el GARP como modelo para hacer sus predicciones.

Como herramienta, el GARP resulta ser sumamente útil para obtener información sobre la distribución de las especies y la extensión real del hábitat para éstas, así como para plantear estrategias de manejo y conservación de fauna silvestre (Colchero, 2001). Además los mapas generados son modelos bastante atinados de lo que podría ser la representación de las distribuciones hechas con otros programas para computadoras, esto debido a que utiliza información verificable.

La posibilidad de reconstruir mapas precisos de la distribución de las especies, llenando huecos de conocimiento y muestreo, aumenta enormemente las potencialidades del análisis e interpretación en biogeografía (Peterson *et. al.*, 2002, en Navarro *et. al* 2003). De cualquier forma, hay que considerar que los mapas puntuales son los únicos que realmente representan una realidad verificable, ya que cada punto corresponde al lugar en dónde se colecto un ejemplar. (García-Trejo *et al.*, 1999).

La mayor riqueza de especies y presencia de taxones endémicos está concentrada en los trópicos, mientras que los grandes almacenes de la información sobre biodiversidad, por el contrario, se encuentra en el Hemisferio Norte, principalmente los Estados Unidos y Europa (Navarro *et. al.* 2002). Los datos sobre las localidades contenidas en la base de datos son fruto de un inventario extensivo y muy completo del país, ya que existen pocos espacios en donde no han sido colectados los lagomorfos en México. Cabe mencionar que muchos de los datos de colecta de los ejemplares utilizados, provienen de colecciones o museos del extranjero (López-Wilchis 1998). Esto demuestra que el acceso a la información acerca de los ejemplares depositados en colecciones es todavía complicado. Aunado a esto existen registros incompletos y esto ocasiona que las localidades no puedan ser ubicadas en el mapa y por lo tanto en este trabajo fueron excluidas. En cuanto a los sesgos de colecta que se observan en este trabajo, se puede decir que son pocos, es decir, casi en su totalidad está representada la República en cuanto a colecta se refiere. Las áreas en donde es menor corresponden al sur de Yucatán, Campeche y Tabasco, esto se nota por los pocos puntos que se proyectaron resultado de la georreferencia de los datos de colecta y en la predicción resultado del GARP con las cuales vemos pequeños huecos (Figuras 16 y 17).

Existe una carencia de datos completos provenientes de diversas fuentes (Navarro *et al.* 2002), sin embargo metodologías predictivas como el GARP permiten hacer inferencias por un lado para generar áreas de distribución más precisas, que puedan ser correlacionadas a través del uso de coberturas digitales y que generen datos cuantitativos de las preferencias ecológicas de las especies (Colchero, 2001), y por otro, que permitan la generación de hipótesis geográficas en las cuales existan áreas potenciales de distribución no conocida, y en donde se pueda realizar trabajo de campo intensivo para su comprobación (Ríos-Muñoz, 2002).

Medidas propuestas para la conservación de los conejos y liebres silvestres de México

La estrategia de conservación de mamíferos en México debe hacer énfasis en la conservación de un gran número de sitios distribuidos por todo el territorio para asegurar una muestra representativa de la riqueza del país, ya que la diversidad de hábitat es el factor más importante que determina la riqueza de especies de mamíferos terrestres de México. Esto implica que una estrategia de conservación de la diversidad debe hacer énfasis en la protección de una gran variedad de hábitat diferentes, en lugar de concentrarse en pocos ambientes particulares (Arita, 1993). En el presente trabajo se proponen como zonas importantes para protección de la riqueza de lagomorfos al Eje Volcánico, la Sierra Madre Oriental y Occidental, la Costa del Pacífico, Baja California, el Altiplano Norte (Chihuahuaense) y en la Provincia del Golfo de México, ya que albergan al mayor número de especies de lepóridos en el país (Fig. 18). La propuesta del presente trabajo en torno a la conservación de la riqueza y endemismo de especies de lepóridos concuerda en que una región muy importante que tomaría en cuenta estos dos aspectos es la conservación de hábitat en los alrededores de la Ciudad de México pertenecientes al Eje Neovolcánico en donde se encuentran un gran número de especies y muchos endémicos de mamíferos y en particular de lepóridos; y aunque existen 26 áreas protegidas en el Eje Neovolcánico, lo que representa un 20% de los parques nacionales de México, y aunque la mayoría cubre sitios importantes desde el punto de vista conservacionista, otros hábitat de Eje Neovolcánico, especialmente las áreas occidentales ricas en especies del estado de Michoacán, no son incluidas (Fa y Morales, 1991).

Por otro lado, la conservación de especies particulares, puede implicar requerimientos diferentes, por ejemplo, en la conservación de especies endémicas cuya distribución no corresponde con todas las áreas de la riqueza de especies, por lo tanto, la diversidad biológica no puede ser el único criterio normativo de la conservación (Arita, 1993). Las zonas biogeográficas que presentan una concentración alta de endemismos son el Eje Volcánico, la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas (Fig. 19). Es en estas zonas donde se deben concentrar los esfuerzos de conservación si se toma en cuenta el criterio de conservar a las especies endémicas de lagomorfos (*Romerolagus diazi*,

Sylvilagus cunicularius, *Sylvilagus insonus*, *Lepus californicus* y *Lepus callotis*), además de que todas estas especies se encuentran consideradas en alguna categoría de riesgo o amenaza de al menos una autoridad (Cuadro 3).

Para las especies consideradas en riesgo de extinción se sabe que presentan áreas de distribución geográfica significativamente menores que las especies fuera de riesgo, además de que existe falta de información adecuada acerca de su distribución geográfica y su tamaño poblacional actual (Ceballos, 1993), tal es el caso de *Lepus insularis*, *Sylvilagus graysoni*, *S. insonus*, *S. mansuetus* y *S. robustus*.

Dentro de las especies endémicas de mayor y menor tamaño respectivamente están *Lepus flavigularis* y *Romerolagus diazi* que presentan problemas de conservación y como muchas especies endémicas se encuentran catalogadas en algún grado de riesgo de extinción, debido a que la distribución original de estas especies se ha reducido notablemente en este siglo y sus poblaciones se encuentran fragmentadas y aisladas. La fragmentación del hábitat puede influir negativamente en el tamaño poblacional debido a que las unidades demográficas pueden ser eliminadas, reducidas o divididas, las fuentes potenciales de inmigración pueden desaparecer y las poblaciones pueden quedar aisladas, sin poder dispersarse a otras áreas (Ceballos *et al.* 2002).

La conservación y manejo de los lagomorfos en el mundo considera fundamental la preservación del hábitat, programas de introducción y regulación de las poblaciones y medidas de protección (Chapman y Flux, 1990). En foros internacionales se ha coincidido en que cinco géneros de lagomorfos en el mundo tienen poblaciones tan pequeñas o hábitat tan restringidos que se recomienda su protección completa. Para México, se incluye en este grupo al conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), al conejo de las Islas Marias (*Sylvilagus graysoni*), al conejo de Omiltemi (*Sylvilagus insonus*) y a la liebre tropical (*Lepus flavigularis*) (Cervantes y González, 1996).

La conservación de estas especies, requiere el establecimiento de reservas naturales que protejan a sus poblaciones y a sus hábitat, desafortunadamente, en México son escasos los esfuerzos de investigación y protección sobre los conejos y liebres silvestre, además de que el "status" de muchas especies es todavía desconocido. Se requiere, por tanto, incrementar el estudio de estos mamíferos mexicanos para su debido aprovechamiento y conservación (Cervantes y González, 1996).

Modelos como este además de estudios más profundos de campo y de especies en cautiverio, pueden ser muy útiles también para identificar áreas importantes, que deben tomarse en cuenta para aspectos de conservación, es decir, para concentrar los esfuerzos y recursos a estas áreas; así como para el manejo de las especies de conejos y liebres silvestres en este caso, ya que son un grupo importante de nuestra fauna mexicana pero además poco conocido y protegido. Esto se hace evidente al observar que gran parte de sus hábitat están amenazados. Los resultados del presente trabajo son sólo una aproximación más para abordar el problema tan complejo del conocimiento de los recursos naturales, y en este caso de los lagomorfos mexicanos y pueden auxiliar para sentar las bases del conocimiento de estos mamíferos, así como de su adecuado manejo y conservación, para lograr que en un futuro estas especies sobrevivan y sigan formando parte de nuestras riquezas naturales.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, A. D. 1983. Anatomía comparada del complejo cigomasetérico en *Sylvilagus floridanus orizabae* y *Sylvilagus cunicularius cunicularius*. B. S. Tes. UNAM. México. D. F. 70 pp.
- Anderson, S. y A. S. Gaunt. 1962. A classification of the white-sided jackrabbits of México. Amer. Mus. Novitates 2088: 1-15.
- Anderson, S. y J. K. Jones Jr. 1984. Orders and Families of recent mammals of the world. John Wiley & Sons, U.S.A., 686 pp.
- Arita, H. T. 1993. Riqueza de especies de la Mastofauna de México. Pp. 109-121 en Avances en el Estudio de los Mamíferos de México (R. Medellín y G. Ceballos. Eds.) AMMAC Vol.1. Centro de Ecología, UNAM. México D. F.
- Arita, H. T. y L. León- Paniagua. 1993. Diversidad de Mamíferos Terrestres. Pp. 13-22 en Biología y Problemática de los Vertebrados en México. (O. Flores y A. Navarro, Editores) Revista Ciencias Especial No. 7. UNAM, México D.F.
- Arita, H. T. y G. Ceballos. 1997. Los Mamíferos de México: Distribución y Estado de Conservación. Revista Mexicana de Mastozoología. Vol. 2: 33-71. Asociación Mexicana de Mastozoología A.C.
- Baker, R. H. 1954. A new cottontail (*Sylvilagus floridanus*) from northeastern México. Kansas Publications. Mus. Nat. Hist. 7: 609-612.
- Bell, D. J., J. Hoth, A. Velázquez, F. J. Romero, L. León y M. Aranda. 1985. A survey of the distribution of the volcano rabbit *Romerolagus diazi*: an endangered mexican endemic. DODO, J. Jersey Wildl. Preserv. Trust. 22: 42-48.
- Best, L. T. y H. Travis. 1993. *Lepus callotis*. Mammalian Species. 442: 1-6.
- Bojórquez-Tapia, L. A., P. Balvanera y A. D. Cuarón. 1994. Environmental auditing. Biological inventories and computer data bases: Their role in environmental assessments. Environmental Management 18(5): 775-785.
- Bosque, J., F. J. Escobar., E. García., M. J Salado. 1994. Sistemas de información geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI. Addison-Wesley Iberoamericana. USA.
- Bryant, W. E. 1891. Preliminary description of a new species of the genus *Lepus* from Mexico. Proc. Of the California Academ. of Science 2d. Ser. Vol. III.

- Brown, J. H. 1995. Macroecology. The University of Chicago Press. USA. 269 pp.
- Buendía, U. 1990. Zacatuche, el conejito de los volcanes. Divulga, EL NACIONAL, 14: 1-6.
- Burt, W. H. 1933. An undescribed jackrabbits, genus *Lepus*, from Carmen Island, Gulf of California Mexico. Proc. Biol. Soc. Was. 46:33-58.
- Carta topográfica de México. Escala 1: 500 000 SCT, 1995.
- Carta topográfica de México. Escala 1: 250 000 INEGI, 1988.
- Calendario Cinegético Mexicano. SEMARNAT-Dirección General de vida Silvestre. www.semarnat.gob.mx
- Carroll, C., W. J. Zielinski y R. F. Noss. 1999. Using presence-absence data to build and test spatial habitat models for the fisher in the Klamath Region, U.S.A. Conservation Biology 13 (6): 1344-1359.
- Ceballos, G. 1993. Especies en peligro de extinción. Pp.5-10 en Biología y Problemática de los Vertebrados en México. (O. Flores y A. Navarro Editores.) Revista Ciencias Especial No. 7. UNAM, México D.F.
- Ceballos, G. 1997. Species Richness. Lagomorphs. Map generated by Bennett Sandler Center for Conservation Biology. Stanford University.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R. Medellín. 2002. Mamíferos de México. Pp. 377-406 en Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales (G. Ceballos y J. A. Simonetti Editores.) CONABIO, Instituto de Ecología, UNAM. México D.F.
- Ceballos, G. y P. Rodríguez. 1993. Diversidad y Conservación de los Mamíferos de México: II. Patrones de Endemicidad. Pp. 87-102 en Avances en el Estudio de los Mamíferos de México (R. Medellín y G. Ceballos; Editores) AMMAC Vol.1. Centro de Ecología, UNAM. México D. F.
- Cervantes, F. A. 1979. El conejo de los volcanes *Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha), especie seriamente amenazada. Pp. 359-368, in Memorias de la II Reunión Iberoamericana de Conservación y Zoología de Vertebrados. Universidad Iberoamericana de Cáceres, España 498 pp.
- Cervantes-Reza, F. A. 1980. Principales características del conejo de los volcanes *Romerolagus diazi*, Ferrari-Pérez, 1893 (Mammalia: Lagomorpha) Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 137 pp.

- Cervantes-Reza, F. A. 1981. Some predators of the zacatuche (*Romerolagus diazi*). *Journal of Mammalogy* 62: 42-48.
- Cervantes, F. A. y W. Lopez-Forment. 1981. Observations on the sexual behavior, gestation period and young of capture mexican volcano rabbit *Romerolagus diazi*. *Journal of Mammalogy* 62: 634-635.
- Cervantes, F. A. 1982. Observaciones sobre la reproducción del zacatuche o teporingo *Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha) Doñaña Acta Vertebrata 9: 416-420.
- Cervantes, F. A., F. X. González y J. Martínez. 1990. Importancia de los conejos y liebres de México. Pp. 99, in *Memorias, VII Simposio sobre Fauna Silvestre*. Fac Med. Vet. Y Zootecnia, UNAM. Méx. D. F. 479 pp.
- Cervantes, F. A., C. Lorenzo y R. S. Hoffmann. 1990. *Romerolagus diazi*. *Mammalian Species*. 36:1-7.
- Cervantes, F. A., C. Lorenzo, J. Vargas y T. Holmes. 1992. *Sylvilagus cunicularius*. *Mammalian Species*. 412:1-4.
- Cervantes, F. A. y J. Martínez. 1992. Food habitats of the rabbit *Romerolagus diazi* (Leporidae) in central Mexico. *Journal of Mammalogy* 78(4): 830-834.
- Cervantes, F. A. 1993. Conejos y liebres silvestres de México. Su importancia y conservación de la biodiversidad. *Ciencia y Desarrollo* XIX(110): 58-69.
- Cervantes, F. A. 1993. *Lepus flavigularis*. *Mammalian Species*. 423:1-3.
- Cervantes, F. A. y F. X. González. 1996. Los conejos y liebres silvestres de México. Pp.17-25 en *Ecología y Conservación del Conejo Zacatuche y su Hábitat*. (A. Velázquez, F. J. Romero y J. López; Editores) UNAM y Fondo de Cultura Económica. México, 204 pp.
- 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 Espiritu Santo Island, Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 41(2). Pp.186-189.
- Cervantes, F. A., J. Vargas, J. L. Villaseñor, R. Rojas, B. Villa-Ramírez y J. López-Blanco. 1997. Distribución, abundancia y hábitat de la liebre endémica *Lepus flavigularis*. Reporte Técnico. CONABIO. México, D. F. 20 pp.
- Cervantes, F. A. y C. Lorenzo. 1997. Morphometric differentiation of rabbits (*Sylvilagus* and *Romerolagus*) and jackrabbits (*Lepus*) of Mexico. *Gibier Faune Sauvage* (Francia) 14(3): 405-425.

- Cervantes, F. A., B. Villa-Ramírez, C. Lorenzo, J. L. Villaseñor y J. López-Blanco. 1998. Búsqueda de poblaciones supervivientes de la liebre endémica *Lepus flavigularis*. Reporte Técnico. CONABIO. México, D. F. 18 pp.
- Cervantes, F. A. y J. Vargas. 1998. Comparación morfométrica entre los conejos *Romerolagus diazi*, *Sylvilagus floridanus* y *S. audubonii* en México. Revista Mexicana de Mastozoología 3:45-78.
- Cervantes, F. A., C. Lorenzo y J. Vargas. 1999. Familia Leporidae. Pp. 199-237. En Mamíferos del Noroeste de México (S. T. Álvarez-Castañeda y J. L. Patton Editores) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, Baja California Sur, 580 pp.
- Cervantes, F. A., J. P. Ramírez, A. Marín y G. L. Portales. 1999. Allozyme variation of cottontail rabbits (*Sylvilagus*) from Mexico. Mammalian Biology 64: 1-7.
- Cervantes, F. A., A. Rojas-Viloria, C. Lorenzo. y S. T. Álvarez-Castañeda. 1999-2000. Chromosomal differentiation between the jackrabbits *Lepus insularis* and *Lepus californicus* from Baja California Sur, México. Rev. Mex. Mast. 4: 41-53.
- Cervantes, F. A., C. Lorenzo, J. Vargas y T. L. Yates. 2002. Genic variation in population of Mexican lagomorphs. Journal of Mammalogy 83(4): 1077-1086.
- Cervantes, F. A. 2002. ¿Nuevos Taxa de Lagomorfos? Boletín AMCELA 10 (1 y 2): 6-7.
- Chapman, J. A. 1974. *Sylvilagus bachmani*. Mammalian Species. 34:1-4.
- Chapman, J. A. y G. R. Willner. 1978. *Sylvilagus audubonii*. Mammal Species.106: 1-4.
- Chapman, J. A., J. G. Hockman y W. R. Edwards. 1982. Cottontails *Sylvilagus floridanus* and Allies. Pp. 83-161, in Wild Mammals of North America, Biology Management and Endemics. (J. A. Chapman and G. A. Felhamer Editores.) John Hopkins Univ. Press.
- Chapman, J. A. 1984. Latitude y gestation period in New World rabbits (*Leporidae: Sylvilagus* and *Romerolagus*). Amer. Nat. 124:442-445.
- Chapman, J. A. y J. Flux. 1990. Rabbits, Hares and Pikas. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Lagomorph Specialist Group.
- CONABIO. 1997. Provincias biogeográficas de México. Escala 1:400 000. México. www.conabio.gob.mx
- Colchero, F. 2001. Análisis de la distribución del berrendo (*Antilocapra americana*) en México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 78 pp.

- Dalquest, W. W. 1961. *Sylvilagus cunicularius* in the Pleistocene of México. *Journal of Mammalogy* 34:347-367.
- Dalquest, W. W. y E. Roth. 1970. Late Pleistocene mammals from cave in Tamaulipas, Mex. *Southwestern Naturalist* 15:217-230.
- Dalquest, W. W., F. B. Stangl, Jr. y John V. Grimes. 1989. The Third Lower Premolar of the Cottontail, Genus *Sylvilagus*, and Its Value in the Discrimination of Three Species. *The American Midland Naturalist* 121(2):293-301
- Dawson, M. R. 1967. Lagomorph history and stratigraphic record. Pp. 257-316, in *Paleontology and stratigraphy* (R. C. Moore ed.) Commemorative Volume. University of Kansas, Department of Geology. Spec. Publ., 2.
- De Poorter, H. y W. Van Der Loo. 1979. Report on the breeding and behavior of the volcano rabbit at the antewerp Zoo. Pp. 956-972, in *Proc of the Lagomorph Conference*.
- Diersing, V. E., D. E. Wilson. 1980. Distribution and Systematics of the rabbits (*Sylvilagus*) of west-central Mexico. *Smithsonian Contributions to Zoology* 297:1-34.
- Diersing, V. E. 1981. Systematic status of *Sylvilagus brasiliensis* and *S. insonus* from North America. *Journal of Mammalogy* 62: 539-556.
- Dunn, J. P., J. A. Chapman y R. E. Mash. 1982. Jackrabbits. *Lepus californicus* and Allies. Pp. 124-145 en *Wild Mammals of North America*. (J. A. Chapman y G. A. Feldhamer, Editores.) Johns Hopkins, Baltimore. 1123 pp.
- Durrel, G. y J. J. Mallison. 1968. The volcano rabbit or teporingo (*Romerolagus diazi*). The Jersey Wildlife. Preservation Trust, Fifth Annual Report, 29-36.
- Durrel, G. y J. J. Mallison. 1970. The volcano rabbit in the Wild and at Jersey Zoo. *Int. Zoo. YB.*, 10: 118-122.
- Escalante, T. E., J. Llorente, D. N. Espinosa y J. Soberón. 2000. Bases de datos y sistemas de información: aplicaciones en biogeografía. *Rvta. Acad. Colomb. Ciencias* 24(92): 325-341.
- Espinosa-Organista, D., J. J. Morrone., C. Z. Aguilar y J. Llorente-Bousquets. 2000. Regionalización biogeográfica de México: Provincias bióticas. Pp. 61-67 *En: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una*

- síntesis de su conocimiento. (Llorente-Bousquets J., E. G. Soriano y N. Papavero. Editores.) CONABIO-UNAM, México.
- ESRI. 1999. Arc. View GIS Ver. 3.2.a Enviromental Systems Research Inc. California, USA.
- Fa, J. E. y L. M. Morales. 1991. Mammals and protected Areas in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. Pp. 199-226. *En: Latin American Mammalogy: History, Biodiversity and Conservation.* (M. A. Mares y D. J. Schimidly; Editores) University of Oklahoma Press.
- Fa, J. E. y L. M. Morales. 1993. Patterns of Mammalian Diversity in Mexico. Pp. 319-361. *En: Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution.* (T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa; Editores) Oxford University Press.
- Fa, J. E., F. J. Romero y J. López-Paniagua. 1992. Habitat use by parapatric rabbits in a Mexican highaltitude grassland system. *Journal Aplied Ecology* 29: 357-370.
- Feria, A. T. P. 2001. Patrones de distribución de las aves residentes de la cuenca del Balsas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F.
- Forman, R. T. T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology.* John Wiley and Sons, New York.
- Gabler, Kate I., J. W. Laundré y L. T. Heady. 2000. Predicting the suitability of habitat in Southeast Idaho for pygmy rabbits. *Journal of Wildlife Management* 64(3): 759-764.
- Galindo, L. C. 1979. El conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*, 1893) y la estructura de la vegetación. III Congreso Nacional de Zoología. Aguascalientes, Ags. Mexico.
- Gaona, S. y G. López. 1991. Conejos y liebres endemicos de Mexico. *Cemanahuac Boletín.* Univ. Auto. Metropolitana-Iztapalapa, 3:11-15.
- García-Rey, S. 1976. Estudio Citogenético en *Romerolagus diazi* (Lagomorpha:Leporidae) Tes. Prof. Fac. Ciencias, UNAM. Mex. D. F. 39 pp.
- García-Trejo, E. A., C. A. Ríos-Muñoz y A. Navarro S. 1999. Corología de las aves de México, un enfoque metodológico. Abs. VI Congr. Ornit. Neotrop. Monterrey, México.
- Gaumer, G. 1913. Monografía sobre *Lagomys diazi*. Ferrari-Pérez. Dirección General de Agricultura, Depto. De Exploración Biológica. Ser. Zoología, México 4: 1-151.

- Gibbons, L. M. y V. Kumar. 1980. *Boreostrongilus romerolagin* sp. (Nematoda: Heligmollenidae) from a mexican volcano rabbit, *Romerolagus diazi*. Systematic Parasitology 1: 117-122.
- González, F. X. 1992. Comparación cromosómica entre el conejo zacatuche, *Romerolagus diazi* y la liebre torda *Lepus callotis* (Mammalia: Lagomorpha) Tes. Prof. Fac. Ciencias. UNAM. Méx. D. F. 33 pp.
- González, F. X. y F. A. Cervantes. 1996. Karyotype of the white-sided jackrabbit (*Lepus callotis*). The Southwestern Naturalist 41(1): 93-95.
- Granados, H. 1980. El conejo de los volcanes *Romerolagus diazi*. Naturaleza 2(3): 161-166.
- Granados, H. 1981. Basic information on the volcano rabbit. Pp. 940-948, in Proc. Of the World Lagomorph Conference Guelph 1979. (K. Myers and C. D. Mac Innes eds.) University of Guelph Canada.
- Guereña, G. L., M. Uribe-Alcocer y F. A. Cervantes. 1993. Estudio cromosómico del conejo tropical (*Sylvilagus brasiliensis*). Mamm. Chromosome Newsl. 23(4):157-161.
- Hall, E. R. 1951. A Synopsis of the North American Lagomorpha. Univ. of Kansas Publ. Mus. Nat. Hist. 5:119-202.
- Hall, E. R. 1981. The Mammals of North America. John Wiley and Sons, New York, XV+1181+90 pp., 2 vols.
- Hernández, N. 1996. Análisis del conocimiento actual sobre liebres y conejos (Mammalia: Lagomorpha) silvestres de México. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Puebla, Pue. 51 pp.
- Hoagland, B. D. 1992. Feeding ecology of an insular population of the black-tailed jackrabbit in the Gulf of California. The Southwestern Naturalist 37(3): 280- 283.
- Hoffmann, A., F. A. Cervantes y J. B. Morales-Malacara. 1994. Ectoparásitos del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*). Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología 65(1): 209-215.
- Hoffmeister, D. F. y M. R. Lee. 1963. Revisión of the desert cottontail (*Sylvilagus audubonii*) in the southwest. Journal of Mammalogy 44:501-518.
- Hoffmeister, D. F. y M. R. Lee. 1963. Eastern cottontail in sonora Mexico. Journal of Mammalogy 44:120-121.

- Hoffmeister, D. F. y Earl G. Zimmerman. 1967. Growth of the Skull in the Cottontail (*Sylvilagus floridanus*) and Its Application to Age-Determination. The American Midland Naturalist 78 (1): 198-206.
- Hoth, J. 1987. A preliminary report on the breeding of the volcano rabbit at the Chapultepec Zoo. New Develop. Zoo. 26. Pp. 261-265.
- Hoth, J., A. Velázquez, F. J. Romero, L. León, M. Aranda y D. J. Bell. 1987. The volcano rabbit, a shrinking distribution and a threatened habitat. Orix 21(2): 85-91.
- Hsu, T. C. y K. Benirschke. 1967. The karyotype of *Lepus alleni*. An Atlas of Mamm. Chromosomes, 1, Folio 6.
- Howard, H. T. y T. L. Best. 1994. *Sylvilagus mansuetus*. Mammalian Species. 464: 1-2.
- Howard, H. T. y T. L. Best. 1994. *Lepus insularis*. Mammalian Species. 465. Pp. 1-3.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor symposia on Quantitative Biology.
- Illoldi, R. P., M. A. Linaje E. y V. Sánchez-Cordero. Influencia de los factores abióticos y bióticos en la distribución de los mamíferos terrestres en la Región del Golfo de California, México. En revisión.
- Iñiguez-Davalos, L. I. y E. Santana. 1993. Patrones de distribución y riqueza de especies de los mamíferos del Occidente de México. Pp. 65-76 en Avances en el Estudio de los Mamíferos de México (R. Medellín y G. Ceballos. Eds.) AMMAC Vol.1. Centro de Ecología, UNAM. México D. F.
- Joseph, L. y D. Stockwell. 2000. Temperature-based models of the migration of Swainson's Flycatcher (*Myiarchus swainsoni*) across South America: A new use for museum specimens of migratory birds. Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia. 150: 293-300.
- Kamiya, M., H. Suzuki y B. Villa-R. 1979. A new Anplocephaline Cestode, *Anplocephaloides romerolagin* sp. N. parasitic in the volcano rabbit *Romerolagus diazi*. Jap. J. Vet.
- Lindsay, N. B. D. 1982. A second report on the management and breeding of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* at the Jersey Wildlife Preservation Trust. DODO, J. Jersey Preserv. Trust. 19:46-51.

- López-Forment, W. y F. Cervantes. 1981. Preliminary observations on the ecology of *Romerolagus diazi* in Mexico. Pp. 949-955, in Proc. of the Lagomorph Conference (K. Myers and C. D. Mac Innes; Editores) Univ. of Guelph, Ontario. 983 pp.
- López-Forment, W. 1989. News of *Lepus flavigularis*. Lagomorph Newsletter 9:20.
- López-Wilchis, R. 1998. Mamíferos de México depositados en los museos de Estados Unidos de Norteamérica y Canadá". UAM-Iztapalapa.
- Lorenzo, A. M. C. 1987. Estudio cromosómico comparativo entre las especies de Lepóridos *Sylvilagus cunicularius*, *S. floridanus* y *S. graysoni* (Mammalia: Lagomorpha) Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 57 pp.
- Lorenzo, C., F. A. Cervantes y M. A. Aguilar. 1993. The karyotypes of some mexican cottontail rabbits of the genus *Sylvilagus*. Pp. 129-136. En: Avances en el Estudio de los Mamíferos de México (R. Medellín y G. Ceballos; Editores) AMMAC Vol.1. Centro de Ecología, UNAM. México D. F.
- Lorenzo, C. y F. A. Cervantes. 1995. The G-banded karyotype of the Tapeti rabbit (*Sylvilagus brasiliensis*) from Chiapas, Mexico. Volumen en homenaje a la Dra. Leonila Vázquez. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 46: 173-178.
- Lorenzo, C., F. A. Cervantes y F. X. González. 1999-2000. Bandas cromosómicas de los géneros *Romerolagus*, *Sylvilagus* y *Lepus* (Mammalia: Lagomorpha) de México. Rev. Mex. Mast. 4: 41-53.
- Lorenzo, C., F. A. Cervantes y J. Vargas. 2003. Chromosomal relationships among three species of jackrabbits (*Lepus: Leporidae*) from Mexico. Western North American Naturalist 63 (1): 11-20.
- MacArthur, R. H. 1972. Geographical ecology: Patterns in the distribution of species. Harper and Row, New York.
- Martínez, V. J. 1987. Estudio sobre la variación estacional de la dieta del zacatuche o teporingo, *Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha) Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 56 pp.
- Martínez-Meyer, E. 2002. Evolutionari trends in ecological niches of species. Tesis de doctorado. University of Kansas. Kansas, USA.

- McCarthy, T. J. 1999-2000. Taxonomic evaluation of *Sylvilagus brasiliensis* (Lagomorpha: Leporidae) in Belize and eastern Guatemala and distributional comments for *S. floridanus*. *Rev. Mex. Mast.* 4: 108-113.
- Matsuzaki, T., M. Saito y M. Kamiya. 1982. Breeding and rearing of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* in captivity. *Experimental Animal* 31(3): 185-188.
- Matsuzaki, T., M. Camilla y H. Suzuki. 1985. Gestation period of the laboratory reared volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) *Experimental Animal* 31:185-188.
- Merriam, C. H. 1896. *Romerolagus nelsoni* a new genus and species of rabbit from Mt. Popocateptl, Mexico. *Proc. of Biological Society, Washington* 10: 173.
- Microsoft Corporation 1999a. *Microsoft Access* 2000.
- Microsoft Corporation 1999b. *Microsoft Excel* 2000.
- Miller, G. S. Jr. 1911. The volcano rabbits of Mt. Iztaccihuatl. *Proc. of Biological Society of Washington* 24: 228-229.
- Miller, W. E. y O. Carranza-Castañeda. 1982. New Lagomorphs from the Pliocene of Central Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 2(1): 95-107.
- Mittermeier, R. A. y C. Goetsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 73 in México ante los retos de la biodiversidad (J. Sarukán y R. Dirzo; Editores) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 343 pp.
- Myers, A. A. y P. S. Guiler. 1998. *Analytical Biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distribution.* Chapman & Hall, London. Pp. 301-310.
- Nakasawa, Y. 2003. Modelos predictivos como herramienta para el estudio de cambios estacionales del nicho de algunas aves migratorias neotropicales. Tesis de licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. México D. F. 59 pp.
- Navarro, A. G., A. T. Peterson y A. Gordillo-Martínez. 2002. A mexican case study on a centralised data base from world natural history museums. *Codata. Science Journal* 1(1):45-53.
- Navarro, A. G., A. T. Peterson, Y. J. Nakazawa e I. Liebig-Fossas. 2003. Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de biodiversidad. Pp.115-121. *En: Una perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía.* (J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets; Editores) México, Facultad de Ciencias, UNAM.

- Nelson, E. W. 1901. Note on the relationship of *Romerolagus nelsoni*, Merriam. Sociedad Científica Antonio Alzate 3: 33-34.
- Nelson, E. W. 1904. Descriptions of seven new rabbits from Mexico. Proc. of Biological Society of Washington 17: 103-110.
- Nelson, E. W. 1907. Descriptions of new North American rabbits. Proc. of Biological Society of Washington 20: 81-84.
- Nelson, E. W. 1909. The rabbits of North America. N. Amer. Fauna 29: 1-134.
- Peterson, A. T y K. P. Cohoon. 1999. Sensivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. Ecological Modelling 117: 159-164.
- Peterson, A. T., J. Soberón y V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. Science 285: 1265-1267.
- Portales, B. G. 1996. Estudio histológico comparado del ovario y de la vagina del conejo *Sylvilagus floridanus* y las liebres *Lepus callotis* y *Lepus flavigularis* (Mammalia: Lagomorpha). Tesis de Maestro en Producción Animal. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D. F. 77 pp.
- Portales, B. G., P. Reyes, H. Rangel, A. Velázquez, P. Miller, S. Ellis, y A. Smith (Editores) 1997. Taller Internacional para la conservación de los lagomorfos de México en peligro de extinción. Reporte del taller. UICN/SSC Conservation Breeding Specialist Group. Apple Valley, MN.
- Pulliam, H. R. y J. B. Dunning. 1997. Demographic processes: population dynamics on heterogeneous landscapes. Principles of Conservation Biology. 2 ed. (G. K. Meffe y C. R. Carroll; Editores) EUA 203-232 pp.
- Ramírez-Pulido, J. A. y C. Müdespacher. 1987. Estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos de México. Ciencia 38: 49-67.
- Ramírez-Pulido, J. A., A. Castro-Campillo, M. A. Armella y A. Salame-Méndez. 2000. Bibliografía reciente de los mamíferos de México 1994-2000. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F. 280 pp.
- Raun, G. G. 1967. The subspecific status of the cottontail, *Sylvilagus floridanus*, in northern Coahuila, Mexico. Journal of Mammalogy 46: 519-521.

- Ríos-Muñoz, C. A. 2002. Caracterización geográfica de la Familia Psittacidae (Aves) utilizando un modelo predictivo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 88 pp.
- Rivera-Contreras, D. M. 1988. El peligro de extinción de la fauna silvestre en México (Estudio del caso *Romerolagus diazoi*) Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía, UNAM, México, D. F. 224 pp.
- Robinson, T. J. 1980. Comparative chromosome studies in the family Leporidae (Lagomorpha: Mammalia). *Cytogenet.* 28: 64-70.
- Robinson, T. J., F. F. B. Elder y W. López-Forment. 1981. Banding study in the volcano rabbit, *Romerolagus diazi* and Crawshay's hare *Lepus crawsayi*. Evidence of the leporid ancestral karyotype. *Canadian J. Genet. Cytol.* 23: 469-474.
- Rodríguez, J. 2001. Densidad de la liebre cola negra *Lepus californicus* (Lagomorpha: Leporidae) y su relación con los cultivos agrícolas del valle de santo Domingo, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 49 pp.
- Rojas, M. P. 1951. Estudio biológico de los conejos de los volcanes (Genero: *Romerolagus*) (Mammalia: Lagomorpha) Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., 71 pp.
- Rojas, M. P. 1955. La autoridad específica en la nomenclatura del conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 16:41-43.
- Romero, F. J. y A. Velázquez. 1994. El conejo zacatuche. Tan lejos de Dios y tan cerca de la ciudad de México. INE y CNF. México, D. F. 63 pp.
- Ruedas, L. A. 1998. Systematics of *Sylvilagus* Gray, 1867 (Lagomorpha: Leporidae) from Southwestern North America. *Journal of Mammalogy* 79(4):1355-1378.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. Modelado de la distribución de especies y conservación de la diversidad biológica. En: Enfoques Contemporáneos en el Estudio de la Diversidad Biológica. Instituto de Biología, UNAM, Academia Mexicana de Ciencias, A. C. México, D.F.
- Sánchez-Cordero, V. y E. Martínez-Meyer. 2000. Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents. *PNAS* 97(13):7074-7077.
- Sauter, C. 1990. Social behavior of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) in the Chapultepec Zoo, Mexico city. *Lagomorph Newsletter* 12: 7-10.

- Schorten, K. 1990. Check-list of CITES Fauna and Flora. The Secretarial of Convention on International Trade in Danger Species of Wild Fauna and Flora. Suiza. 165 pp.
- Schruder, J., J. Antoni y W. Van Der Loo. 1978. Comparision of the karyotypes in the jackrabbit (*Lepus californicus deserticola*) and the European hare (*Lepus europaeus*) Heredias 89.
- Serra-Puche, M. A. y R. Valadez-Azua. 1986. El conejo en la alimentación de los antiguos mexicanos. Información Científica y Tecnológica. CONACYT 8(118): 9.
- Soberón, J., J. Llorente y L. Oñate. 2000. The use of specimen-label datasets for conservations purposes: an example using Mexican Papilionid and Pierid butterflies. Biod. and Cons. 9(10):1441-1466.
- Stockwell, D. R. B. e I. R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of data analysis. Math. Comp. Simul. 33: 385-390.
- Stockwell, D. R. B. y D. Peters. 1999. Genetic Algorithms II. Machine learning methods for ecological applications. (A. H. Fielding; Editor), Kluwer Academic Publishers, Boston, 123-144 pp.
- Toledo, V. M., 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo 8:7-16.
- Uchikawa, K. y H. Suzuki. 1979. *Cheyletiella mexicana* sp Nov. (Acarina: Cheyletelliidae) parasitic on *Romerolagus diazi* (Mammalia: Leporidae) Tropical Medicin 2(1): 21-27.
- Uribe-Alcocer, M., S. García-Rey y A. Laguarda-Filgeras. 1975. Chromosome analisys of *Romerolagus diazi* (Diaz) Mamm. Chromosome Newsl. 16(3): 116-117.
- Uribe-Alcocer, M. 1977. Estudio citogenético en algunas especies en roedores y lagomorfos de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F., 169 pp.
- Uribe-Alcocer, M., F. A. Cervantes, C. Lorenzo y L. Güereña. 1989. Kariotype of the tropical hare (*Lepus flavigularis*) Southwestern Naturalist 34: 303-306.
- Valencia, S. 1991. El zacatuche, el conejo de los volcanes en peligro de extinción por no reproducirse como conejo. Conozca Mas Año 2, 9: 16-17.
- Van Der Loo, W. y C. Hamers-Casterman. 1981. Genetic Polymorphisms of the Immunoglobulin Heavy Chain in *Romerolagus diazi*. Pp. 17-27. En: Proc. Of the

- World Lagomorph Conference (K. Myers y C. D. Mac Innes; Editores) University of Guelph, Canada. 983 pp.
- Van Der Loo, W., M. Uribe-Alcocer y J. Schöder. 1979. The Giemsa-Banded Karyotype of the *Romerolagus diazi* Hereditas 91: 215-218.
- Van Der Loo, W., M. Uribe-Alcocer y J. Schöder. 1981. Chromosome evolution in leporids. Pp. 28-36. En: Proc. Of the World Lagomorph Conference (K. Myers y C. D. Mac Innes; Editores) University of Guelph, Canada. 983 pp.
- Vargas-Cuenca, J. 1992. Comparación morfométrica entre en conejo zacatuche *Romerolagus diazi*, el conejo castellano *Sylvilagus floridanus* y el conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* (Mammalia: Lagomorpha) Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., 30 pp.
- Vargas-Cuenca, J. 2000. Distribución, abundancia y hábitat de la liebre endémica *Lepus flavigularis* (Mammalia: Lagomorpha) Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- Vaughan, T. 2000. Mamíferos. Cuarta Edición. Interamericana Mc. Graw-Hill. México. D.F.
- Velázquez, A., F. A. Cervantes y C. Galindo. 1993. The volcano rabbit *Romerolagus diazi* a peculiar lagomorph. Lutra 36: 62-70.
- Velázquez, A., F. J. Romero y L. Paniagua. 1993. Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat. IUCN-The World Conservation Union and World Wide Fund for Nature, Gland.
- Velázquez, A. 1993. Man-made and ecological habitat fragmentation: Study case of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) Säugetierkunde 58: 54-61.
- Velázquez, A. 1994. Distribution and population size of *Romerolagus diazi* on El Pelado volcano. Journal of Mammalogy 75(3): 743-749.
- Velázquez, A. 1995. Teporingo ¿Debería adoptar México un símbolo de conservación?. Ecosistema 2001(4): 22-23.
- Velázquez, A. 1995. Zacatuche el conejo de los volcanes símbolo de la conservación para México. Ecosistema 2001(4): 26-27.
- Velázquez, A., F. J. Romero, J. López-Paniagua. 1996. Ecología y Conservación del Conejo Zacatuche y su Hábitat. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México D.F.
- Villa, B. 1974. El zacatuche o teporingo. Medio Ambiente 2: 4-5.

- Villa, B. y F. A. Cervantes. 2003. Los Mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamérica, Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.
- Vorhies, C. J. y W. P. Taylor. 1933. The life histories and ecology of the jackrabbits *Lepus alleni* and *Lepus californicus* in relation to grazing in Arizona. University of Arizona Agriculture. Exp. Stn. Tech. Bull. 49:1-117.
- White, J. A. y B. L. Keller. 1984. Evolutionary stability and ecological relationships of morfology in North America Lagomorpha. Pp. 58-66 en Special Publication of Carnegie Museum of Natural History: Papers in Vertebrate Paleontology Honoring Robert Warren Wilson (R. M. Mengel, Edit) Number 9. Pittsburgh.

APÉNDICE I. Lista de colecciones mastozoológicas y museos consultados.

Museo o Colección	País
Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM	México
Instituto de Biología, UNAM	México
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa	México
Instituto Politécnico Nacional	México
Canadian Museum of Nature	Canada
American Museum of Natural History	Estados Unidos
California State University-Long Beach	Estados Unidos
Central State University	Estados Unidos
Field Museum of Natural History	Estados Unidos
San Diego Natural History Museum	Estados Unidos
Texas Tech University Museum	Estados Unidos
United States National Museum of Natural History	Estados Unidos
University of California-Berkeley	Estados Unidos
University of California-Los Angeles	Estados Unidos
University Kansas, Museum of Natural History	Estados Unidos
University of Michigan-Ann Arbor	Estados Unidos
University of Minnesota-Bell Museum of Natural History	Estados Unidos
University of New México-Albuquerque Museum	Estados Unidos
University of Puget Sound	Estados Unidos
University of Washington-Burke Museum	Estados Unidos
Academy of Natural Sciences of Philadelphia	Estados Unidos
Alberson College Museum of Natural History	Estados Unidos
California Academy of Science	Estados Unidos
Lousiana State University Museum of Zoology	Estados Unidos
Michigan State University Museum	Estados Unidos
United States National Museum of Natural History	Estados Unidos
Oklahoma Museum of Natural History	Estados Unidos
Texas A & M University-Collage Station	Estados Unidos
Carnegie Museum of Natural History	Estados Unidos
California State University-Sacramento	Estados Unidos
Fort Hays State University Museum of the High Plains	Estados Unidos
Occidental College Moore Laboratory of Zoology	Estados Unidos
University of Florida, Florida State Museum	Estados Unidos
Harvard University Museum of Comparative Zoology	Estados Unidos
Yale University Peabody Museum of Natural History	Estados Unidos
University of Wisconsin-Madison, Wildlife Ecology Department	Estados Unidos
University of Wisconsin-Madison, Zoology Museum	Estados Unidos
University of Colorado, Museum-Boulder	Estados Unidos
Angelo State University	Estados Unidos
Milwaukee Public Museum	Estados Unidos
Nevada State Museum and Historical Society	Estados Unidos
New Mexico Museum of Natural History	Estados Unidos
Texas Cooperative Wildlife Collection	Estados Unidos
College of Idaho Museum of Natural History	Estados Unidos