

# ESTUDIOS DE GENÉTICA EN LOS LAGOMORFOS MEXICANOS

JUAN PABLO RAMÍREZ-SILVA

Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Ap. Postal 70-153, México, DF 04510, México, correo: pablor@nayar.uan.mx  
(dirección actual: Programa de Biología, Universidad Autónoma de Nayarit,  
Ciudad de la Cultura "Amado Nervo," Tepic, Nayarit 63155, México)

**Resumen**-El estudio de la genética de los lagomorfos mexicanos comprende el uso de herramientas como el análisis de cromosomas, la electroforesis de proteínas (aloenzimas) y recientemente el uso de microsatélites y secuencias de ADN. Sin duda alguna, el desarrollo de este campo ha sido posible gracias al trabajo que se ha venido haciendo en el laboratorio de Biología Molecular de Mamíferos en el Instituto de Biología, en la UNAM, en donde Fernando Cervantes y colaboradores realizaron los primeros trabajos de genética, así como la formación de nuevos investigadores que hoy en día se ubican en distintos centros de investigación, ampliando las oportunidades de estudio sobre este grupo taxonómico. La investigación sobre genética de lagomorfos mexicanos ha pasado por un proceso inicial donde la mayoría de los trabajos han sido descriptivos de muchas de las especies, por lo que seguramente en el futuro los esfuerzos serán orientados a la aplicación de las herramientas moleculares en cuestiones poco estudiadas, tales como genética de poblaciones, ecología y conservación. Actualmente algunos de estos temas ya están siendo abordados, aunque es importante mencionar que dichos trabajos no deben limitarse solamente al estudio de especies amenazadas, como ha venido sucediendo, dado que los lagomorfos son sujetos de estudio ideales, en los que se pueden abordar un sinnúmero de preguntas biológicas. Desafortunadamente, muchas de las investigaciones sobre genética de lagomorfos son trabajos de tesis de licenciatura y posgrado que no están publicados, por lo que una tarea fundamental a corto plazo deberá ser compartir esta información mediante su publicación en revistas especializadas, con el fin de divulgar los valiosos conocimientos que hasta ahora se han generado.

**Palabras clave:** conejos, liebres, *Lagomorpha*, *Lepus*, *Romerolagus*, *Sylvilagus*, estudios genéticos, México

**Abstract**-Genetic study of Mexican lagomorphs has employed a variety of techniques such as chromosome analysis, protein (allozyme) electrophoresis, and more recently the use of microsatellites and DNA sequences. Undoubtedly, the development of this field has been possible thanks to the work accomplished in the Mammalian Molecular Biology Laboratory in the Instituto de Biología, UNAM, where Fernando Cervantes and collaborators performed the initial genetic studies, as well as the training of young researchers who have become established in diverse research centers, expanding opportunities for the study of this taxonomic group. Genetic research of Mexican lagomorphs has passed through an initial descriptive stage for most of the species, so that future efforts will be oriented towards the application of molecular techniques in less studied areas, including population genetics, ecology, and conservation. Work in some of these areas is beginning, although it is important to emphasize that these studies should not be limited to threatened species, as has generally been the case. Lagomorphs are an ideal subject of genetic study, in which many biological questions can be considered. Much of the genetic research involving Mexican lagomorphs has been in the form of graduate and postgraduate studies that unfortunately have not been published. An immediate task will be to publish this information in scientific journals in order to facilitate sharing of this valuable knowledge.

**Key words:** rabbits, jackrabbits, *Lagomorpha*, *Lepus*, *Romerolagus*, *Sylvilagus*, genetic studies, Mexico

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen dos familias de lagomorfos, la Familia Ochotonidae y la Familia Leporidae, las cuales contienen 12 géneros con aproximadamente 88 especies. La primera contiene solamente al género *Ochotona*, comúnmente denominados pikas, con 30 especies y que habitan principalmente en Asia, Europa, y la región norte del continente Americano. Por otra parte, la Familia Leporidae agrupa a los conejos y liebres, consta de 11 géneros y 58 especies, con una distribución mucho más extensa que los ochotónidos, ya que habitan prácticamente en todo el mundo,

con excepción del polo sur y algunas islas (Hoffmann y Smith 2004).

En México habitan solamente miembros de la Familia Leporidae, sumando un total de 15 especies, cinco liebres del género *Lepus* y diez conejos de los géneros *Sylvilagus* y *Romerolagus*. Ello coloca a México como uno de los países con mayor diversidad de lagomorfos a nivel mundial, así como también uno de los más ricos en especies endémicas. El interés por los lagomorfos radica en que desempeñan un papel muy importante en aspectos fundamentales para el desarrollo del ser humano, desde el punto de vista ecológico, económico, y cultural.

En cuanto al aspecto ecológico, se sabe que los ciclos de las poblaciones de muchos depredadores (e.g., pumas, serpientes, y aves rapaces) están determinados por las variaciones poblacionales de los lagomorfos, ya que éstos constituyen en gran medida la base de las redes alimenticias de varios ecosistemas. Pero también son eficaces dispersores de muchas especies vegetales, pues su dieta incluye semillas, partes reproductivas y vegetativas de pastos, hierbas, arbustos, y hasta de árboles (Cervantes y González 1996).

Económicamente, los conejos y liebres han sido durante mucho tiempo un recurso indispensable para el sustento de algunas comunidades humanas, que han utilizado y utilizan su carne como alimento y la piel para fabricar diversos productos; en la actualidad estas especies siguen siendo una pieza cinegética de gran valor en la cacería tradicional y deportiva.

Sin embargo, uno de los aspectos fundamentales de la importancia de estos organismos radica en el aspecto cultural. En el caso particular de México, la cultura Mexica consideraba al conejo como un símbolo de gran importancia, llamado *Tochtli*, que indicaba el octavo día y un período de trece años en el calendario azteca, representaba también a la tierra como elemento, al sur como punto cardinal y era una de las cuatro estaciones del año. El conejo simbolizaba asimismo prosperidad, riqueza, fertilidad, y abundancia y aparece representado frecuentemente en muchas otras civilizaciones humanas a través de los tiempos, tanto en Asia como Europa y África, con una interpretación muy semejante de su simbolismo.

Es básicamente por esta importancia en varios aspectos de la naturaleza y la existencia humana que se origina la inquietud por el estudio de los lagomorfos desde el punto de vista biológico, para conocer la diversidad de especies, las relaciones taxonómicas que guardan entre sí, sus características morfológicas y fisiológicas, su interacción con el entorno, su historia evolutiva, y en tiempos mucho más recientes en términos de su información y estructura genética. Aunque los trabajos enfocados a estudiar genéticamente a los lagomorfos siempre han sido de interés para los mastozoólogos mexicanos, la razón fundamental por la cual no se habían realizado era la falta de un laboratorio suficientemente equipado. Aunque se conocían las metodologías y los planteamientos teóricos en el área, la estandarización y la implementación de un laboratorio requieren de una gran inversión económica y humana. Sin duda alguna, el laboratorio de Biología Molecular de Mamíferos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuyo establecimiento fue promovido en gran parte por Fernando Cervantes, curador de la Colección Nacional de Mamíferos, ha sido un pilar en el desarrollo de los estudios de genética en lagomorfos. De este laboratorio han derivado valiosos documentos científicos, pero sobre todo varios profesionistas capaces de realizar investigación original en mamíferos mexicanos.

## LOS ESTUDIOS EN LAGOMORFOS MEXICANOS

Para poder explicar mejor el proceso de la incorporación de los estudios genéticos en lagomorfos a la vida académica mexicana, el presente texto se divide en tres etapas, que en cierta medida coinciden con el orden cronológico en que se incorporan las nuevas metodologías.

La primera etapa, denominada *Análisis de cromosomas*, está caracterizada por la inquietud de descubrir y documentar la información genética contenida en los organismos con las herramientas conocidas en ese momento, como los cariotipos. En la segunda etapa llamada de *Estudios aloenzimáticos* y que involucró el trabajo con electroforesis de proteínas, se muestra cómo dicha técnica permitió plantear nuevos objetivos en el estudio de estos organismos. Finalmente, la etapa de *Técnicas moleculares basadas*

en PCR, examina cómo de la misma forma que en otros grupos taxonómicos y otros países, las metodologías basadas en ADN y que emplean como base la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), detonaron un crecimiento significativo en la generación de investigaciones científicas dirigidas al estudio de la genética en general, y de los lagomorfos en particular.

### Primera Etapa: Análisis de Cromosomas

Uno de los primeros acercamientos al estudio de la genética en los lagomorfos mexicanos fue el análisis de cromosomas por medio de cariotipos, determinando el número cromosómico (diploide), número fundamental, y la morfología de los cromosomas (metacéntricos, submetacéntricos, subtlococéntricos y telocéntricos), tanto de los autosomas como de los cromosomas sexuales.

A mediados de la década de los años 1970 y 1980, los estudios científicos se enfocaban a conocer con detalle a las especies en diversos aspectos de su biología, tales como la ecología, fisiología, sistemática e historia natural; sin embargo, es positivo observar que aunque la información básica de las especies no era completa, el campo de la genética no pasó a un segundo plano, aún con la escasa infraestructura para realizar este tipo de estudios. La información generada a partir de estos primeros estudios de genética permitió además describir el cariotipo de casi todas las especies (13 de las 14 conocidas hasta ese momento, pues no se sabía de *Sylvilagus robustus*) y hacer inferencias acerca de las relaciones de parentesco entre los grupos de especies de prácticamente todo del mundo.

El análisis de cariotipos también representó una de las principales evidencias para sustentar las hipótesis filogenéticas, mismas que con anterioridad habían sido reconstruidas solamente a partir de datos morfológicos. Ello representó una contribución importante al conocimiento de la historia evolutiva de los lagomorfos. Se realizaron diversos trabajos con diferentes especies como el conejo zacatuche (Uribe-Alcocer *et al.* 1975, Van der Loo *et al.* 1979), el conejo zacatuche y la liebre torda (González 1992, González y Cervantes 1996), la liebre del Istmo de Tehuantepec (Uribe-Alcocer *et al.* 1989), el conejo tropical (Lorenzo y Cervantes 1995), y diversas especies de conejos (Diersing y Wilson 1980, Lorenzo *et al.* 1991) y liebres (Lorenzo 1996, Lorenzo *et al.* 2003).

Otro aspecto interesante del estudio de cromosomas es el análisis del patrón de las bandas G (tinción con tripsina y giemsa), el cual además de permitir hacer comparaciones más finas, han demostrado ser de gran utilidad para explicar la evolución genética en estos organismos. Un ejemplo de ello es el trabajo publicado por Lorenzo y colaboradores (2003), en el cual exponen la evolución cariotípica de algunas especies de liebres mexicanas, así como el planteamiento de un ancestro hipotético.

**Caso del Conejo Zacatuche**-Un caso particular, que sirve de ejemplo para destacar la importancia del uso de cariotipos en el estudio de fauna silvestre, es el del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*). Existen dos trabajos que documentan el cariotipo del conejo zacatuche, por un lado Uribe-Alcocer *et al.* (1975) describen el contenido genético de ejemplares colectados en Milpa Alta, en el Distrito Federal (DF) y, por otro lado, está la tesis doctoral de Lorenzo (1996), en la que se muestra el cariotipo de organismos colectados en Parres, DF; ambos cariotipos coinciden en el número cromosómico ( $2n = 48$ ) y el número fundamental ( $NF = 78$ ), pero difieren en la morfología de los autosomas.

Comúnmente el cariotipo de una especie debe ser idéntico en todas sus poblaciones, por lo que en el caso del conejo zacatuche se puede sugerir que existe un nivel de variación genética significativo entre estas dos poblaciones. Esta hipótesis podría resultar fundamental dado el enorme grado de fragmentación de

su hábitat y las características ecológicas tan peculiares de esta especie.

### Segunda Etapa: Estudios Aloenzimáticos

Posteriormente al estudio de los cromosomas, se llevaron al cabo investigaciones empleando electroforesis de proteínas, específicamente de aloenzimas. Lo mismo que en el caso de los cariotipos, la implementación de un laboratorio de electroforesis no fue sencillo, pues las técnicas tuvieron que ser importadas de laboratorios extranjeros, para a partir de éstas adecuarlas a las condiciones locales. Uno de los factores que impulsó el uso de técnicas de electroforesis en lagomorfos fue el hecho de contar con la Colección de Mamíferos del Instituto de Biología de la UNAM, la cual alberga una colección importante de tejidos de estas especies. De este modo, el trabajo de colecta de ejemplares a menudo se coordina con la colecta de tejidos y con los objetivos de las investigaciones genéticas.

El uso de esta técnica tiene varias ventajas en comparación con los cariotipos, entre las que destaca la fácil obtención de muestras, pues no se requiere de células mitóticas obtenidas generalmente a partir de médula ósea, sino de fragmentos de tejidos de corazón, hígado, o riñón e incluso músculo o sangre, que pueden ser tomadas fácilmente de los ejemplares colectados y almacenadas a bajas temperaturas, con lo que el material del campo se pueden transportar sin contratiempos para su análisis en el laboratorio. Esto representa una gran ventaja, pues se aprovechan prácticamente todos los órganos para su estudio; cabe mencionar que los lagomorfos son colectados utilizando armas de fuego, pues es muy difícil capturarlos vivos.

A diferencia de los estudios de cariotipos, los estudios con aloenzimas se caracterizan por tratarse de estudios comparativos, pues en cada trabajo generalmente se examinan grupos de especies, razón por la cual la mayoría de las investigaciones se enfocaron a la resolución de problemas en sistemática y taxonomía.

**Las Aloenzimas en los Estudios de Conejos y Liebres Mexicanas**-Efectivamente, la mayor parte de los estudios realizados con aloenzimas en lagomorfos mexicanos se han enfocado a resolver problemas en sistemática, ejemplo de ello son los trabajos de Cervantes *et al.* (1999) y la tesis doctoral de Lorenzo

(1996), que proveen información valiosa referente a las relaciones de parentesco de los conejos y liebres mexicanos, respectivamente. Estos trabajos han propuesto relaciones taxonómicas alternativas a las planteadas previamente con información morfológica, lo que ha generado debate acerca de cuál evidencia es la correcta. Sin embargo, lo más importante es que han servido para inspirar la búsqueda de nuevos métodos de análisis y técnicas de laboratorio para aportar mayor información. Por otra parte, también existen trabajos como la tesis de maestría de Castañeda (2002) quien, mediante el análisis de aloenzimas, analizó los patrones biogeográficos de algunas poblaciones de lagomorfos insulares, obteniendo importantes conclusiones ecológico-evolutivas.

### Tercera Etapa: Técnicas Moleculares Basadas en PCR

El avance en el descubrimiento de nuevas metodologías de análisis genético han tenido como resultado que en los últimos años se haya incrementado notablemente el número de estudios de genética. Especialmente el uso de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que sirve para generar literalmente miles de copias de una cadena de ADN, ha permitido desarrollar una serie de metodologías tales como los RFLP (Fragmentos de Restricción de Longitud Polimórfica), AFLP (Fragmentos Amplificados de Longitud Polimórfica), microsatélites, y secuenciación de genes, entre otros, las cuales han sido extensivamente utilizadas en el estudio de los mamíferos.

Uno de los éxitos que han generado este tipo de metodologías es la cantidad mínima de muestra que se requiere para trabajar, aunada a la gran cantidad de información que se puede obtener, como en el caso de la secuenciación de genes mitocondriales y nucleares, con la que se pueden generar secuencias de miles de bases.

Para los lagomorfos mexicanos representó una gran oportunidad de estudio, ya que para el trabajo genético con ADN se pueden emplear fragmentos pequeños de piel o hasta un mechón de pelo, muestras que pueden obtenerse sin necesidad de sacrificar a los individuos. Dado que estas especies están bien representadas en las colecciones científicas o, como en el caso de especies que se encuentran en peligro de extinción, la capacidad de utilizar como fuente de ADN las excretas de los organismos, ha permitido realizar estudios que no podrían haberse considerado con el uso de otras metodologías. El empleo de las técnicas moleculares con ADN ha sido de tal importancia, que en los últimos años dichos estudios han igualado o incluso superado en número de investigaciones realizadas con aloenzimas (Cuadro 1).

**Nuevas Herramientas, Nuevos Objetivos**-Para ilustrar cómo se han planteado nuevos objetivos con estas herramientas, a continuación se muestran algunas investigaciones con el conejo zacatuche, la Liebre del Istmo de Tehuantepec, y el conejo de Omiltemi.

En las últimas décadas, las poblaciones del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), una de las especies endémicas más importantes de nuestro país, han sido fragmentadas severamente debido al crecimiento de la ciudad de México, la construcción de caminos, la ampliación de asentamientos humanos, así como otras alteraciones antropogénicas del ambiente en que habita el conejo. Esta problemática ha inquietado por mucho tiempo a los investigadores, por lo que se han abordando diferentes aspectos de su biología y ecología, empleando diversas metodologías pero sólo recientemente utilizando herramientas genéticas para conocer las consecuencias reales de la fragmentación sobre las poblaciones.

En la tesis de maestría de Campos (en preparación) y de doctorado de Ramírez-Silva (en preparación), mediante el uso de microsatélites y secuencias de genes, respectivamente, se han obtenido valores de variación genética, estimaciones de flujo

**Cuadro 1.** Especies de lagomorfos mexicanos estudiados con diferentes herramientas genéticas: cromosomas, aloenzimas, y de ADN.

Especies	Cromosomas	Aloenzimas	PCR
<i>Romerolagus diazi</i>	X	X	X
<i>Sylvilagus audubonii</i>	X	X	
<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X	
<i>Sylvilagus cunicularis</i>	X		
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	X	X	
<i>Sylvilagus graysoni</i>	X		
<i>Sylvilagus bachmani</i>	X		
<i>Sylvilagus mansuetus</i>	X	X	
<i>Sylvilagus insonus</i>			X
<i>Sylvilagus robustus</i>			
<i>Lepus californicus</i>	X	X	X
<i>Lepus callotis</i>	X		X
<i>Lepus flavigularis</i>	X	X	X
<i>Lepus insularis</i>	X	X	X
<i>Lepus alleni</i>	X		X

génico, y de las relaciones filogenéticas entre las poblaciones del conejo zacatuche, tanto naturales como en cautiverio. Esta información, que no había sido posible obtener anteriormente, contribuirá de manera importante a una mejor comprensión de la dinámica de las poblaciones de esta especie y permitirá plantear alternativas para su conservación.

Un caso similar es la tesis de licenciatura de Caamaño (en preparación), en la cual se estudia la Liebre del Istmo de Tehuantepec (*L. flavigularis*), la cual se encuentra actualmente en peligro de extinción, pues se conoce la existencia únicamente de tres poblaciones aparentemente incomunicadas. Gracias a la toma de muestras de pequeños fragmentos de piel de la oreja se ha podido estudiar, por medio de microsatélites, los niveles de variación genética en una de estas poblaciones, para posteriormente poder compararla con el resto de las poblaciones y saber si existe aún flujo génico entre ellas.

Otra aplicación interesante que tiene que ver con la conservación, es el caso del conejo de Omiltemi (*S. insonus*), el cual es considerado como una especie en peligro crítico de extinción, pues no se ha documentado su existencia desde el inicio de los años 1900, lo que podría llevar a considerarla como extinta. Sin embargo, Cervantes *et al.* (2004) publicaron un trabajo basado en secuencias de ADN, donde analizaron muestras de tejido de organismos proporcionados por cazadores de esta localidad, las que compararon con secuencias de tejidos de ejemplares depositados en la colección. Estos autores pudieron concluir que las secuencias analizadas coincidían con el conejo de Omiltemi, demostrando así que esta especie no está extinta. Ello da una esperanza de conservar una pequeña población que se ha mantenido escondida y solamente de manera indirecta se pudo saber que aún existe.

Finalmente, una investigación que se está llevando al cabo por Ramírez-Silva y colaboradores (enviado), donde emplean secuencias generadas por González (1999) junto con otras obtenidas del GenBank, un inmenso banco de secuencias accesible en Internet ([www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank)), tiene como objetivo conocer la historia evolutiva de las liebres (género *Lepus*) de todo el mundo, entre ellas las especies mexicanas. Una de las conclusiones de este estudio es que sin duda, el grupo de especies mexicanas es uno de los más consistentes en el árbol filogenético, en el sentido de que todas las especies que habitan en México se mantienen agrupadas. Este concepto debería adoptarse en los esfuerzos de estudio y conservación de los conejos y liebres mexicanos, pues lo que caracteriza la importancia de este grupo taxonómico en nuestro país, es precisamente su diversidad.

### ¿EN DÓNDE ESTAMOS?

El estudio de la genética de lagomorfos en México ha sido muy completo si tomamos en cuenta la variedad de técnicas y las distintas especies que han sido estudiadas. Algo que actualmente favorece el incremento de la aplicación de las diversas herramientas y técnicas moleculares es la existencia de más laboratorios de biología molecular y la incorporación a la investigación de especialistas dedicados a estudiar estos organismos.

En un panorama mundial, los estudios en México apenas representan una pequeña parte de lo realizado en otros países, sobre todo si se considera la enorme diversidad que alberga. En publicaciones internacionales se tratan temas similares a los abordados por los investigadores mexicanos, que se han enfocado principalmente a documentar la variación genética y la reconstrucción de filogenias; sin embargo, hay mucho conocimiento todavía por generar a este respecto, ya que con especies de lagomorfos no mexicanos se han abordado temas como la genética de poblaciones, la introgresión de especies, los procesos

de especiación, variación estacional en poblaciones, el estudio detallado de las secuencias empleadas en este grupo y la generación de librerías geonómicas.

Sin embargo, los trabajos que se han realizado en México han sentado un precedente de importancia invaluable, pues además de aportar antecedentes para estudios posteriores, han generado un importante grupo de trabajo que en distintas instituciones se dedica hoy en día al trabajo y estudio sobre la genética de lagomorfos.

### ¿HACIA DÓNDE VAMOS?

Es evidente que las metodologías moleculares y de ADN seguirán proporcionando datos valiosos para su análisis, principalmente secuencias de genes y microsatélites y que posiblemente seguirán enfocándose en áreas de sistemática y conservación. No obstante, es deseable que se aborden otras áreas y con otras técnicas moleculares que han probado ser valiosas para objetivos determinados, esto es, por ejemplo la generación de librerías geonómicas de especies mexicanas sería de gran utilidad y facilitaría el estudio en trabajos futuros. Aunque por otra parte no se deben abandonar trabajos con aloenzimas, que han probado ser muy útiles en las investigaciones referentes a la genética de poblaciones, aspecto que para las especies mexicanas requiere de conocerse mejor.

Un aspecto que es importante señalar es que, si bien es prioritario el estudio de las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, debe tomarse en cuenta que es necesario conocer también al resto de las especies. Los lagomorfos son un excelente grupo de estudio, que pueden utilizarse para plantear modelos en otras disciplinas, tales como la ecología y fisiología, entre otros, por lo que en genética esto no es una excepción. Finalmente, es evidente que el estudio sobre la genética de los lagomorfos mexicanos ha tenido una larga historia, abordando diversas metodologías y planteando cada vez nuevas metas, por lo que un elemento que debe ser contemplado en el corto plazo es la publicación en revistas científicas de la información contenida en las tesis. Sólo así podrán compartirse los valiosos conocimientos generados y destacar la importancia del trabajo que se realizan en México con este grupo.

### AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a Ella Vázquez por su gran apoyo y la invitación a participar en este trabajo, a David Hafner por la oportunidad de publicar este escrito. A Fernando Cervantes por impulsar desde un inicio el conocimiento de la genética de los lagomorfos mexicanos y permitirme participar de este proceso. A mi esposa Ivette por su cariño.

### LITERATURA CITADA

- Castañeda S. M. 2002. *Comparación craneométrica y variabilidad genética entre poblaciones de lagomorfos insulares y peninsulares de Baja California, México*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México.
- Cervantes, F.A., F. X. González. 1996. Los conejos y liebres silvestres de México. En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat* (A. Velázquez, F.J. Romero, J. López-Paniagua, comps.). Pp. 17-25. Ediciones Científicas Universitarias, Texto Científico Universitario, México, D.F.
- Cervantes, F.A., J.P. Ramírez, A. Marín, G.L. Portales. 1999. Allozyme variation of cottontail rabbits (*Sylvilagus*) from Mexico. *Mammalian Biology* 64:1-7.
- Cervantes, F.A., Lorenzo, C., F.X. González-Cózatl. 2004. The Omiltemi rabbit (*Sylvilagus insonus*) is not extinct. *Mammalian Biology* 69: 61-64.

- Diersing, V.A., D.E. Wilson. 1980. Distribution and systematics of the rabbits (*Sylvilagus*) of West-Central México. *Smithsonian Contribution to Zoology* 297: 1-15.
- González, F.X. 1992. *Comparación cromosómica entre el conejo zacatuche Romerolagus diazi y la liebre torda Lepus callotis (Mammalia: Lagomorpha)*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- González, F. 1999. *Molecular systematics of the genus Lepus in North America (Mammalia: Lagomorpha)*. Tesis Doctoral, Brigham Young University, USA.
- González, F.X., F.A. Cervantes. 1996. The karyotype of the white-sided jackrabbit (*Lepus callotis*). *Southwestern Naturalist* 41: 93-95.
- Hoffmann, R.S., A.T. Smith. 2004. En prensa. En: *Mammal Species of the World*. 3rd Edition (D.E. Wilson, D.M. Reeder, eds.). Smithsonian Institution Press.
- Lorenzo, M.C. 1996. *Estudio de algunas especies de lagomorfos en México (Mammalia: Lagomorpha)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Lorenzo, M.C., F.A. Cervantes. 1995. The G-banded karyotype of the Tapeti rabbit (*Sylvilagus brasiliensis*) from Chiapas, Mexico. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 46: 173-178.
- Lorenzo, M.C., F.A. Cervantes, M.A. Aguilar. 1991. The karyotypes of some Mexican cottontail rabbits of the genus *Sylvilagus*. En: *Avances en el estudio de los mamíferos de México* (R.A. Medellín, G. Ceballos, eds.). Pp. 129-136. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., Publicación Especial número 1, México.
- Lorenzo, M.C., F.A. Cervantes, J. Vargas. 2003. Chromosomal relationships among three species of jackrabbits (*Lepus*: Leporidae) from Mexico. *Western North American Naturalist* 63: 11-20.
- Ramírez-Silva, J.P., F.X. González-Cózatl, E. Vázquez-Domínguez, F.A. Cervantes. (en revisión) Comparative phylogeography and evolution of *Lepus* (Mammalia: Lagomorpha). *Molecular Phylogenetics and Evolution*.
- Uribe-Alcocer, M., S. García-Rey, A. Laguardia-Figueras. 1975. Chromosome analysis of *Romerolagus diazi* (Diaz). *Mammalian Chromosomes Newsletter* 16: 116-117.
- Uribe-Alcocer, M., F.A. Cervantes, C. Lorenzo-Monterrubio, L. Guereña-Gándara. 1989. Karyotype of the tropical hare. *Southwestern Naturalist* 34: 304-306.
- Van der Loo, W., M. Uribe-Alcocer, J. Schroder. 1979. The giemsa banded karyotype of *Romerolagus diazi*. *Hereditas* 91: 215-218.
- Wilson, D.E., D.M. Reeder. 2005. *Mammalian species of the world*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

