

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS LAGOMORFOS  
DE JONACAPA, MUNICIPIO DE HUICHAPAN, HIDALGO,  
MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

**P R E S E N T A:**

**LUIS JONATHAN GÓMEZ REYES**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2017**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

1. Datos del alumno

Gómez  
Reyes  
Luis Jonathan  
5567601029  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
305295000

2. Datos del tutor

Dr.  
Fernando Alfredo  
Cervantes  
Reza

3. Datos del sinodal 1

Dra.  
Graciela  
Gómez  
Álvarez

4. Datos del sinodal 2

Dra.  
Verónica  
Farias  
González

5. Datos del sinodal 3

M. en C.  
Laura Margarita  
Márquez  
Valdelamar

6. Datos del sinodal 4

M.en C.  
Emmanuel  
Rivera  
Téllez

7. Datos del trabajo escrito

Identificación taxonómica de los lagomorfos de Jonacapa, Municipio de Huichapan,  
Hidalgo, México  
77 P.  
2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A la máxima casa de estudios de México, la Universidad Nacional Autónoma de México quien desde la ENP No. 5 “José Vasconcelos” y hasta mi llegada a la Facultad de Ciencias, contribuyó a mi formación tanto académica como personal.

Al Instituto de Biología (IBUNAM), en específico a la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) donde desarrollé mi servicio social y esta tesis.

A mi asesor el Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza, por brindarme la oportunidad de trabajar con los lagomorfos y por su tiempo invertido para que este trabajo quedara de la mejor manera.

A mis sinodales la Dra. Graciela Gómez, la Dra. Verónica Farias, La M. en C. Laura Margarita Márquez y el M. en C. Emmanuel Rivera. Por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y a sus comentarios, sugerencias y charlas que enriquecieron enormemente esta tesis y ayudaron a su consolidación.

Al poblado de Jonacapa su gente y autoridades, por las facilidades prestadas a este servidor.

A los Señores Fortino González, Pablo Chávez, Emiliano Olagaray, al pequeño Heber González, a los jóvenes Hugo Gómez, Alberto López y Silvia Cruz por su ayuda durante las salidas de campo.

A Rebeca Hernández Alonso, por su ayuda con la parte molecular de este trabajo.

A Lizzi Martínez, por su ayuda con la parte de los mapas.

A las Maestras Julieta Vargas y Yolanda Hortelano por sus enseñanzas y apoyo brindado para la conformación de este trabajo.

Al laboratorio de Microscopía electrónica y fotografía de la Biodiversidad del IBUNAM, en especial a la alumna Jocelyn Díaz Santiago por las fotografías de los cráneos.

Al laboratorista Joel Quijano por su ayuda brindada durante mi estancia en la CNMA.

## **DEDICATORIAS**

*Quiero dedicar este trabajo a Dios. A mis padres Georgina Reyes y Nicolás Gómez a quienes amo y agradezco por siempre estar para mí y apoyarme en todo momento, gracias a ustedes soy la persona que soy.*

*A mis hermanos Jocelyne y Hugo, porque siempre seremos el trío inseparable; a mi nueva hermana Emma y a mis queridos sobrinos Byron y Xarení, gracias por formar parte de mi familia y siempre apoyarme incondicionalmente.*

*A mis abuelitos Nicolás Gómez y Patricia Ramírez, quienes son mis segundos padres y les agradezco por estar conmigo apoyándome en muchas visitas a Jonacapa (a pesar de no entender porque este loco anda en el cerro atrapando animales) los amo. A mi abue Ofe a quien amo profundamente.*

*A la comunidad de Jonacapa, siempre me recibieron con una sonrisa y grato saludo; en especial agradezco a Don Fortino y su esposa Doña Victoria, por abrirme las puertas de su hogar y por las charlas que siempre atesoraré. A Pablo, su esposa la Sra. Ramona y familia, por brindarme su apoyo.*

*Y bueno no podía faltar la dedicatoria y agradecimientos a las personas que a lo largo de mi viaje a "Ítaca" me han permitido crecer y aprender de cada uno de ustedes. Con quienes he vivido experiencias maravillosas, cada uno es especial para mí; hemos compartido risas, enojos, tristezas, miedos, confidencias, amor y muchas cosas más, gracias a ustedes este viaje ha sido más ameno y enriquecedor. Sería injusto no mencionar a todos por lo que no me extenderé más. Creo que cada uno de ustedes sabe lo que significan para mí y no me preocupó de no mencionarlos porque siempre que alguien me importa se lo digo y se los hago saber. A cada uno de ustedes*

**MIL GRACIAS POR TODO !!!**

*Cuando emprendas tu viaje a Ítaca  
píde que el camino sea largo,  
lleno de aventuras, lleno de experiencias.*

*No temas a los lestrigones ni a los cíclopes  
ni al colérico Poseidón,  
seres tales jamás hallarás en tu camino,  
si tu pensar es elevado, si selecta  
es la emoción que toca tu espíritu y tu cuerpo.  
Ni a los lestrigones ni a los cíclopes  
ni al salvaje Poseidón encontrarás,  
si no los llevas dentro de tu alma,  
si no los Yergue tu alma ante ti.*

*Píde que el camino sea largo.  
Que muchas sean las mañanas de verano  
en que llegues -¡con qué placer y alegría!  
a puertos nunca vistos antes.  
Detente en los emporios de Fenicia  
y hazte con hermosas mercancías,  
nácar y coral, ámbar y ébano  
y toda suerte de perfumes sensuales,  
cuantos más abundantes perfumes sensuales  
puedas.  
Ve a muchas ciudades egipcias  
a aprender, a aprender de sus sabios.*

*Ten siempre a Ítaca en tu mente.  
Llegar allí es tu destino.  
Más no apresures nunca el viaje.*

*Mejor que dure muchos años  
y atracar, viejo ya, en la isla,  
enriquecido de cuanto ganaste en el camino  
sin esperar a que Ítaca te enriquezca.*

*Ítaca te brindó tan hermoso viaje.  
Sin ella no habrías emprendido el camino.  
Pero no tiene ya nada que darte.  
Aunque la halles pobre, Ítaca no te ha  
engañado.  
Así, sabio como te has vuelto, con tanta  
experiencia,  
entenderás ya qué significan las Ítacas.*

*Konstantinos Petrou Kavafis,  
"Ítaca"*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
LOS LAGOMORFOS.....	<b>2</b>
SITUACIÓN DE LOS LAGOMORFOS EN MÉXICO .....	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
CONOCIMIENTO DE LA MASTOFAUNA DE HIDALGO .....	<b>5</b>
PARTICIPACIÓN DE LAS COLECCIONES MASTOZOLÓGICAS DE MÉXICO EN LA CONSERVACIÓN...	<b>6</b>
CÓDIGOS DE BARRAS DE DNA.....	<b>7</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>11</b>
<b>MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
TRABAJO DE CAMPO .....	<b>14</b>
TRABAJO DE GABINETE .....	<b>14</b>
IDENTIFICACIÓN DE LOS EJEMPLARES .....	<b>15</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
1. DISTRIBUCIÓN .....	<b>21</b>
2. PATRONES DE COLORACIÓN .....	<b>28</b>
3. ESTRUCTURAS SOMÁTICAS Y CRANEALES .....	<b>31</b>
4. MARCADOR MOLECULAR COI .....	<b>37</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>41</b>
DISTRIBUCIÓN.....	<b>41</b>
IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA MEDIANTE TÉCNICAS MORFOLÓGICAS CONVENCIONALES .....	<b>42</b>
MARCADOR MOLECULAR COI .....	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>48</b>
<b>APÉNDICES</b> .....	<b>53</b>

# Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Localización geográfica del poblado de Jonacapa, municipio de Huichapan, estado de Hidalgo.....	<b>11</b>
<b>Figura 2.</b> Características de la zona de estudio. A) presencia de nopales ( <i>Opuntia</i> sp.) nótese las bardas formadas con las rocas de la zona para delimitar los terrenos. B) presencia de ganado, becerro entre los arbustos espinosos de <i>Mimosa biuncifera</i> . C) “echadero” (lugar de resguardo del sol y de los depredadores) de liebre entre helechos. D) “echadero de liebre” bajo una <i>Opuntia</i> sp.	<b>12</b>
<b>Figura 3.</b> Vegetación presente en los alrededores del poblado de Jonacapa; matorral crasicaule compuesto principalmente de arbustos espinosos ( <i>Mimosa biuncifera</i> ), nopales ( <i>Opuntia</i> sp.) y con presencia de encinos ( <i>Quercus</i> sp.) bordeando las cañadas. ....	<b>13</b>
<b>Figura 4.</b> Temporada seca; arbustos secos de <i>Mimosa biuncifera</i> , gramíneas y líquenes sobre las rocas. ....	<b>13</b>
<b>Figura 5.</b> Temporada de lluvia; se observa pequeños cuerpos de agua rodeados de gramíneas, nopaleras ( <i>Opuntia</i> sp.) y arbustos de <i>Mimosa biuncifera</i> completamente verdes. ....	<b>13</b>
<b>Figura 6.</b> Vista posterior de los cráneos de <i>Silvilagus floridanus</i> , muestra los cambios en la sutura exoccipital-supraoccipital de la edad de la categoría 1 a 4 (tomado de Hoffmeister y Zimmerman, 1967). ....	<b>16</b>
<b>Figura 7.</b> Medidas somáticas estándar para mamíferos.....	<b>17</b>
<b>Figura 8.</b> Medidas craneales A) vista ventral y B) vista dorsal del cráneo: 5-5 (LOBA); 6-6 (LONA); 9-9 (ANRO); 10-10 (ANIO); 11-11 (ANPA); 12-12 (ANZI); 13-13 (COPO); 14-14 (LDMX); 16-16 (ANCC); 17-17 (LOPP); 18-18 (ANNA) (Fotos tomadas por Jocelyn Díaz Santiago). ....	<b>18</b>
<b>Figura 9.</b> Medidas craneales A) vista lateral izquierda del cráneo y B) vista lateral izquierda de la mandíbula: 7-7 (PRRO); 8-8 (LOBU); 15-15 (DIMA); 19-19 (LOMC); 20-20 (LDMA) (Fotos tomadas por Jocelyn Díaz Santiago). ....	<b>18</b>
<b>Figura 10.</b> Número de localidades de las entidades federativas de Hidalgo, Estado de México y Querétaro que cuentan con un registro de lagomorfos, depositados en alguna colección científica.	<b>21</b>
<b>Figura 11.</b> Número de ejemplares de lagomorfos de las entidades federativas de Hidalgo, Estado de México y Querétaro que se encuentran depositados en alguna colección científica.....	<b>21</b>
<b>Figura 12.</b> Localidades de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro que cuentan con registro de colecta de ejemplares de la liebre cola negra <i>Lepus californicus</i> , triángulo muestra ubicación del área de estudio. ....	<b>22</b>



<b>Figura 13.</b> Localidades de las entidades federativas del Estado de México e Hidalgo que cuentan con registro de colecta de ejemplares de la liebre torda <i>Lepus callotis</i> , Querétaro no cuenta con ningún registro de esta liebre; triángulo muestra ubicación del área de estudio, no hubo colectas y tampoco avistamientos. ....	<b>23</b>
<b>Figura 14.</b> Localidades de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro que cuentan con registro de colecta de ejemplares del conejo del desierto <i>Sylvilagus audubonii</i> , triángulo muestra ubicación del área de estudio. ....	<b>24</b>
<b>Figura 15.</b> Localidades de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro que cuentan con registro de colecta de ejemplares del conejo castellano <i>Sylvilagus floridanus</i> , triángulo muestra ubicación del área de estudio. ....	<b>25</b>
<b>Figura 16.</b> Distribución espacial de liebres ( <i>Lepus californicus</i> ) y conejos ( <i>Sylvilagus</i> sp., <i>Sylvilagus audubonii</i> y <i>Sylvilagus floridanus</i> .) avistados y colectados en el área de estudio.....	<b>27</b>
<b>Figura 17.</b> Letrinas de lagomorfos sobre rocas expuestas y en la base de troncos de arbustos talados. ....	<b>27</b>
<b>Figura 18.</b> Ejemplares de liebre torda <i>Lepus callotis</i> de la CNMA (I- 40789 y II- 40790), ejemplares de liebre cola negra <i>Lepus californicus</i> colectadas (III- 46601 y IV- 46602). 1. Coloración de la parte posterior de las orejas, 2. Coloración del contorno de las orejas y 3. Coloración del dorso. ....	<b>29</b>
<b>Figura 19.</b> Ejemplares de liebre torda <i>Lepus callotis</i> de la CNMA (I- 40789 y II- 40790), ejemplares de liebre cola negra <i>Lepus californicus</i> colectadas (III- 46601 y IV- 46602). 1. Coloración de los flancos y 2. Coloración de la cola. ....	<b>29</b>
<b>Figura 20.</b> Coloración de los flancos: 1. Ejemplares de liebre torda <i>Lepus callotis</i> de la CNMA (II- 40789 y IV- 40790) y 2. Ejemplares de liebre cola negra <i>Lepus californicus</i> colectadas (I- 46601 y III- 46602). ....	<b>29</b>
<b>Figura 21.</b> Comparación de tamaño de ejemplares colectados e identificados como: 1. Conejo castellano <i>Sylvilagus floridanus</i> (46607) y 2. Conejo del desierto <i>Sylvilagus audubonii</i> (46604). .	<b>30</b>
<b>Figura 22.</b> Ejemplares de conejo del desierto <i>Sylvilagus audubonii</i> (I- 4079 de la CNMA y II- 46604 colectado), ejemplares de conejo castellano <i>Sylvilagus floridanus</i> (III- 46607 colectado y IV- 41091 de la CNMA). 1. Coloración del dorso, 2. Coloración de la cola y 3. Largo de la orejas. ....	<b>30</b>
<b>Figura 23.</b> Coloración de los flancos: 1. Ejemplares de conejo castellano <i>Sylvilagus floridanus</i> (II- 46607 colectado y IV- 41091 de la CNMA) y 2. Ejemplares de conejo del desierto <i>Sylvilagus audubonii</i> de la CNMA (I- 40791 y III- 40804). ....	<b>30</b>

**Figura 24.** Vista inferior de cráneos de *Sylvilagus*. Del I al IV conejos castellanos *Sylvilagus floridanus* del V al VII conejos del desierto *Sylvilagus audubonii*, las flechas muestran el tamaño de las bulas timpánicas de los ejemplares colectados (III-46605, IV-46607 y V-46604); nótese el tamaño mayor de las bulas timpánicas en el caso de los ejemplares de *S. audubonii*..... 31

**Figura 25.** Comparación del tamaño de bulas de *Sylvilagus* categoría de edad II. 1 ejemplar de la CNMA de *Sylvilagus audubonii* (39965), 2 ejemplar colectado de *Sylvilagus audubonii* (47401, flecha amarilla muestra las bulas de mayor tamaño al ejemplar 3 y similar en tamaño al ejemplar 1) y 3 ejemplar de la CNMA de *Sylvilagus floridanus* (26444). ..... 36

**Figura 26.** Árbol (Neighbor-joining) de distancias genéticas con las 64 secuencias que conforman la biblioteca de referencia así como las seis secuencias analizadas (negritas). Los números corresponden a los valores de Bootstrap. .... 40

## Índice de cuadros

**Cuadro 1.** Primers utilizados para amplificar el fragmento COI..... 19

**Cuadro 2.** Comparación de medias somáticas y craneales (mm) de la especie *Lepus californicus*, (n) = número de ejemplares considerados. .... 33

**Cuadro 3.** Comparación de las medidas somáticas y craneales (mm) del ejemplar de *Sylvilagus audubonii*. (n) = Número de ejemplares considerados..... 34

**Cuadro 4.** Comparación de medias somáticas y craneales (mm) de la especie *Sylvilagus floridanus*, (n) = Número de ejemplares considerados. .... 35

**Cuadro 5.** Comparación de las medidas somáticas y craneales (mm) del ejemplar de *Sylvilagus audubonii* colectado y clasificado como categoría II (47401), contra un ejemplar de *Sylvilagus floridanus* de la misma categoría (26444) de la CNMA. .... 36

**Cuadro 6.** Matriz de promedios de las distancias genéticas entre los grupos problema (\*) y los grupos de la biblioteca de referencia..... 37

**Cuadro 7.** Matriz de promedios de las distancias genéticas entre las secuencias problema (\*) de *L. californicus* y las secuencias de *L. callotis* y *L. californicus* de la biblioteca de referencia..... 38

**Cuadro 8.** Matriz de promedios de las distancias genéticas entre las secuencias problema (\*) de *S. audubonii* y *S. floridanus* contra las secuencias de *S. audubonii* y *S. floridanus* de la biblioteca de referencia..... 39

## RESUMEN

Los conejos y liebres (*Sylvilagus*, *Lepus*; Leporidae) silvestres de la región de Jonacapa, Hidalgo, son un recurso ampliamente utilizado como alimento por los pobladores locales. Esta acción junto con otros factores está poniendo en riesgo la supervivencia de las poblaciones de estos mamíferos y afectando considerablemente la disponibilidad de alimento de sus depredadores naturales; se requiere, por tanto, un plan de aprovechamiento sustentable para regular esta situación. El éxito de esta tarea depende considerablemente de la apropiada identificación taxonómica de las especies de lepóridos involucrados; infortunadamente, el conocimiento de su biología en la región es escaso o nulo. Particularmente, la identificación taxonómica de especies de conejos mexicanos es difícil y requiere de ejemplares de museo. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron documentar y enriquecer el acervo de ejemplares de museo de estos lepóridos, reconocer sus principales caracteres diagnósticos y confirmar molecularmente su identificación taxonómica morfológica. Se colectaron 10 individuos de conejos y liebres silvestres en los terrenos ejidales de Jonacapa, se prepararon como ejemplares de museo y se depositaron en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA). La identificación taxonómica morfológica se realizó mediante procedimientos convencionales que incluyeron la distribución potencial reportada en bibliografía, comparación de coloración de las pieles con ejemplares depositados en la CNMA y comparando medidas somáticas y craneales con registros de trabajos anteriores. También se obtuvieron secuencias nucleotídicas del gen COI (mDNA) según técnicas moleculares convencionales para elaborar códigos de barras de DNA y se analizaron sus parámetros de similitud y distancia genéticas. La comparación de dos individuos del género *Lepus* y cuatro del género *Sylvilagus* con secuencias depositadas en GenBank utilizando la herramienta BLAST arrojaron un alto porcentaje de identidad (> 96%) con dos secuencias correspondientes a *Lepus californicus*, dos para *Sylvilagus floridanus* y dos para *Sylvilagus audubonii*; estas identificaciones coincidieron totalmente con las determinaciones morfológicas que arrojaron cinco individuos identificados como *L. californicus festinus*, tres como *S. floridanus orizabae* y dos como *S. audubonii parvulus*. Por lo tanto, nuestro estudio registró y confirmó tanto morfológicamente como molecularmente la presencia de tres especies de lagomorfos en los terrenos ejidales de Jonacapa.

**Palabras clave:** Lagomorfos, leporidae, registro, taxonomía, deterioración, aprovechamiento, México.

## INTRODUCCIÓN

### LOS LAGOMORFOS

Los lagomorfos son el grupo conformado por los conejos, las liebres (lepóridos), y las picas (ocotónidos). Se encuentran en casi todo el mundo, ya sea como especies nativas o introducidas, habitan desde los bosques tropicales hasta la región Ártica, ocupando diversos tipos de hábitat. Aunque estos animales no son un grupo muy diverso, ya que constan de tan sólo 79 especies, son miembros importantes de muchas comunidades terrestres, en muchas de las cuales, los ciclos poblacionales de los carnívoros están determinados de modo notable por los cambios en las densidades de las poblaciones de conejos. Además son un recurso que brinda sustento económico en algunas localidades, y culturalmente forman parte de diversas historias y tradiciones. Los lepóridos constan de 11 géneros y 54 especies, 29 de liebres (género *Lepus*) y 25 de conejos, aunque la mayoría son del género *Sylvilagus* (AMCELA, 2003).

Los lagomorfos tienen una morfología muy conservadora, con el cuerpo robusto y las orejas y patas traseras grandes, la cola muy pequeña o ausente, el labio superior dividido en forma de “Y” y dos pares de incisivos en el maxilar superior (Ceballos y Gisselle, 2005). Los incisivos frontales son más grandes que los posteriores y presentan un surco longitudinal. El cráneo presenta típicamente los huesos laterales con fenestraciones u orificios del hueso maxilar. Son hábiles saltadores y corredores, y están especializados en la carrera para escapar de sus depredadores (Eisenberg, 1981). Su actividad es diurna, crepuscular y nocturna, dependiendo de la especie. Pueden ser solitarios como las liebres o formar grupos de poca cohesión social como algunos conejos y pikas. Cavan sus madrigueras o bien las hacen bajo taludes de roca. Son territoriales y marcan su territorio con orina, excrementos y al rozar el sustrato con la mandíbula inferior (Ceballos y Galindo, 1984 y Aguilar *et al.*, 2014).

Los lagomorfos tienen un gran potencial reproductivo, con periodos de gestación cortos, varias crías por camada y varias camadas por año (Eisenberg, 1981). La mayoría de las especies están sujetas a fuertes tasas de depredación, tanto en condiciones naturales ya que son presa de aves y mamíferos carnívoros, como por el hombre (Ceballos y Gisselle, 2005). La actividad excavadora al construir sus madrigueras, contribuye significativamente en la aeración, mezcla y reciclaje del suelo. Sus excretas sirven de abono y proveen de nutrientes a los suelos, permitiendo el buen desarrollo de muchas especies de plantas (Romero y Cervantes, 2009). Por otro lado, la dieta de los lagomorfos incluye grandes cantidades de partes vegetativas y reproductivas de pastos, hierbas, arbustos y hasta árboles, lo cual trae como consecuencia un proceso de regulación de poblaciones de especies vegetales, tanto en

el aspecto florístico como estructural. Asimismo, los lagomorfos contribuyen a la dispersión de varias especies de plantas al transportar sus propágulos (por ejemplo semillas) a otras áreas (Cervantes y González, 1996).

#### SITUACIÓN DE LOS LAGOMORFOS EN MÉXICO

México es uno de los cinco países con mayor diversidad de lagomorfos en todo el planeta ya que cuenta con 15 especies, 10 de las cuales son conejos: nueve del género *Sylvilagus* y una del género *Romerolagus*, y cinco especies de liebres del género *Lepus*. Aunado a esto, la República Mexicana alberga al mayor número de especies de lepóridos en el continente americano, de las cuales siete son especies endémicas o exclusivas de este país (cinco especies de conejos y dos de liebres) y una especie de liebre, la liebre torda (*Lepus callotis*), que es considerada cuasi endémica ya que una pequeña área de su distribución se encuentra en Nuevo México, EE.UU. (Cervantes y González, 1996). Los conejos y liebres silvestres de México son de importancia ecológica porque constituyen la base de las redes alimentarias de los ecosistemas. Además de los roedores, representa el alimento de la mayor parte de las poblaciones de depredadores de tipo de serpientes, aves rapaces diurnas y nocturnas y mamíferos carnívoros como cánidos, prociónidos, mustélidos y félidos en cualquier tipo de hábitat (Cervantes y González, 1996). La extracción no controlada de conejos y liebres, así como la deterioración de sus hábitats por causa de la pérdida, fragmentación e introducción de especies exóticas y la cacería ilegal, ha mermado sus poblaciones a un ritmo acelerado, debido a esto, seis especies están ya catalogadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Romero y Cervantes, 2009; SEMARNAT, 2010).

El manejo y aprovechamiento de liebres y conejos en México no es una actividad nueva, ha sido realizado desde las culturas prehispánicas, siendo parte, tanto de las actividades culturales como de aquellas realizadas con el fin de satisfacer las necesidades alimenticias de la población, ya que se encuentran a la mano y ofrecen importantes cantidades de carne, de dos a cinco kg en el caso de las liebres y de uno a cuatro kg en el caso de los conejos dependiendo de la especie (DGVS, 2010). En la actualidad el consumo de conejos y liebres silvestres se lleva a cabo principalmente en poblados de escasos recursos ya que buscan complementar su alimentación con lo que pueden encontrar a sus alrededores; un ejemplo es el poblado de Jonacapa perteneciente al estado de Hidalgo, uno de los 11 estados donde más de la mitad de su población es de escasos recursos (CONEVAL, 2012). La principal actividad económica de Jonacapa es la agricultura de temporada, aunque debido al deterioro de las tierras y al retraso o adelanto de la temporada de lluvias muchas veces no se logran obtener buenas cosechas que cubran las necesidades de la comunidad, esta situación obliga a los pobladores a buscar alternativas de alimentación; como la introducción de ganado al cual se le deja pastar libremente en los terrenos ejidales, esto ha

provocado la deterioración del ecosistema y no se logra obtener un ganado de buena calidad que resuelva la problemática; otra alternativa que se ha tomado es el aprovechamiento de los recursos naturales, extrayendo madera, plantas, tierra y cazando fauna del lugar (zorrillos, armadillos, ardillas, aves entre otros) principalmente conejos y liebres que son la mayor fuente de proteína con la que cuenta la gente. La extracción no controlada de los conejos y liebres aunado a otros factores, han ido mermando las poblaciones locales, esto se puede apreciar con un menor avistamiento de ejemplares (conejos principalmente) y cada vez los pobladores tienen que recorrer mayores distancias para poder encontrarlos. Al mismo tiempo esta disminución ha ocasionado que los depredadores que se alimentan de estos animales, bajen a los asentamientos humanos y se alimenten del ganado, provocando conflictos con los pobladores quienes les disparan para evitar pérdidas en sus bienes.

Es evidente que en el caso de Jonacapa, al igual que en muchas otras localidades a lo largo de la República Mexicana, se requiere de un plan de manejo adecuado de las poblaciones de lagomorfos, que permita no solamente el aprovechamiento de estos animales para el consumo y beneficio humano, sino que también garantice su estabilidad y disposición para sus depredadores naturales que dependen de ellos para su supervivencia. El éxito de esta tarea depende considerablemente de la apropiada identificación taxonómica de las especies de lagomorfos involucrados, lamentablemente no hay información disponible de la región de Jonacapa. A nivel estatal se tiene documentado la presencia de dos especies de liebres, la liebre cola negra *Lepus californicus* y la liebre torda *Lepus callotis*, así como la presencia de tres especies de conejos, el conejo castellano *Sylvilagus floridanus*, el conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* y el conejo montés *Sylvilagus cunicularius*, aunque de este último solo se tiene reporte de su presencia en la región SE del estado, cerca del municipio de Tulancingo (Nelson, 1909; Hall, 1981; Ceballos y Galindo, 1984; Ceballos y Gisselle, 2005 y USNM, 2015; Apéndice 1). Debido a la cercanía a la que se encuentra el municipio de Huichapan de las entidades federativas de Querétaro y el Estado de México, es necesario tomar en cuenta los reportes de lagomorfos que se tienen para estos estados; Para Querétaro se propone la presencia de dos liebres, la liebre cola negra *Lepus californicus* y la liebre torda *Lepus callotis*, así como la presencia del conejo castellano *Sylvilagus floridanus* y del conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* de acuerdo a su distribución potencial; mientras que para el Estado de México se tiene documentado la presencia de la liebre cola negra *Lepus californicus*, la liebre torda *Lepus callotis*, del conejo montés *Sylvilagus cunicularius*, el conejo castellano *Sylvilagus floridanus*, el conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* y del conejo zacatuche *Romerolagus diazi* (Nelson, 1909; Hall, 1981; Ceballos y Galindo, 1984; Ceballos y Gisselle, 2005 y USNM, 2015).

## ANTECEDENTES

### CONOCIMIENTO DE LA MASTOFAUNA DE HIDALGO

El conocimiento actual de la fauna mastozoológica del país se basa de manera fundamental en trabajos realizados por investigadores extranjeros, principalmente de los Estados Unidos de Norteamérica, quienes capitalizaron sus esfuerzos de colecta en la producción de publicaciones basadas en los ejemplares de mamíferos colectados en México. El número de publicaciones referentes a la mastofauna mexicana ha ido en aumento a través del tiempo y los autores mexicanos han participado cada vez con mayor intensidad (Guevara-Chumacero *et al.*, 2001).

Sin embargo, aunque la diversidad de mamíferos en México es un tema recurrente y uno de los mejor conocidos en cuanto a fauna silvestre mexicana, los diferentes análisis elaborados se basan en especies que presentan registros y distribuciones históricas (Guevara-Chumacero *et al.*, 2001). Existe una necesidad por conocer la identidad y la distribución geográfica de las especies de mamíferos, debido a que, probablemente muchas se encuentran desaparecidas localmente ya que se encuentran sujetas a procesos de defaunación importantes (generados principalmente por actividades humanas); lo que lleva a actualizar los inventarios o en su caso evaluar si la fauna de un determinado lugar geográfico se encuentra vigente (Coronel-Arellano, 2004), información básica con la cual se comienza a entender la estructura de la comunidad, su función y procesos dentro de la misma.

Guevara-Chumacero *et al.* (2001) hacen una compilación de trabajos publicados en un periodo que abarcó 105 años de registro, sobre trabajos mastozoológicos que se desarrollaron a lo largo del siglo XX, reportando 175 publicaciones de estudios que se llevaron a cabo en Hidalgo, poniendo a esta entidad como una de las que se encuentran medianamente estudiadas. Al analizar la información sobre la mastofauna del estado de Hidalgo, Sánchez-Rojas y Moreno (2002) encontraron que el número de especies reportadas era de 137; 49 especies de quirópteros y 88 especies de mamíferos terrestres. Encuentran que de los 632 registros de mamíferos reportados para Hidalgo, presentan el problema de que la mitad no cuenta con información acerca de su ubicación geográfica. El 45% del estado no cuenta con ningún registro de mamíferos, el 54% de los municipios cuentan con al menos una colecta y solo el 9% cuentan con más de 25 registros.

Para Hidalgo se reportan ocho localidades típicas (sitio geográfico donde se capturó o procede el ejemplar tipo de una especie o subespecie) que agrupan 10 especies. Las localidades y especies son, El Chico: *Conepatus mesoleucus mesoleucus* y *Thomomys umbrinus albigularis*; Irolo: *Cratogeomys merriami irolonis*; Jacala: *Corynorhinus townsendii australis*; Real del Monte: *Dipodomys phillipsii phillipsii*; Tula: *Cratogeomys tylorhinus tylorhinus*; Tulancingo: *Cryptotis mexicana obscura*; Zimapán: *Neotoma*

*albigula leucadon* y dos de las cuales son de lagomorfos; Apan: *Sylvilagus audubonii parvulus* e Irolo: *Lepus californicus festinus* (Álvarez *et al.*, 1997). Resulta imperativo incrementar los estudios enfocados a la conservación y manejo de la mastofauna en el país. En especial sobre especies endémicas, en alguna categoría de riesgo y aquellas de importancia cinegética (Guevara-Chumacero *et al.*, 2001). En el caso específico de Hidalgo donde la diversidad mastofaunística es medianamente conocida, es importante continuar avanzando en el conocimiento del número y tipo de especies de mamíferos presentes, para así establecer su situación en términos de conservación uso y manejo (Coronel-Arellano, 2004).

#### PARTICIPACIÓN DE LAS COLECCIONES MASTOZOLÓGICAS DE MÉXICO EN LA CONSERVACIÓN

A pesar de que México es un país rico en diversidad mastofaunística, es urgente llevar a cabo estudios sobre diferentes temas, entre otros: taxonomía, sistemática, genética y biogeografía, con fines de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica. Es indudable, por tanto, el papel de las colecciones científicas al generar conocimiento sobre la diversidad biológica (Lorenzo *et al.*, 2006); de igual manera, son fundamentales en la clasificación y descripción de las especies, pues representan un modelo comparativo de diversidad. La recolecta científica brinda la oportunidad de comprender los procesos ecológicos y evolutivos de las especies. En los últimos años se ha desarrollado una amplia gama de herramientas que ayudan a diferentes análisis, entre otros, los morfológicos, morfométricos y genéticos, todos involucrados en observar la variabilidad entre poblaciones y comunidades. Es justamente en este punto donde las colecciones científicas son un acervo invaluable para diferentes estudios (Lorenzo *et al.*, 2006).

Muchos de los investigadores dedicados al estudio ecológico de los mamíferos, fundamentan sus investigaciones en información obtenida de los ejemplares depositados en las colecciones científicas. De igual forma, hoy en día, se han incrementado los estudios sobre ecomorfología, lo que sin duda obliga al investigador a revisar un gran número de ejemplares de una especie en particular y relacionar sus características morfológicas con las de su hábitat (Lorenzo *et al.*, 2006). En una colección mastozoológica puede encontrarse una gran riqueza genética, ya que ésta funge, también, como un acervo de biodiversidad a ese nivel. Utilizando técnicas moleculares de algunos ejemplares depositados en las colecciones pueden establecerse sus relaciones filogenéticas y evolutivas y obtener la identidad genética de diversas especies. Igualmente, es posible estudiar la variación genética poblacional actual y de épocas pasadas al comparar con ejemplares albergados en colecciones a partir de muestras de tejido (Ríos y Álvarez-Castañeda, 2006).

En aspectos de conservación, los principales autores sobre este tema mencionan que antes de conservar hay que conocer. Esto es, antes de realizar alguna propuesta de conservación sobre cierta especie de algún sitio en particular habrá que conocer determinados aspectos de



su biología, y las colecciones científicas resultan el primer sitio a consultar. (Lorenzo *et al.*, 2006).

## CÓDIGOS DE BARRAS DE DNA

La identificación basada en la morfología, puede presentar algunas limitaciones significativas, como por ejemplo tanto la plasticidad fenotípica y la variabilidad genética de los caracteres utilizados para el reconocimiento de las especies, puede llevar a identificaciones incorrectas. Se puede pasar por alto taxones morfológicamente crípticos, que son comunes en muchos grupos. Algunas veces las claves morfológicas suelen ser eficaces sólo para una etapa de vida en particular o sexo. Por último, aunque las versiones interactivas modernas representan un avance importante, el uso de claves a menudo exige un alto nivel de conocimientos para evitar errores diagnósticos. Estas limitaciones señalan la necesidad de utilizar nuevas herramientas de apoyo para el reconocimiento de los taxones (Hebert *et al.*, 2003) y los códigos de barras de DNA pueden servir como una nueva herramienta complementaria tanto para los taxonomistas, como para personas que no sean especialistas y que necesitan hacer una rápida identificación (BOL, 2016).

En 2003, Paul Hebert, investigador de la Universidad de Guelph en Ontario, Canadá, propuso al "código de barras genético" como una manera de identificar a las especies. La región del gen que se utiliza como el código de barras estándar para casi todos los grupos de animales es una región de 648 pares de bases en el gen mitocondrial citocromo c oxidasa I (BOL, 2016).

El gen citocromo c oxidasa I (COI) tiene dos ventajas importantes. En primer lugar, las secuencias iniciadoras de la transcripción son relativamente grandes en la mayoría, si no es que en todos los phylum animales, lo que asegura que en la mayoría de los casos la recuperación del fragmento de este gen sea casi completa. En segundo lugar, COI posee un mayor rango de señal filogenética que cualquier otro gen mitocondrial, ya que los nucleótidos de la tercera posición muestran una alta incidencia de sustituciones de bases, que conduce a una tasa de evolución molecular elevada. Lo que permite no solo una discriminación de especies muy afines, sino también grupos filogeográficos dentro de una sola especie (Cox y Hebert 2001 y Hebert *et al.*, 2003). La manera en que se logra la identificación de las especies utilizando esta técnica, es bajo una serie de análisis que llevan a establecer que una secuencia de un espécimen problema pertenece o no a una especie que cuenta con códigos de barras de DNA validados. Dicha secuencia es comparada con las bases de datos existentes usando análisis de similitud y de distancias genéticas, permitiéndole agruparse con secuencias existentes de su misma especie (Hebert *et al.*, 2003).

La técnica de código de barras de DNA se ha utilizado en diferentes grupos animales, en específico para mamíferos, solo por mencionar un par de estudios se han utilizado como

una herramienta para poder diferenciar entre especies filogenéticamente cercanas y de especies morfológicamente parecidas, como el caso de la martucha *Potos flavus* cuya morfología es muy parecida a los olingos *Bassaricyon* sp en donde la técnica permitió distinguirlos claramente (López-Zamora, 2016). En el caso de los tlacuaches *Didelphis virginiana* y *Didelphis marsupialis*, cuya distribución ocurre simpátricamente en México y cuya morfología es muy similar, se demostró que el marcador molecular COI es una buena herramienta que permite diferenciarlos claramente (Cervantes *et al.* 2011). En específico para lagomorfos aún no se encuentran trabajos publicados en donde se haya empleado esta técnica como apoyo a su identificación. La técnica de códigos de barras de DNA es una nueva herramienta que puede servir de apoyo a las identificaciones taxonómicas tradicionales, en el caso de las especies de conejos mexicanos donde su morfología es muy similar, se requiere de técnicas que faciliten la identificación correcta de las mismas y parece que el uso de esta nueva herramienta puede ser un buen apoyo para este fin, permitiendo diferenciar entre las especies y quizá hasta entre poblaciones de una misma especie.

## **HIPÓTESIS**

(1) La distribución potencial reportada para los mamíferos de México, se basa en los registros históricos de investigadores principalmente extranjeros; por lo que se espera que los registros de ejemplares de lagomorfos de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro, depositados en colecciones científicas, pertenezcan en su mayoría a colecciones de Estados Unidos de Norteamérica y se cuente con pocos registros actualizados y de colecciones mexicanas.

(2) La diversidad mastofaunística de Hidalgo es medianamente conocida; por lo que, se espera que los reportes de lagomorfos para la entidad sean pocos y no representen la totalidad de muestreo del estado.

(3) El municipio de Huichapan se encuentra dentro de la distribución potencial reportada para cuatro especies de lagomorfos; por lo tanto, se espera registrar su presencia dentro de los terrenos ejidales de Jonacapa.

(4) La identificación taxonómica de las especies de conejos mexicanos es difícil debido a que su morfología es muy similar y requiere de ejemplares de museo; por lo tanto se espera que mediante el uso de las herramientas taxonómicas morfológicas convencionales, se pueda identificar plenamente cada una de las especies de lagomorfos presentes en los terrenos ejidales de Jonacapa.

(5) En estudios anteriores el uso de la técnica de código de barras de DNA, ha permitido distinguir entre especies fenotípicamente parecidas; por lo que se espera que el marcador molecular COI permitirá identificar plenamente cada una de las especies de lagomorfos presentes en la zona de estudio, y confirmar la identificación taxonómica.

## **OBJETIVOS**

### OBJETIVO GENERAL:

- Registrar e identificar las especies de lagomorfos presentes dentro de los terrenos ejidales de Jonacapa, municipio de Huichapan, Hidalgo, México.

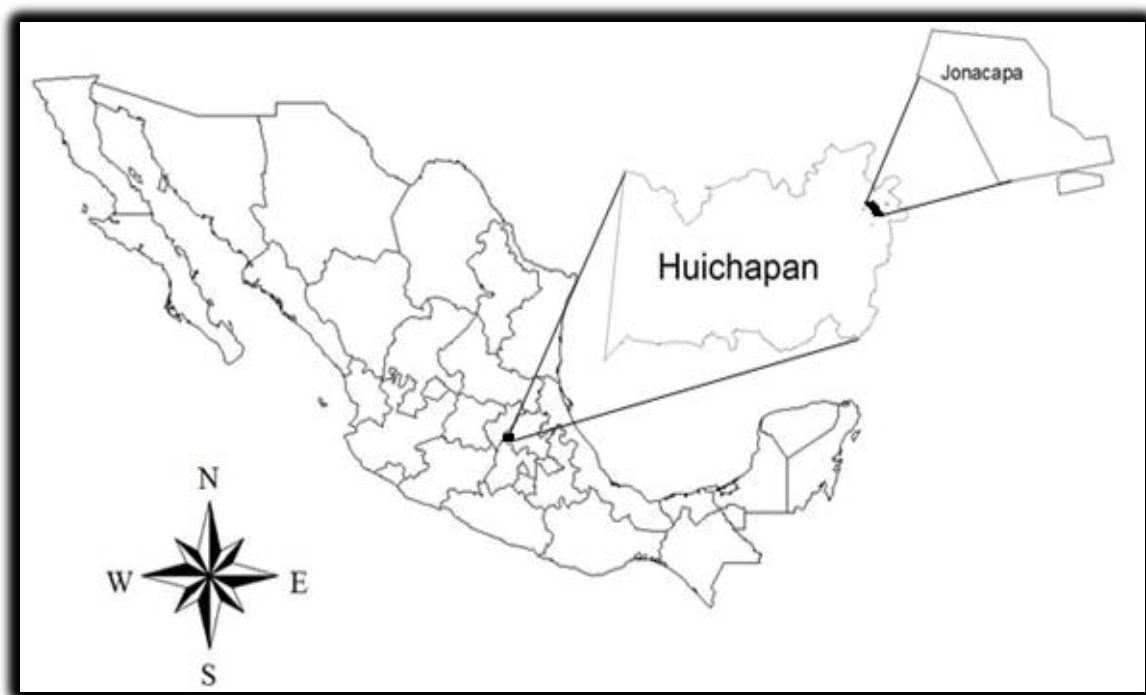
### OBJETIVOS PARTICULARES:

- Recabar información sobre los registros que se tienen de lagomorfos depositados en alguna colección científica tanto de México como del extranjero, de las entidades del Estado de México, Hidalgo y Querétaro.
- Identificar morfológicamente las especies de lagomorfos presentes en los terrenos ejidales de Jonacapa.
- Confirmar la identificación de las especies mediante un marcador molecular COI.
- Registrar la presencia de lagomorfos en la zona de estudio, mediante la incorporación de ejemplares a la CNMA.
- Aportar información sobre la distribución actual de los lagomorfos dentro de la zona de estudio.

## ÁREA DE ESTUDIO

### UBICACIÓN

El estado de Hidalgo cuenta con tres grandes regiones muy diferentes entre sí, la Huasteca al Norte, la Sierra al Centro y el Altiplano al Sur; a su vez la Sierra se divide en seis subregiones (Sierra Alta, Sierra Baja, Sierra Gorda, Sierra de Tenango, Valle de Tulancingo y la Comarca Minera) y el Altiplano se divide en tres subregiones (Valle del Mezquital, la Cuenca de México y la Altiplanicie Pulquera) que junto con la Huasteca forman las 10 regiones naturales en que se divide el Estado de Hidalgo (Apéndice 2; Gobierno del Estado de Hidalgo, 2014). El municipio de Huichapan se localiza al Oeste del estado de Hidalgo, en el Valle del Mezquital. Colinda al Norte con el municipio de Tecozautla; al Este con los municipios de Tecozautla, Alfajayucan y Chapantongo; al Sur con los municipios de Chapantongo y Nopala de Villagrán; al Oeste el estado de Querétaro. Ocupa el 3.17% de la superficie del estado. Cuenta con 109 localidades y una población total de 44 253 habitantes. La zona de muestreo abarca una superficie de aproximadamente 10.3 km<sup>2</sup> de terrenos ejidales a los que se tuvo acceso, así como un terreno particular ubicados al Sur de la localidad de Jonacapa, la cual se ubica al Noreste del municipio de Huichapan a una distancia aproximada de 14 km de la cabecera municipal (Fig. 1), en las coordenadas 20°26'21'' de latitud Norte y 99°31'57'' de longitud Oeste, a una altura de 2300 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2010).



**Figura 1.** Localización geográfica del poblado de Jonacapa, municipio de Huichapan, estado de Hidalgo.

## FISIOGRAFÍA

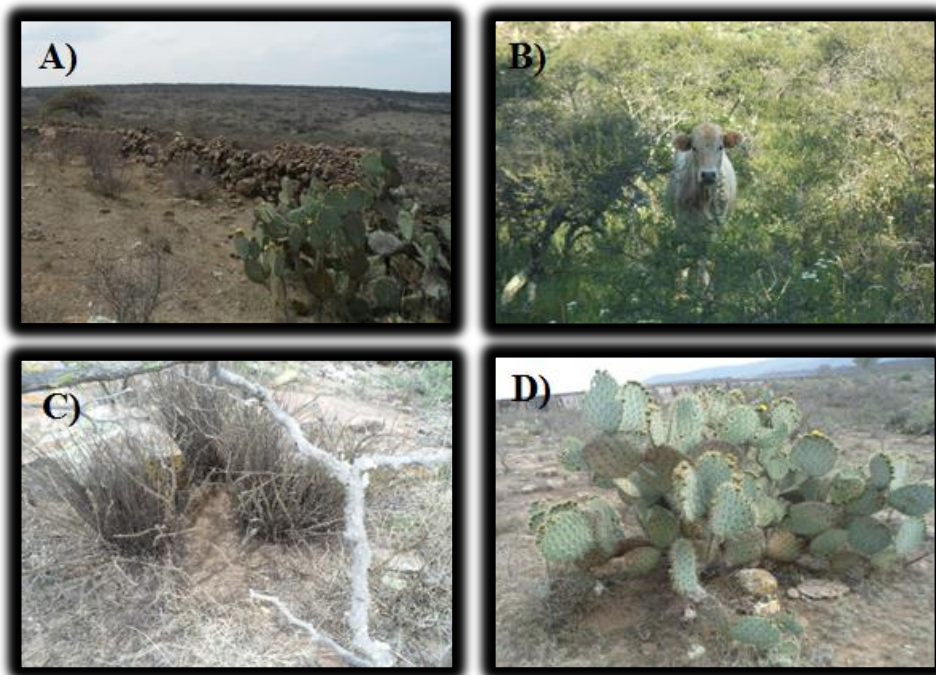
Jonacapa se encuentra en un relieve de lomerío, que representa el 46.94% del territorio de Hidalgo (INEGI, 2010).

## CLIMA

Presenta una temperatura media de 15.4°C, una precipitación media de 522.3 mm y su clima es semiseco templado con lluvias en verano e invierno seco (CONAGUA, 2009).

## USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

El tipo de roca dominante es la ígnea extrusiva, presenta suelos predominantes de tipo phaeozem y su uso de suelo está destinado a la agricultura de temporada (INEGI, 2010) de maíz principalmente, siendo esta la principal actividad económica del lugar, aunque cuentan con poco ganado (bovino y ovino principalmente) que pasta libremente en los terrenos ejidales y particulares a los que tienen acceso; todo esto aunado a la extracción de madera, de tierra y extracción de plantas ha venido modificando la composición florística del lugar. La vegetación está conformada por matorral crasicaule con una comunidad dominada por *Mimosa biuncifera*, *Opuntia* sp. y *Zaluzania augusta*, además de una gran presencia de *Selaginella* sp., helechos y líquenes así como parches de bosque de *Quercus* sp. (Rzedowski, 1983) sobre todo a la orilla de cañadas formadas por el paso del agua que corre en temporada de lluvia de las presas, construidas como medio de almacenaje (Figs. 2-5).



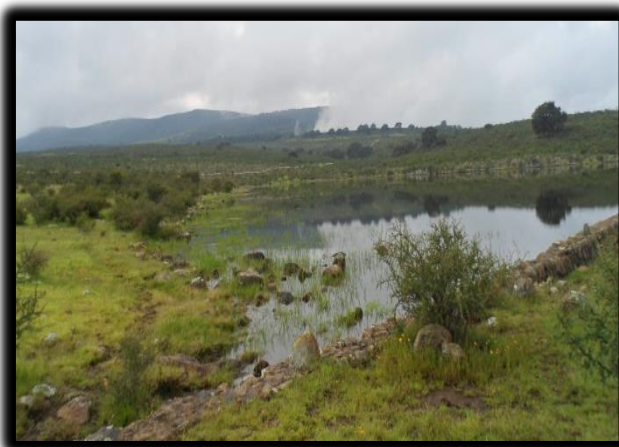
**Figura 2.** Características de la zona de estudio. A) presencia de nopales (*Opuntia* sp.) nótese las bardas formadas con las rocas de la zona para delimitar los terrenos. B) presencia de ganado, becerro entre los arbustos espinosos de *Mimosa biuncifera*. C) “echadero” (lugar de resguardo del sol y de los depredadores) de liebre entre helechos. D) “echadero de liebre” bajo una *Opuntia* sp.



**Figura 3.** Vegetación presente en los alrededores del poblado de Jonacapa; matorral crasicaule compuesto principalmente de arbustos espinosos (*Mimosa biuncifera*), nopales (*Opuntia* sp.) y con presencia de encinos (*Quercus* sp.) bordeando las cañadas.



**Figura 4.** Temporada seca; arbustos secos de *Mimosa biuncifera*, gramíneas y líquenes sobre las rocas.



**Figura 5.** Temporada de lluvia; se observa pequeños cuerpos de agua rodeados de gramíneas, nopaleras (*Opuntia* sp.) y arbustos de *Mimosa biuncifera* completamente verdes.

## MÉTODOS

### TRABAJO DE CAMPO

Se llevaron a cabo un total de seis salidas de campo en las fechas siguientes: del 15 febrero 2012 al 18 febrero 2012, del 17 mayo 2012 al 21 mayo 2012, del 25 marzo 2013 al 29 marzo 2013, del 28 septiembre 2013 al 02 octubre 2013, del 07 febrero 2014 al 12 febrero 2014 y del 08 noviembre 2014 al 11 noviembre 2014.

### Colecta de ejemplares

Se siguieron los procedimientos recomendados por Sikes *et al.* (2011), para la colecta manejo y preservación de ejemplares. Se utilizaron escopetas de calibre 16 y 20, bajo el amparo del permiso de colector no. FAUT-0002 expedido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con el permiso del presidente municipal de Huichapan y de los ejidatarios de Jonacapa. Se realizaron caminatas dentro de los ejidos del poblado así como propiedades privadas a las que se tuvo acceso, los recorridos se realizaban dos veces al día: durante las mañanas (una hora antes del amanecer y hasta las 12 horas) y por las tardes (dos horas antes del atardecer y hasta anochecer). Todos los ejemplares colectados fueron medidos y pesados utilizando una cinta métrica de 180 cm y una báscula digital LCD de 45 kg marca WeiHeng con una precisión de 10 g, al mismo tiempo se tomó el punto de colecta con un geoposicionador satelital (GPS) y se anotó la vegetación predominante del sitio.

### Registros visuales

Se tomó el registro de los lagomorfos avistados durante los recorridos, mediante los criterios definidos por Nelson (1909), Chapman y Wilner (1978), Chapman *et al.* (1980), Hall (1981), Ceballos y Galindo (1984), Troy y Hill (1993), de igual manera que con los ejemplares colectados se georreferenció el punto en el que se observó el ejemplar y se anotó la vegetación predominante en el sitio.

### TRABAJO DE GABINETE

### Taxidermia y limpieza de esqueletos

Los ejemplares colectados fueron catalogados y depositados en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del Instituto de Biología de la UNAM (Apéndice 3), la nomenclatura y clasificación de los organismos se basó en Hall (1981) y Ceballos y Arrollo-Cabrales (2012). Se prepararon bajo las técnicas convencionales de preparación de pieles y esqueletos de ejemplares de museo (Ramírez *et al.*, 1989) y cuatro ejemplares tuvieron que preservarse mediante la técnica de curtido por sulfato de aluminio (Apéndice 4) debido a que por la cercanía con la que se dio el disparo éstos se maltrataron.

### Toma de muestra de tejidos

Se tomó muestra de tejidos de corazón, hígado, músculo y riñón. De los primeros cuatro ejemplares las muestras se tomaron en campo las cuales fueron depositadas en tubos



Eppendorf con alcohol al 96% para posteriormente trabajarlos en laboratorio; el resto de los ejemplares fueron congelados y tanto su preparación como toma de tejidos fue en el laboratorio; todos los tejidos fueron depositados en la colección de tejidos congelados de la CNMA a una temperatura de -70°C.

#### IDENTIFICACIÓN DE LOS EJEMPLARES

La identificación de los ejemplares a nivel específico consideró los siguientes criterios:

1. De acuerdo con su distribución.
2. De acuerdo con los patrones de coloración del pelaje.
3. Con base en estructuras somáticas y craneales.
4. Mediante un marcador molecular (COI).

#### **1.- Distribución**

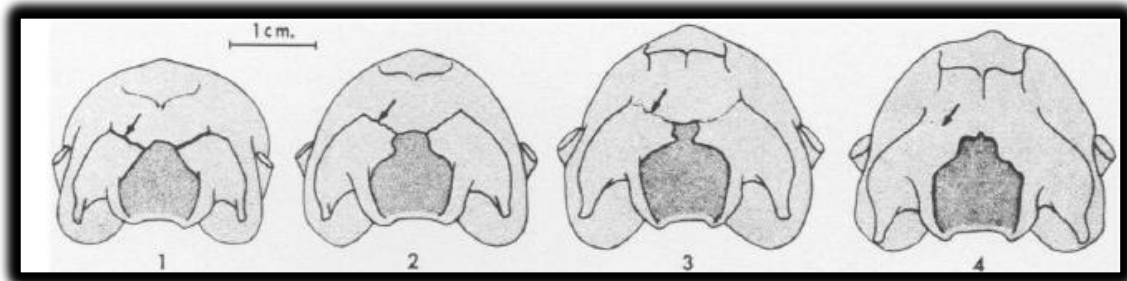
Se siguió la distribución potencial propuesta por Hall (1981), Ceballos y Gisselle (2005) y USNM (2015). Se obtuvieron las coordenadas de los ejemplares depositados en colecciones mastozoológicas tanto del país como del extranjero con ayuda de la base de datos de los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá (López, 2003), el portal Vertebrate Network (VertNet, 2015) y la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB, 2015). Se utilizó el programa libre QGIS versión 2.12.3 para elaborar mapas con los puntos de colectas reportados para las 4 especies de lagomorfos presentes en Hidalgo y de las entidades federativas del Estado de México y Querétaro, debido a su cercanía con el área de estudio. También se elaboraron mapas con los puntos obtenidos tanto de los ejemplares colectados como de los ejemplares observados.

#### **2.- Patrones de coloración del pelaje**

Se siguieron los mismos criterios que para los registros visuales, se compararon las pieles de los ejemplares colectados con pieles de ejemplares depositados en la CNMA y se tomaron fotografías para observar claramente las diferencias que hay entre cada especie.

#### **3.- Estructuras somáticas y craneales**

Para determinar la edad de los organismos se siguieron los criterios de Hoffmeister y Zimmerman (1967) quienes establecen cuatro categorías de edad de acuerdo con el grado de fusión de la sutura exoccipital-supraoccipital de los cráneos. En la categoría I no hay evidencia de fusión a lo largo de la sutura (de 21 a 92 días de edad). En la categoría II la sutura es claramente visible, pero no se observa ninguna fusión a lo largo de la misma (93 a 105 días de edad). En la categoría III la sutura se puede discernir por lo general sólo con la ayuda de una lupa o un microscopio (106 a 170 días de edad). En la categoría IV la sutura no es discernible y no hay cresta en el occipicio (más de 170 días; Fig. 6).



**Figura 6.** Vista posterior de los cráneos de *Silvilagus floridanus*, muestra los cambios en la sutura exoccipital-supraoccipital de la edad de la categoría 1 a 4 (tomado de Hoffmeister y Zimmerman, 1967).

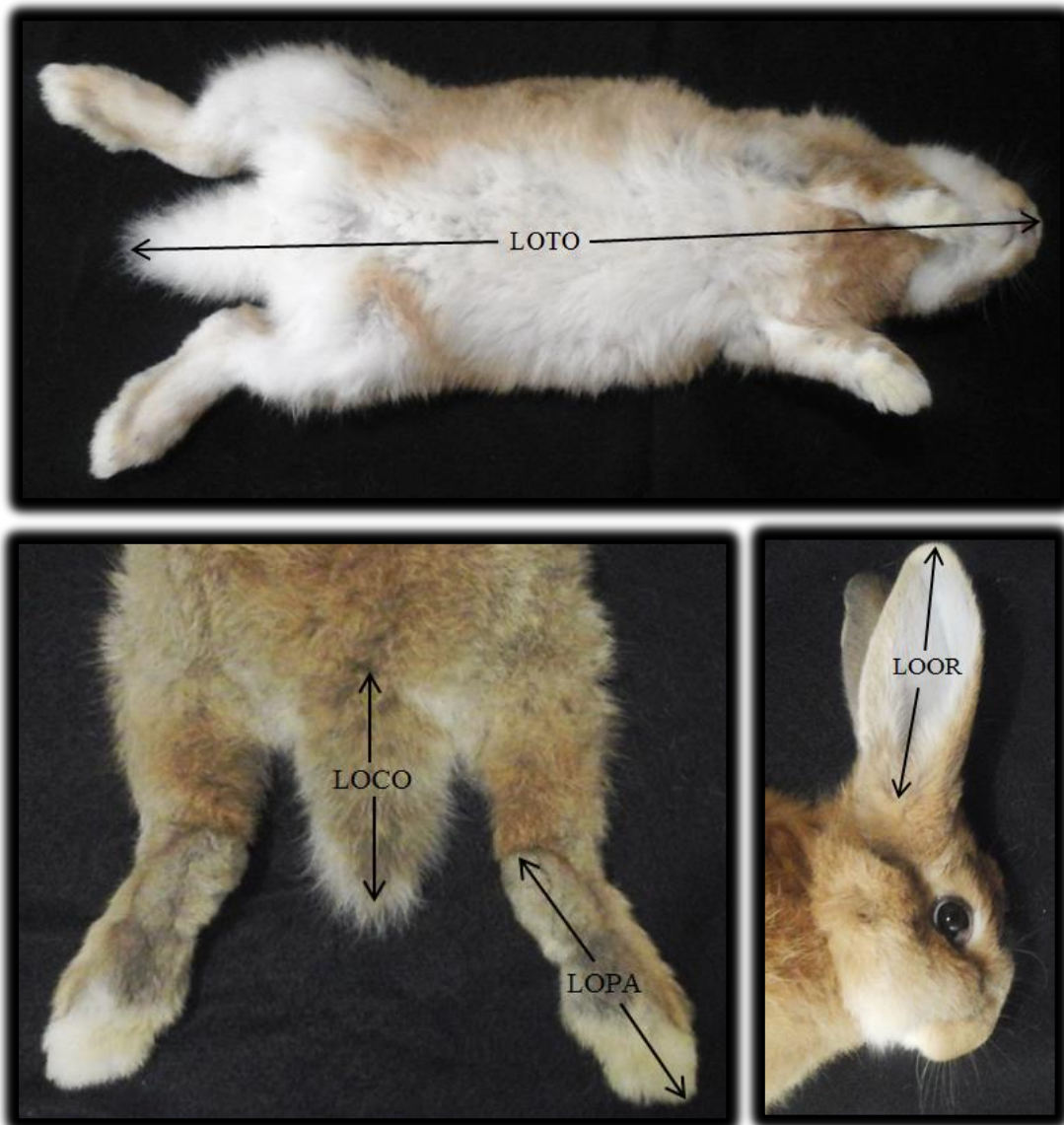
Se consideraron tanto las medidas somáticas como las craneales para compararlas con identificaciones de trabajos previos (Nelson, 1909; Hall, 1981 y Cervantes y Montiel, 2005) las estructuras fueron medidas con un calibrador digital, con una precisión de 0.01mm.

Las variables somáticas convencionales consideradas fueron (Hall, 1981 y Ramírez *et al.*, 1989): 1-1 Longitud total del cuerpo (LOTO) es la distancia que va de la punta de la nariz hasta la punta de la cola vertebral del ejemplar; 2-2 Longitud de la cola vertebral (LOCO) se obtiene midiendo la distancia que va desde el nacimiento de la cola vertebral hasta su extremo distal; 3-3 Longitud de la pata posterior derecha (LOPA) se mide la distancia que va desde el talón hasta el extremo del dedo más largo o hasta el extremo de la uña de ese dedo; 4-4 Longitud de la oreja derecha (LOOR) se mide la distancia que media entre la base inferior del trago hasta el extremo distal de la pina y peso (PESO; Fig. 7).

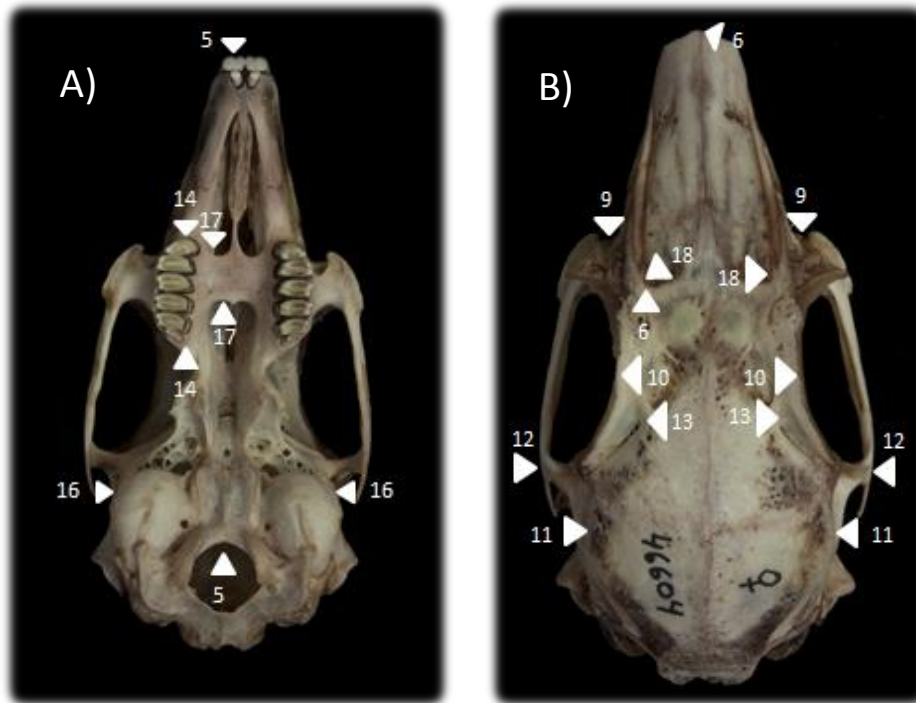
Las variables craneales consideradas fueron (Cervantes y Vargas, 1992 y Cervantes y Montiel 2005): 5-5 Longitud basal (LOBA) de la muesca ventral media del foramen magnum a la cara anterior del  $I^1$ ; 6-6 Longitud de los nasales (LONA) del punto más anterior del hueso nasal al punto posterior, tomada a la mitad del cráneo; 7-7 Profundidad del rostro (PRRO) tomada desde el punto más ventral del rostro, donde se forma la sutura del premaxilar y el maxilar en línea perpendicular a la superficie dorsal de los nasales; 8-8 Longitud de la bula auditiva (LOBU), longitud anteroposterior mayor de la bula auditiva; 9-9 Ancho del rostro (ANRO), tomada en dirección perpendicular al proceso anterior de los yugales a la altura de los premolares; 10-10 Anchura interorbital (ANIO), mayor distancia dorsalmente entre los orbitales; 11-11 Anchura del parietal (ANPA), anchura máxima del parietal; 12-12 Anchura cigomática (ANZI), anchura mayor entre el borde de ambos cigomáticos; 13-13 Constricción postorbital (COPO), el menor diámetro lateral del cráneo entre la muestra postorbital; 14-14 Longitud de la hilera de dientes del maxilar (LDMX), máxima longitud alveolar del maxilar, tomada desde el borde más anterior del alveolo del  $PM^1$  al borde más posterior del alveolo del  $M^3$ ; 15-15 Diámetro del meato auditivo (DIMA); 16-16 Anchura de la caja craneana (ANCC), anchura mayor, tomada debajo de la proyección libre de cada arco cigomático, anterior a las bulas; 17-17 Longitud del puente

palatino (LOPP), longitud máxima de la placa palatina; 18-18 Anchura de los nasales (ANNA), mayor anchura a través de ambos nasales; 19-19 Longitud mayor del cráneo

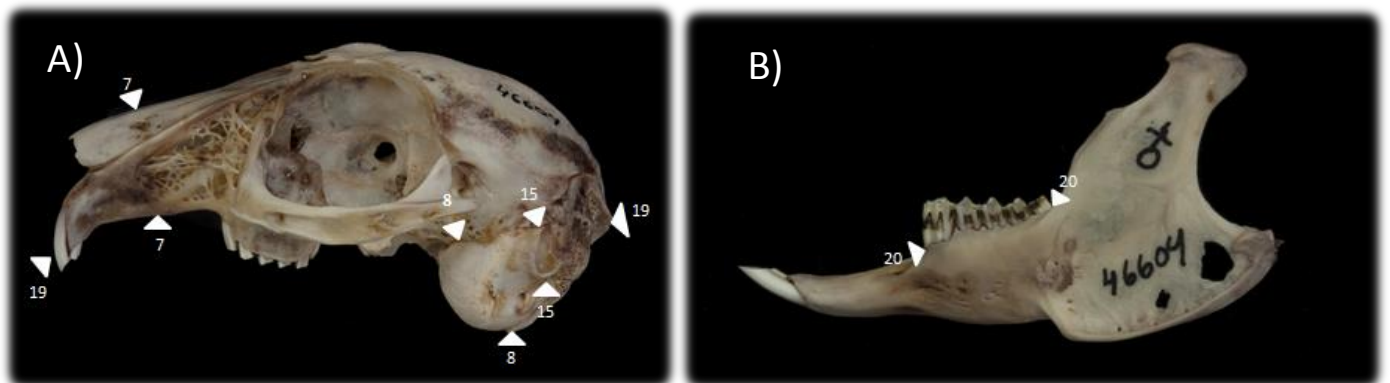
(LOMC), tomada a lo largo del eje longitudinal del cráneo, del punto más anterior de la premaxila (usualmente entre los incisivos) al punto más posterior de la placa supraoccipital; 20-20 Longitud de la hilera de dientes de la mandíbula (LDMA), el borde más anterior del alveolo del PM<sup>1</sup> al borde más posterior del alveolo del M<sup>3</sup> (Figs. 8 y 9).



**Figura 7.** Medidas somáticas estándar para mamíferos.



**Figura 8.** Medidas craneales A) vista ventral y B) vista dorsal del cráneo: 5-5 (LOBA); 6-6 (LONA); 9-9 (ANRO); 10-10 (ANIO); 11-11 (ANPA); 12-12 (ANZI); 13-13 (COPO); 14-14 (LDMX); 16-16 (ANCC); 17-17 (LOPP); 18-18 (ANNA) (Fotos tomadas por Jocelyn Díaz Santiago).



**Figura 9.** Medidas craneales A) vista lateral izquierda del cráneo y B) vista lateral izquierda de la mandíbula: 7-7 (PRRO); 8-8 (LOBU); 15-15 (DIMA); 19-19 (LOMC); 20-20 (LDMA) (Fotos tomadas por Jocelyn Díaz Santiago).

#### 4.- Marcador molecular COI

##### Extracción de DNA

La extracción de DNA se realizó a partir de muestras de tejido muscular obtenidas de seis ejemplares colectados, utilizando el kit comercial (Biobasic™), siguiendo el protocolo del fabricante (Apéndice 5). Para determinar la presencia e integridad de DNA se realizó una electroforesis en gel de agarosa al 1% (Labcitec™), utilizando Buffer TAE 1X (Tris, ácido acético y EDTA 0.5M), se corrieron 5µl de cada muestra agregando 1µl de colorante Gel Red, los parámetros que se utilizaron fueron: 120 volts, 500 mA durante 30 minutos y se visualizaron en un transiluminador de rayos ultra violeta.

##### Amplificación y secuenciación

Se realizó la amplificación del fragmento de gen mitocondrial COI, por medio de la técnica basada en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés), se utilizaron los primer FishF2 y FishR2 (Ivanova *et. al.*, 2007; Cuadro 1). Las amplificaciones se llevaron a un volumen total de 15µl, que contenían: 10.85µl de agua ultra pura, 1.5µl de Buffer A 10x (500 mM KCl, 100 mM Tris-HCl, pH 9.1, 0.1% Triton™ X-100), 0.75µl MgCl<sub>2</sub> (50mM), 0.3µl de dNTP's (10mM), 0.24µl de cada primer (10mM), 0.12µl de Taq Polimerasa (5U/µl), y 1µl de DNA templado (~10 ng), utilizando el programa del termociclador que consta de 35 ciclos de 2 minutos iniciales de 94°C, seguido de 30 segundos a 94°C, 40 segundos a 52°C y 1 minuto a 72°C, con una extensión final de 10 minutos a 72°C. Los productos obtenidos de la PCR fueron visualizados mediante una electroforesis en gel de agarosa al 1.5% en buffer TAE 1X, se cargaron 3µl de cada muestra agregando 1µl de GelRed, utilizando un marcador molecular de 100pb (Thermo Scientific GeneRuler™ 100pb DNA Ladder) para confirmar por comparación visual si la amplificación obtenida fue del tamaño deseado (~600-700 pb) y se corrió con los mismos parámetros al gel anterior; posteriormente se visualizaron en un transiluminador de rayos ultra violeta. Los productos de la PCR obtenidos fueron enviados a secuenciar a la High-Throughput Genomics Center de la Universidad de Washington, en Seattle Estados Unidos, recibiendo los archivos de las secuencias vía correo electrónico.

**Cuadro 1.** Primers utilizados para amplificar el fragmento COI

Primer	Sentido	Secuencia 5'-3'
FishF2	Forward	TCGACTAATCATAAAGATATCGGCAC
FishR2	Reverse	ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA

## Alineación y análisis

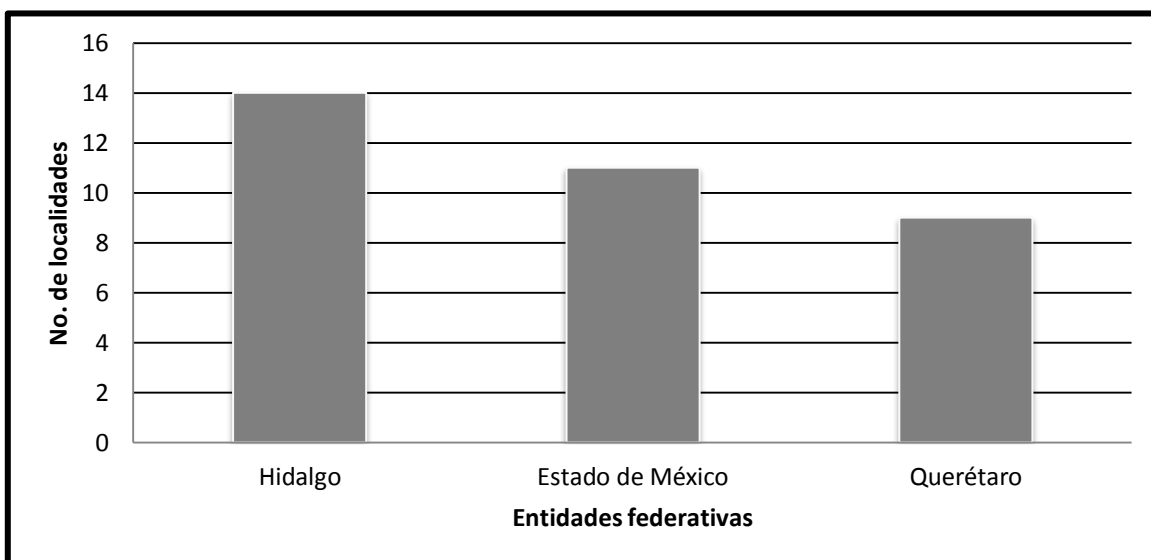
Las secuencias se editaron con el programa Finch TV Versión 1.4.0 (Geospiza Inc., ©2004-2006) y se alinearon utilizando la función Clustal W del programa Mega6 (Tamura *et. al.* 2013). Una vez alineadas las secuencias, con ayuda de la herramienta de Búsqueda de Alineamientos Básicos Locales (BLAST) se compararon con secuencias depositadas en los portales de GenBank y BOLD Systems, para obtener porcentajes de identidad.

Se generó una biblioteca de referencia que incluye 64 secuencias del gen COI (Apéndice 7) disponibles en los portales de GenBank y/o BOLDsystems, así como secuencias generadas por el proyecto de la CNMA, UNAM mammals of Mexico; de éstas, nueve pertenecen al grupo hermano (orden Rodentia), 14 pertenecen a la familia Ochotonidae y 41 de la familia Leporidae, así mismo se incluyeron los alineamientos obtenidos de las seis secuencias problema y también con ayuda del programa Mega6 (Tamura *et. al.* 2013) se efectuó un análisis de similitud para generar un árbol con el parámetro 2 de Kimura (Kimura, 1980), utilizando el algoritmo Neighbor-Joining (NJ) con 1000 replicaciones para obtener los valores de Bootstrap (Saitou y Nei, 1987), así mismo se generaron grupos de las especies *L. californicus*, *L. callotis*, *S. floridanus* y *S. audubonii* con las secuencias de la biblioteca de referencia para ser comparados contra grupos formados por las secuencias analizadas y obtener una matriz de distancias genéticas entre los grupos; también se obtuvo una matriz de distancias genéticas entre las secuencias de las especies analizadas.

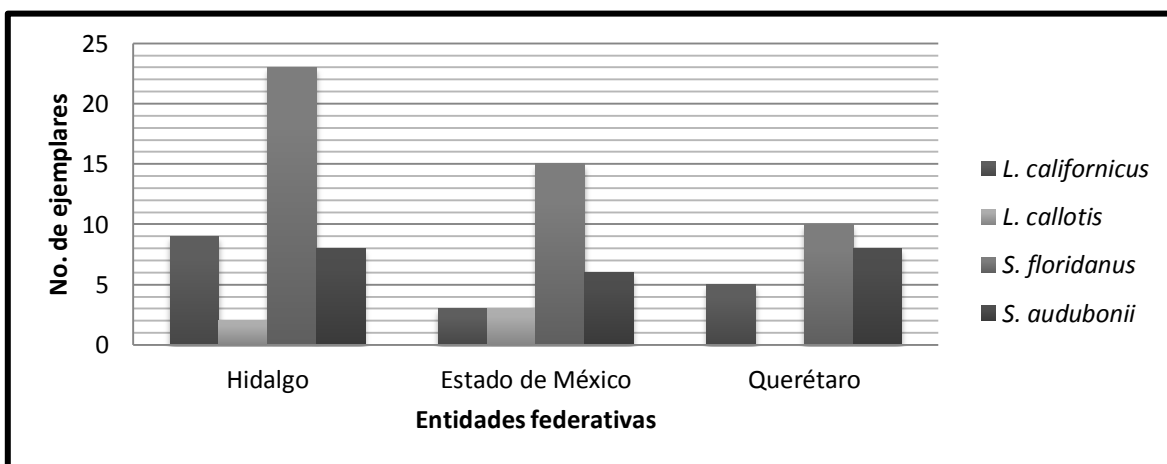
## RESULTADOS

### 1. DISTRIBUCIÓN

Se encontró registro de 90 ejemplares depositados en nueve colecciones científicas de USA y tres de México, pertenecientes a 34 localidades diferentes de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro; Hidalgo cuenta con el mayor número de registros con 42 ejemplares de 14 localidades diferentes, seguido del Estado de México con 27 ejemplares de 11 localidades diferentes y por último Querétaro cuenta con registro de 23 ejemplares de nueve localidades diferentes (Apéndice 6). El taxón con mayor número de registros es el conejo castellano *S. floridanus* y el taxón con menor número de registros es la liebre torda *L. callotis* (Figs. 10 y 11).

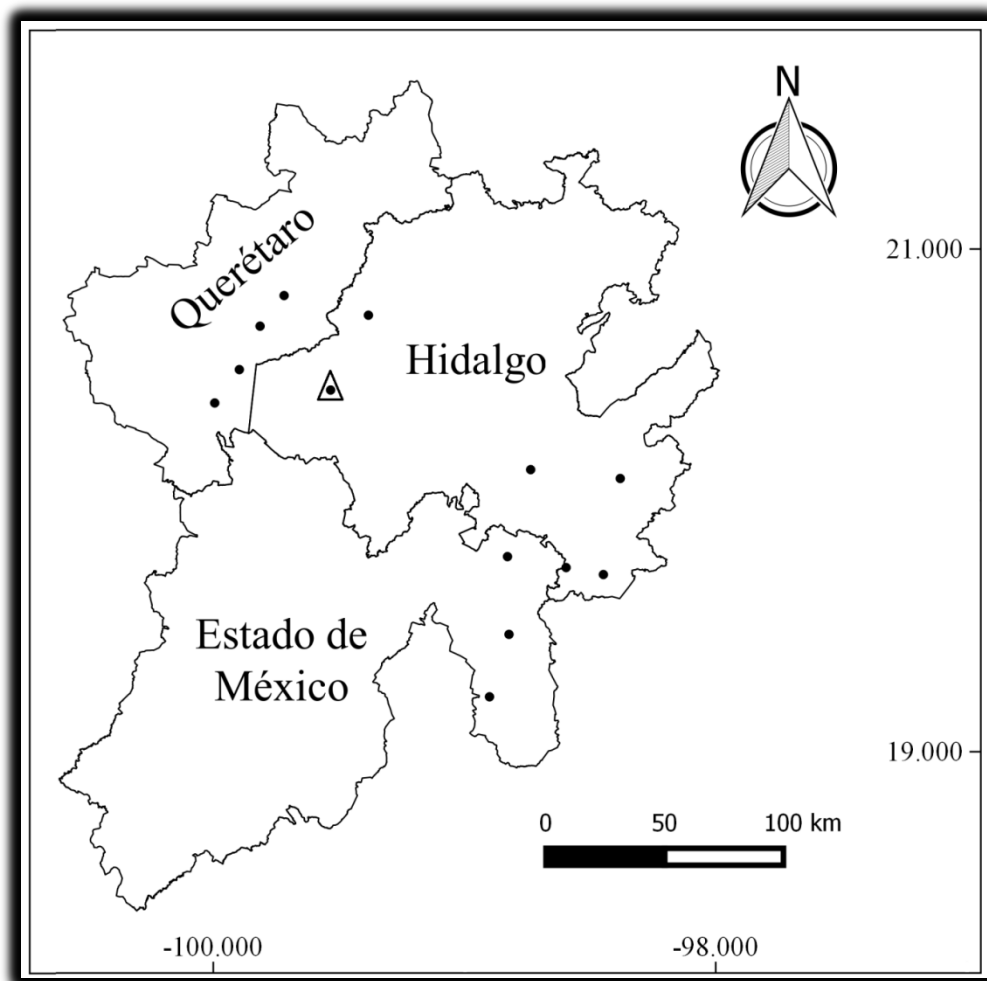


**Figura 10.** Número de localidades de las entidades federativas de Hidalgo, Estado de México y Querétaro que cuentan con un registro de lagomorfos, depositados en alguna colección científica.



**Figura 11.** Número de ejemplares de lagomorfos de las entidades federativas de Hidalgo, Estado de México y Querétaro que se encuentran depositados en alguna colección científica.

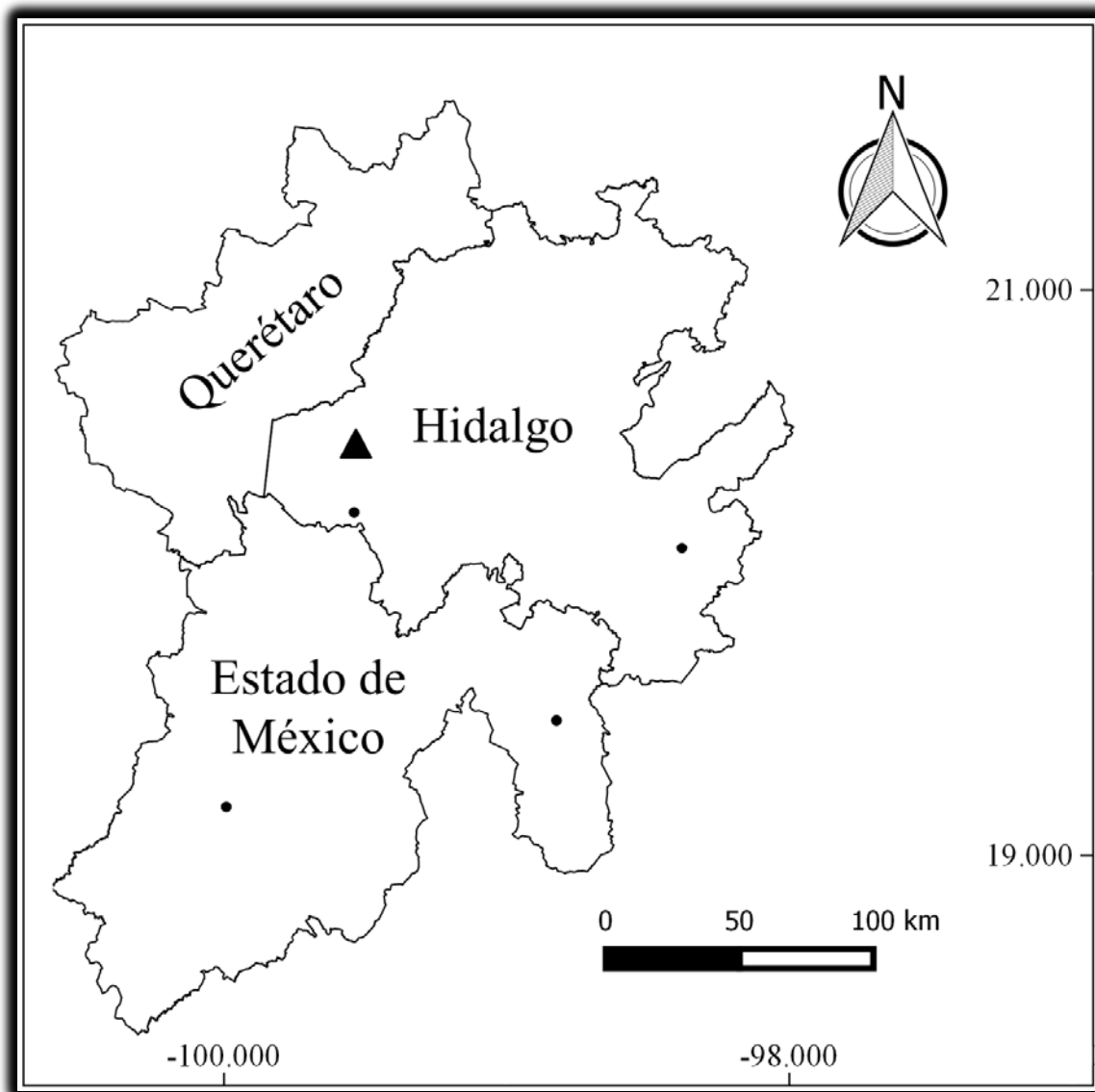
En el caso de la liebre cola negra *L. californicus* se tiene un registro de 17 ejemplares de 12 localidades diferentes (Apéndice 6), Hidalgo cuenta con el mayor número de registros con un total de nueve ejemplares pertenecientes a cuatro localidades del SE (dos ubicadas en la región de la Altiplanicie Pulquera, una en la región del Valle de Tulancingo y una en la región de la Comarca Minera; Apéndice 2) y una localidad al NW del estado (ubicada en la región de la Sierra Gorda); nuestra área de estudio es la primera localidad de la región del Valle de Mezquital que cuenta con un registro de esta liebre y se ubica a 36.88 km SW al punto más próximo que cuenta con un registro, perteneciente a la localidad de Zimapán y a 41.71 km SE con el punto más próximo de Querétaro que es la localidad de Tequisquiapan. Querétaro cuenta con un registro de cinco ejemplares pertenecientes a cuatro localidades diferentes, mientras que el Estado de México cuenta con un registro de tres ejemplares de tres localidades diferentes de esta liebre (Fig. 12).



**Figura 12.** Localidades de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro que cuentan con registro de colecta de ejemplares de la liebre cola negra *Lepus californicus*, triángulo muestra ubicación del área de estudio.

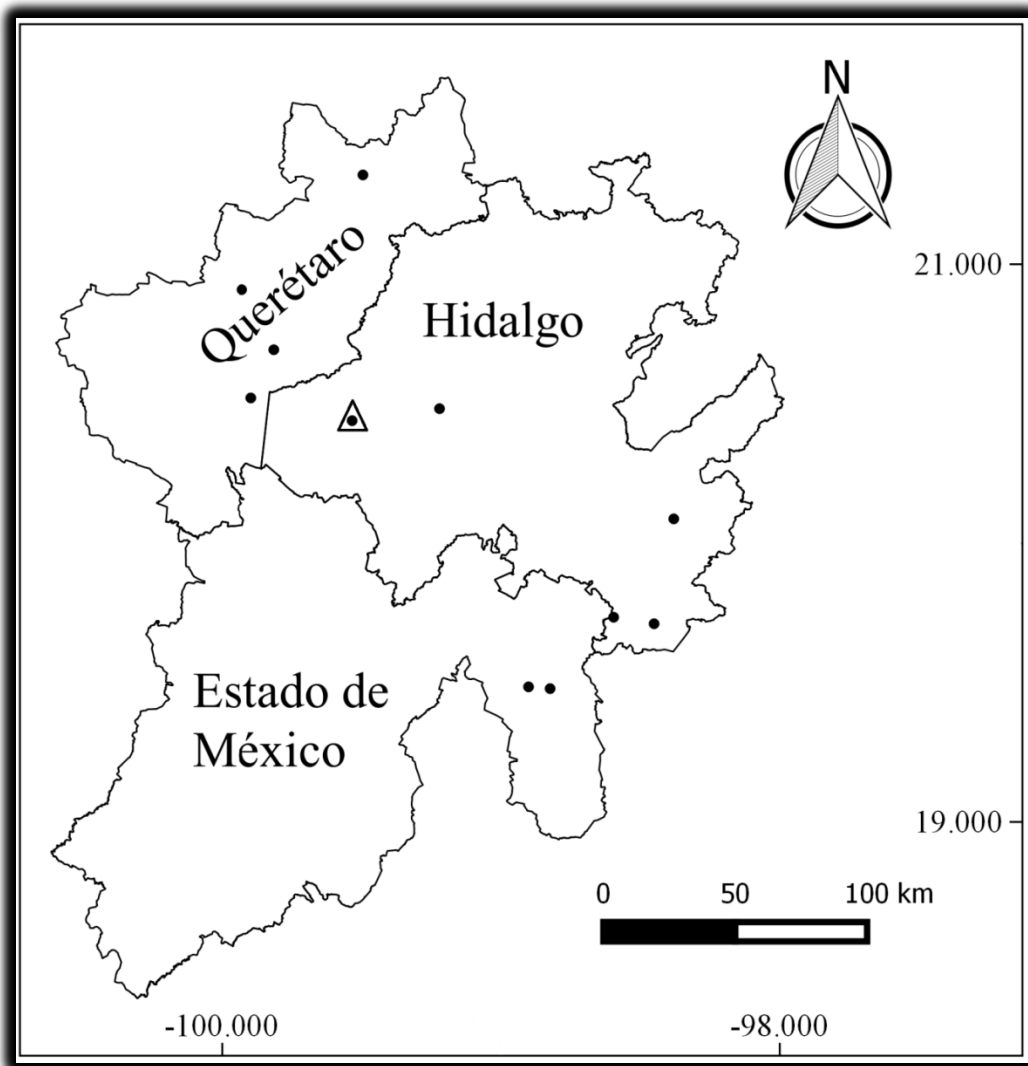


En el caso de la liebre torda *L. callotis* se tiene un registro de cinco ejemplares de cuatro localidades diferentes (Apéndice 6), hay únicamente dos ejemplares reportados para Hidalgo uno perteneciente a una localidad al SE (ubicada en la región del Valle de Tulancingo; Apéndice 2) y la otra ubicada al SW del estado (ubicada en la región del Valle del Mezquital); en nuestro estudio no se capturaron ni se avistaron ejemplares de esta liebre, el punto más próximo a nuestra área de estudio que cuenta con un reporte se encuentra a 25.16 km al S siendo la localidad de Márquez. Querétaro no cuenta con ningún registro de esta liebre mientras que para el Estado de México se tienen tres registros de dos localidades diferentes (Fig. 13).



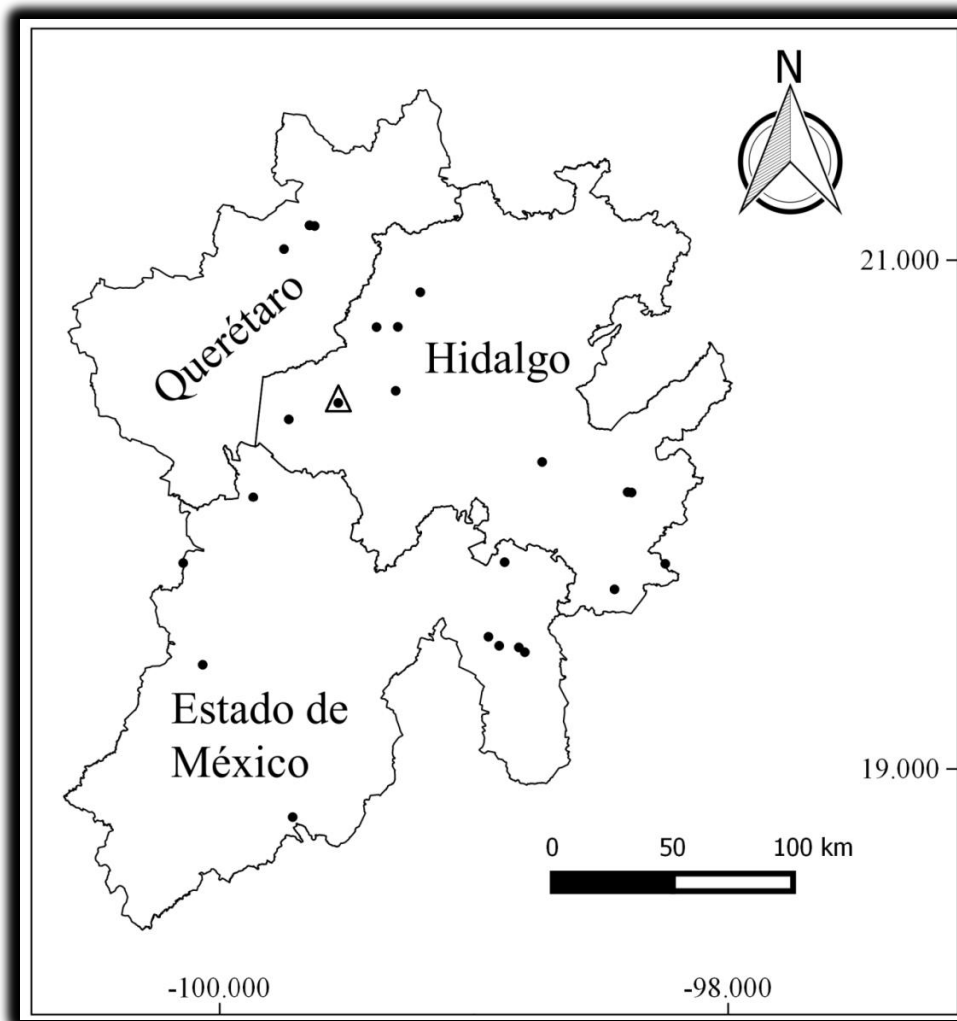
**Figura 13.** Localidades de las entidades federativas del Estado de México e Hidalgo que cuentan con registro de colecta de ejemplares de la liebre torda *Lepus callotis*, Querétaro no cuenta con ningún registro de esta liebre; triángulo muestra ubicación del área de estudio, no hubo colectas y tampoco avistamientos.

En el caso del conejo del desierto *S. audubonii* se encontró un registro de 22 ejemplares de 10 localidades diferentes (Apéndice 6), para Hidalgo se obtuvieron ocho registros que se ubican en tres localidades al SE del estado (dos en la región de la Altiplanicie Pulquera y una en el Valle de Tulancingo; Apéndice 2) y una al W (ubicada en la región del Valle del Mezquital) siendo la localidad de Ixmiquilpan, que a su vez es el punto más próximo a nuestra área de estudio ubicado a 35.89 km E, cabe mencionar que nuestro registro es el segundo para esta zona del estado. La localidad más cercana de Querétaro con respecto a nuestra área de estudio se ubica a una distancia de 41.71 km NW que es la localidad de Tequisquiapan. Querétaro cuenta con ocho registros de cuatro localidades diferentes y el Estado de México cuenta con seis registros pertenecientes a dos localidades diferentes (Fig. 14).



**Figura 14.** Localidades de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro que cuentan con registro de colecta de ejemplares del conejo del desierto *Sylvilagus audubonii*, triángulo muestra ubicación del área de estudio.

Para el caso del conejo castellano *S. floridanus* se tiene un registro de 46 ejemplares en 22 localidades diferentes (Apéndice 6), para Hidalgo hay 23 ejemplares registrados de 10 localidades diferentes, cinco localidades ubicadas en la región SE del estado (dos pertenecientes a la región de la Altiplanicie Pulquera, dos al Valle de Tulancingo y una a la región de la Comarca Minera; Apéndice 2), dos al W (pertenecientes a la región del Valle del Mezquital) y tres al NW (pertenecientes a la región de la Sierra Gorda); nuestra área de estudio se ubica en medio de dos localidades que cuentan con registros, la localidad de Huichapan es la más cercana ubicada a una distancia de 22.65 km W y la localidad de Portezuelo se ubica a una distancia de 26.04 km E con respecto a nuestra área de estudio, lo que la convierte en el tercer registro de esta especie para la zona del Valle del Mezquital. El Estado de México cuenta con 15 registros de nueve localidades diferentes mientras que Querétaro cuenta con 10 registros de tres localidades diferentes (Fig. 15).



**Figura 15.** Localidades de las entidades federativas del Estado de México, Hidalgo y Querétaro que cuentan con registro de colecta de ejemplares del conejo castellano *Sylvilagus floridanus*, triángulo muestra ubicación del área de estudio.

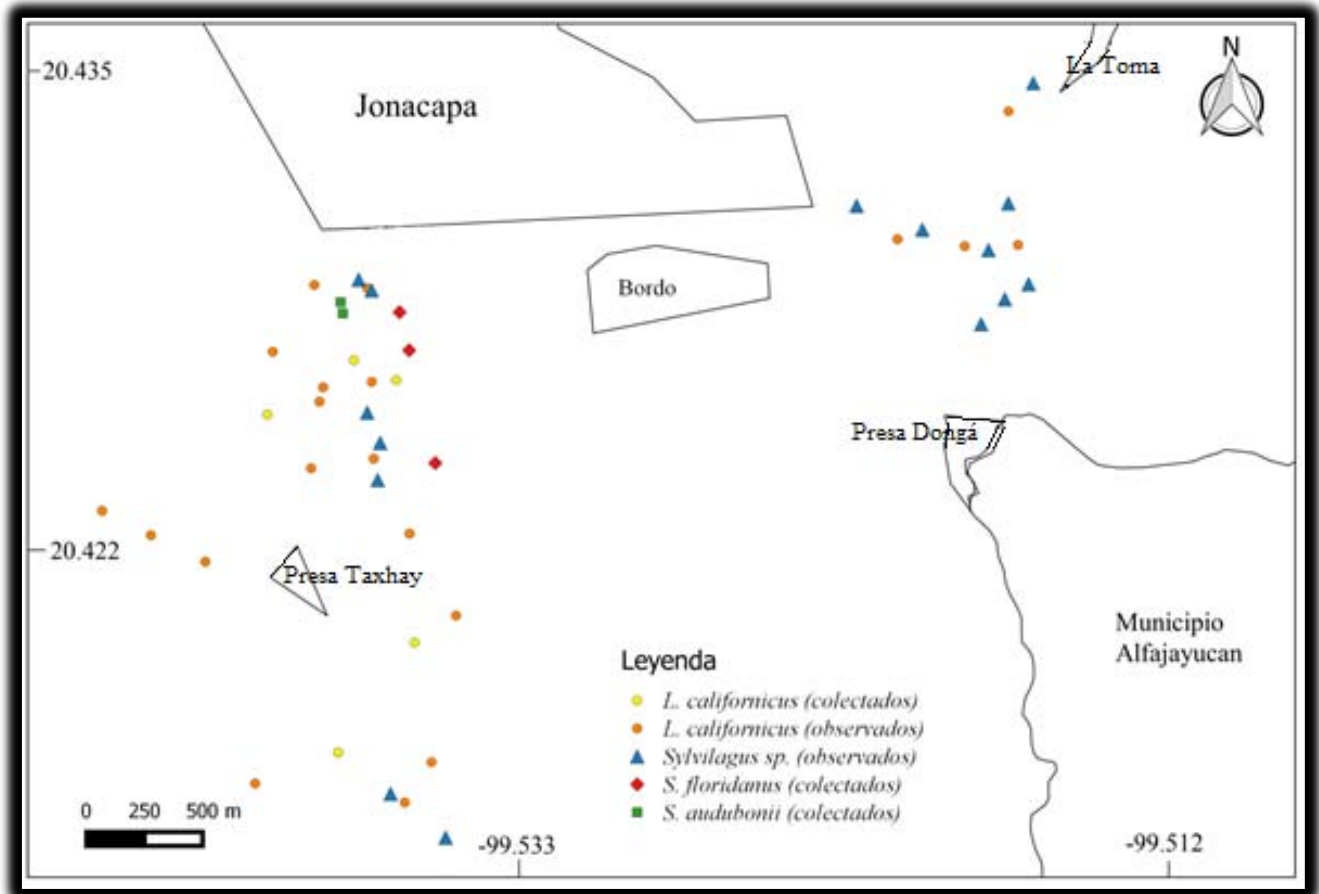
### 1.1 Distribución dentro del área de estudio

Se registraron 35 avistamientos, 20 fueron liebres, todas pudieron ser identificadas como *L. californicus* gracias a su coloración característica (la punta negra de las orejas y la línea negra en la cola) y 15 conejos identificados solamente hasta género *Sylvilagus* sp, debido a que el fenotipo entre los miembros de este género es muy similar, haciendo que su identificación en campo sea difícil, por lo que se requiere coleccionar ejemplares para poder observar sus características fenotípicas a detalle.

Se coleccionaron 10 ejemplares, cinco liebres identificadas como *L. californicus festinus* de las cuales cuatro fueron machos adultos y una hembra lactante que presentó “bubas” en la pata derecha, que son las larvas de una especie de mosca parásita (Leopold, 1959). Se coleccionaron cinco conejos de los cuales tres fueron identificados como *S. floridanus orizabae*, dos fueron machos adultos y una hembra preñada; dos conejos fueron identificados como *S. audubonii parvulus* ambas fueron hembras, una de ellas estaba preñada y la otra fue identificada como un ejemplar juvenil (Apéndice 3; Fig. 16).

Se capturaron dos conejas preñadas y una liebre lactante, todas en el mes de marzo, así mismo se capturó una hembra de *S. audubonii* juvenil (etapa II) en el mes de noviembre, que de acuerdo con la clasificación propuesta por Hoffmeister y Zimmerman (1967), debió de haber nacido aproximadamente en el mes de agosto; en el mes de octubre se registró una camada de 3 gazapos de *Sylvilagus* sp., de un mes de edad aproximadamente, lo que nos indica que los lepóridos en esta zona presentan por lo menos dos periodos reproductivos: uno en la temporada seca entre los meses de febrero-marzo y uno en la temporada de lluvias entre los meses de agosto-septiembre.

Se observó que las liebres se distribuyen en las zonas más abiertas con predominancia de gramíneas y especies de nopales (*Opuntia* sp.), así como en colinas con predominancia de arbustos espinosos de *M. biuncifera* y en menor medida *Opuntia* sp, ya que utilizan esta vegetación como “echaderos”, que son pequeñas depresiones debajo de la cobertura vegetal que les sirven para resguardarse del sol y protegerse de la vista de los depredadores (Fig. 2), por lo que vemos una mayor presencia de liebres en la zona Oeste de nuestra área de estudio (Fig. 16). Hay una mayor presencia de miembros del género *Sylvilagus* sp. en lechos de arroyos en la temporada seca ya que les ofrecen refugio, debido a la gran presencia de rocas ígneas expuestas que les sirven como madrigueras; las cañadas con una gran presencia de encinos (*Quercus* sp.), helechos, cactáceas y algunas gramíneas, así como terrenos mejor conservados, con una mayor diversidad de vegetación (gramíneas, agaves *Agave* sp. y nopales *Opuntia* sp. principalmente) también cuentan con una mayor presencia de conejos. Además se observó que tanto las liebres como los conejos, utilizan los parches de *Selaginella* sp. pequeñas rocas expuestas y las bases de troncos de arbustos, como letrinas, muy probablemente para resaltar el olor (Fig. 17).



**Figura 16.** Distribución espacial de liebres (*Lepus californicus*) y conejos (*Sylvilagus* sp., *Sylvilagus audubonii* y *Sylvilagus floridanus*.) avistados y colectados en el área de estudio.



**Figura 17.** Letrinas de lagomorfos sobre rocas expuestas y en la base de troncos de arbustos talados.

## 2. PATRONES DE COLORACIÓN

Las pieles de los 10 ejemplares colectados se compararon con ejemplares identificados y depositados en la CNMA; de acuerdo a la coloración del pelaje, cinco coincidieron con características propias de la liebre cola negra *L. californicus festinus*, tres con ejemplares de *S. floridanus orizabae* y dos para ejemplares de *S. audubonii parvulus*.

El fenotipo de las liebres presentes en Hidalgo permite distinguir fácilmente a cada una de las especies. La liebre torda *L. callotis* en la parte posterior de la punta de las orejas presenta un parche negro, mientras que la parte anterior y los contornos de las orejas son blancos; la coloración del pelaje del dorso es ante, *L. callotis* pertenece al grupo denominado liebres de costados blancos, debido a que presenta una zona blanca que se extiende desde el abdomen hasta los flancos y que gracias a músculos especiales, puede extender sus costados mostrándolos durante su avance (Nelson, 1909); la cola es oscura en la parte dorsal y blanca en su parte ventral. En el caso de la liebre cola negra *L. californicus* no se presenta el parche negro en la punta de las orejas en su parte posterior, pero presenta una coloración oscura en la punta de las orejas en su parte anterior; la coloración del pelaje del dorso es grisácea oscura que se va aclarando hacia los flancos y presenta una franja negra que va del dorso hasta la cola, esta característica es la que le da su nombre de liebre cola negra (Nelson, 1909; Hall, 1981; Ceballos y Galindo, 1984; Figs. 18-20).

La principal característica que se pudo distinguir a simple vista entre los ejemplares de *Sylvilagus* sp., fue el tamaño. El conejo castellano *S. floridanus* es de mayor tamaño en comparación con el conejo del desierto *S. audubonii* y presenta orejas de menor tamaño en proporción al tamaño de su cuerpo; su pelaje es largo y denso, la coloración del dorso es marrón oscuro que se va desvaneciendo hacia los flancos tomando una coloración marrón claro a grisáceo y la coloración de la cola es uniforme. *S. audubonii* es de menor tamaño en comparación a *S. floridanus*, por lo que en la zona los pobladores lo llaman “mejua” que en el idioma otomí quiere decir pequeño o chiquito, el tamaño de las orejas es mayor en proporción al tamaño de su cuerpo y su pelaje es más corto y menos denso, presenta una coloración parda amarillenta oscura en el dorso que se vuelve más clara hacia los flancos y la cola presenta una línea negra en la parte central (Diersing y Wilson, 1980; Chapman *et al.*, 1980; Hall, 1981 y Ceballos y Galindo, 1984; Figs. 21-23).



**Figura 18.** Ejemplares de liebre torda *Lepus callotis* de la CNMA (I- 40789 y II- 40790), ejemplares de liebre cola negra *Lepus californicus* colectadas (III- 46601 y IV- 46602). 1. Coloración de la parte posterior de las orejas, 2. Coloración del contorno de las orejas y 3. Coloración del dorso.



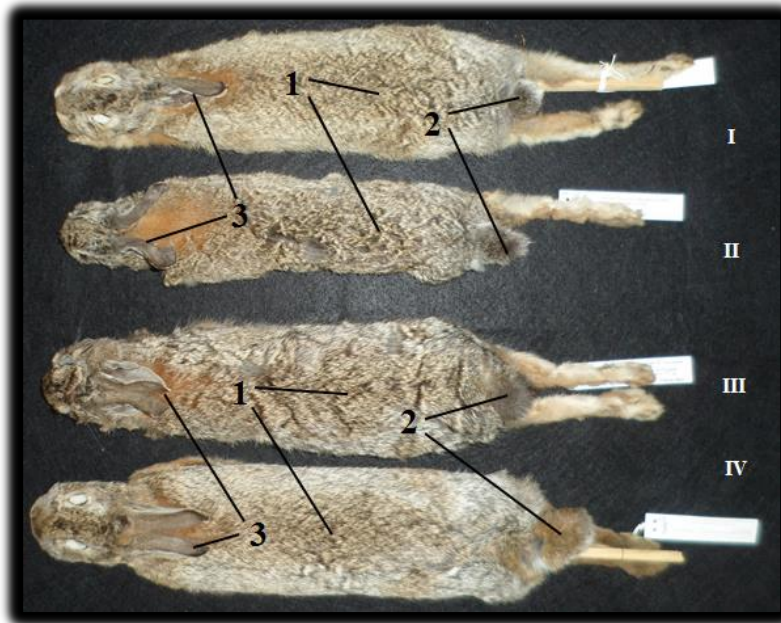
**Figura 19.** Ejemplares de liebre torda *Lepus callotis* de la CNMA (I- 40789 y II- 40790), ejemplares de liebre cola negra *Lepus californicus* colectadas (III- 46601 y IV- 46602). 1. Coloración de los flancos y 2. Coloración de la cola.



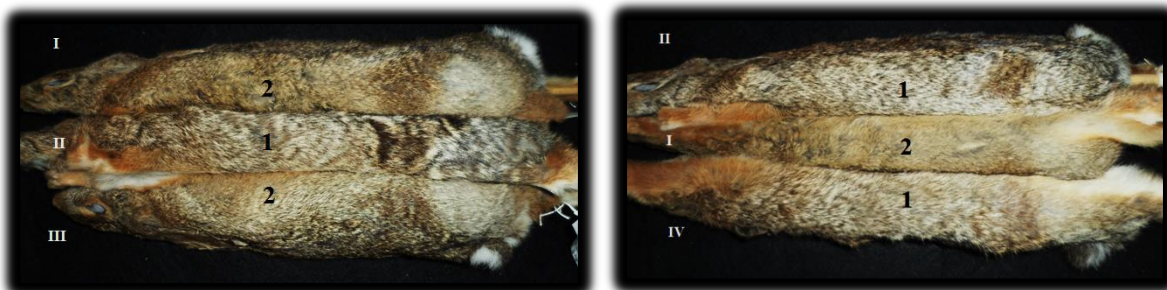
**Figura 20.** Coloración de los flancos: 1. Ejemplares de liebre torda *Lepus callotis* de la CNMA (II- 40789 y IV- 40790) y 2. Ejemplares de liebre cola negra *Lepus californicus* colectadas (I- 46601 y III- 46602).



**Figura 21.** Comparación de tamaño de ejemplares colectados e identificados como: 1. Conejo castellano *Sylvilagus floridanus* (46607) y 2. Conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* (46604).



**Figura 22.** Ejemplares de conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* (I- 4079 de la CNMA y II- 46604 colectado), ejemplares de conejo castellano *Sylvilagus floridanus* (III- 46607 colectado y IV- 41091 de la CNMA). 1. Coloración del dorso, 2. Coloración de la cola y 3. Largo de la orejas.



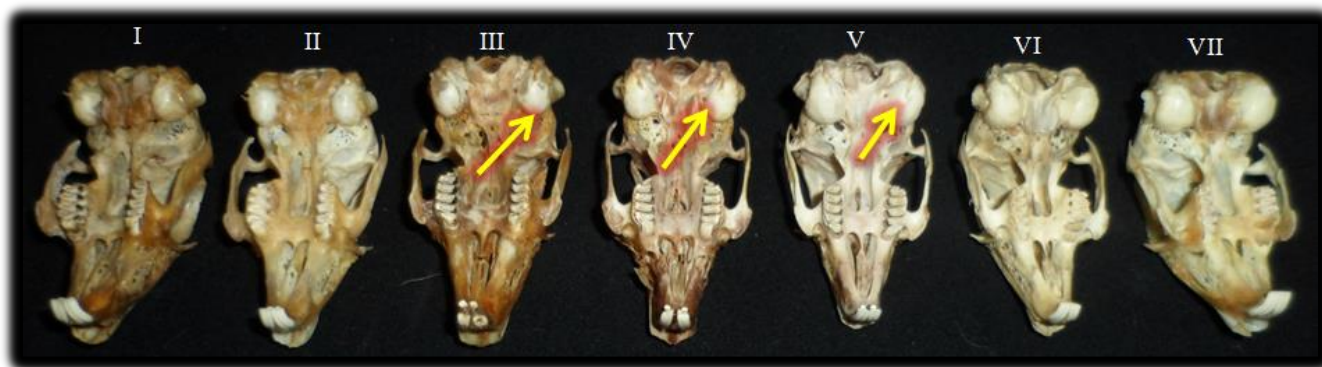
**Figura 23.** Coloración de los flancos: 1. Ejemplares de conejo castellano *Sylvilagus floridanus* (II- 46607 colectado y IV- 41091 de la CNMA) y 2. Ejemplares de conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* de la CNMA (I- 40791 y III- 40804).



### 3. ESTRUCTURAS SOMÁTICAS Y CRANEALES

De los 10 ejemplares de lagomorfos colectados, sólo se obtuvieron ocho cráneos completos, siete de los cuales se clasificaron dentro de la categoría de edad IV y un ejemplar de *S. audubonii* se clasificó como categoría de edad II (Apéndice 3). En el caso de las medidas somáticas se consideraron los siete ejemplares de la categoría IV y también se consideraron los dos ejemplares de los que no se pudo recuperar el cráneo, debido a que, de acuerdo a la coloración de su pelaje y las medidas somáticas, coinciden con las de un ejemplar adulto; para los ejemplares de *S. audubonii* no se pudo obtener su peso.

En el caso de las medidas craneales se tomaron en cuenta los siete cráneos clasificados dentro de la categoría de edad IV; Tanto la coloración del pelaje y el tamaño de las bulas timpánicas permitieron dividir en dos grupos a los ejemplares del género *Sylvilagus* (Fig. 24). Se compararon los promedios obtenidos con los de trabajos reportados previamente (Hall, 1981; Nelson, 1909 y Cervantes y Montiel, 2005).



**Figura 24.** Vista inferior de cráneos de *Sylvilagus*. Del I al IV conejos castellanos *Sylvilagus floridanus* del V al VII conejos del desierto *Sylvilagus audubonii*, las flechas muestran el tamaño de las bulas timpánicas de los ejemplares colectados (III-46605, IV-46607 y V-46604); nótese el tamaño mayor de las bulas timpánicas en el caso de los ejemplares de *S. audubonii*.

En el caso de la liebre cola negra *L. californicus* los promedios de la muestra Jonacapa se ajustan casi completamente a los intervalos propuestos por Hall (1981) salvo por la LOOR que es mayor a los propuestos por el autor. En general se observa que las medidas de la muestra Jonacapa son mayores a los promedios propuestos por Nelson (1909) y en otras como la PRRO son menores. Referente a los intervalos propuestos por Cervantes y Montiel (2005) la muestra Jonacapa solo difiere en los promedios de la LOBA y ANPA, siendo mayores a los propuestos por los autores (Cuadro 2).

En el caso del conejo del desierto *S. audubonii* únicamente se compararon las medidas de un cráneo; las medidas se ajustan casi completamente a los intervalos propuestos por Hall (1981) salvo por la LOPA que es menor en la muestra Jonacapa. Las medidas de la muestra Jonacapa difieren en tres variables a los promedios propuestos por Nelson (1909), la LOTO y LOPA presentan valores menores a los propuestos por Nelson y la LOOR es mayor a los promedios propuestos por el autor. Las medidas de la muestra Jonacapa se ajustan mejor a los intervalos propuestos por Cervantes y Montiel (2005) ya que únicamente difieren en la ANPA, que presenta un valor mayor a lo propuesto por los autores (Cuadro 3).

Para el caso del conejo castellano *S. floridanus* los promedios de la muestra Jonacapa se ajustan a los intervalos propuestos por Hall (1981) salvo por la LOPA que es menor a lo propuesto por el autor. Con respecto a los promedios propuestos por Nelson (1909), la muestra Jonacapa presenta valores mayores en la LOCO, LOOR, LOBA, LONA y ANRO, y valores menores en la LOPA y ANRO. La muestra Jonacapa se ajusta mejor a los intervalos propuestos por Cervantes y Montiel (2005), ya que únicamente se obtuvo un valor mayor en la LOBA (Cuadro 4).

Al comparar las medidas del cráneo de *S. audubonii* de categoría II contra las medidas de un cráneo de *S. floridanus* de la misma categoría, se obtuvo que la LOBA, LONA, PRRO, LDMX, LOPP, ANNA, LDMA y LOMC son mayores en *S. floridanus* con respecto a *S. audubonii*, pero la LOBU, ANRO, ANIO, ANPA, ANCC, ANZI, COPO y DIMA presentan valores mayores en *S. audubonii* con respecto a *S. floridanus*. Al igual que con los individuos de categoría IV a simple vista se puede apreciar que el tamaño de la bula timpánica es mayor en *S. audubonii* en comparación con *S. floridanus* (Cuadro 5; Fig. 25).

**Cuadro 2.** Comparación de medias somáticas y craneales (mm) de la especie *Lepus californicus*, (n) = número de ejemplares considerados.

Variabes	Muestra Jonacapa	Hall (1981)	Nelson (1909)	Cervantes y Montiel (2005)
PESO (g)	2267.5 ± (5)	-	-	2100-3350 (6)
LOTO	539 ± (5)	465-630	552 ± (5)	508-598 (6)
LOCO	71.1 ± (5)	50-112	77.4 ± (5)	94-105 (6)
LOPA	126.2 ± (5)	112-145	124 ± (5)	120-133 (7)
LOOR	141.4 ± (5)	99-131	129 ± (5)	111-141 (7)
LOBA	79.09 ± (4)	-	72.1 ± (5)	63.56-77.96 (6)
LONA	41.17 ± (4)	-	38.9 ± (5)	32.76-41.74 (6)
ANRO	24.55 ± (4)	-	23.1 ± (5)	23.94-32.01 (6)
PRRO	20.45 ± (4)	-	20.7 ± (5)	18.06-22.83 (6)
ANIO	29.13 ± (4)	-	25.2 ± (5)	23.62-31.31 (6)
ANPA	31.71 ± (4)	-	30.4 ± (5)	25.74-28.43 (6)
LOBU	13.51 ± (4)	-	13.7 ± (5)	11.83-14.46 (7)

**Cuadro 3.** Comparación de las medidas somáticas y craneales (mm) del ejemplar de *Sylvilagus audubonii*. (n) = Número de ejemplares considerados.

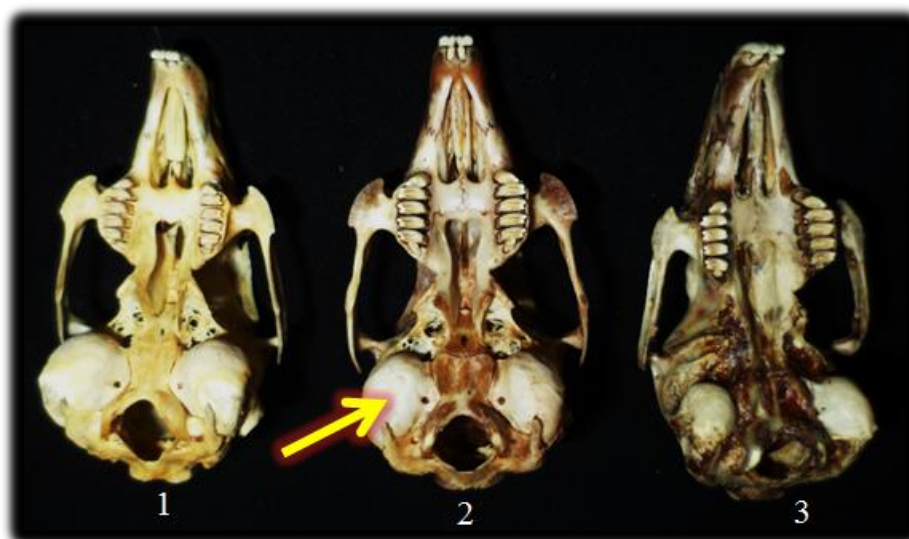
Variabes	Muestra Jonacapa	Hall (1981)	Nelson (1909)	Cervantes y Montiel (2005)
LOTO	355	350-420	359 ± (5)	320-392 (10)
LOCO	45	45-75	45.8 ± (5)	36-66 (11)
LOPA	67	75-100	76 ± (5)	64-88 (11)
LOOR	64	62-70	57.3 ± (5)	62-70 (11)
LOBA	48.53	-	48.1 ± (5)	45.76-53.93 (8)
LONA	27.27	-	27.4 ± (5)	25.75-31.28 (10)
LOBU	11.04	-	11.6 ± (5)	10.58-12 (10)
ANRO	16.13	-	16.4 ± (5)	15.91-20.28 (11)
PRRO	12.80	-	12.3 ± (5)	10.68-14.04 (10)
ANIO	17.49	-	17.6 ± (5)	15.28-18.45 (11)
ANPA	25.12	-	25.4 ± (5)	22-23.99 (9)
LOMC	64.48	-	-	62.31-67.48 (8)
LOPP	4.97	-	-	5.04-6.07 (11)
LDMX	11.16	-	-	11.03-13.67 (11)
LDMA	12.11	-	-	11.49-14.20 (11)

**Cuadro 4.** Comparación de medias somáticas y craneales (mm) de la especie *Sylvilagus floridanus*, (n) = Número de ejemplares considerados.

VARIABLES	Muestra Jonacapa	Hall (1981)	Nelson (1909)	Cervantes y Montiel (2005)
PESO (g)	1011.6 ± (3)	-	-	750-1150 (12)
LOTO	374.6 ± (3)	375-463	375 ± (5)	356-412 (12)
LOCO	45.3 ± (3)	39-65	39 ± (5)	39-63 (12)
LOPA	82.33 ± (3)	87-104	87 ± (5)	77-88 (12)
LOOR	67.33 ± (3)	49-68	59 ± (5)	58-71 (12)
LOBA	55.96 ± (2)	-	52 ± (5)	47.58-54.14 (9)
LONA	31.4 ± (2)	-	29.7 ± (5)	27.79-31.53 (12)
PRRO	13.04 ± (2)	-	13.3 ± (5)	11.88-13.93 (11)
LOBU	10.89 ± (2)	-	10.5 ± (5)	10.33-10.81 (12)
ANPA	23.15 ± (2)	-	26.4 ± (5)	22.32-24.89 (11)
ANRO	19.72 ± (2)	-	16.7 ± (5)	17.21-22.95 (11)
ANIO	17.16 ± (2)	-	17.4 ± (5)	15.26-18.94 (11)
LOMC	70.10 ± (2)	-	-	66.67-70.81 (10)
LDMX	12.77 ± (2)	-	-	12.21-13.55 (12)
LDMA	12.86 ± (2)	-	-	12.49-13.69 (11)
LOPP	6.07 ± (2)	-	-	5.56-6.72 (12)

**Cuadro 5.** Comparación de las medidas somáticas y craneales (mm) del ejemplar de *Sylvilagus audubonii* colectado y clasificado como categoría II (47401), contra un ejemplar de *Sylvilagus floridanus* de la misma categoría (26444) de la CNMA.

Variables	<i>Sylvilagus audubonii</i>	<i>Sylvilagus floridanus</i>
LOBA	44.97	47.82
LONA	22.85	24.32
LOBU	10.17	9.38
ANRO	15.87	15.35
PRRO	10.14	10.72
ANIO	15.64	10.89
ANPA	25.87	25.08
ANCC	24.75	23.58
ANZI	31.58	30.47
COPO	12.03	10.00
LDMX	10.41	10.74
LOPP	4.60	5.53
ANNA	11.36	11.99
LDMA	10.73	10.91
DIMA	5.01	4.79
LOMC	56.39	58.94



**Figura 25.** Comparación del tamaño de bulas de *Sylvilagus* categoría de edad II. 1 ejemplar de la CNMA de *Sylvilagus audubonii* (39965), 2 ejemplar colectado de *Sylvilagus audubonii* (47401, flecha amarilla muestra las bulas de mayor tamaño al ejemplar 3 y similar en tamaño al ejemplar 1) y 3 ejemplar de la CNMA de *Sylvilagus floridanus* (26444).

#### 4. MARCADOR MOLECULAR COI

Se obtuvieron seis secuencias nucleotídicas del gen COI (mDNA) cuyas longitudes una vez ya editadas oscilaron entre las 658 a 694 pares de bases. Se obtuvo que dos de estas secuencias problema coincidieron con siete secuencias de ejemplares de *L. californicus*, con porcentajes de identidad que van de un 99.36% a un 99.69%; dos secuencias problema coincidieron con 12 secuencias de ejemplares de *S. audubonii*, con porcentajes de identidad que va de un 94.67% a un 97.84% y finalmente dos secuencias problema coincidieron con ocho secuencias de ejemplares de *S. floridanus*, con porcentajes de identidad que va de un 96.67% a un 99.84%.

Una vez que se identificaron las secuencias problema se formaron tres grupos (*L. californicus*, *S. audubonii* y *S. floridanus*) que se compararon con los grupos de las especies *L. californicus*, *L. callotis*, *S. audubonii* y *S. floridanus* de la biblioteca de referencia, para generar matrices de distancias genéticas (corregidas con el modelo Kimura-2 parámetros) y se obtuvo lo siguiente:

Al comparar el grupo problema *L. californicus* con los grupos de la biblioteca de referencia, se obtuvo un valor del 0.5% con el grupo de *L. californicus* mientras que con el grupo *L. callotis* el porcentaje obtenido fue del 2.8%. En el caso del grupo problema *S. audubonii* al compararlo con el grupo *S. audubonii* de la biblioteca de referencia se obtuvo el valor más pequeño de distancia genética siendo del 2.5%; el porcentaje aumentó a un 10.4% al compararlo con el grupo *S. floridanus* de la biblioteca de referencia y a un 11.1% con el grupo problema *S. floridanus*. Para el grupo problema *S. floridanus* el menor porcentaje de distancia genética se obtuvo al compararlo con el grupo *S. floridanus* de la biblioteca de referencia siendo del 2.9%; mientras que al compararlo con el grupo *S. audubonii* de la biblioteca de referencia el valor obtenido fue del 12.4% (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Matriz de promedios de las distancias genéticas entre los grupos problema (\*) y los grupos de la biblioteca de referencia.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7
1 <i>L. californicus</i>							
2 <i>L. californicus</i> *	0.005						
3 <i>L. callotis</i>	0.026	0.028					
4 <i>S. audubonii</i>	0.177	0.174	0.185				
5 <i>S. audubonii</i> *	0.177	0.174	0.183	0.025			
6 <i>S. floridanus</i>	0.184	0.180	0.198	0.121	0.104		
7 <i>S. floridanus</i> *	0.189	0.185	0.205	0.124	0.111	0.029	

También se obtuvieron matrices de distancias genéticas (corregidas con el modelo Kimura-2 parámetros) entre los integrantes de los grupos, arrojando lo siguiente:

Al comparar las secuencias problema de *L. californicus* con las de *L. californicus* de la biblioteca de referencia se obtuvieron valores que van del 0.3% al 1%; en comparación con las secuencias de *L. callotis* se obtuvieron valores de distancias genéticas del 28% y 29% (Cuadro 7). Para el caso de las secuencias problema de *S. audubonii* al compararlas con las secuencias de la biblioteca de referencia de la misma especie, los valores de distancia genética fueron del 2.3% y 2.5%; al compararlas con las secuencias problema de *S. floridanus* se obtuvo una distancia genética del 11.2%, mientras que con las secuencias de *S. floridanus* de la biblioteca de referencia el porcentaje osciló entre 9.8% a 11.6%. En el caso de las secuencias problema de *S. floridanus* al compararlas con las secuencias de la misma especie de la biblioteca de referencia, se obtuvo valores que oscilaron de un 0% a 4.4%; mientras que al compararlas con las secuencias de *S. audubonii* de la biblioteca de referencia el valor de distancia genética fue del 12.4% y 12.6% (Cuadro 8).

Se generó un árbol Neighbor-Joining (NJ) de distancias genéticas, incorporando las secuencias problema a la biblioteca de referencia creada, como se esperaba las secuencias problema se ubicaron apropiadamente con valores satisfactorios de Bootstrap, tanto para el clado del género *Lepus* (100%) como para el clado del género *Sylvilagus* (100%); a nivel específico las muestras analizadas se agruparon con los miembros de su especie con valores satisfactorios de Bootstrap: *L. californicus* (70%), *S. audubonii* (99%) y *S. floridanus* (100%) correspondientemente. En la biblioteca de referencia se incluyeron miembros de los géneros *Oryctolagus* y *Romerolagus* como grupos externos de los géneros *Sylvilagus* y *Lepus*, así como miembros de la familia Ochotonidae como grupo externo de la familia Leporidae y como grupo externo del orden Lagomorpha se incluyeron miembros del orden Rodentia (Fig. 26).

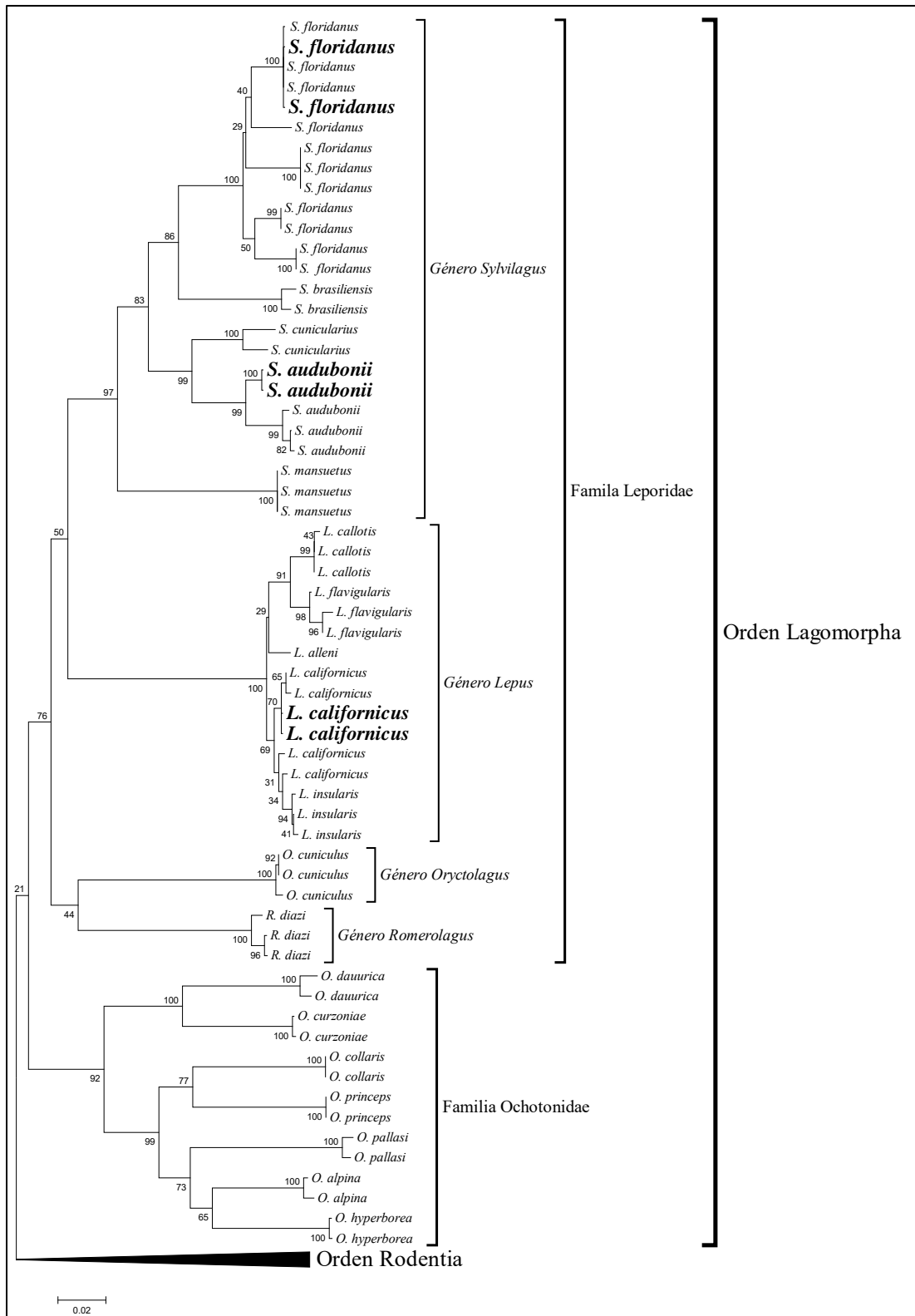
**Cuadro 7.** Matriz de promedios de las distancias genéticas entre las secuencias problema (\*) de *L. californicus* y las secuencias de *L. callotis* y *L. californicus* de la biblioteca de referencia.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 FCMUN179-09  <i>L. californicus</i>									
2 FCMUN181-09  <i>L. californicus</i>	0.003								
3 FCMUN298-13  <i>L. californicus</i>	0.010	0.006							
4 FCMUN299-13  <i>L. californicus</i>	0.011	0.008	0.002						
5 FCMUN288-13  <i>L. callotis</i>	0.029	0.026	0.029	0.031					
6 FCMUN289-13  <i>L. callotis</i>	0.028	0.024	0.028	0.029	0.002				
7 FCMUN290-13  <i>L. callotis</i>	0.028	0.024	0.028	0.029	0.002	0.000			
8 *46600  <i>L. californicus</i>	0.010	0.006	0.003	0.005	0.029	0.028	0.028		
9 *46602  <i>L. californicus</i>	0.010	0.006	0.003	0.005	0.029	0.028	0.028	0.000	



**Cuadro 8.** Matriz de promedios de las distancias genéticas entre las secuencias problema (\*) de *S. audubonii* y *S. floridanus* contra las secuencias de *S. audubonii* y *S. floridanus* de la biblioteca de referencia.

Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 FCMUN053-09  <i>S. audubonii</i>																	
2 FCMUN054-09  <i>S. audubonii</i>	0.008																
3 FCMUN177-09  <i>S. audubonii</i>	0.002	0.006															
4 ABMC247-05  <i>S. floridanus</i>	0.119	0.119	0.121														
5 ABMC375-09  <i>S. floridanus</i>	0.119	0.119	0.121	0.000													
6 FCMUN060-09  <i>S. floridanus</i>	0.119	0.118	0.121	0.046	0.046												
7 FCMUN061-09  <i>S. floridanus</i>	0.119	0.118	0.121	0.046	0.046	0.000											
8 FCMUN062-09  <i>S. floridanus</i>	0.119	0.118	0.121	0.046	0.046	0.000	0.000										
9 FCMUN171-09  <i>S. floridanus</i>	0.124	0.124	0.126	0.044	0.044	0.042	0.042	0.042									
10 FCMUN172-09  <i>S. floridanus</i>	0.124	0.124	0.126	0.044	0.044	0.042	0.042	0.042	0.000								
11 FCMUN173-09  <i>S. floridanus</i>	0.124	0.124	0.126	0.044	0.044	0.042	0.042	0.042	0.000	0.000							
12 FCMUN174-09  <i>S. floridanus</i>	0.139	0.138	0.141	0.038	0.038	0.042	0.042	0.042	0.033	0.033	0.033						
13 FCMUN175-09  <i>S. floridanus</i>	0.117	0.116	0.119	0.027	0.027	0.038	0.038	0.038	0.036	0.036	0.036	0.034					
14 FCMUN176-09  <i>S. floridanus</i>	0.117	0.116	0.119	0.027	0.027	0.038	0.038	0.038	0.036	0.036	0.036	0.034	0.000				
15 *46605  <i>S. floridanus</i>	0.124	0.124	0.126	0.044	0.044	0.042	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.033	0.036	0.036			
16 *46607  <i>S. floridanus</i>	0.124	0.124	0.126	0.044	0.044	0.042	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.033	0.036	0.036	0.000		
17 *46604  <i>S. audubonii</i>	0.025	0.025	0.023	0.098	0.098	0.102	0.102	0.102	0.112	0.112	0.112	0.116	0.100	0.100	0.112	0.112	
18 *47401  <i>S. audubonii</i>	0.025	0.025	0.023	0.098	0.098	0.102	0.102	0.102	0.112	0.112	0.112	0.116	0.100	0.100	0.112	0.112	0.000



**Figura 26.** Árbol (Neighbor-joining) de distancias genéticas con las 64 secuencias que conforman la biblioteca de referencia así como las seis secuencias analizadas (negritas). Los números corresponden a los valores de Bootstrap.

## DISCUSIÓN

### DISTRIBUCIÓN

Como se esperaba en la primer hipótesis planteada, la distribución potencial de los lagomorfos propuesta por los diferentes autores para las entidades de interés (Hall, 1981; Ceballos y Galindo, 1984; Ceballos y Gisselle, 2005 y USNM, 2015) se basa en registros históricos de ejemplares depositados, en su mayoría, en colecciones científicas de Estados Unidos de Norteamérica, cuyos registros tienen más de 40 años y aunque tres colecciones científicas mexicanas cuentan con ejemplares de lagomorfos de las entidades de interés, sus registros son de hace más de 23 años y únicamente la UAMI contaba con ejemplares de Hidalgo. Los registros que aporta este trabajo nos permite contar con datos actuales, al mismo tiempo, enriquecen el acervo de ejemplares de museo de nuestro país, permitiendo que un mayor número de personas puedan acceder a ellos para estudios posteriores que así lo requieran. Es importante aclarar que ahora la CNMA cuenta con registros para tres especies de lepóridos (*L. californicus*, *S. audubonii* y *S. floridanus*) del estado de Hidalgo, que incluyen pieles, esqueletos y cráneos, o solo algunos de ellos, así como muestra de tejidos congelados.

Como se esperaba en la segunda hipótesis; a pesar de que se tiene registro de 14 localidades diferentes de Hidalgo, estos datos no abarcan la totalidad de muestreo de las regiones de la entidad, pues se carece de registros de las regiones de la Huasteca, de las Sierras Alta, Baja y de Tenango y de la Cuenca de México; La parte SE de la entidad es la mejor representada (La Comarca Minera, El Valle de Tulancingo y la Altiplanicie Pulquera) seguida de la Sierra Gorda y del Valle del Mezquital con un menor número de registros. Este estudio aporta el primer registro de lagomorfos para la localidad de Jonacapa y suma una localidad más de Hidalgo con registro de lagomorfos; además se aporta el primer registro de la liebre cola negra *L. californicus* para la región del Valle del Mezquital ampliando su distribución 36.88 km al sur desde la Sierra Gorda; en este estudio no se obtuvo registro de la liebre torda *L. callotis* y únicamente se cuenta con registro de dos ejemplares para la entidad, uno en la región del Valle del Mezquital y el otro en la región del valle de Tulancingo ambos de hace más de 40 años, es importante señalar que no hay ejemplares de esta liebre del estado de Hidalgo depositados en alguna colección mexicana, no se tiene registro alguno de esta liebre para Querétaro y solo se tiene registro en dos localidades del Estado de México; en el caso del conejo del desierto *S. audubonii* este estudio aporta el segundo registro para el Valle del Mezquital y muy importante, se incorpora a los dos primeros ejemplares de esta especie de la entidad de Hidalgo en una colección científica mexicana; en el caso del conejo castellano *S. floridanus* este estudio aporta el tercer registro para el Valle del Mezquital.

## Distribución dentro del área de estudio

En base a lo planteado en la tercer hipótesis; se esperaba poder documentar la presencia de cuatro especies de lepóridos dentro de la zona de estudio, pero únicamente se pudo confirmar la presencia de tres de las cuatro especies esperadas, la única especie de la que no se obtuvo ningún registro fue de la liebre torda *L. callotis*. Esto puede deberse a diferentes factores, un factor puede ser la eliminación de la cobertura vegetal por el uso inadecuado del suelo (agricultura y ganadería) lo que promueve el establecimiento de la liebre cola negra *L. californicus* que se ve beneficiada con estas condiciones (Cervantes, 1994); otro factor pueden ser las características del relieve que presenta la zona de estudio que se compone de lomeríos, colinas y cañadas ya que en estudios anteriores se registró la presencia de *L. callotis* en lugares de poco relieve con pastos recortados y áreas de cultivo principalmente de cebada (Cervantes y Montiel, 2005), otros autores han reportado su presencia en lugares planos de pastizales, eludiendo los lugares con colinas y prefiriendo lugares topográficos con poca cobertura vegetal (Nelson, 1909; Bednardz y Cook, 1984) condiciones que no se cumplen en el área de estudio. La liebre torda *Lepus callotis* es una especie cuasiendémica como se mencionó anteriormente y como quedó demostrado en este estudio, su distribución potencial actual se basa en registros de hace más de 40 años, por lo que resulta urgente evaluar y documentar la presencia de sus poblaciones a lo largo de su distribución propuesta, ya que es muy probable que esta liebre haya desaparecido en gran parte de su rango de distribución. Cervantes y Montiel (2005) documentaron que la distribución de la liebre torda en el municipio de Atlangatepec, Tlaxcala, ocupa actualmente solo una cuarta parte del mismo y que su distribución disminuye aceleradamente ya que esta liebre es más vulnerable a la fragmentación de su hábitat por cambios en el uso de suelo. Es muy probable que la liebre torda se encuentre en peligro de extinción y aún no se ha podido comprobar por falta de estudios.

## IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA MEDIANTE TÉCNICAS MORFOLÓGICAS CONVENCIONALES

Tal como se esperaba en la cuarta hipótesis planteada; el uso de ejemplares de museo previamente identificados, ayudaron a esclarecer la identidad de cada una de las especies presentes en la zona de estudio, ya que sirvieron como referencia para poder comparar la coloración de las pieles y además los autores de los trabajos en los que se basó este estudio para comparar tanto las medidas somáticas y craneales (Nelson, 1909; Hall, 1981 y Cervantes y Montiel, 2005) emplearon el uso de ejemplares de museo.

## Patrones de coloración

La comparación de las pieles de las liebres colectadas con pieles de ejemplares identificados de la CNMA, permitió confirmar en el laboratorio la identidad taxonómica plena de la liebre cola negra *L. californicus*, que previamente ya se había realizado en campo, lo que no dejó duda que se trataba de esta especie; igualmente la comparación de las pieles de los conejos colectados con ejemplares depositados en la CNMA permitió observar características fenotípicas distintivas de las especies presentes en la zona de estudio, ayudando a diferenciarlos claramente.

## Estructuras somáticas y craneales

Las medidas somáticas y craneales permitieron confirmar la identidad de las especies presentes en los terrenos ejidales del poblado de Jonacapa; en general se observa que los datos de la muestra Jonacapa de las tres especies, se ajustan a los datos propuestos por los autores (Nelson, 1909; Hall, 1981 y Cervantes y Montiel, 2005); en todos los casos la mayor variación entre los promedios se obtuvo contra los datos de Nelson (1909), este autor consideró ejemplares a lo largo de su distribución, por lo que, esta diferencia en las medidas puede deberse a la variación que existe entre las poblaciones a pesar de pertenecer a la misma subespecie; al comparar los promedios de la muestra Jonacapa de las tres especies, contra los intervalos propuestos por Cervantes y Montiel (2005) se observa que aunque la mayoría de los promedios se ajustan a los propuestos por los autores, hay variaciones en la LOBA y ANPA presentando valores superiores a los intervalos, lo que refuerza que hay una variación entre las diferentes poblaciones a lo largo de su distribución que a simple vista no son perceptibles.

Al comparar los promedios de las medidas entre *S. audubonii* y *S. floridanus* Diersing y Wilson (1980), proponen como medidas cruciales para poder hacer una diferenciación entre estas especies una longitud mayor del cráneo (LOMC) en *S. floridanus*, además de una mayor longitud de los nasales (LONA), longitud de la hilera de dientes del maxilar (LDMX) y la longitud de la hilera de dientes de la mandíbula (LDMA). *S. audubonii* además de presentar orejas mucho más grandes, presenta bulas auditivas de mayor tamaño (LOBU) siendo esta característica más evidente la que permite distinguirlos fácilmente. Efectivamente el tamaño de las bulas fue el principal carácter que permitió distinguir entre estas dos especies. En la muestra Jonacapa se observa claramente la diferencia entre los promedios de las estructuras que proponen los autores. En el caso de la comparación que se hizo entre los cráneos de *S. audubonii* y *S. floridanus* de etapa II se aprecia que, a parte del mayor tamaño de las bulas auditivas de *S. audubonii*, a esta edad presenta un cráneo mucho más ancho en comparación con *S. floridanus* y se observa a simple vista que su cráneo es mucho más ancho; sin embargo se siguen manteniendo las diferencias entre las medidas cruciales propuestas por Diersing y Wilson (1980), por lo que aún a tempranas etapas, estas medidas permiten distinguir entre estas dos especies.

## MARCADOR MOLECULAR COI

Tal como se esperaba en la quinta hipótesis planteada; la herramienta de código de barras empleando secuencias de COI, permitió identificar las especies presentes en la zona de estudio, y con esto, corroborar la identificación que previamente se había realizado mediante herramientas taxonómicas morfológicas convencionales.

Al obtener las matrices de distancias genéticas se puede observar el grado de variación que existe para el gen COI entre las poblaciones de una misma especie; en estudios previos se considera que un valor superior a 2% es generalmente aceptado como valor mínimo de divergencia entre especies estrechamente relacionadas (Hebert *et al.*, 2004; Lovette, 2004; Cervantes *et al.*, 2011). En el caso de las secuencias problema identificadas por la herramienta BLAST como *L. californicus*, al momento de generar las matrices de distancias genéticas se obtuvo valores menores al 2 % tanto al comparar entre los grupos como entre los integrantes de los grupos de *L. californicus*, lo que confirma que las secuencias problema pertenecen a ejemplares de *L. californicus*.

Para el caso de las secuencias problema identificadas por la herramienta BLAST como *S. audubonii*, se observa que al comparar el grupo problema *S. audubonii* contra el grupo *S. audubonii* de la biblioteca de referencia, el valor obtenido de distancia genética es del 2.5 % y las distancias genéticas obtenidas entre los integrantes de los grupos de *S. audubonii* varían del 2.3-2.5%. A pesar de que se obtuvo valores ligeramente por encima del 2% no queda duda de que las secuencias analizadas pertenecen a ejemplares de *S. audubonii*, ya que estos valores pueden deberse a que las muestras utilizadas en la biblioteca de referencia pertenecen a ejemplares de la subespecie *S. audubonii minor* y las muestras problema pertenecen a ejemplares de *S. audubonii parvulus* (Hall, 1981) de allí que los porcentajes de identidad sean un poco mayores al 2% ya que COI permite observar el grado de variación entre poblaciones (Hebert *et al.*, 2003) que en este caso se trata de ejemplares que pertenecen a dos subespecies diferentes.

En el caso de las secuencias problema identificadas por la herramienta BLAST como *S. floridanus*, se observa que los valores obtenidos de distancias genéticas entre los grupos de *S. floridanus* corresponden al 2.9%, de igual manera las distancias genéticas entre los integrantes de los grupos de *S. floridanus* van de 0 al 4.4%. Al igual que con los integrantes del grupo *S. audubonii*, en la mayoría de los casos se obtuvo valores de distancias genéticas superiores al 2%, afortunadamente la disponibilidad de más secuencias de *S. floridanus*, permitió incluir un mayor número de ejemplares en la biblioteca de referencia. Se observa que prácticamente no hay distancia genética (0%) entre los ejemplares del Estado de México y los ejemplares de la muestra Jonacapa, ya que pertenecen a la misma subespecie *S. floridanus orizabae* (Hall, 1981), mientras que se aprecia claramente valores superiores al 2% en comparación con ejemplares pertenecientes a diferentes subespecies: 3.3% contra ejemplares de *S. floridanus subcinctus* (Jalisco), 3.6% contra ejemplares de *S. floridanus*

*restrictus* (Jalisco y Michoacán), 4.2% contra ejemplares de *S. floridanus connectens* (Oaxaca) y finalmente se obtuvo los valores más altos de 4.4% contra ejemplares de *S. floridanus mearnsi* (Canadá) (Hall, 1981), aquí, se puede observar claramente como la secuencia del gen COI no solamente permite distinguir con un gran porcentaje de confiabilidad la variación genética entre especies, sino que también, nos permite ver la variación genética que hay entre las poblaciones de una misma especie (Hebert *et al.*, 2003) es claro que a mayor distancia en su distribución, los valores de las distancias genéticas también aumentan ya que las diferencias entre las poblaciones se vuelven cada vez mayores.

La obtención del árbol NJ confirma la identidad de las secuencias obtenidas al ser agrupadas con los miembros de su especie de la biblioteca de referencia, ya que, aunque no reflejan relaciones de ancestría-descendencia, forman clados que coinciden con su clasificación filogenética.

## CONCLUSIONES

Se cumplieron cuatro de las cinco hipótesis planteadas, la hipótesis número tres no se cumplió ya que únicamente se pudo identificar plenamente la presencia de tres de las cuatro especies esperadas de lagomorfos dentro de los terrenos ejidales de Jonacapa.

Este estudio es muy importante ya que aporta datos valiosos no solo para la comunidad de Jonacapa, que cuentan ahora con una identificación plena de los lagomorfos que se encuentran dentro de sus terrenos y de continuar con los estudios ecológicos se podría proponer en un futuro un proyecto de aprovechamiento sustentable si así se requiere; al mismo tiempo Jonacapa se convierte en una nueva localidad que cuenta con registros actualizados para el estado de Hidalgo y se enriquece la información disponible para la diversidad del país.

Se comprobó la identidad de las tres especies de lagomorfos presentes en la zona de estudio, mediante el uso de herramientas taxonómicas morfológicas convencionales y se confirmó su identificación mediante el marcador molecular COI.

COI demostró que funciona como un marcador ya que permite identificar y con esto corroborar la identidad de las especies, lo que puede ayudar ampliamente cuando no se cuenta con cráneos o pieles completas que permitan su identificación mediante su morfología.

Con la incorporación de los ejemplares colectados a la CNMA, se logró documentar la presencia de estos lagomorfos en la región de Jonacapa, convirtiendo al IBUNAM en la segunda institución nacional que cuenta con ejemplares de lagomorfos de Hidalgo; esto es muy importante ya que esta información puede ser aprovechada para otros estudios que así lo requieran, además de que se cuenta con muestra de tejidos para estudios moleculares.

Este estudio aporta información sobre la distribución y preferencias de hábitat que tienen las especies de lagomorfos dentro de la zona de muestreo, que pueden servir como apoyo para estudios posteriores.



## RECOMENDACIONES

Se requiere seguir fomentando y apoyando proyectos como este, que permitan registrar y confirmar la presencia de especies tanto faunísticas como florísticas a nivel local; así como estudios que permitan conocer el estado de las poblaciones de esas localidades.

Es importante involucrar a las comunidades, pues son ellos en primera instancia quienes aprovechan los recursos que tienen a la mano; al mismo tiempo se debe rescatar el conocimiento empírico que tiene la comunidad sobre el uso del recurso, para mejorar su aprovechamiento, al mismo tiempo que se pueda conservar y de esta manera asegurar los recursos disponibles para futuras generaciones.

Es necesario realizar estudios para determinar la presencia a nivel local de la liebre torda *Lepus callotis* ya que su área de distribución al parecer se ha reducido y muy probablemente puede que se encuentre en peligro de extinción.

Es muy importante fomentar la incorporación de los ejemplares que muchas veces son colectados en trabajos científicos, ya sea al capturarlos, encontrarlos muertos o simplemente encontrar parte de ellos (huesos, pieles, pelos) ya que son datos importantes. Ellos pueden seguir aportando información a lo largo del tiempo y que si se encuentran disponibles en una colección científica pueden ser consultados por más personas que así lo requieran.

En específico para Jonacapa, se recomienda iniciar estudios ecológicos de estimación poblacional de los lagomorfos, para en un futuro si así se requiere se pueda generar un plan de restauración y aprovechamiento sustentable que permita el seguir utilizando el recurso “carne” sin comprometer las poblaciones de conejos y liebres de la zona; sería bueno continuar con las colectas en los demás terrenos ejidales, para determinar por completo la presencia y distribución de las especies dentro de todos los terrenos del poblado.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, F., H. G. Rödel, J. Vázquez, L. Nicolas, L. Rodríguez y M. Martínez-Gómez. 20014. Seasonal changes in testosterone levels in wild Mexican cottontails *Sylvilagus cunicularius*. *Mammalian Biology* 79: 225-229.
- Álvarez , T., S. T. Álvarez-Castañeda y M. González-Escamilla. 1997. Localidades típicas de mamíferos terrestres de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México D. F. 175 pp.
- AMCELA, Asociación Mexicana Para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos A. C. 2003. Características de los lagomorfos. [<http://www.ibiologia.unam.mx/amcela/Lagomorfos.html>. Acceso: 15 Agosto 2014].
- Bednardz, J. C. y J. A. Cook. 1984. Distribution and numbers of the white sided jackrabbit (*Lepus callotis gallardi*) in New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 29: 358-360.
- BOL, Barcode of Life. 2016. What is DNA barcoding?. [<http://www.barcodeoflife.org/content/about/what-dna-barcoding>. Acceso: Noviembre 2016].
- Ceballos, G. G. y C. L. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Ed. Limusa, México. D. F. Pp. 137-147.
- Ceballos, G. G. y O. Gisselle (coords). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 986 pp.
- Ceballos, G. G. y J. Arrollo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época* 2: 27-80.
- Cervantes, F. A. y J. Vargas. 1992. Comparación morfométrica entre los conejos *Romerolagus diazi*, *Sylvilagus floridanus* y *S. audubonii* en México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3: 45-78.
- Cervantes, F. A. 1994. Conejos y liebres silvestres mexicanos. *Especies* 3: 8-14.
- 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-Paniagua, compiladores (eds.). Fondo de Cultura Económica. UNAM. México D.F.

- Cervantes, F. A. y J. A. Montiel. 2005. Liebres (*Lepus*) y conejos (*Sylvilagus*) del Municipio de Atlangatepec, Tlaxcala. Pp. 101-112. En Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa. V. Sánchez-Cordero y R. A. Medellín (eds). Instituto de Biología e Instituto de Ecología, UNAM y CONABIO. México D.F.
- Cervantes, F.A., J. Arcangeli, Y. Hortelano-Moncada y A.V. Borisenko. 2011. DNA barcodes effectively identify the morphologically similar Common Opossum (*Didelphis marsupialis*) and Virginia Opossum (*Didelphis virginiana*) from areas of sympatry in Mexico. *Mitochondrial DNA* 21: 44-50.
- Chapman, J. A. y G. Ceballos. 1990. The cottontails. Pp. 95-110. En Rabbits, Hares and Pikas. Status Survey and Conservation Action Plan International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. J. A. Chapman y J. E. C. Flux (eds). Gland, Suiza.
- Chapman, J. A. y G.R. Wilner. 1978. *Sylvilagus audubonii*. *Mammalian Species* 106: 1-4.
- Chapman, J. A., J. G. Hockman y M. M. Ojeda C. 1980. *Sylvilagus floridanus*. *Mammalian Species* 136: 1-8.
- Chapman, J. A., J. G. Hockman y W. R. Edwards. 1982. Cottontails. Pp. 83-123. En *Wild Mammal of North America. Biology, Management*. J. A. Chapman y G. A. Feldhamer (eds). Economics Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, acuífero (1307) Huichapan-Tecoautla Estado de Hidalgo. *Diario oficial de la federación*, 28 de Agosto del 2009. 41 pp.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2012. Informe de pobreza en México. 125 pp.
- Coronel-Arellano, H. 2004. Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del rancho Santa Elena, Huasca de Ocapo, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo.
- Cox, A. J. y Hebert, P. D. N. 2001. Colonization, extinction and phylogeographic patterning in a freshwater crustacean. *Molecular Ecology* 10: 371-386.
- Diersing, V. E., y D. E. Wilson. 1980. Distribution and systematics of the rabbits (*Sylvilagus*) of West-Central México. *Smithsonian Contribution to Zoology* 297: 1-34.

- DGVS, Dirección General de Vida Silvestre. 2010. Plan de manejo tipo de liebres y conejos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 56 pp.
- Eisenberg, J. F. 1981. The Mammalian Radiations. University Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Gobierno del Estado de Hidalgo. 2014. Regiones Naturales [http://www.hidalgo.gob.mx/?p=1481. Acceso: 15 Enero 2015].
- Guevara-Chumacero, L. M., R. López-Whilchis y V. Sánchez-Cordero. 2001. 105 años de investigación mastozoológica en México (1890-1995): una revisión de sus enfoques y tendencias. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie. México 83: 35-72.
- Hall, E. R. 1981. The mammals of North America. Jonh Wiley and Sons, New York, Vol. 1. 600 pp.
- Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Ball and J. R. de Waard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. Series B Biological Sciences B 270: 313-321.
- Hebert, P.D.N., E.H. Penton, J.M. Burns, D.H. Janzen y W. Hallwachs. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the Neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 101: 14812–14817.
- Hoffmeister, D. F. y E. G. Zimmerman. 1967. Growth of the skull in the cottontail (*Sylvilagus floridanus*) and its application to age-determination. The American Midland Naturalist. University Notre Dame. Indiana 78: 198-206.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Huichapan, Hidalgo. México, D.F. 10 pp.
- Ivanova, N.V., T. S. Zemlak, R. H. Hanner y P. D. N. Hebert. 2007. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. Molecular Ecology Notes 7: 544–548.
- Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. Journal of Molecular Evolution 16: 111-120.
- Leopold, A. S. 1959. Wildlife of México. The Game Birds and Mammals. University of California Press, Berkeley. 598 pp.

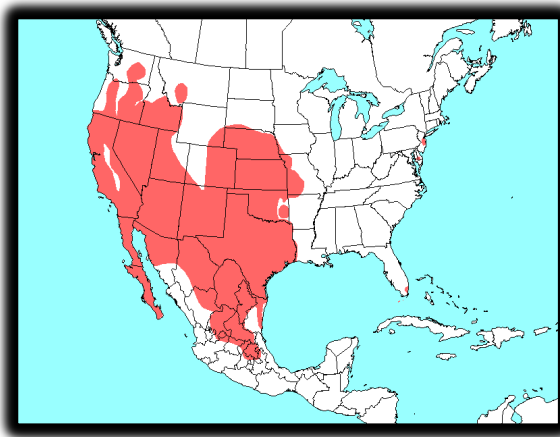
- López-W. R. 2003. Base de datos de los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa UAM-I [<http://investigacion.izt.uam.mx/mamiferos/>].
- López-Zamora, M. 2016. Uso de códigos de barras de DNA en la identificación taxonómica molecular de la martucha *Potos flavus* (carnívora: procyonadae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Briones y F. A. Cervantes (eds.). 2006. Colecciones mastozoológicas de México. Instituto de Biología, UNAM. Asociación Nacional de Mastozoología, A.C. México D.F. 572 pp.
- Lovette, I. 2004. Mitochondrial dating and mixed support for the 2% rule in birds. *The Auk*. A. Quarterly Journal of Ornithology 121: 1-6.
- National Museum of Natural History, Smithsonian institution (USNM). 2015. Mamíferos de América del Norte [[http://naturalhistory.si.edu/mna/image\\_menu.cfm](http://naturalhistory.si.edu/mna/image_menu.cfm)].
- Nelson, E. W. 1909. The rabbits of North America. *North American Fauna* 29: 59-239.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 2010. Diario Oficial de la Federación, 30 de Diciembre. México D.F. 93 pp.
- Ramírez-Pulido, J., I. Lira, S. Gaona, C. Mudespacher y A. Castro. 1989. Manejo y mantenimiento de colecciones mastozoológicas. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México. D. F. 127 pp.
- Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). 2015. CONABIO [<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remibnodosdb.html?>].
- Ríos, E. y S. T. Álvarez-Castañeda. 2006. Las colecciones como banco de biodiversidad genética. Pp. 187-200. En Colecciones mastozoológicas de México. Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Briones y F. A. Cervantes (eds.). Instituto de Biología, UNAM. Asociación Nacional de Mastozoología, A.C. México D.F.
- Romero, P. A. y Cervantes F. A. Septiembre-Octubre 2009. Los conejos y liebres silvestres orgullosamente mexicanos. *Especies* Pp. 16-23.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- Saitou, N. y N. Nei. 1987. The Neighbor-joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees. *Molecular Biology and Evolution* 4: 406-425.

- Sánchez-Rojas, G. y C. Moreno. 2002. Diversidad de mamíferos del estado de Hidalgo : ¿Qué tanto conocemos ?. Memorias del VI Congreso Nacional de Mastozoología. Oaxaca, México.
- Sikes, R. S., W. L. Gannon and the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy* 92: 235-253.
- Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski y S. Kumar. 2013. MEGA6: Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- Troy, L. B. y T. H. Hill. 1993. *Lepus callotis*. *Mammalian Species* 442: 1-6.
- Vertebrate Network (VertNet). 2015. National Science Foundation NSF [<http://portal.vertnet.org/search>].

## Apéndice 1. Fichas de especies de lagomorfos presentes en el estado de Hidalgo.

### Liebre cola negra *Lepus californicus* (Gray, 1837).

Es una liebre grande, de color pardo a grisáceo, tiene el dorso café negruzco y el vientre blanco amarillento. Las orejas son más largas que las patas traseras. Su nombre común se deriva de la presencia de una notable franja negra en el dorso de la cola. Asimismo, se distingue por la mancha negra en la punta de cada oreja (Hall, 1981; Ceballos y Galindo 1984). Viven en pastizales xerófitos. Son animales diurnos, que al igual que otros lepóridos están más activos en las primeras horas del día y al atardecer. Son solitarios y territoriales, reuniéndose varios individuos sólo en la época de celo. No hacen madrigueras subterráneas sino que bajo algún arbusto cavan ligeras depresiones conocidas como camas. Sus poblaciones son fluctuantes. La densidad va de 0.1 a 4 liebres por hectárea. Su dieta es eminentemente vegetal, encontrándose en ésta el mezquite (*Prosopis*), algunas gramíneas y la alfalfa. Prefieren las partes tiernas de las hierbas, y la corteza y yemas de arbustos y árboles. El consumo de pastos aumenta en la época de lluvias, mientras que durante la sequía los arbustos y otras hierbas son más importantes en la dieta. Las grandes aves de presa y los mamíferos carnívoros son sus depredadores. Se pueden reproducir durante todo el año, llegando a tener 5 o 6 camadas; sin embargo, esto depende principalmente de la abundancia y disposición de alimento. La gestación dura de 41 a 47 días. Los pequeños nacen cubiertos de pelo y con los ojos abiertos. Su número es entre 3 y 4. Su distribución abarca desde el norte de los Estados Unidos hasta el centro de México, incluyendo la península de Baja California. La cuenca de México parece ser el límite sur de su distribución (Ceballos y Galindo, 1984). En algunas épocas del año, se infestan de “bubas” que son las larvas de una especie de mosca parásita (Leopold, 1959). Estas liebres están desapareciendo de la cuenca de México a causa de la cacería y de la transformación de los pastizales xerófitos donde vivían en campos de cultivo (Ceballos y Galindo, 1984).

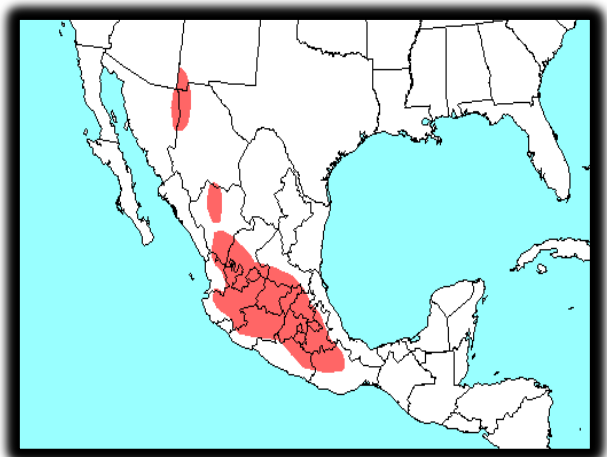


Izquierda. *Lepus californicus* (<http://sierranaturally.com/mammals.htm>). Derecha. Distribución potencial de *Lepus californicus* ([http://www.mnh.si.edu/mna/image\\_info.cfm?species\\_id=137](http://www.mnh.si.edu/mna/image_info.cfm?species_id=137)).

## Apéndice 1. Continuación.

### Liebre torda *Lepus callotis* (Wagler, 1830).

Son liebres de color gris claro o ante grisáceo, presenta un parche negro en la parte posterior de la punta de las orejas. Tiene una zona blanca que se extiende desde el abdomen y hasta los flancos, mientras que el exterior de los muslos y la parte trasera son generalmente gris (Nelson, 1909). Se encuentra en terrenos abiertos de pastizal y matorral desérticos y en ocasiones en cultivos. Son diurnas, principalmente crepusculares; en algunas regiones de la República han sido desplazadas por *L. californicus* cuando hay sobrepastoreo. No son muy numerosas. No utilizan madrigueras sino que hacen pequeñas depresiones en la base de un árbol o arbusto para protegerse. Son herbívoras con hábitos alimenticios semejantes a los de *L. californicus*. Forman parte básica de la dieta de coyotes, zorras, gavilanes y lechuzas. Cuando son pequeñas pueden ser depredadas por víboras de cascabel (*Crotalus*). Se reproducen durante todo el año. Tienen de 1 a 4 crías que nacen cubiertas de pelo y con los ojos abiertos, después de 6 semanas de gestación. Además de ser muy perseguida por los cazadores, el pastoreo la perjudica más intensamente. Esta especie cuasi endémica de México, se encuentra en la parte central del país, desde el centro de Durango hasta el norte de Guerrero y Oaxaca (Ceballos y Galindo, 1984). La conducta de escape es típica de esta liebre. La piel de sus costados blancos la puede empujar hacia el dorso ocasionando que la parte dorsal parda se eleve completamente hacia un lado y el blanco del lado opuesto quede en posición cercana a la línea media del dorso. Esto se ha observado cuando están paradas o en movimiento a una velocidad moderada. Esta expansión del área blanca es siempre del lado que ve hacia el perseguidor y se presenta alternativamente de un lado a otro, en tanto que el animal se aleja zigzagueando (Nelson, 1909).



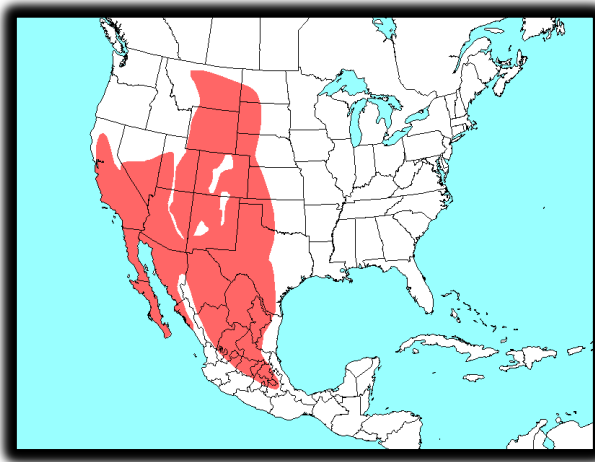
Izquierda. *Lepus callotis* (<http://www.nhptv.org/wild/leporidae.asp>). Derecha. Distribución potencial de *Lepus callotis* ([http://www.mnh.si.edu/mna/image\\_info.cfm?species\\_id=138](http://www.mnh.si.edu/mna/image_info.cfm?species_id=138)).



## Apéndice 1. Continuación.

### Conejo del desierto *Sylvilagus audubonii* (Baird, 1858).

Sus patas delanteras son largas y las traseras son delgadas y no tienen el denso pelaje que se observa en otras especies del mismo género. Las orejas largas y con poco pelo en la parte externa (Chapman y Wilner, 1978). A diferencia de otros conejos silvestres de México la bula timpánica está muy desarrollada y el proceso supraorbital del cráneo es prominente (Hall, 1981). Es de tamaño muy semejante a *Sylvilagus floridanus*, del cual se puede diferenciar por ser menor y presentar en la región dorsal de la cola una pequeña raya de color gris. *S. floridanus* siempre presenta la cola completamente pigmentada de color café rojizo. Esta especie se encuentra casi exclusivamente restringida a matorrales, bosques y pastizales de zonas áridas. Se les puede encontrar en cultivos como magueyales. Son activos principalmente al amanecer y en las primeras horas de la noche; sin embargo, es posible observarlos a cualquier hora del día. Frecuentan zonas con una cubierta densa de hierbas y arbustos. Se alimentan de una gran variedad de hierbas y arbustos. La dieta incluye hojas, tallos y corteza de árboles y arbustos. Ocasionalmente pueden consumir plantas cultivadas. Son depredados por coyotes, zorras, tlacoyotes y aves rapaces. El periodo de reproducción aparentemente no está restringido a ninguna época del año; sin embargo, parece ser más frecuente en el verano. Las hembras paren de 2 a 5 crías en cada parto. Al igual que otras especies de conejos son cazados por deporte y como fuente alimenticia. Ocasionalmente causan daños a los cultivos. El área de distribución de esta especie se encuentra restringida a las zonas áridas y semiáridas del sur de los Estados Unidos y a la Meseta Central de México. En esta última desde Sonora y Tamaulipas hasta Puebla (Ceballos y Galindo, 1984).



Izquierda. *Sylvilagus audubonii* (<https://www.flickr.com/photos/hakoar/5987861486>). Derecha. Distribución potencial de *Sylvilagus audubonii* ([http://www.mnh.si.edu/mna/image\\_info.cfm?species\\_id=372](http://www.mnh.si.edu/mna/image_info.cfm?species_id=372)).

## Apéndice 1. Continuación.

### Conejo serrano o montés *Sylvilagus cunicularius* (Waterhouse, 1848).

Es el conejo más grande de México. Su pelaje es áspero, abundante y de color pardo grisáceo. Su cola es corta y gris con poca pigmentación dorsalmente y blanco ventralmente (Ceballos y Galindo, 1984; Chapman *et al.*, 1982). En el oeste de su área de distribución tiene orejas largas, cola corta y pelaje corto y rojizo en el dorso, mientras que *Sylvilagus floridanus* presenta orejas y cola mediana y pelaje largo de rojizo a rojizo oscuro en el dorso (Diersing y Wilson, 1980). A diferencia de *Sylvilagus floridanus*, vive de preferencia en las porciones más altas de las montañas que rodean al Valle de México. Son animales solitarios y su actividad principal es en el crepúsculo, ya sea al amanecer o al anochecer, pero se sabe que son activos de día y de noche. Son herbívoros y se alimentan de pastos (*Muhlenbergia macroura*, *Stipa ichu* y *Festuca amplissima*), así como brotes tiernos y de plantas cultivadas, como avena, maíz, cebada (Ceballos y Galindo, 1984). En el centro de México habita en bosques de pino y encino cubiertos por zacatonales y abunda en pastizales, valles y montañas. En el oeste del país se encuentra en bosques deciduos y semideciduos donde es poco abundante. Esta especie se encuentra desde el nivel del mar hasta 4300 msnm (Chapman y Ceballos, 1990; Ceballos y Galindo, 1984). Este conejo es abundante en toda su área de distribución y aún no se requieren medidas especiales para su conservación. Sin embargo, debido a la destrucción de su hábitat, al sobrepastoreo, la tala inmoderada y la cacería furtiva, algunas de sus poblaciones están declinando (Chapman y Ceballos, 1990).



Izquierda. *Sylvilagus cunicularius* (<https://static.inaturalist.org/photos/405615/medium.jpg?1373332098>).

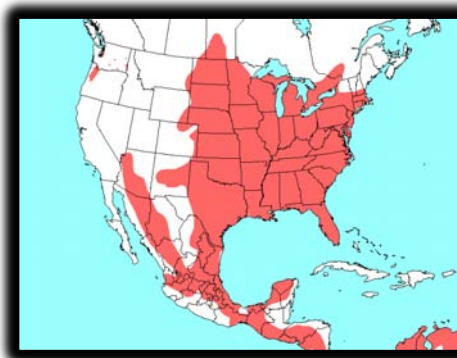
Derecha. Distribución potencial de *Sylvilagus cunicularius*  
([http://naturalhistory.si.edu/mna/full\\_image.cfm?image\\_id=2046](http://naturalhistory.si.edu/mna/full_image.cfm?image_id=2046)).

## Apéndice 1. Continuación.

### Conejo castellano *Sylvilagus floridanus* (J. A. Allen, 1890).

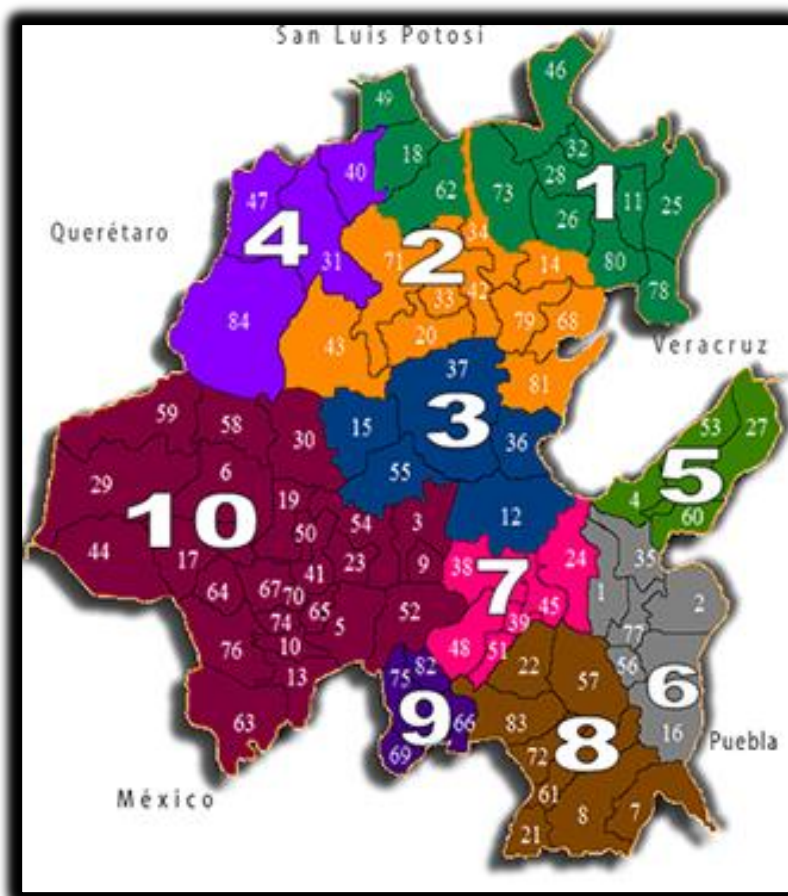
Es una especie grande para su género. El pelaje es largo y denso, de color pardo a grisáceo en la parte dorsal y blanco en el vientre, incluyendo la cola, presenta una mancha café rojiza detrás de la cabeza (Chapman *et al.*, 1980; Ceballos y Galindo 1984).

Estos conejos tienen una amplia tolerancia a diversas condiciones ecológicas, y se les encuentra en bosques de pino, encino, oyamel, praderas, zacatonales, matorrales y sembradíos. Son poco gregarios, salvo en la época de celo, en la que es posible observarlos juntos. Viven en madrigueras abandonadas o que cavan ellos mismos, y que miden un promedio de 180 cm de largo, 126 mm de ancho y 119 cm de profundidad. Están cubiertas con pasto y pelo de las hembras. No son territoriales. Su dieta incluye gran variedad de vegetales, pastos, hierbas, plántulas, legumbres, frutos y granos. Muestran preferencia por los brotes tiernos, por lo que es común verlos en determinadas épocas en los sembradíos. Se han observado dos períodos de alimentación: el primero 3 o 4 horas después del amanecer y el segundo una hora después de ponerse el sol. Constituyen un importante eslabón de las cadenas tróficas ya que son depredados por gavilanes, búhos, lechuzas y algunos carnívoros como comadreja, lince, coyotes, zorras y cacomixtles. La reproducción se lleva a cabo durante todo el año, ocurriendo más tarde en altitudes y latitudes mayores. Entre los factores que desencadenan la reproducción son importantes la temperatura, la precipitación, el fotoperíodo y la disponibilidad de alimento. El promedio de camadas por año es de 3 a 4. Nacen de 3 a 5 crías, aunque las camadas son menores en el sur. El período de gestación es de 25 a 35 días. El conejo castellano es uno de los mamíferos más intensamente cazado, tanto por deporte como por ser un recurso alimenticio. En ocasiones puede llegar a causar daños en los cultivos. Este conejo tiene el área de distribución más amplia de los miembros del género *Sylvilagus*, desde el sur de Canadá hasta Centroamérica y noroeste de Sudamérica. En México ocupa todo el territorio, con excepción de la península de Baja California, el norte de la Altiplanicie y la península de Yucatán (Ceballos y Galindo, 1984).



Izquierda. *Sylvilagus floridanus* (<http://animal.memozee.com/view.php?tid=3&did=7246>). Derecha. Distribución potencial de Norteamérica de *Sylvilagus floridanus* ([http://www.mnh.si.edu/mna/image\\_info.cfm?species\\_id=371](http://www.mnh.si.edu/mna/image_info.cfm?species_id=371)).

**Apéndice 2.** Regiones del estado de Hidalgo (Números grandes regiones, números pequeños municipios).



1 Huasteca Clave/Municipio	2 Sierra Alta Clave/Municipio	3 Sierra Baja Clave/Municipio	4 Sierra Gorda Clave/Municipio	5 Sierra de Tenango Clave/Municipio
49. Pisa Flores	71. Tlahuiltepa	15. Cardonal	84. Zimapán	27. Huehuetla
18. Chapulhuacán	14. Calnali	36. Metzquitlán	47. Pacula	53. San Bartolo
62. Tepehuacan	34. Lolotla	37. Metztlán	40. La Misión	Tutotepec
73. Tlanchinol	43. Nicolás Flores	12. Atotonilco el grande	31. Jacala de Ledezma	60. Tenango de Doria
46. Orizatlán	20. Eloxochitlán	55. Santiago de Anaya		4. Agua Blanca
32. Jaltocan	33. Juárez Hidalgo			
28. Huejutla	79. Xochicoatlán			
11. Atlapexco	68. Tlanguistengo			
80. Yahualica				
25. Huahutla				
78. Xochiatipan				
26. Huazalingo				

Tomado del portal del Gobierno del Estado de Hidalgo: [www.hidalgo.gob.mx](http://www.hidalgo.gob.mx)

## Apéndice 2. Continuación.

6 Valle de Tulancingo Clave/Municipio	7 Comarca Minera Clave/Municipio	8 Altiplanicie Pulquera Clave/Municipio	9 Cuenca de México Clave/Municipio	10 Valle del Mezquital Clave/Municipio
35. Metepec	48. Pachuca	72. Tlanalapa	82. Zapoltán	76. Tula de
2. Acaxochitlán	38. Mineral del Chico	61. Tepeapulco	66. Villa de Tezontepec	Allende
1. Acatlán	39. Mineral del Monte	7. Almoloya	75. Tolcayuca	29. Huichapan
77. Tulancingo	45. Omitlán	8. Apan	69. Tizayuca	44. Nopala
56. Santiago Tulantepec	24. Huasca de Ocampo	21. Emiliano Zapata		6. Alfajayucan
16. Cuautepec	51. Mineral de la Reforma	22. Epazoyucan		59. Tecozautla
		83. Zempoala		58. Tasquillo
		57. Singuilucan		30. Ixmiquilpan
				5. Ajacuba
				3. Actopan
				9. El Arenal
				50. Progreso
				19. Chilcuahutla
				17. Chapantongo
				64. Tepetitlán
				67. Tezontepec de Aldama
				41. Mixquiahuala
				23. Francisco I. Madero
				70. Tlahuelilpan
				74. Tlaxcoapan
				65. Tetepango
				10. Atitalaquia
				13. Atotonilco de Tula
				63. Tepeji del Río
				52. San Agustín Tlaxiaca
				54. San Salvador

Tomado del portal del Gobierno del Estado de Hidalgo: [www.hidalgo.gob.mx](http://www.hidalgo.gob.mx)

### **Apéndice 3.** Técnica de curtido de pieles por Sulfato de Aluminio utilizada en la CNMA.

1. Se lavan las pieles con agua y detergente, para eliminar suciedades.
2. Se introducen en una solución de agua con sal y ácido sulfúrico (1 l x 30 g x 1 ml) durante 30 min para posteriormente agregar formol (20 ml x 1 l) dejándolas por 24 horas moviendo constantemente.
3. Se limpian las pieles eliminando todo exceso de carne y grasa que pudiera haber quedado.
4. Se pasan a una solución salina (80 g de sal x 1 l agua) y se dejan 30 min para posteriormente agregar ácido fórmico (5 ml x 1 l), se dejan otros 30 min y se agrega sulfato de aluminio (5 g x 1 l) para quedar en la solución por 72 hrs moviendo constantemente.
5. Transcurrido este tiempo se refuerza la solución curtiente con sulfato de aluminio (20 g x 1 l) y se dejan en la solución por otras 24 hrs moviendo constantemente.
6. Transcurridas las 24 hrs se neutraliza el pH con bicarbonato de sodio y se dejan en la solución por otras 24 hrs.
7. Se escurren las pieles y se dejan secar a la sombra, antes de quedar completamente secas se les unta del lado de la piel una solución de agua, aceite sulfonado y amoníaco (350 ml x 150 ml x 15 ml).
8. Una vez que secaron casi completamente las pieles, se procede a aflojarlas con la ayuda de una aflojadora metálica en forma de media luna y se dejan secar completamente.
9. Ya secas las pieles se meten a un tambo de plástico en donde se les agrega una mezcla de almidón con gasolina blanca (1 kg x 50 ml) y se les da vueltas para que se golpeen, así se esponjará el pelo y saldrán todas las impurezas que pudieran haber quedado, finalmente se sacuden y se ponen al sol para que se evapore toda la gasolina que quedó.

#### **Apéndice 4. Protocolo de extracción de DNA para el kit comercial Biobasic™.**

- 1.** Cortar 30 mg de tejido y colocarlo en un tubo Eppendorf de 1.5 ml.
- 2.** Añadir 300 µl de solución ACL (Animal Cell Lysis Solution) al tubo Eppendorf y 20 µl de Proteinasas K.
- 3.** Incubar a 55°C hasta que el tejido quede completamente degradado (1-3 hrs). Dar vortex ocasionalmente. Incubar moviendo el agua ocasionalmente puede reducir el tiempo de lisis.
- 4.** Enfriar a temperatura ambiente. Dar vortex durante 20 segundos y centrifugar a 10 000 x g (12 000 rpm) por 5 minutos.
- 5.** Pipetear 300 µl de sobrenadante a un nuevo tubo Eppendorf, añadir 300 µl de solución AB. Mezclar ocasionalmente invirtiendo el tubo, y guardar por 2 minutos. Cargar toda la solución a una columna de centrifugación EZ-10.
- 6.** Centrifugar a 2000 x g (4000 rpm) durante 2 min y desechar el sobrenadante.
- 7.** Adicionar 500 µl de solución de lavado y centrifugar a 8000 x g (10 000 rpm) por 2 minutos.
- 8.** Repetir el paso 7.
- 9.** Desechar el sobrenadante. Centrifugar a 8000 x g (10 000 rpm) durante un minuto adicional para quitar la cantidad residual de la solución de lavado.
- 10.** Colocar la columna en un tubo Eppendorf de 1.5 ml limpio. Agregar 30-50 µl buffer Elution en la parte central de la membrana de la columna. Incubar a temperatura ambiente por 2 a 3 minutos. Incubar el tubo a 37°C o 50°C por 2 minutos puede aumentar el rendimiento de recuperación.
- 11.** Centrifugar a 8000 x g (10 000 rpm) por 1 minuto para eluir el DNA de la columna.
- 12.** Para el almacenamiento a largo plazo, mantener las proporciones de ADN genómico purificado a -20°C.
- 13.** Cuantificar la cantidad de DNA por absorción UV a 260A (1.0 OD unidad es equivalente a 50µg). Evaluar la cantidad de DNA mediante un gel de agarosa al 0.7 %.

## Apéndice 5. Ejemplares colectados y depositados en la CNMA del Instituto de Biología de la UNAM.

P= piel, C= cráneo, E= esqueleto, C= corazón, H= hígado, M= músculo, R= riñón, L= lactante y Pr= preñada.

No. de catálogo	Especie (Sexo)	Localidad	Coordenadas	Fecha de colecta	Preservación (Edad I-IV)
46599	<i>Lepus californicus festinus</i> (♂)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2336 m	20°25'31.96'' N 99°32'21.29'' W	18 Marzo 2012	P, M (IV)
46600	<i>Lepus californicus festinus</i> (♀L)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2323 m	20°25'37.86'' N 99°32'11.91'' W	18 Marzo 2012	P, Cr, C, H, R (IV)
46601	<i>Lepus californicus festinus</i> (♂)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2336 m	20°25'35.7'' N 99°32'7.32'' W	26 Marzo 2013	P, Cr, C, H, M, R (IV)
46602	<i>Lepus californicus festinus</i> (♂)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2336 m	20°25'7.2'' N 99°32'5.34'' W	26 Marzo 2013	P, Cr, C, H, M, R (IV)
46603	<i>Lepus californicus festinus</i> (♂)	HIDALGO: 2.75 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2365 m	20°24'55.26'' N 99°32'13.62'' W	26 Marzo 2013	P, E, C, H, M, R (IV)
46604	<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i> (♀Pr)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2317 m	20°25'44.16'' N 99°32'13.35'' W	07 Marzo 2014	P, E, C, H, M, R (IV)
47401	<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i> (♀)	HIDALGO: 1 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2318 m	20°25'42.95'' N 99°32'13.12'' W	10 Noviembre 2014	P, E, C, H, M, R (II)
46605	<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i> (♀Pr)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2330 m.	20°25'43.07'' N 99°32'06.96'' W	18 Marzo 2012	P, Cr, C, H, R (IV)
46606	<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i> (♂)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2332 m	20°25'38.94'' N 99°32'05.92'' W	18 Marzo 2012	P (IV)
46607	<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i> (♂)	HIDALGO: 1.5 Km S Jonacapa, Mpio. Huichapan, 2357 m	20°25'26.69'' N 99°32'03.09'' W	07 Marzo 2014	P, Cr, C, H, M, R (IV)



**Apéndice 6.** Ejemplares de lagomorfos colectados y depositados en colecciones mastozoológicas tanto de México como del extranjero, para los estados de Hidalgo, Estado de México y Querétaro.

USNM= National Museum of Natural History, Institution Smithsonian; KU= University of Kansas; AMNH= American Museum of Natural History; MSU= Michigan State University; JFB= J.F. Bell Museum of Natural History, University of Minn; MLZ= Occidental College, Moore Laboratory of Zoology; UMMZ= University of Michigan, Ann Arbor; INHS= Illinois Natural History Survey; ABM= Texas A.M. University, College Station; CNMA= Colección Nacional de Mamíferos IBUNAM; MZFC= Colección de Mamíferos del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" UNAM; UAM-I= Universidad Autónoma de México Unidad Iztapalapa, Colección de Mamíferos de la Sierra Volcánica Transversal de México. ind= indeterminado.

Especie	Colección	Estado	Localidad	No. De ejemplares (Sexo)	Coordenadas
<i>Lepus californicus festinus</i>	USNM	Hidalgo	Irolo	1 (♂)	19°43'58'' N 98°35'42'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	USNM	Hidalgo	Pachuca de Soto	1 (♀)	20°07'21'' N 98°44'10'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	USNM	Hidalgo	Tulancingo	1 (♀) 2 (♂)	20°05'14'' N 98°22'46'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	USNM	Hidalgo	Zimapán	1 (♂) 1 (♀)	20°44'13'' N 99°22'55'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	UAMI	Hidalgo	Apan	2 (ind)	19°42'18'' N 98°26'48'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	CNMA	México	1 km S Tequexquináhuac	1 (♀)	19°28'01.11'' N 98°49'20.39'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	USNM	Querétaro	Tequisquiapan	2 (♂)	20°31'14'' N 99°53'45'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	UAMI	México	Temascalapa	1 (ind)	19°46'35.0 N 98°49'42.0'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	UAMI	México	Texcoco	1 (ind)	19°13'7.0'' N 98°54'0.0'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	UMMZ	Querétaro	San Juan del Río	1 (♀)	20°23'16'' N 99°59'38'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	INHS	Querétaro	Cadereyta	1 (♀)	20°41'36'' N 99°48'48'' W
<i>Lepus californicus festinus</i>	CNMA	Querétaro	2 km S Vizarron de Montes	1 (♀)	20°48'54.50'' N 99°43'3.80'' W

## Apéndice 6. Continuación.

Especie	Colección	Estado	Localidad	No. De ejemplares (Sexo)	Coordenadas
<i>Lepus callotis callotis</i>	USNM	Hidalgo	Marquez	1 (♀)	20°12'52" N 99°32'17" W
<i>Lepus callotis callotis</i>	USNM	Hidalgo	Tulancingo	1 (♂)	20°05'14" N 98°22'46" W
<i>Lepus callotis callotis</i>	CNMA	México	Santiago Miltepec	1 (♂)	19°10'17" N 99°59'31" W
<i>Lepus callotis callotis</i>	CNMA	México	Tequexquináhuac	2 (♀)	19°28'37" N 98°49'22" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	KU	Hidalgo	Ixmiquilpan	1 (♂)	20°28'56" N 99°13'09" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	USNM	Hidalgo	Irolo	1 (♂) 1 (♀)	19°43'58" N 98°35'42" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	USNM	Hidalgo	Tulancingo	2 (♀) 1 (♂)	20°05'14" N 98°22'46" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	AMNH	Hidalgo	Apan	2 (ind)	19°42'34" N 98°27'00" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	CNMA	México	Chapingo	3 (ind)	19°28'59.99" N 98°54'00" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	CNMA	México	Tequexquináhuac	2 (♀) 1 (ind)	19°28'37" N 98°49'22" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	USNM	Querétaro	Tequisquiapan	2 (♂)	20°31'14" N 99°53'45" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	UMMZ	Querétaro	Cadereyta	2 (♀) 1 (ind)	20°41'36" N 99°48'48" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	UMMZ	Querétaro	Tolimán	2 (♀)	20°54'31" N 99°55'44" W
<i>Sylvilagus audubonii parvulus</i>	CNMA	Querétaro	4 km SW de San Juan Buenaventura	1 (♂)	21°19'11.02" N 99°29'37.64" W

## Apéndice 6. Continuación.

Especie	Colección	Estado	Localidad	No. De ejemplares (Sexo)	Coordenadas
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	MSU	Hidalgo	8 km W Huichapan	1 (♀)	20°22'28'' N 99°43'37'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	USNM	Hidalgo	El chico	1 (♀) 4 (♂)	20°12'26'' N 98°43'52'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	USNM	Hidalgo	Encarnación	1 (♂) 1 (♀)	20°52'26'' N 99°12'36'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	USNM	Hidalgo	Tulancingo	4 (♀) 1 (♂) 1 (ind)	20°05'14'' N 98°22'46'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	USNM	Hidalgo	Zimapán	1 (♂) 1 (♀)	20°44'13'' N 99°22'55'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	JFB	Hidalgo	1.6 km W Tulancingo	1 (♂)	20°05'19.67'' N 98°23'42.30'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	JFB	Hidalgo	8 km E Zimapán	1 (♂)	20°44'16'' N 99°17'54.07'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	MLZ	Hidalgo	Portezuelo	1 (♂)	20°29'12'' N 99°18'24'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	UAMI	Hidalgo	Almoloya	3 (ind)	19°48'19'' N 98°14'50'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	UAMI	Hidalgo	Apan	1 (ind)	19° 42'18'' N 98°26'48'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	CNMA	México	Chapingo	4 (ind) 1 (♂)	19°28'59.99'' N 98°54'00'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	CNMA	México	Tequexquináhuac	1 (♂) 1 (♀)	19°28'37'' N 98°49'22'' W
<i>Sulvilagus floridanus orizabae</i>	CNMA	México	8 Km SSW Villa Victoria	2 (♀)	19°24'31.54'' N 100°04'01.91'' W

## Apéndice 6. Continuación.

Especie	Colección	Estado	Localidad	No. De ejemplares (Sexo)	Coordenadas
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	MZFC	México	Aculco, carretera Toluca-Querétaro km 100	1 (ind)	20°04'06'' N 99°52'0'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	MZFC	México	2 km S El Oro de Hidalgo	1 (ind)	19°48'30'' N 100°8'38'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	UAMI	México	Texcoco	1 (ind)	19°27'29'' N 98°47'57'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	UAMI	México	Temascalapa	1 (ind)	19°48'42'' N 98°52'43'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	UAMI	México	Atenco	1 (ind)	19°31'7'' N 98°56'32'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	UAMI	México	Ixtapan de la Sal	1 (ind)	18°48'37'' N 99°42'42'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	ABM	Querétaro	1.6 km N de Peña Blanca	1 (♀)	21°02'36.04'' N 99°44'44.85'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	USNM	Querétaro	Pinal de Amoles	5 (♀)	21°08'03'' N 99°37'31'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	MZFC	Querétaro	Pinal de Amoles	2 (ind)	21°08'12'' N 99°38'43'' W
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	MZFC	Querétaro	Puerto de Tejamanil	2 (ind)	21°08'12'' N 99°38'43'' W

**Apéndice 7.** Lista de secuencias que conforman la biblioteca de referencia.

Taxón	Número Bold	Número GenBank	Estado/País
<i>Cratogeomys zinseri</i>	FCMUN107-09	GU686249	Jalisco/México
<i>Cratogeomys zinseri</i>	FCMUN108-09	GU686251	Jalisco/México
<i>Erethizon dorsata</i>	ABMC077-05	JF456596	-
<i>Erethizon dorsata</i>	ABMC078-05	JF456594	-
<i>Lepus alleni</i>	FCMUN297-13	-	Sonora/México
<i>Lepus californicus</i>	FCMUN298-13	-	México/México
<i>Lepus californicus</i>	FCMUN299-13	-	México/México
<i>Lepus californicus</i>	FCMUN179-09	GU686217	-
<i>Lepus californicus</i>	FCMUN181-09	GU686218	Durango/México
<i>Lepus callotis</i>	FCMUN288-13	-	Jalisco/México
<i>Lepus callotis</i>	FCMUN289-13	-	Jalisco/México
<i>Lepus callotis</i>	FCMUN290-13	-	Jalisco/México
<i>Lepus flavigularis</i>	FCMUN294-13	-	Oaxaca/México
<i>Lepus flavigularis</i>	FCMUN295-13	-	Oaxaca/México
<i>Lepus flavigularis</i>	FCMUN296-13	-	Oaxaca/México
<i>Lepus insularis</i>	FCMUN291-13	-	Baja California Sur/México
<i>Lepus insularis</i>	FCMUN292-13	-	Baja California Sur/México
<i>Lepus insularis</i>	FCMUN293-13	-	Baja California Sur/México
<i>Microdipodops megacephalus</i>	GBMA1829-08	EF156847	-
<i>Microdipodops megacephalus</i>	GBMA1830-08	EF156846	-
<i>Microtus mexicanus</i>	FCMUN020-09	GU686095	México/México
<i>Microtus mexicanus</i>	FCMUN088-09	GU686133	Arizona/USA
<i>Microtus mexicanus</i>	FCMUN089-09	GU686134	Nuevo México/USA
<i>Ochotona alpina</i>	ABPS001-04	DQ347415	Krasnoyarsk Krai/Rusia
<i>Ochotona alpina</i>	ABPS006-04	DQ347416	Altai Krai/Rusia
<i>Ochotona collaris</i>	GBMA0562-06	NC_003033	-
<i>Ochotona collaris</i>	CYTC4129-12	AF348080	-
<i>Ochotona curzoniae</i>	GBMA7106-13	JX962329	-
<i>Ochotona curzoniae</i>	GBMA7107-13	JX962328	-
<i>Ochotona dauurica</i>	GBMA5472-13	KC193064	Mongolia/China
<i>Ochotona dauurica</i>	ABPS041-04	DQ347426	Zabaykalsky Krai/Rusia
<i>Ochotona hyperborea</i>	ABPS002-04	DQ347429	Krasnoyarsk Krai/Rusia

## Apéndice 7. Continuación.

Taxón	Número Bold	Número GenBank	Estado/País
<i>Ochotona hyperborea</i>	ABPS003-04	DQ347430	Krasnoyarsk Krai/Rusia
<i>Ochotona pallasi</i>	MEP169-08	JF499331	Mongolia/China
<i>Ochotona pallasi</i>	MEP217-08	JF499330	Mongolia/China
<i>Ochotona princeps</i>	GBMA0118-06	AJ537415	-
<i>Ochotona princeps</i>	GBMA0609-06	NC_005358	-
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	RDATC030-05	-	-
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	RDATC031-05	-	-
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	RDATC044-06	-	-
<i>Romerolagus diazi</i>	FCMUN069-09	HM902297	Morelos/México
<i>Romerolagus diazi</i>	FCMUN184-09	GU686216	México/México
<i>Romerolagus diazi</i>	FCMUN185-09	GU686215	México/México
<i>Sylvilagus audubonii</i>	FCMUN053-09	GU686116	Durango/México
<i>Sylvilagus audubonii</i>	FCMUN054-09	GU686117	Durango/México
<i>Sylvilagus audubonii</i>	FCMUN177-09	GU686220	Durango/México
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	ABECA184-06	JF444945	Napo/Ecuador
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	ABECA492-06	JF444946	Napo/Ecuador
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	FCMUN056-09	GU686118	Guerrero/México
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	FCMUN063-09	GU686119	Guerrero/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN060-09	HM376322	Oaxaca/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN061-09	HM902295	Oaxaca/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN062-09	HM902296	Oaxaca/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN171-09	GU686226	Ciudad de México/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN172-09	GU686223	Ciudad de México/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN173-09	GU686224	Ciudad de México/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN174-09	GU686221	Jalisco/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN175-09	GU686222	Jalisco/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	FCMUN176-09	GU686219	Michoacán/México
<i>Sylvilagus floridanus</i>	ABMC247-05	JF443513	Ontario/Canadá
<i>Sylvilagus floridanus</i>	ABMC375-09	JF443515	Ontario/Canadá
<i>Sylvilagus mansuetus</i>	FCMUN064-09	GU686120	Baja California Sur/México
<i>Sylvilagus mansuetus</i>	FCMUN065-09	GU686121	Baja California Sur/México
<i>Sylvilagus mansuetus</i>	FCMUN066-09	GU686122	Baja California Sur/México