



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y
LA SALUD ANIMAL

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“EL ZACATÓN (*Muhlenbergia macroura*) COMO RECURSO FORRAJERO EN LA
DIETA DE TEPORINGO (*Romerolagus diazi*) EN CAUTIVERIO”**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

:

PRESENTA:
OSCAR DANIEL GONZÁLEZ SANTANA

COMITÉ TUTORAL

**M en C HELIOT ZARZA VILLANUEVA – FMVZ
M en C FERNANDO GUAL SILL – FMVZ
DR LUIS CORONA GOCHI – FMVZ**

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, Enero de 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.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar y como siempre a mis padres y hermana por el apoyo incondicional en todos mis proyectos. A toda mi familia por ayudar a moldear a un mejor ser humano. El mejor ejemplo a seguir, gracias.

A mi esposa Pao por el amor, la paciencia y las porras.

Al Zoológico de San Juan de Aragón por el tiempo y espacio. A la MVZ Julieta Méndez por las facilidades. Al IA Adán Becerra por resolver mis dudas. A áreas verdes por su invaluable mano de obra.

Al Parque Eco turístico Bosque Esmeralda por las facilidades prestadas. Al Ingeniero Rafael Parrilla y al Ingeniero Jose Luis por los consejos.

A Carlos, Vane, Caro, Iván y muy especialmente a Ate porque sufrieron conmigo estos 2 años de Maestría. A Ibán, Irene, Nati y Jessy por aguantarme en mis buenos y malos ratos. A ellos y los amigos que me faltan que son muchos pero que me ayudaron a recorrer este camino de una manera más sencilla y siempre me dieron su apoyo incondicional.

A mi comité tutorial y sinodales por tenerme paciencia y ayudar a formar un mejor académico, profesionalista e investigador.

Al grupo de especialistas de lagomorfos de la IUCN y la World Lagomorph Society por apoyar y creer en mi proyecto. A mis amigos de la 5th World Lagomorph Conference, nos veremos en Francia: Isa, Paco, Patrick, Narayan, Nishma, Irina, Brian, Klaus, Luis. Thanks for all your support!

INDICE

1. Introducción	3
1.1 Teporingo (<i>Romerolagus diazi</i>)	3
1.2 El teporingo en cautiverio	8
1.3 El zacatón (<i>Muhlenbergia macroura</i>)	9
1.4 La relación entre <i>Romerolagus diazi</i> y <i>Muhlenbergia macroura</i>	12
2. Objetivos	15
3. Material y Métodos	16
3.1 Localización	16
3.2 Material Biológico	17
3.3 Metodología	17
3.3.1 Germinación	17
3.3.2 Crecimiento al corte	18
3.3.3 Extracción y transporte	20
3.3.4 Siembra y prendimiento	22
4. Resultados	23
4.1 Germinación	23
4.2 Crecimiento al corte	24
4.3 Extracción transporte, siembra y prendimiento	25
5. Discusión	28
6. Conclusiones	30
7. Referencias Bibliográficas	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1 TEPORINGO (*Romerolagus diazi*)

México cuenta con 15 especies del orden Lagomorpha, esto lo convierte en el país americano con mayor diversidad de este grupo taxonomico. Las 15 especies pertenecen a la familia Leporidae, 5 de ellas son liebres del género *Lepus*, mientras que las demás pertenecen a los géneros *Sylvilagus* (9 sp) y *Romerolagus* (1 sp). El 60 % de los lagomorfos mexicanos (6 conejos y 3 liebres) son endémicos. (Cervantes y González, 1996; Velazquez, 2012)

Dentro de estas especies endémicas destaca el teporingo (*Romerolagus diazi*) (Figura 1), también llamado zacatucho, tepolito y conejo de los volcanes (Cervantes y Martínez, 1996). Esta es una especie monotípica y considerada primitiva ya que presenta algunas características anatómicas similares a las Pikas (Ochotonidae) y filogenéticamente se considera que existe un parentesco más estrecho con las liebres (*Lepus*) que con conejos del género *Sylvilagus*. (Cervantes *et al.*, 1990; Cervantes y Martínez, 1996).



Figura 1 Conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*)

El teporingo es una especie catalogada en peligro de extinción (P) dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). En el ámbito internacional la Unión para la Conservación de la Naturaleza (UICN), lo cataloga como en peligro de extinción (EN) (AMCELA, 2008) y está ubicada en el Apéndice I por parte de la Convención sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (UNEP-WCMC, 2015)

El teporingo presenta una distribución restringida a algunas zonas del Eje Neovolcánico Transversal. (Figura 2) (Cervantes *et al*, 1990; Cervantes y González, 1996; Cervantes y Martínez, 1996a) Se encuentra entre 2800 y 4250 msnm, siempre asociados a bosques de pino (*Pinus spp.*) y áreas densas de gramíneas amacolladas (Fa y Bell, 1990)

En un estudio elaborado por Velázquez *et al* (1996) se identificaron 9 áreas de distribución potencial de esta especie: 1) Volcán Nevado de Colima, 2) Volcán Tancitaro, 3) Sierra Chincua, 4) Volcán Nevado de Toluca, 5) Sierras Chichinautzin y Ajusco 6) Sierra Nevada, 7) volcán Malinche, 8) volcán cofre de perote y 9) volcán Pico de Orizaba, pero solamente se detectó su presencia en las Sierras Chichinautzin y Ajusco restringida solo a los volcanes El Pelado y Tlaloc; y en la sierra Nevada en los volcanes Popocatepetl, Papayo e Iztacihuatl. (Velázquez *et al.*, 1996)

Velázquez *et al* (1996) han reportado la presencia de diversos tipos de vegetación dentro del área de distribución del teporingo (*R. diazi*), lo que indica la existencia de un mosaico de hábitats diferentes en los que se han descrito nueve comunidades vegetales consideradas como sinónimos de hábitats, que en su conjunto representan todos los hábitats encontrados en la región con presencia de *Romerolagus diazi*. (Velázquez *et al.*, 1996), Los nueve tipos de hábitats son los siguientes:

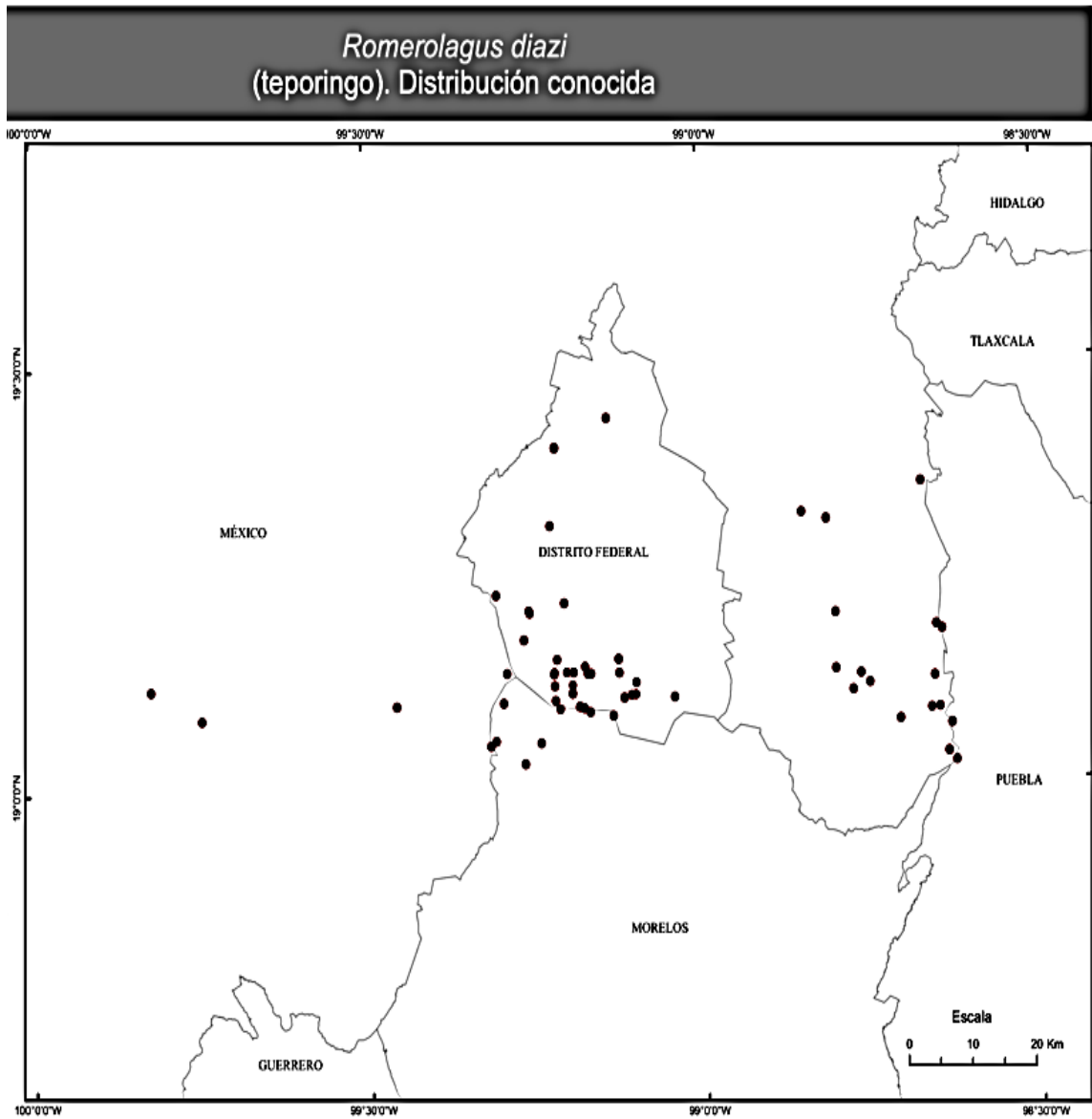


Figura 2 Distribución conocida de *Romerolagus diazi*. Modificada de CONABIO. 2010.

1. Paramos supra-alpinos: Zacatonal abierto que se encuentra por arriba de los 4,230 msnm. La distribución de las plantas es agregada con un alto porcentaje de suelo descubierto (60%). (Velázquez et al, 1996)

2. Zacatonal supra-alpino: Zacatonal poco más denso que el anterior, localizado entre los 4,100 y 4,220 msnm, donde los pastos se encuentran formando macollos.
3. Zacatonal alpino: Zacatonal homogéneo y muy denso distribuido entre los 3,900 y los 4,130 msnm, donde normalmente se observan indicios de quema y pastoreo.
4. Bosque de pino de altura: Pinar abierto de amplia distribución con un estrato herbáceo denso y homogéneo. Se localiza entre los 3,120 y 3,840 msnm. La vegetación perturbada por pastoreo y quema, para el Volcán Tláloc y el Volcán El Pelado se encontraron letrinas de *Romerolagus diazi*.
5. Zacatonal inducido en bosque de pino: Pinar más ampliamente distribuido en el Volcán Pelado, entre los 3,090 y los 3,620 msnm. El estrato arbóreo es homogéneo, denso y domina al igual que el estrato herbáceo, aunque éste en mayor proporción a manera de parches. En este sitio se observaron indicios de pastoreo extensivo y zonas donde el suelo ha sido extraído para jardinería. En un 70% de los sitios visitados se observaron rastros de *Romerolagus diazi*.
6. Bosque mixto. De aile-pino, localizado entre los 3,000 y 3,500 msnm. Este hábitat es menos denso que el anterior. Caracterizado por pastoreo, quema, tala y extracción de tierra como actividades comunes. Para los Volcanes Tláloc y El Pelado sólo en 10 sitios (44%) se encontraron rastros de *Romerolagus diazi*.
7. Zacatonal en bosque de oyamel. Bosque abierto de oyameles con un estrato herbáceo muy bien definido, restringido a los volcanes Tláloc y Pelado, entre los 3,150 y 3,480 msnm. El estrato rasante es conspicuo. Presencia de tala y caminos, en seis de once sitios explorados se encontraron rastros de *Romerolagus diazi*.

8. Bosque de oyamel. Bosque muy denso restringido al Volcán Popocatepetl, entre los 2,840 y 3,340 msnm. Este hábitat ha sido talado intensivamente; sin rastros de *R. diazi*. Considerado hábitat histórico (Velázquez et al, 1996)

9. Bosque de oyamel y cedro. Bosque mixto restringido al Popocatepetl, entre 2,840 y 3,070 msnm. Es la vegetación límite con las zonas de agricultura, por lo que se encuentra muy perturbada. Considerado hábitat histórico (Velázquez et al., 1996)

El hábitat del teporingo se ha ido disminuyendo y fragmentando principalmente por el cambio de uso de suelo debido al crecimiento continuo de la ciudad de México (Romero y Velázquez, 1994; López-Paniagua et al., 1996). Esto ha favorecido la expansión de los asentamientos humanos, la creación de caminos y autopistas; la extracción de tierra, la creación de zonas de cultivo y de pastoreo; incendios; la introducción de especies de fauna y flora exótica; y actividades como el ocoteo y el corte de zacatón (Cervantes y Martínez, 1992; López-Paniagua et al., 1996; Rizo-Aguilar, et al., 2014). La pérdida y fragmentación del hábitat ha aislado poblaciones de teporingos y con ello se interrumpe el intercambio genético. (Fa y Bell, 1990; Romero y Velázquez, 1994; López-Paniagua et al., 1996; Cabrera et al., 2006;). Se considera que actualmente el cambio climático ejerce un efecto negativo sobre las comunidades vegetales asociadas a los teporingos ya que se modifican tanto sus ciclos biológicos así como su distribución. (Domínguez, 2007; Villers y Castañeda, 2013)

Otras actividades que tienen un efecto directo sobre las poblaciones de teporingos son la cacería, la contaminación (Fa y Bell, 1990; López-Paniagua et al., 1996;), y la extracción ilegal de ejemplares. Estas causas ponen en riesgo a esta especie que de manera natural ya es escasa, una protección adecuada de las áreas, así como el uso

sustentable de los recursos naturales que existen en el área de distribución del teporingo, son imprescindibles para favorecer la conservación de esta especie. (Velázquez *et al.*, 1996)

1.2 EL TEPORINGO EN CAUTIVERIO

En 1985 se emprendió la tarea de establecer una colonia de reproductiva de teporingos en el Zoológico de Chapultepec, utilizando en total 12 ejemplares fundadores provenientes del Laboratorio de Biología Animal Experimental de la Universidad Nacional Autónoma de México. (Granados y Hoth,1985). Estos 12 individuos se distribuyeron en dos albergues, en uno de ellos se sembraron zacatones de los géneros *Muhlenbergia* y *Festuca*, mientras que en el otro no se sembró ningún tipo de cobertura vegetal. En el albergue que no tenía estas gramíneas, los ejemplares se mostraron en un estado constante de nerviosismo, por lo que después se decide colocar estas especies vegetales en ambos albergues. Debido a la importancia del zacatón para la reproducción y el bienestar de los ejemplares en cautiverio, el zoológico comenzó a reemplazar macollos de esta especie vegetal de manera frecuente (entre cada 30 y 90 días) (Velázquez, 1996). Hoy en día (2015), la colonia que habita en el Zoológico de Chapultepec permanece y continúa en reproducción.

Por su parte, en el 2003, el Zoológico de Los Coyotes localizado al sur de la Ciudad de México, también inició su proyecto de cría en cautiverio. La colonia establecida se mantiene hasta el momento. En el año 2013 el Zoológico de San Juan de Aragón inicia una nueva colonia con 12 ejemplares (la mitad procedentes del Zoológico de los Coyotes y los ejemplares restantes del Zoológico de Chapultepec), todos ellos hembras.

Esta colonia se originó con los objetivos de realizar exhibición, educación e investigación, pues no se contaban con instalaciones para soportar la reproducción y en el 2016 inicia el programa de reproducción en esta colonia. En año 2013 la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre intercambia ejemplares con el Zoológico de Hokkaido, Japón, donde actualmente se mantienen con vida

En México históricamente se han mantenido en cautiverio colonias en San Cayetano, Estado de México; en el ámbito internacional en el Zoológico de Jersey, Inglaterra y el Zoológico de Amberes, Bélgica sin embargo por razones desconocidas todas estas poblaciones ya no persisten en la actualidad. Solamente en la colonia de San Cayetano se reporta el uso de gramíneas amacolladas. (Velázquez, 1996)

En cautiverio se ha recomendado el uso de la gramínea *Muhlenbergia macroura*, esto ya que según un estudio realizado en 1992 por Cervantes y Martínez esta especie vegetal se encuentra presente en el 88.63% de las heces de los teporingos, siendo la especie vegetal que prefieren para su alimentación en vida libre.

Además se ha observado que *Muhlenbergia* es más rústica ya que resiste bien la desecación y el consumo por parte de los teporingos, además de ser una especie de gran tamaño y que brindan mayor cobertura.

1.3 El zacatón (*Muhlenbergia macroura*)

Los zacatones son un grupo de plantas pertenecientes a la familia Poaceae, comúnmente llamadas gramíneas. Las Poaceae son una familia muy diversa con aproximadamente 700 géneros y aproximadamente 11,000 especies a nivel mundial,

mientras que en México existen 204 géneros y 1,278 especies (Sánchez *et al.*, 2012). La subfamilia Chloridoideae comprende cerca de 140 géneros y unas 1420 especies, principalmente representados en las regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios; éstos son frecuentes en ambientes abiertos de suelos salinos y de condiciones xéricas y subxerofíticas, así como en áreas típicamente ruderales. A esta subfamilia pertenece el género *Muhlenbergia*, el cual cuenta con unas 176 especies, en su mayoría distribuidas en América; y con seis especies endémicas del sudeste asiático. Existen alrededor de 145 especies de *Muhlenbergia* nativas del sur de los Estados Unidos de América y el norte de México, mientras que el género está representado en Centroamérica por 38 especies (una endémica) y en Sudamérica por unas 32 especies (diez endémicas). La mayoría de las especies de este género son componentes de vegetación primaria, que ocupan hábitats de bosque como de pastizales-pajonales y matorrales-arbustales, tanto de condiciones húmedas como secas o subxerofíticas. El género *Muhlenbergia* está delimitado por sus espiguillas unifloras (muy raramente bifloras), solitarias, pareadas o fasciculadas (en este caso entonces dispuestas en grupos de tres o raramente en grupos hasta de cinco espiguillas), con la flor desarticulándose completa. Por otra parte, cabe destacar que la diversidad morfológica de *Muhlenbergia* es muy amplia, toda vez que abarca desde especies anuales de menos de 2 cm de alto hasta especies perennes, cespitosas y robustas hasta de 3 m de alto. (Giraldo y Peterson, 2009). Este es uno de los géneros de la familia Poaceae más diversos en el país con 23 especies. (Sánchez *et al.*, 2012)

La especie *Muhlenbergia macroura* (Figura 3) es una planta herbácea perenne, densamente cespitosa, en grandes agrupaciones que llegan a medir 1 m de diámetro; tallos de 1-1.5 m de longitud, ligeramente rugosas al tacto. (SEMARNAT, 2008).

Esta es una especie indicadora de incendios periódicos que crece en forma natural de bosques de coníferas y/o latifoliadas. El intervalo altitudinal en que se ubica va de 1800 hasta 4300 msnm. Crece en lugares abiertos y más allá del límite forestal constituye la vegetación clímax. La vegetación asociada abarca ejemplares de *Brachipodium mexicanum*, *Bromus anomalus*, *Festuca amplissima*, *F. livida*, *F. toluensis* y *Muhlenbergia quadridentata*. (SEMARNAT, 2008)

Se distribuye en los Estados de Chihuahua, Distrito Federal, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Puebla. La floración se da entre junio y enero. Esta especie se cultiva en áreas abiertas, aunque el mayor uso de la especie se realiza en áreas naturales. Para el Estado de México se estimó una capacidad de carga de 8 ha / unidad animal en bosques de *Pinus* donde se desarrolla esta especie asociada con otras gramíneas. Además, en este mismo lugar se ha estimado una cubierta total de zacatón hasta de un 40% en el estrato inferior, existiendo una alta correlación entre la precipitación y la producción de materia seca acumulada. (SEMARNAT, 2008)

Su rendimiento anual es de 9408.7 kg / ha, el contenido de proteína cruda y su valor de digestibilidad *in vitro* de materia seca son del orden de 11.76-27.9 % y 50.04 a 27.0%, respectivamente. (SEMARNAT, 2008)

Se utiliza para la construcción rural (los macollos son usados para hacer techos), artesanal (los tallos se emplean en la elaboración de escobas de popote), forrajero (se trata de una especie de hábito herbáceo de valor forrajero pobre, aunque está reportado

su uso para el pastoreo cerril), industrial (la parte aérea, se destina a la producción de papel de fibra corta y la raíz para la elaboración de escobetas, escobas, cepillos y cepillos de pelo) (SEMARNAT, 2008)



Figura 3 Macollos de *Muhlenbergia macroura*. Amecameca, Edo Mex

El mercado más importante de la raíz de zacatón es el internacional (Alemania, Francia, Italia, Holanda, España, Brasil y Argentina), ya que se estima que sólo un 25 % de la producción nacional es para consumo interno. (SEMARNAT, 2008) Sin embargo dentro de las comunidades agrícolas y ganaderas que no se dedican al aprovechamiento del zacatón, este es considerado como una maleza.

1.4 RELACIÓN ENTRE *Romerolagus diazi* Y *Muhlenbergia macroura*

El teporingo puede estar activo a cualquier hora del día o de la noche, sin embargo, sus actividades se concentran durante el crepúsculo, para realizar su actividad requiere de la presencia de una cobertura herbácea densa, particularmente de gramíneas amacolladas. (Cervantes y Martínez, 1992) Es usual observar teporingos interactuando activamente en áreas de cubierta rocosa o sustrato blando en partes empinadas o planas, pero siempre con abundante estrato herbáceo. (Cervantes y Martínez, 1996a)

Los teporingos se alimentan sobre todo de gramíneas amacolladas principalmente *Muhlenbergia macroura*, *Festuca amplissima*, *Stipa ichu*. y *Erygnium rosei* (Cervantes y Martínez, 1992; Martínez-García *et al.*, 2012). Seleccionan las hojas jóvenes que son suaves y verdes y tienen menor cantidad de sílice y oxalatos. Usualmente consumen las partes cercanas a la base de las hojas y las partes bajas del zacatón, ayudando al proceso natural de que las hojas se doblen y formen un techo de cobertura densa entre los zacatones (Cervantes y Martínez, 1996a).

Aunque los teporingos no se alimentan de forma exclusiva de zacatón, si es su alimento principal (54.4%) (Cervantes y Martínez, 1996a; Cervantes y Martínez, 1992) En un estudio realizado por Cervantes y Martínez (1992) la frecuencia de la ingesta de zacaton fue de 88.63 % para *M. macroura*, 42.38% para *S. ichu* y del 7.99% para *E. rosei*. *M. macroura* fue la especie vegetal más consumida durante todo el año, a excepción del mes de noviembre, donde el consumo fue elevado para otras especies como el Aile (*Alnus argula*) y *S. ichu*. (Cervantes y Martínez, 1992)

Los zacatones, en especial *Muhlenbergia* juegan un rol muy importante como cobertura y junto con los árboles como material para nidos. (Cervantes y Martínez, 1992). Los

nidos de esta especie son normalmente cavidades someras y pequeñas sobre la superficie del suelo, cavadas por las hembras junto a la base de las gramíneas amacolladas. Algunos nidos también han sido encontrados sobre la parte central de los macollos. (Cervantes y Martínez, 1996a)

La cobertura ofrecida por los zacatones le brindan un buen refugio al teporingo ante sus depredadores que son principalmente el lince rojo (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*), comadreja (*Mustela frenata*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), búho cornudo (*Bubo virginianus*), serpiente de cascabel (*Crotalus triseriatus*) y se ha sugerido que otros carnívoros como la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el cacomixtle (*Bassaryscus astutus*), y el tlalcoyote (*Taxidea taxus*) podrían ser depredadores naturales. (Cervantes, 1981) También los perros y gatos ferales ejercen presión de consumo intensivo hacia las poblaciones de teporingos. (Romero y Velázquez, 1994; Rizo-Aguilar *et al.*, 2014; Uriostegui-Velarde *et al.*, 2015)

La disponibilidad de recursos para alimentación, reproducción y cobertura es un factor determinante para la distribución, uso de hábitat y rango hogareño del teporingo. Su presencia tiene una correlación positiva con la altitud y la cobertura del zacatón (Rizo *et al.*, 2014).

La asociación entre la abundancia de *Romerolagus diazi* y la calidad del hábitat sugiere que esta especie de lagomorfo se encuentra en peligro de extinción en sus áreas de distribución natural. (Rizo *et al.*, 2014).

La estrecha relación entre los teporingos y las gramíneas amacolladas se ha reconocido desde la época prehispánica, los aztecas denominaban al *Romerolagus diazi* como *zacatochtli* (zacatuche) que etimológicamente está compuesto de dos vocablos: *zacatl* =

zacate, pasto, que hace referencia a las gramíneas amacolladas y *tochtli* = conejo (Velazquez *et al.*, 1993). A pesar que desde esas épocas se tiene conocimiento de la importancia de esas especies vegetales dentro de la ecología del teporingo, en los textos consultados solamente ocupa menciones acerca de dicha importancia y como el daño hacia esas comunidades vegetales impacta de manera negativa al teporingo (Domínguez, 2007; Villers y Castañeda, 2013; Martínez-Torres *et al.*, 2016). En realidad para la importancia que guarda esta especie de lagomorfo, es poca la información que se ha generado. Las investigaciones realizadas se encaminan hacia el uso del hábitat del *R. diazi*, su nutrición en cautiverio, reproducción y genética principalmente, y muy poca investigación hacia la densidad real de esta especie y las gramíneas amacolladas (Lorenzo *et al.*, 2015) que como se ha mencionado anteriormente juega un papel sumamente importante dentro de la ecología y la conservación del teporingo.

2. OBJETIVOS

GENERAL

- Apoyar las acciones de conservación *ex situ* del teporingo (*Romerolagus diazi*) mediante una guía de manejo de cultivo de zacatón (*Muhlenbergia macroura*)
- Generar una guía sobre el manejo de *M. macroura* fuera de su hábitat natural

ESPECÍFICOS

- Establecer el protocolo básico para la extracción, trasplante y cuidados de zacatón (*M. macroura*)
- Determinar el porcentaje de germinación del zacatón (*M. macroura*) *ex situ*

- Determinar el crecimiento de *M. macroura ex situ* a partir del consumo simulado de *Romerolagus diazi*
- Establecer una plantación viable de zacatón (*M. macroura*) en el Zoológico de San Juan de Aragón

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Zoológico de San Juan de Aragón 19°27'43"N y 99°04'59"O (Figura 4) ubicado en la Ciudad de México

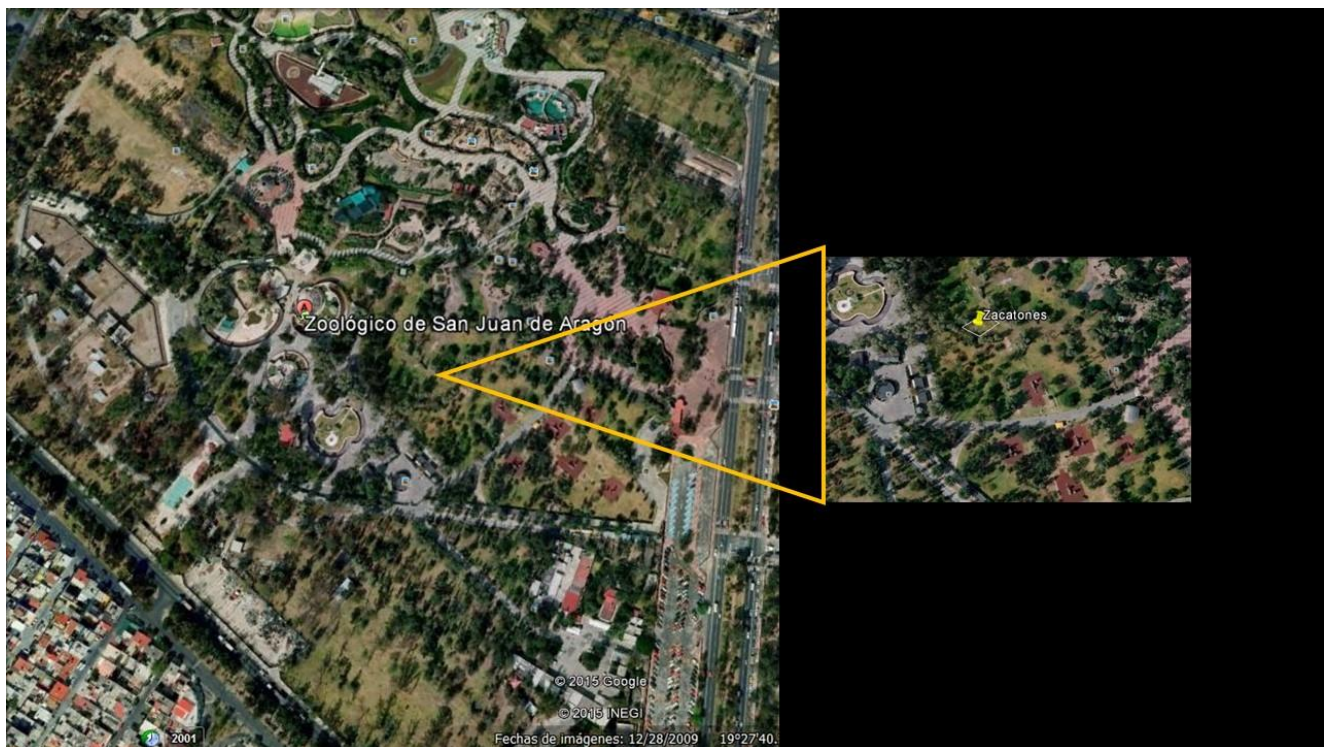


Figura 4 Zoológico de San Juan de Aragón, localización de parcelas de zacatón

3.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizaron macollos de la especie *Muhlenbergia macroura* ya que es la especie de zacatón preferida (88.63%) para su consumo por los teporingos en vida libre (Cervantes y Martínez, 1992). Además de presentar un mayor tamaño, se ha observado de manera empírica que presenta una mayor rusticidad en comparación con otras especies de zacatón. Los macollos fueron obtenidos del parque eco turístico “Bosque Esmeralda” 19°07’30”N y 98°44’03” ubicado en el ejido Emiliano Zapata, Amecameca, Estado de México (Figura 5) durante el mes de Octubre de 2015 entre las 9:00 y 10:00 hrs.



Figura 5 Bosque Esmeralda, Amecameca, Edo. Mex.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 GERMINACIÓN

Una medida poco frecuente en la propagación *ex situ* del zacatón es usando la semilla, sin embargo debido a la importancia que tiene esta para mantener la viabilidad genética y como una opción para aumentar a largo plazo el número de macollos, es necesario evaluar su viabilidad a partir del porcentaje de germinación. Para ello se colocaron en 10 cajas de Petri 100 semillas de *Muhlenbergia macroura*, 10 semillas por cada caja. Se

obtuvieron de espigas que se recolectaron cuando estas se encontraban verdes ya que aún contenían semillas. Si se recolectan cuando la espiga está seca, contendrá escasa cantidad de semilla pues esta ya habrá sido desplazada por el agua, aire o alguna especie dispersora. Como sustrato se usaron toallas de papel y fueron humedecidas todos los días con 1.5 ml de agua corriente utilizando una pipeta. La evaluación de germinación se realizó durante un mes y cada 5 días se contaron las semillas germinadas. Este tratamiento se repitió 2 veces más dando un total de 300 semillas.

3.3.2 CRECIMIENTO AL CORTE

Con el objetivo de evaluar la altura mínima en la que el zacatón puede recuperarse después del consumo de los teporingos. Se realizaron 3 grupos experimentales, cada grupo compuesto por 15 unidades. Los tratamientos (Figuras 6 y 7) fueron los siguientes:

Tratamiento 1. Corte a una altura de 25 cm de la base.

Tratamiento 2. Corte a una altura de 35 cm de la base.

Tratamiento 3. Corte a una altura de 45 cm de la base.

La altura mínima fue dada por observaciones empíricas donde la mayoría de los macollos que llegaban a esa altura no lograban recuperarse y morían.

Todos los macollos se encontraban bajo las mismas condiciones de fertilidad del suelo, contenido de humedad, cantidad de horas luz y riego.

Cada siete días se revisaron todas las plantas y se evaluó el crecimiento de las hojas, para ello, se seleccionó cinco hojas centrales verdes del macollo y fueron medidas con

una cinta métrica. Estas cinco hojas se marcaron con tinta indeleble para poder medir siempre las mismas hojas (Figura 8)



Figura 6 Medición de la altura a la cual se cortará el zacatón



Figura 7 Corte de todas las hojas del macollo



Figura 8 Identificación de 5 hojas con tinta indeleble

3.3.4 EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE

La selección del terreno y la extracción de los macollos se realizó bajo las especificaciones que marca la NOM-028-SEMARNAT-1996 Que establece procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de raíces y rizomas de vegetación forestal.

El terreno era plano y sin pendientes. La selección de los macollos se realizó de manera salteada para evitar extraer franjas continuas que pudieran propiciar a la erosión y deslave del terreno.

Se extrajeron 100 macollos de *Muhlenbergia macroura* de aproximadamente 100 cm de circunferencia en la base. Esta fue tomada con una cinta métrica de la parte inferior del macollo, justo por encima del suelo, recogiendo y agrupando las hojas a manera de manojo.

Se extrajeron 50 macollos mediante técnicas utilizadas para trasplante de árboles. (GDF, 2000). Se utilizaron palas de corte para cavar (Figura 9) en forma circular a 20 cm del macollo y a una profundidad de 30 cm aproximadamente (banqueo).

Posteriormente se toman las hojas a manera de manojo y se tira de ellas, apoyado por la pala haciendo palanca para que este salga, teniendo cuidado de no tirar tierra (cepellón) que se encuentre junto con las raíces.

Una vez fuera de la tierra el macollo, se cubre la raíz con la mayor cantidad posible de tierra con manta de cielo (arpillado) y se forma un saco que mantendrá las raíces protegidas de los rayos solares y del aire; así como permitir que la tierra continúe rodeando las raíces. (Figura 10)



Figura 9 Banqueo de macollo de *M. macroua*



Figura 10 Arpillado de macollos de *M. macroua*



Figura 11 Acomodo de macollos de *M. macroua*



Figura 12 Siembra de macollos de *M. macroua*

Otros 50 macollos se extrajeron a manera de que las raíces no se protegieran y que es la manera convencional en que estos son extraídos. En esta forma, posterior al banqueo del macollo, son colocados en el medio de transporte, sin cuidar el cepellón ni la exposición de la raíz al ambiente.

Se acomodaron en una camioneta de redilas (Figura 11) teniendo cuidado de que el cepellón de todos los macollos se mantuviera y no se deshiciera. Posteriormente se taparon con una lona para disminuir los rayos solares.

3.3.5 SIEMBRA Y PRENDIMIENTO

Al llegar al zoológico de San Juan de Aragón se plantaron todos los macollos en un área que ya se tenía preparada para su recepción y plantación, cada uno en una cepa (hoyo) preparada de 50 cm de profundidad, previamente regada y adicionada con lombricomposta. Cada cepa fue cavada a una distancia de 50 cm entre una y otra (Figura 12). Los macollos fueron distribuidos de la siguiente manera.

En la parcela “A” se sembró el grupo 1: 25 macollos con arpillado y el grupo 2: 25 macollos sin arpillado, mientras que en la parcela “B” se sembró el grupo 3: 25 macollos con arpillado y el grupo 4: 25 macollos sin arpillado. Durante los primeros 21 días todos los macollos fueron regados diariamente, posteriormente la parcela “A” se regó 5 veces a la semana, mientras que la parcela “B” se regó 2 días a la semana.

4. RESULTADOS

Los resultados analizados estadísticamente se realizaron con un diseño completamente al azar y utilizando prueba de Tuckey para comparación de medias usando el sistema estadístico SAS ®

4.1 GERMINACIÓN

Como se puede observar en el Cuadro 1 la semilla de *Muhlenbergia macroura* comienza a germinar (Figura 13) a partir del día 10 y alcanza su máxima germinación ($P < 0.05$) al día 20 y posteriormente se mantiene

Cuadro 1 Porcentaje de germinación de semilla de *Muhlenbergia macroura*

Día	0	5	10	15	20	25	30
Germinación (%)	0 ^a	0 ^a	19.2 ^b	47.6 ^c	76 ^d	76 ^d	76 ^d
abcd Literales diferentes en la hilera indica diferencia ($P < 0.05$)							



Figura 13 Germinación de semilla de *M. macroura* donde se puede observar en algunas semillas la salida de la raíz a partir del ápice de la semilla

4.2 CRECIMIENTO AL CORTE

En el Cuadro 2 se muestra que todos los zacatones sobrevivieron, sin embargo, el tiempo de recuperación fue distinto ($P < 0.05$) dependiendo de la altura de corte y los días de crecimiento (altura x día); así al día 10 los macollos que al inicio registraron 25 cm de altura presentaron mayor ($P < 0.05$) crecimiento a los 10 días posteriores al establecimiento (18.2%), en comparación con los que se sembraron a 35 cm (15.7%) y 45 cm de altura (12.8%). Posteriormente, a los 20 y 30 días después de la siembra, el crecimiento del zacatón fue similar ($P > 0.05$) independientemente de la altura de corte inicial con que se estableció el macollo.

Cuadro 2 Efecto de la altura de corte (cm) sobre el crecimiento (cm) de *Muhlenbergia macroura*

	Altura de corte (cm)											
	25 cm				35 cm				45 cm			
Día	1	10	20	30	1	10	20	30	1	10	20	30
Crecimiento (cm)	25 ^a	43.2 ^{bc}	68.2 ^f	81.6 ^g	35 ^b	50.7 ^{cd}	66.3 ^{ef}	81.9 ^g	45 ^c	57.8 ^{de}	70.8 ^f	83.8 ^g
abcdefg Literales diferentes en la hilera indica diferencia ($P < 0.05$)												

En el Cuadro 3 se muestra que al finalizar el establecimiento no hubo diferencia de crecimiento entre los macollos cortados a 25 y 35 cm, pero si con respecto a los que se cortaron a 45 cm. Se puede observar que hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) en crecimiento con relación a la altura de corte por día. A los 45 cm de corte se presentó mayor crecimiento (12.1%, $P < 0.05$) del pasto. Como se esperaba, al avanzar los días se incrementó ($P < 0.05$) el crecimiento de las hojas.

Cuadro 3 Efectos principales de altura de corte y día sobre el crecimiento de *Muhlenbergia macroura*

Altura de corte	Crecimiento (cm)		Día	Crecimiento (cm)
25	54.5 ^a		1	35 ^a
35	58.5 ^a		10	50.6 ^b
45	64.3 ^b		20	68.4 ^c
			30	82.4 ^d
abcd Literales diferentes en la hilera indica diferencia (P<0.05)				

4.3 EXTRACCIÓN, TRANSPORTE, SIEMBRA Y PRENDIMIENTO

Posterior al trasplante todos los macollos se secaron en la parte exterior, sin embargo, los macollos que se transportaron con arpillado tuvieron una recuperación más acelerada pues a los siete días ya tenían nuevamente hojas verdes, mientras que los que se transportaron sin arpillado a los 21 días apenas mostraban crecimiento de hojas verdes. Además, los macollos que se regaron cinco días mostraron una recuperación más acelerada sobre los que se regaron solo dos días por semana.

En la parcela "A" en el grupo 1 tras cuatro meses de sembrados el porcentaje de prendimiento fue de 72%, mientras que el porcentaje de macollos que nunca se recuperaron fue del 28% (Cuadro 4, Figura 14). En el grupo 2 el porcentaje de prendimiento fue del 32%, mientras que el 68% de los macollos murieron (Cuadro 5, Figura 15)

En la parcela "B" en el grupo 3 tras 4 meses solo 32% de los macollos tuvieron crecimiento de hojas verdes y el 68% murió (Cuadro 6). De los macollos del grupo 4 el 24% sobrevivió, mientras que el 76% murió (Cuadro 7). Por lo que tanto el riego como la protección de la raíz, tienen un papel muy importante para el prendimiento de la planta.

En ambas parcelas los macollos con arpillado tuvieron un porcentaje de supervivencia mayor que los que no se arpillaron

Cuadro 4 Grupo 1: Porcentaje de supervivencia de macollos con arpillado y riego 5 veces a la semana

Tiempo a partir de trasplante	Número de plantas que retoñaron	%	Número de plantas que murieron	%
7 días	10	40	0	0
21 días	11	44	1	4
1 mes	13	52	2	8
2 meses	15	60	3	12
3 meses	16	64	4	16
4 meses	18	72	7	28

Cuadro 5 Grupo 2: Porcentaje de supervivencia de macollos sin arpillado y riego 5 veces a la semana

Tiempo a partir de trasplante	Número de plantas que retoñaron	%	Número de plantas que murieron	%
7 días	5	20	0	0
21 días	5	20	6	24
1 mes	5	20	9	36
2 meses	5	20	10	40
3 meses	7	28	12	48
4 meses	8	32	17	68

Cuadro 6 Grupo 3: Porcentaje de supervivencia de macollos con arpillado y riego 2 veces a la semana

Tiempo a partir de trasplante	Número de plantas que retoñaron	%	Número de plantas que murieron	%
7 días	3	12	2	8
21 días	3	12	4	16
1 mes	4	16	6	24
2 meses	6	24	10	40
3 meses	7	28	13	52
4 meses	8	32	17	68

Cuadro 7 Grupo 4: Porcentaje de supervivencia de macollos sin arpillado y riego 2 veces a la semana

Tiempo a partir de trasplante	Número de plantas que retoñaron	%	Número de plantas que murieron	%
7 días	1	4	2	8
21 días	3	12	11	44
1 mes	3	12	14	56
2 meses	5	20	15	60
3 meses	6	24	16	64
4 meses	6	24	19	76



Figura 14 *Muhlenbergia macroura* con retoños



Figura 15 *Muhlenbergia macroura* seco

5. DISCUSIÓN

En el presente estudio se realizan los primeros estudios acerca del manejo de *Muhlenbergia macroura* fuera de su hábitat natural. La información obtenida apoyará a las acciones de conservación de *Romerolagus diazi* tanto en cautiverio como en vida libre; especies simpátricas y su hábitat, de esta manera se podrían llevar a cabo las acciones recomendadas por distintas instituciones para la conservación del teporingo (AMCELA, 2008; Lorenzo *et al.* 2015). Esto podrá generar a largo plazo macollos viables para su uso dentro de las colecciones zoológicas ya sea para la alimentación de ejemplares, la ambientación de albergues o bien proyectos de investigación que requieran de zacatones, de esta manera se evitará la extracción de macollos del medio. Además, podrán usarse para realizar acciones de reforestación y de esta manera restaurar y conectar hábitats fragmentados o bien crear corredores o zonas de liberación para teporingos.

Los resultados obtenidos fueron de utilidad para el zoológico de San Juan de Aragón y serán compartidos a las instituciones que manejan *Romerolagus diazi* para que puedan realizar un manejo adecuado y sustentable del zacatón.

Otras especies vegetales como *Silene regia* muestran germinaciones del 67 al 86% (Menges, 1991), *Panicum virgatum* 60.9 a 73.2% (Sarath, 2005), *Aeluropus lagopoides* del 60.9 a 100%, *Halopyrum mucronatum* de más del 80%, (Kahn, 2003) por lo que se considera en el presente estudio que la germinación de *M. macroura* es buena, recordando que es una especie silvestre no domesticada.

Los tratamientos usados para evaluar el crecimiento al corte fueron de gran utilidad al evidenciar la importancia que guarda el prendimiento y adaptación del macollo al terreno. Anteriormente se había observado que los macollos no se recuperaban tras el consumo de los teporingos cuando la planta llegaba a una altura de 25 cm o menos. Sin embargo una vez adaptada, el corte induce la síntesis y acción de hormonas como las auxinas, citocininas, etilenos y giberelinas las cuales favorecen su recuperación y crecimiento (Taiz y Zieger, 2002)

Por lo anterior, el manejo en todas las etapas que se le dio a la planta fue de vital importancia para que hubiera un prendimiento adecuado, siendo este y como ya se ha mencionado el punto clave para poder mantener una plantación viable y sustentable.

Aunque en este estudio no se logró analizar la capacidad de carga de teporingos de una parcela de macollos manejados de esta forma o la cantidad de nutrientes de estos, si se logró obtener la información para mantener viable a esta especie vegetal fuera de su hábitat y así lograr más investigación alrededor de *Muhlenbergia macroura*

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. En cuanto a la prueba de germinación se determinó que el 76% de las semillas de zacatón germinan a los 20 días.
2. En cuanto al tamaño de corte del zacatón realizado a 25, 35 y 45 cm, se concluye que este no fue decisivo para su viabilidad debido a que el 100% de los macollos cortados sobrevivieron, aun cuando se observó que los que fueron cortados a 25 cm crecieron a mayor velocidad(1.916 cm diarios) mientras que los que se cortaron a 45 cm el crecimiento fue de 1.292 cm diarios, sin embargo estos últimos fueron los que alcanzaron un mayor tamaño
3. Se observó que la supervivencia de los macollos fue mayor con el método del arpillado, en conjunto con un adecuado cuidado y riego 5 veces a la semana una vez plantado el macollo por lo que esta técnica es la que se recomienda para la extracción, trasplante y cuidado del zacatón en cautiverio. Con este método se estableció una plantación viable y sustentable de *Muhlenbergia macroura* dentro de las instalaciones del Zoológico de San Juan de Aragón, en donde actualmente ya se encuentran utilizando los macollos y donde se manejan con las recomendaciones brindadas.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Cabrera L, Velazquez A, Escamilla M. Identification of priority habitats for conservation of the Sierra Madre sparrow *Xenospiza baileyi* in Mexico, *Oryx*, 2006, 40(2):1–7
2. Cervantes F, González F. Los conejos y las liebres silvestres de México en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996: 17 – 25
3. Cervantes F, Lorenzo C, Hoffman R. *Romerolagus diazi*. Mammalian species 1990; 360: 1-7
4. Cervantes F, Martínez J. Food habits of the rabbit *Romerolagus diazi* (Leporidae) in central Mexico. *Journal of Mammalogy* 1992; 73(4): 830 – 834
5. Cervantes F, Martínez J. Historia natural del conejo zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*) en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996: 29 – 40 p. **A**
6. Cervantes F, Martínez J. Morfología, taxonomía y sistemática del conejo zacatuche en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996: 41 – 50 p. **B**
7. Cervantes F. Some predators of the zacatuche (*Romerolagus diazi*). *Journal of mammalogy* 1981; 62(4): 850 – 851
8. Domínguez A. Efecto del cambio climático en la distribución del conejo endémico de México *Romerolagus diazi* (Lagomorpha: Leporidae). (Tesis de licenciatura) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 2007

9. Fa JE, Bell D. The Volcano rabbit en Rabbits, Hares and Pikas. Status survey and conservation action plan. UICN, 1990: 143 – 146 p.
10. Galindo C, Velazquez A. Recomendaciones para la conservación del zacatuche en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996:147 – 157 p.
11. Giraldo D, Peterson P. El género *Muhlenbergia* (Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae: Muhlenbergiinae) en Colombia. *Caldasia* 2009; 31(2):269-302
12. Hoth J, Granados H. A preliminary report on the breeding of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* at the Chapultepec Zoo, Mexico City. *International Zoo Yearbook* 1985; 26: 261 – 265
13. Kahn MA, Gulzar, S. Light, salinity and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. *American Journal of Botany* 2003;90(1): 131-134
14. Lopez–Paniagua J, Romero F, Velázquez A. Las actividades humanas y su impacto en el hábitat del conejo zacatuche en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996: 119 – 132 p
15. Lorenzo C, Rioja-Paradela TM, Carrillo-Reyes A. State of knowledge and conservation of endangered and critically endangered lagomorphs worldwide. *Therya*, 2015; 6(1): 11-30
16. Menges ES. Seed germination percentage increases with population size in a fragmented prairie species. *Conservation Biology*, 1991; 5(2): 158-164
17. Mexican Association for Conservation and Study of Lagomorphs (AMCELA), Romero-Malpica FJ, Rangel-Cordero H, de Grammont PC, Cuarón AD.

2008. *Romerolagus diazi*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 23 April 2015
18. Rizo-Aguilar A, Guerrero JA, Hidalgo M, González A. Relationship between the abundance of the endangered volcano rabbit *Romerolagus diazi* and vegetation structure in the Sierra Chichinautzin mountain range, Mexico. *Oryx*, 2014: 1-6
19. Rizo-Aguilar A, Guerrero JA, Montoya-Lara AMP, Valdespino C. Physiological Stress in Volcano Rabbit *Romerolagus diazi* populations inhabiting contrasting zones at the Corredor Biológico Chichinautzin Mexico. *Mammalian Biology* 2014 (79): 357-361
20. Romero F, Velazquez A. El conejo zacatuche. Tan lejos de Dios y tan cerca de la ciudad de México, Instituto Nacional de Ecología, 1994
21. Sanchez J, Zita G, Mendoza M. Catálogo de las gramíneas malezas nativas e introducidas de México. SAGARPA, México, 2012
22. Sarath G, Bethke PC, Jones R, Baird LM, Hou G, Mitchel RB. Nitric oxide accelerates seed germination in warm-season grasses. *Planta* 2006; 223: 1154-1164
23. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo en http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf consultada el 20 de Abril de 2015

24. SEMARNAT. Manual que establece los Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Templado-Frío. SEMARNAT, 2008.
25. Taiz L, Zeiger E. Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Ed., 2002
26. UNEP-WCMC. 23 April, 2015. *UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species* On the World Wide Web : <http://www.unep-wcmc-apps.org/isdb/CITES/Taxonomy/tax-species-result.cfm?displaylanguage=eng&Genus=Romerolagus&Species=diazi&source=animals&Country=&tabname=all>
27. Uriostegui-Velarde JM, Vera-García ZS, Ávila-Torresgatón LG, Rizo-Aguilar A, Hidalgo-Mihart MG, Guerrero JA. Importancia del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en la dieta del coyote (*Canis latrans*) y del lince (*Lynx rufus*). *Therya*, 2015; 6(3): 609-624
28. Velazquez A, Cervantes F, Galindo C. The volcano rabbit *Romerolagus diazi* a peculiar lagomorph. *Lutra*, 1993; 36: 62 – 70, 1993.
29. Velazquez A, Romero F, Leon L. Fragmentación del hábitat del conejo zacatuche en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996: 73 – 86 p
30. Velazquez A. El contexto geográfico de los lagomorfos de México. *Therya*, 2012; 3(2): 223-238
31. Velazquez A. Síntesis de estudios sobre el zacatuche y su hábitat en Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Fondo de Cultura Económica, 1996: 133 – 144 p.

32. VILLERS Ruiz, Lourdes, Castañeda Aguado, Diana. Species and plant community reorganization in the trans mexican volcanic belt under climate change conditions.

Journal of Mountain Science 2013; 10(6): 923-931