



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

ELEMENTOS MINERALES ESENCIALES EN TEJIDOS Y
ALIMENTO DEL TEPORINGO (*Romerolagus diazi*)
EN EL ZOOLOGICO DE CHAPULTEPEC

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
CARLOS EDUARDO TRILLANES FLORES

ASESOR:

MSC RENE ROSILES MARTÍNEZ

COASESOR:

MVZ ROGELIO CAMPOS MORALES

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



**DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E**

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos
comunicar a usted que revisamos la Tesis :

"Elementos minerales esenciales en tejidos y alimento del teporingo (*Romerolagus diazi*)
en el Zoológico de Chapultepec".

que presenta el pasante: Carlos Eduardo Trillanes Flores
con número de cuenta: 09657078-4 para obtener el título de :
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en
el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de enero de 2008.

PRESIDENTE

MSC. René Rosiles Martínez

VOCAL

MWZ. Rubén Trejo Rodríguez

SECRETARIO

M.C. Juan Carlos del Río García

PRIMER SUPLENTE

MWZ. Gerardo López Islas

SEGUNDO SUPLENTE

MWZ. Elisa Gutiérrez Hernández

Ser veterinario

Pensándolo bien...

Ser veterinario no es solamente cuidar de los animales, es sobre todo amarlos, no fijándose solo en los patrones éticos de una ciencia médica.

Ser veterinario es acreditar la inmortalidad de la naturaleza y querer preservarla siendo bella.

Ser veterinario es oír los maullidos, mugidos, balidos, relinchos, cacareos y ladridos, y principalmente, interpretarlos y entenderlos.

Es gustar de la tierra mojada, del campo, del monte, de los espacios abiertos, de las lluvias.

Ser veterinario es no importar si los animales piensan; pero si, si sufren.

Es dedicar parte de su ser al arte de salvar sus vidas.

Ser veterinario es aproximarse a los instintos. Es perder los miedos.

Es ganar amigos de pelos y plumas, que jamás te van a decepcionar.

Ser veterinario es detestar encierros y jaulas.

Es perder un tiempo enorme apreciando rebaños, tropillas, y vuelos de pájaros.

Es descubrirse permanentemente, a si mismo, a través de los animales.

Ser veterinario es ser capaz de entender meneos de colas, arañazos cariñosos y mordiscos de afecto.

Ser veterinario es ser capaz de entender ojos tristes, orejas caídas, narices calientes, inquietudes o reposos anormales.

Ser veterinario es entender el lenguaje corporal de los animales, pedidos mudos e interpretar gestos y actitudes de dolor, y conocer la forma de aliviarlos.

Es sentir el olor del pelo mojado, de almohada con esencia de gato, de ovejas, de caballos y de estiércol

Ser veterinario es tener el coraje de penetrar en un mundo diferente y ser igual.

Es tener la capacidad de comprender gratitudes mudas, más sin duda alguna, las verdaderas.

Es oler el aliento de un cachorro lactante y recordar su propia niñez.

Ser veterinario es convivir lado a lado con enseñanzas profundas sobre amor.

Ser veterinario es participar diariamente del milagro de la vida.

Es convivir con la muerte, saber que es definitiva, pero no siempre desagradable.

Todos nosotros podemos estudiar veterinaria, pero no todos seremos veterinarios.

Traducido y adaptado de una publicación del Colegio Federal de Veterinarios de Brasil 1996, por Manuel Godoy.

DEDICATORIAS

*A MI MAMÁ Y A MI HERMANA CATI CON TODO MI AMOR.
A GABO, YOUNES Y NACHO, SIEMPRE SERAN MIS HERMANOS.
A JOEL ALVAREZ, POR SU CARIÑO Y AMISTAD.*

IN MEMORIAM:

LUIS CARLOS TRILLANES MARTÍNEZ

EDUARDO FLORES VALADEZ

ESPERANZA VALADEZ GUZMÁN

ARNULFO PÉREZ VAZQUEZ

LUIS JESUS GRAJALES TAM

Por todo su cariño y enseñanzas a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- **Al Dr. René Rosiles y al MVZ Rogelio Campos:** Por su paciencia y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.
- **A mis sinodales:** Por sus valiosas aportaciones profesionales en la revisión de esta tesis.
- **A todo el personal del laboratorio de Toxicología de la FMVZ:** Por su ayuda durante el procesamiento de las muestras que sustentaron esta investigación.
- **A todo el personal del Zoológico de Chapultepec:** Por todas sus enseñanzas y apoyo desde que empecé mi servicio social hasta la fecha.
- **A todo el personal académico y administrativo de la FESC:** Por que sin ellos no hubiera llegado hasta aquí.

- **A las Licenciadas Jessica Páez y Rosa Valadez:** Por preocuparse de que toda la FESC y en especial los académicos y alumnos de Medicina Veterinaria tengamos disponible el mejor material bibliográfico, hemerográfico y digital.
- **A todos los faunólogos que de una u otra forma intervinieron en mi formación, entre ellos:** Claudet Guerrero Ruiz, Xóchitl Ramos Magaña, Itzel Yañez Muñoz, Adriana Rivera Cruz, Erika Servín Zamora, Amaya González Ruiz, Roberto Aguilar Fisher, Andrés Eloy Bracho, Patrick Redig, Javier Ojeda Chávez, Alfonso Delgadillo Espinosa, Gerardo López Islas, Enrique Godínez Cano, Bernardo Manrique Novara, Ignacio Rangel Rodríguez, Everardo Montfort Ramírez, Carlos Camacho Alberto, Mariano Sánchez Trocino, Eduardo Veyán Gómez, Luis Antonio Tarango Arámbula, Germán David Mendoza Martínez, Daniel García Junco, Juan Arturo Rivera Rebolledo, Fernando Gual Sill, Rafael Tinajero Ayala, Miguel Rosas Mondragón, Tiziano Santos Morín, Tomas Villamar Duque, Antonio Ramírez... y a todos aquellos que escapen a mi “terca memoria”.
- **A todos los compañeros y profesores de Medicina Veterinaria, entre ellos:** Alma Noemí Montes de Oca, Teresa Cortés, María del Carmen Espejel, Blanca Santillán, Rocío Reséndiz, Margarita Pinto, Carmen Barrón, Susana García, Beatriz Rosas, Blanca Moreno, Guillermo Bustos, Efraín García, Israel Gochi, Juan López, Arturo Carmona, Antonio Licea, Juan Carlos del Río, Rodolfo Córdoba, Rafael Pérez, Arturo Trejo y Enrique Flores.
- **A todas las personas que en alguna etapa de mi vida fungieron como mis antagonistas, porque ellos templaron mi voluntad.**

ÍNDICE

CAPÍTULO I	
Introducción	7
Justificación	33
Hipótesis	33
Objetivo general	33
Objetivos particulares	33
CAPÍTULO II	
Material y métodos	34
CAPÍTULO III	
Resultados	38
CAPÍTULO IV	
Discusión	47
CAPÍTULO V	
Conclusiones	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	62

CAPÍTULO I

Introducción.

A. Taxonomía y antecedentes de los lepóridos mexicanos.- El orden *Lagomorpha* pertenece a la clase *Mammalia* y consta en la actualidad de dos familias: *Ochotonidae* y *Leporidae* (Lorenzo, 1996; Rangel, 1996). Todos los miembros de la primera familia pertenecen al género *Ochotona*, se les conoce como pikas y se distribuyen en Estados Unidos de América, Canadá, Alaska y Eurasia. La familia *Leporidae* comprende 10 a 11 géneros y agrupa especies que poseen extremidades posteriores saltatorias, grandes orejas que les sirven para radiar temperatura y cola corta. Presentan cuatro incisivos superiores, donde el segundo par es más pequeño y los caninos están ausentes, por lo que presentan una fórmula dental de, incisivos 2/1, caninos 0/0, premolares 3/2 y molares 3/3, dando un total de 28 dientes (Lorenzo, 1996). La familia *Leporidae* da lugar a dos subfamilias, la primera es *Leporinae* la cual incluye seis géneros: *Nesolagus*, *Brachylagus*, *Oryctolagus*, *Caprolagus*, *Sylvilagus* y *Lepus*. La segunda subfamilia es *Paleolaginae* y da origen a *Pentalagus*, *Pronolagus* y *Romerolagus* (Cervantes, 1980). De los nueve géneros de lepóridos, siete son monotípicos (es decir, solo incluyen una sola especie), como es el caso de *Romerolagus* y solamente los géneros *Lepus* (liebres) y *Sylvilagus* (conejos) se consideran relativamente grandes. El género *Lepus* abarca 29 especies y está ampliamente distribuido tanto en el nuevo mundo como en el viejo mundo, adaptándose a una gran variedad de hábitats. El género *Sylvilagus* abarca aproximadamente 13 especies y se distribuyen en el nuevo mundo, abarcando desde el norte de América hasta la porción norte de Sudamérica (Lorenzo, 1996). México es considerado el país más rico del continente americano en cuanto al número de especies de conejos y liebres silvestres con catorce especies de lepóridos (Cervantes y González, 1996), los cuales representan el 27 % del total de liebres y conejos del mundo (Lorenzo, 1996). De estas catorce especies, cinco pertenecen al grupo de las liebres (*Lepus*) y nueve al grupo de los conejos. De estos últimos, ocho especies pertenecen al género *Sylvilagus* y una al género *Romerolagus* (Cervantes y González, 1996). Igualmente siete de estas especies son consideradas como amenazadas y cuatro incluyendo al teporingo (*Romerolagus diazi*) se cree que están en peligro de extinción (Lorenzo, 1996).

B. Características generales del teporingo (*Romerolagus diazi*) y su hábitat.- También denominado conejo zacatuche o conejo de los volcanes, tiene un tamaño relativamente pequeño y es el lagomorfo de menor talla en nuestro país si se le compara con otros miembros de la familia *Leporidae* (Cervantes y Martínez, 1996).

- **Morfología.-** Sus miembros y patas posteriores son cortos, las orejas son pequeñas y redondas, la cola es tan pequeña que por fuera resulta invisible; el pelaje es bastante corto y denso, de color amarillo mezclado con negro en el dorso, cola y en las partes laterales. Las partes apicales (puntas) y basales de los pelos guardianes son negras: la parte media amarilla. La parte distal superior de las patas tiene un color ocre brillante; la superficie ventral un marrón húmedo. Los lados de la nariz y la región orbital son de color ocre; la base de los oídos, de color ocre metálico; debajo de la garganta el color es ocre mezclado con el gris oscuro-plateado de un pelaje corto a manera de forro. *Romerolagus* al igual que otras especies de *Sylvilagus* tiene un triángulo de pelo amarillento en la nuca, entre la base de las orejas. La región pectoral está cubierta con pelos largos, suaves y no existe contraste con el color del pelaje ventral (Cervantes y Martínez, 1996). El proceso de muda en el pelo dura todo el año y se lleva a cabo en cuatro fases, primero se forma un área de alopecia, después se produce la deposición de melanina en ella, posteriormente crece el pelo y finalmente se lleva a cabo la desaparición de las áreas pigmentadas. Este patrón de muda es único y no se presenta en ningún otro lagomorfo ni mamífero en el mundo (Velázquez, 1984). Las medidas y el peso del teporingo son las siguientes: longitud corporal 270-315mm, longitud de cola 18-31mm, pata trasera 42-55mm, oreja 40-45mm y el peso del cuerpo es entre 380 y 600 gramos. No hay diferencias significativas entre el peso y la longitud de ambos sexos (Cervantes y Martínez, 1996). Cabe señalar que la apariencia física del teporingo lo identifica con cualquier otro conejo, pero no sólo sus atributos cromosómicos lo relacionan más con *Lepus* que con *Sylvilagus*, sino también sus atributos reproductivos (Cervantes y González, 1996). De hecho, Lorenzo (1996) concluye que cromosómicamente *Romerolagus* está más estrechamente relacionado con *Lepus* que con *Sylvilagus*, mientras que los estudios morfométricos y aloenzimáticos mostraron que *Romerolagus* se relaciona más con *Sylvilagus* que con *Lepus*.

- **Distribución y hábitat.**- En general las áreas de distribución de los lepóridos mexicanos son muy restringidas (Cervantes y González, 1996) como es el caso del teporingo, el cual está restringido a las montañas centrales del Eje Neovolcánico Transversal, en la zona encontrada entre los estados de Puebla, México, Morelos y Distrito Federal, en las Sierras Chichinautzin, Ajusco y Nevada, con una extensión total de 386.5 Km², misma que se encuentra fragmentada en cuatro zonas núcleo y doce zonas periféricas más pequeñas (Velázquez, Romero y León, 1996; Rangel, 1996). Las cuatro zonas núcleo se ubican en los volcanes Pelado, Tlaloc, Popocatepetl e Iztaccíhuatl (Rangel, 1996); su extensión territorial es de 269 Km², de los cuales 68 Km² le corresponden al volcán Pelado, 69 Km² al volcán Tlaloc y 132 Km² a los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl en la Sierra Nevada (Velázquez, Romero y León, 1996). El clima es de tipo C(w2)(w), semifrío, subhúmedo y húmedo con abundantes lluvias en verano, temperatura promedio anual entre 5 y 18 °C, Febrero como el mes más frío y Junio como el más cálido, con un promedio de precipitación anual de 1000mm aproximadamente. La altitud está comprendida entre los 3000 y los 4000 m.s.n.m. (Velázquez, Romero y León, 1996), con una cobertura herbácea densa. Principalmente de gramíneas amacolladas (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996). Se han tratado de definir y describir los diversos hábitats dentro del área de distribución (amplitud) y encontrar cuales son los más favorables para el teporingo (utilización), así como también identificar los factores que explican la distribución y abundancia en una zona determinada. Velázquez, Romero y López-Paniagua (1996) concluyeron que el hábitat más utilizado por el teporingo dentro de las zonas núcleo es aquel localizado entre 3120 y 3480 metros de altitud, caracterizado por pinar abierto de amplia distribución, con estrato herbáceo denso y homogéneo con vegetación perturbada por pastoreo y quema. Las especies vegetales indicadoras son *Pinus spp.* y *Festuca tolucensis*. Sin embargo Velázquez y Heil (1996) reportaron que las comunidades de plantas donde había más abundancia de teporingos estaban constituidas por: *Festuca tolucensis* y *Trisetum spicatum-Festuca tolucensis* y sugieren que el teporingo tiene fuertes preferencias por los hábitats de tipo subalpino. Las madrigueras y refugios que habita el teporingo, son de varios tipos: madrigueras propias, madrigueras

abandonadas por otras especies, rocas, peñascos, resumideros (hondonadas de hasta 10 metros de diámetro de forma irregular), raíces de pinos y troncos de pinos (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996). Las madrigueras propias del teporingo se caracterizan por tener de tres a cinco entradas, lo que le permite contar con salidas de escape; dichas entradas quedan ocultas por la densa cobertura de gramíneas amacolladas, son oblicuas y miden en promedio 10.8cm. de alto por 1.3 de ancho. En los túneles existen bifurcaciones y cambios de dirección debido a la presencia de rocas y raíces. Las madrigueras normalmente se hallan en suelos suaves, húmedos, profundos, poco pedregosos, de pendientes menores a 43° (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996). Las madrigueras abandonadas que llega a utilizar el teporingo son principalmente las elaboradas por tuzas (*Pappogeomys merriami*), ardillas terrestres (*Spermophilus variegatus*), armadillos (*Dasyus novemcinctus*) y tlacoyotes (*Taxidea taxus*) (Cervantes y Martínez, 1996).

- **Alimentación.-** El teporingo en vida libre se alimenta de 21 especies de diferentes plantas pertenecientes a 15 familias (Martínez, 1987). Dentro de su alimentación básica se alimenta durante todas las estaciones del año de *Muhlenbergia macroura*, *Agnus arguta*, *Stipa ichu*, *Festuca amplissima*, *Festuca rosei*, *Buddleia microphylla*, *Geranium sp.*, *Cirsium sp.* y *Eryngium columnare* (Cervantes, 1980; Martínez, 1987; Cervantes y Martínez, 1996). También se ha reportado que los teporingos se alimentan frecuentemente en campos de cultivo, sobre todo durante la época húmeda del año, donde consumen el follaje de las plantas jóvenes del maíz (*Zea mays*), papa (*Sollanum tuberosum*), chícharo (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*), zanahoria (*Daucus carota*) y principalmente avena (*Avena sativa*) (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996).
- **Reproducción.-** El periodo reproductivo del teporingo comprende todo el año (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996). En la mayoría de las especies de lagomorfos, los testículos se encuentran en la cavidad abdominal y sólo durante la estación reproductiva éstos se alojan en la cavidad escrotal, fenómeno que evidencia actividad sexual (Cervantes, 1980). En el caso del teporingo los testículos están escrotados y el glande del pene extrusible durante todo el año (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996). Se sabe que la conducta del teporingo previa y durante

el apareamiento es poco elaborada y relativamente breve (Cervantes, 1980). El periodo de gestación dura 39 días (Cervantes, 1980; Chapman, 1984; Cervantes y Martínez, 1996), comparándolo con el de otros lagomorfos es mayor que en la mayoría de las especies de los géneros *Oryctolagus*, *Sylvilagus* y *Ochotona* (conejos y pikas) con 17 a 30 días, pero menor que en la mayoría de las especies del género *Lepus* (liebres), los cuales van de 36 a 50 días (Cervantes y Martínez, 1996). Por otra parte Chapman (1984) propuso que la causa por la cual el teporingo presenta un periodo de gestación largo en comparación con otros conejos, es porque habita en latitudes comparativamente bajas ya que en los lagomorfos americanos existe una relación inversa entre latitud y periodo de gestación, condicionada por factores climáticos. El tamaño de la camada es de 2.1 gazapos (Cervantes y Martínez, 1996), pareciéndose más a las liebres (*Lepus*) con camadas pequeñas (1.94 a 2.9), que a conejos del género *Sylvilagus* y *Oryctolagus* (3.1 a 5.6) con tamaños de camada mayores a 3 gazapos (Cervantes, 1980).

- **Depredadores.-** Los mamíferos que se han reportado como depredadores del teporingo son: la comadreja (*Mustela frenata*), el lince (*Lynx rufus*) y el coyote (*Canis latrans*) (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996). Sin embargo también se han sugerido como depredadores al cacomixtle (*Bassariscus astutus*), la zorra gris (*Urocyon cinereargentus*), el tlacoyote (*Taxidea taxus*) y los zorrillos (*Mephitis macroura*, *Spilogale putorius* y *Conpatus mesoleucus*) por ser otros carnívoros que coexisten en el hábitat y podrían depredar fácilmente a los juveniles y gazapos del teporingo (Cervantes, 1980). En cuanto a las aves, la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) se ha reportado como depredador del teporingo (Cervantes, 1980). Cabe señalar que existen otras rapaces en el área, quienes podrían alimentarse del teporingo; entre éstas se encuentra el gran tecolote cornudo (*Bubo virginianus*), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperi*), la aguililla de harris (*Parabuteo unicinctus*) y la lechuza blanca (*Tyto alba*), los cuales incluyen en su dieta a otros lepóridos (Cervantes, 1980; Cervantes y Martínez, 1996; Urbina, 1996). En lo que se refiere a los reptiles, se sabe que una serpiente de cascabel de tamaño mediano (*Crotalus triseriatus triseriatus*) es depredadora de los individuos jóvenes del teporingo (Cervantes, 1980).

- **Fragmentación y destrucción del hábitat.**- Las actividades humanas que impactan en el área de distribución de *Romerolagus diazi* se pueden englobar en dos grandes procesos: la expansión urbana y la explotación agropecuaria y forestal. La primera se debe a que el área de distribución del teporingo se encuentra en un área forestal muy cercana a la zona metropolitana de la ciudad de México. El crecimiento anárquico de la ciudad se debe fundamentalmente a la falta de planificación, la venta de predios por parte de ejidatarios y la invasión de terrenos por familias para su posterior legalización. Esto ha traído como consecuencia, dos procesos: que la mancha urbana se está extendiendo tanto sobre la superficie forestal como sobre la agrícola, y que el área forestal se reduzca por la apertura de nuevas tierras destinadas a la agricultura, provocando no sólo la disminución de la superficie forestal, sino también su fragmentación. Otro factor directamente relacionado con el aumento de la zona urbana es la contaminación provocada por diferentes industrias y los vehículos automotores de la zona metropolitana de la ciudad de México (López-Paniagua, Romero y Velázquez, 1996). En el sistema moderno se utilizan grandes extensiones de terreno con el uso intensivo de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, así como maquinaria para la siembra y la cosecha. El cultivo más representativo es el de la avena (*Avena sativa*) (Cervantes, 1980; López-Paniagua, Romero y Velázquez, 1996). En cuanto a la ganadería destacan por el número de cabezas el bovino y el ovino. La ganadería depende sustancialmente de las áreas forestales, pues la vegetación herbácea del bosque constituye la única fuente alimenticia y pasan ocho meses al año en el bosque. De hecho se ha observado que las áreas con pastoreo muestran gramíneas de menor tamaño y una mayor proporción de suelo descubierto, además de afectar el mantenimiento de los pinos ya que el ganado mordisquea las yemas terminales de las plántulas jóvenes (López-Paniagua, Romero y Velázquez, 1996). Cabe señalar que para aumentar la cantidad y calidad del pasto que sirve de alimento al ganado, los lugareños realizan incendios, sin embargo el efecto del fuego disminuye la cobertura de pastos amacollados como *Muhlenbergia macroura* y *Festuca tolucensis* y provoca erosión. Se ha encontrado una relación directa entre la cobertura de pastos amacollados y la presencia del teporingo (López-Paniagua, Romero y Velázquez, 1996). El teporingo

se distribuye haciendo uso del hábitat en zacatonales que presentaron una regeneración post-fuego mínima de dos años (Rangel, 1996). La explotación forestal se divide en dos, la extensiva y la intensiva. La explotación extensiva abarca la tala para uso doméstico y venta de madera, el ocoteo, recolección de hongos silvestres, extracción de suelo y la caza (la cual no está permitida). De todas estas actividades, las que tienen un efecto negativo directo sobre el hábitat del teporingo son la tala, el ocoteo, la extracción de suelo y la caza, ya que se practican sin una planeación adecuada. De las anteriores, la extracción de suelo es altamente dañina, ya que su formación tardó cientos de años y evita la regeneración del bosque en todos sus estratos, sin mencionar que no siempre se respetan las tasas de extracción. Esta actividad se realiza principalmente en la sierra Chichinautzin, y la tierra se vende a productores de flores y viveros en el Distrito Federal. La explotación intensiva se lleva a cabo en el Parque Nacional Zoquiapan, el cual colinda con el Parque Nacional Izta-Popo. (López-Paniagua, Romero y Velázquez, 1996).

C. Breve descripción del manejo e instalaciones de la población de teporingos en el Zoológico de Chapultepec.- Para fines didácticos, el Zoológico de Chapultepec se encuentra dividido en Biomas (Desierto, Bosque Tropical, etc.), el albergue del teporingo se encuentra ubicado en el Bioma Bosque Templado y ocupa un área aproximada de 350m², dividida en un exhibidor, tres encierros y una casa de noche. El exhibidor y los encierros cuentan con piso de tierra y en ellos periódicamente se coloca zacatón de los géneros *Festuca sp.* y *Muhlenbergia sp.*, que se recolecta en zonas rurales, localizadas dentro de las 12 zonas periféricas donde habita el teporingo. El zacatón les sirve de refugio, alimento (cuando está verde) y en temporada reproductiva como sitio de anidación. Cuando éste se seca o ya lo consumieron en su mayoría, lo substituyen por nuevo. Tanto el exhibidor como los encierros tienen troncos y rocas que también sirven de refugio. Los encierros tienen entrada a madrigueras metálicas de 0.50m de largo, 0.40m de ancho y 0.41m de alto, empotradas en la pared de la casa de noche, el suelo de las madrigueras está cubierto de viruta. La casa de noche tiene aproximadamente 64 baterías con las siguientes dimensiones: 0.60m de largo, 0.45m de

ancho y 0.37m de alto; en las cuales se mantiene parte de la población, de acuerdo al manejo implementado por el Médico Veterinario encargado del Bioma. Al igual que con los demás animales del zoológico, todos los días el servicio veterinario revisa el albergue de los teporingos, para detectar posibles bajas, animales enfermos, administrar tratamientos e inspeccionar el trabajo que realizan los cuidadores (zootecnistas). Periódicamente se realizan inventarios de la población y desparasitaciones. El sistema de identificación usado principalmente es el microchip. Independientemente del zacatón colocado en los encierros y en el exhibidor, la dieta diaria consta de zanahoria, alfalfa fresca y alimento balanceado, ésta se le suministra tanto a la población en los encierros y el exhibidor, como a los que están en batería. Todos los animales tienen libre acceso al agua, la cual se les cambia diario, igual que se retiran los restos de comida y heces.

D. Características generales del elemento Calcio (Ca).- Dierenfeld y Graffam (1997), definen al calcio como un mineral esencial, que se encuentra principalmente en huesos, hojas verdes (dependiendo de la especie, parte o porción de la planta y estado de maduración) y productos lácteos. Carnes frutas e insectos lo contienen en bajas proporciones. Los suplementos de calcio usados en la alimentación animal son: el carbonato de calcio obtenido a partir de la piedra caliza, la concha de ostión, el sulfato de calcio, el cloruro de calcio, el fosfato de calcio y la harina de hueso, en éstos el contenido de calcio tiene un rango de 16 a 38% (NRC, 1980).

- **Distribución tisular y funciones.**- El calcio es el mineral más abundante en el organismo y un 99% se encuentra en el esqueleto, por lo tanto la función básica del calcio es proporcionar un armazón fuerte para soportar y proteger los órganos más delicados, para articular y permitir el movimiento y para ser maleable y así permitir el crecimiento. El 1% del calcio restante en el organismo, denominado calcio extra esquelético, se encuentra unido a proteínas séricas o ácidos orgánicos o inorgánicos complejos. El calcio ionizado que es entre el 50 al 60% del calcio plasmático total, es esencial para que se produzcan funciones fisiológicas tan importantes como: la conducción del impulso nervioso, la contracción muscular esquelética y la contracción muscular cardíaca. El calcio puede activar o estabilizar enzimas,

contribuye a regular el ciclo celular, interviene en la permeabilidad de membranas y es necesario para la coagulación sanguínea normal, uniéndose a la protrombina para formar trombina y la cual reaccionará con el fibrinógeno, formando fibrina (NRC, 1980; Fowler, 1986; Underwood y Suttle, 2003).

- **Interacción con otros elementos.-** El calcio está relacionado principalmente con el fósforo (P), el cual se define como un mineral esencial que se encuentra principalmente en huesos y músculo (Dierenfeld y Graffam, 1997), y se requiere para mantener el equilibrio ácido-base de los fluidos corporales, es un elemento fundamental de diversos sistemas enzimáticos y junto con el calcio y el magnesio forman un componente vital del hueso, ya que la presencia de éstos es indispensable para su adecuada mineralización (Underwood y Suttle, 2003). El calcio y el fósforo en el organismo deben estar en un rango de 2:1, a la vez que el calcio y el magnesio se deben encontrar en una relación de 50:1 (Fowler, 1986; Underwood y Suttle, 2003). Cuando se rompe este equilibrio, y los sistemas homeostáticos son rebasados, sobrevienen problemas en el crecimiento y mineralización del hueso (Fowler, 1986; Underwood y Suttle, 2003). La interacción calcio magnesio y potasio se da principalmente en rumiantes (Underwood y Suttle, 2003).
- **Requerimientos en la dieta y máximos niveles tolerables en conejos.-** En general, se recomienda que el rango óptimo de Ca:P en la dieta debe estar entre 1:1 a 2:1 (Underwood y Suttle, 2003). Los requerimientos de calcio en la dieta para conejos son: 0.5% en crecimiento, 1.1% en lactación, 0.8% en gestación y 0.6% en mantenimiento (Martínez, 2004; Church, Pond y Pond, 2004). Los máximos niveles tolerables de calcio en conejos son de 0.5ppm o en su defecto de 2% en la dieta (NRC, 1980).
- **Deficiencia.-** Esta sucede cuando la cantidad de calcio proporcionada en la dieta es muy baja, o bien cuando la relación Ca:P en la dieta deja de ser de 2:1; es decir, si la dieta que se proporciona es mayor en fósforo que en calcio (o la forma de calcio en la dieta es insoluble), entonces el fósforo se absorbe y se incrementan las concentraciones en sangre causando una hiperfosfatemia, por lo tanto se obtiene una hipocalcemia secundaria y se estimula la secreción de hormona paratiroidea (HPT), para movilizar calcio de los huesos hacia la sangre, mientras se promueve la

reabsorción de calcio y la eliminación de fósforo vía renal, a la vez que se estimula la absorción de calcio vía intestinal con ayuda de la vitamina D, a esta condición se le denomina hiperparatiroidismo nutricional secundario; sin embargo al no poder obtener el calcio de la dieta, éste se sigue movilizando del hueso hacia la sangre ocasionando una desmineralización del hueso (Fowler, 1986; Underwood y Suttle, 2003). En animales jóvenes, se le denomina raquitismo, ya que la deficiencia de calcio no afecta tanto el crecimiento como lo hace la deficiencia de fósforo, ya que se genera una zona de crecimiento débil y ensanchada, en cambio en la deficiencia de fósforo se disminuye la formación de matriz ósea. En otras palabras, el cartílago de crecimiento situado entre epífisis y la diáfisis se ensancha por una producción excesiva de osteoide que es el tejido sin calcificar. Esto explica el engrosamiento característico de los extremos de los huesos largos y de la articulación costocondral en los animales raquíticos. Cuando la hipocalcemia sucede en animales adultos, dependiendo de los signos que presente, se le denomina osteomalacia, osteoporosis o bien osteodistrofia fibrosa. Dichos signos varían según la especie. La osteomalacia es un reblandecimiento del hueso con una disminución de la densidad ósea causada por una insuficiente mineralización del osteoide. Esta es una condición del hueso adulto en la cual, la mineralización no puede conservar el mismo paso que conlleva la reabsorción. Con el reblandecimiento y debilidad de los huesos de soporte, el cuerpo intenta compensar incrementando la deposición del osteoide en los sitios de gran tensión como son: las inserciones tendinosas, puntos de angulación y las curvaturas. Radiográficamente, la osteomalacia se observa como una pérdida de la densidad del hueso, adelgazamiento de la corteza, engrosamiento del modelo trabecular, áreas radiolúcidas con apariencia moteada o redondeada, y presencia de fracturas y huesos largos encorvados (Fowler, 1986). La osteoporosis es el término que se utiliza para describir una situación donde la reabsorción del osteoide sobrepasa la deposición de nuevo tejido, el resultado es que disminuye la matriz orgánica del hueso y su densidad (los huesos contienen menos minerales de lo normal y también contienen proporcionalmente menos matriz), de este modo el grado de mineralización de la matriz permanece normal (Fowler, 1986; Underwood y Suttle, 2003). La osteoporosis no responde totalmente a la terapia clásica para la

“enfermedad metabólica del hueso”, por lo que se piensa que pueden estar relacionados factores como hipoproteinemia, anorexia, y caquexia. Radiográficamente no se detecta hasta que está muy avanzada, entonces se puede apreciar un adelgazamiento de la corteza y un incremento en el espacio medular del hueso. Las trabéculas restantes se ven más prominentes porque son menos, los huesos son delgados y frágiles. En animales en crecimiento la transformación de cartilago a hueso puede fallar. La osteodistrofia fibrosa es una lesión que puede ser vista como resultado de un desbalance mineral o de osteoporosis. Los huesos de la cara y la mandíbula son frecuentemente los más afectados, pero otros huesos pueden ser involucrados. Algunas especies son más susceptibles que otras. Dentro de los mamíferos, los equinos los cuales desarrollan cabezas grandes, los cánidos que llegan a desarrollar mandíbula de caucho y los primates son altamente susceptibles. La teoría generalmente aceptada es que el cuerpo trata de compensar la debilidad estructural resultante de un reblandecimiento del hueso, y una excesiva cantidad de tejido conectivo es desarrollada como soporte. La base metabólica de esta condición es desconocida (Fowler, 1986). La terapia debe de incluir: corrección de la dieta, aporte adecuado de vitamina D y suplementos de calcio adecuados. En algunos casos de hipocalcemia puede ser necesaria la administración de gluconato de calcio (100-200mg/kg para animales medianos y grandes y 0.1-0.2mg/g para reptiles, mamíferos y aves pequeños (Fowler, 1986).

- **Toxicidad.-** El calcio no se considera un elemento tóxico gracias a que los mecanismos homeostáticos hacen que se secrete todo exceso de calcio de la ración por vía fecal. Sin embargo, si se incrementan las concentraciones de calcio en exceso y rebasan los mecanismos de compensación, las consecuencias nutritivas suelen ser indirectas y producen desequilibrios en la absorción de otros elementos, en animales no rumiantes aparecen rápidamente deficiencias de fósforo y de zinc. La hipercalcemia puede causar calcificación y daño en el tejido vivo, aunque suele ocurrir como consecuencia secundaria de una deficiencia de fósforo o de una sobre exposición a la vitamina D3 y sus análogos, muchos de ellos presentes en algunas plantas (como por ejemplo: *Solanum malacoxylon*), la cual al ser ingerida puede causar calcificación tisular (Underwood y Suttle, 2003).

E. Características generales del elemento Cobre (Cu).- Hay zonas del planeta en las cuales los suelos contienen gran cantidad, mientras que en otras casi carecen de él. Esencialmente, todas las plantas contienen cobre, ya que tiene afinidad por los lípidos vegetales (NRC, 1980). Numerosos productos en veterinaria y agricultura contienen cobre (NRC, 1980; Murphy, 1986; Roder, 2002).

- **Distribución tisular y funciones.**- Después del hígado los órganos donde más se acumula el cobre son el riñón y el corazón, en el resto de los tejidos las concentraciones son relativamente bajas. Una deficiencia de cobre provoca descensos importantes de las concentraciones tisulares en el riñón. (Underwood y Suttle, 2003). Después del zinc, el cobre es el mineral que activa un mayor número de enzimas; es importante para la reproducción, desarrollo de los tejidos óseo y conectivo (mediante unión con la enzima lisil-oxidasa) y también de la pigmentación de apéndices óseos y cutáneos (pelo, lana y plumas) gracias a sus conexiones enzimáticas con la tirosinasa. Por otra parte también interviene en la formación de otras enzimas como son: dismutasa superoxidasa, citocromo-c-oxidasa y dopamina monoxidasa entre otras (Roder, 2002; Underwood y Suttle, 2003). Se piensa que el cobre interviene más en la absorción del hierro en la mucosa intestinal, su movilización desde los tejidos y su utilización para la síntesis de hemoglobina, que en una intervención directa en la biosíntesis del grupo hemo; y que éstas funciones pueden verse facilitadas por la ceruloplasmina por ello, cuando existe una deficiencia de cobre hay anemia, sin embargo, también se sospecha que la anemia provocada por la deficiencia de cobre es debida a un fallo en el metabolismo intracelular del hierro en hígado (Underwood y Suttle, 2003). El cobre en su forma divalente (Cu^{2+}) estimula la actividad de la ciclo-oxigenasa, inhibiendo la actividad de la hidroxil prostaglandina deshidrogenasa (PGDH) y posibilitando una reducción no enzimática inducida de prostaglandina G₂ (PGG₂) o prostaglandina H₂ (PGH₂) para formar prostaglandina F₂ alfa (PGF₂-alfa), pudiendo actuar como modulador de prostaglandinas en la parte antral de la mucosa gástrica de los conejos (Sakuma et. al, 1996). Otra función del elemento cobre, es la de antioxidante ya que protege a los tejidos del estrés oxidativo mediante dos vías diferentes, una relacionada con el equilibrio del metabolismo del

hierro y la otra a través de la enzima superóxido cobre-zinc dismutasa (CuZnSOD) (Underwood y Suttle, 2003).

- **Interacción con otros elementos.-** El cobre presenta principalmente tres interacciones: la primera es con el molibdeno y el azufre, la segunda con el zinc y la tercera con el hierro. En la interacción del cobre con el zinc, se sabe que la absorción de éste último puede verse modificada por la presencia de cobre, ya que aumenta la unión de zinc a la metalotioneína en la mucosa del duodeno, y se restringe la absorción (Underwood y Suttle, 2003). Esta relación tiene repercusiones prácticas, ya que el hierro y el zinc ejercen una influencia intensa sobre el metabolismo del cobre en los no rumiantes, especialmente en suinos, ya que los protegen de los efectos perjudiciales de altos niveles de cobre en la dieta (Buck, 1981). La interacción cobre-molibdeno depende del azufre (en forma de sulfato inorgánico) presente en la dieta formando tiomolibdenatos, éstos son compuestos de cobre más complejos, en los que el cobre se une más fuertemente al particulado reduciendo su disponibilidad a menos del 1% (Underwood y Suttle, 2003). Por otra parte, si se incrementa el nivel de molibdeno y sulfato orgánico en la dieta, también se incrementa la secreción urinaria y biliar de cobre (Buck, 1981). Esta relación es más importante en rumiantes que en los no rumiantes porque depende de muchos factores como son: el clima, el tipo de pasto o forraje, variedad y madurez de la planta, condiciones del suelo y fertilizante utilizados (Buck, 1981; Underwood y Suttle, 2003). En cuanto a la interacción cobre-hierro (independientemente del papel de el cobre en la absorción de hierro y la hematopoyesis), existe una relación antagónica con el hierro proveniente del suelo pero ésta solo cobra importancia en rumiantes (Underwood y Suttle, 2003).
- **Deficiencia.-** La deficiencia de cobre origina diversas manifestaciones clínicas, como son anemia, alteraciones óseas (osteocondrosis, costillas de rosario, osteoporosis, fracturas espontáneas, malformaciones), alteraciones del tejido conectivo (defectos en tendones, cartílagos, articulaciones, ligamentos), ataxia e incoordinación (por defectos en la mielinización), alteraciones cardiovasculares (degeneración del miocardio con sustitución del tejido conectivo), despigmentación (pelo gris), queratinización deficiente de pelo (pelo delgado y rizado), diarreas (no

siempre se presentan), infertilidad (supresión del celo y abortos) y mayor susceptibilidad a infecciones (Underwood y Suttle, 2003). En fauna silvestre, se ha reportado una deficiencia de cobre en una gacela (*Oryx gazella*), la cual presentó depresión parcial, anorexia, diarrea y parálisis rígida de las extremidades (Gillespie, D'Andrea y Lockaby, 1995).

- **Toxicidad.-** Puede ser originada por errores de cálculo al formular o mezclar el alimento, por suelos altos en cobre o que fueron contaminados durante operaciones mineras o por la utilización de heces de aves como alimento (pollinaza o gallinaza), ya que secretan cobre en grandes cantidades, consumo de plantas contaminadas y por pesticidas que contienen cobre (Buck, 1981). Puede ser crónica o aguda. La primera cursa con debilidad, palidez de las mucosas, anorexia, hemoglobinuria y/o hemoglobinemia e ictericia. La toxicidad crónica presenta los mismos signos del síndrome agudo, junto con dolor intestinal, náuseas, vómitos, diarrea y choque. A la necropsia encontramos riñones agrandados de color negro-azulado, orina teñida de rojo, ictericia, distensión de la vesícula biliar, vacuolización citoplasmática en los hepatocitos, necrosis hepática y renal (tubular) (Roder, 2002). En fauna silvestre, Barboza y Vanselow (1990) reportaron que de un grupo formado por siete osos australianos (*Vombatus ursinus*) y ocho osos australianos del sur (*Lasiorhinus latifrons*), se encontró toxicosis por cobre en una hembra de *L. latifrons*, la cual falleció y a la necropsia se encontró hemoglobinuria, riñones café oscuro, con hemoglobina presente en los espacios glomerulares y el hígado estaba redondeado, presentaba congestión centro-lobulillar y el contenido de cobre en tejido hepático fue extremadamente alto: 1166ppm en materia seca (1166ug/g). El tratamiento para la intoxicación con cobre debe de incluir: terapia sintomática (fluidoterapia, ranitidina, analgésicos, protectores hepáticos y metoclopramida), terapia de quelación con D-penicilamina y ácido ascórbico para incrementar la excreción de cobre (Roder, 2002).

F. Características generales del elemento Hierro (Fe).- La mayoría de productos vegetales utilizados en la alimentación de los animales de granja, presentan concentraciones amplias de hierro, dependientes de la especie vegetal, tipo de suelo en

que se cultivan y el nivel de contaminación por tierra (Underwood y Suttle, 2003). En veterinaria, diversos preparados inyectables y orales de hierro se emplean para prevenir la anemia (Buck, 1981).

- **Distribución tisular y funciones.-** El hierro se absorbe dependiendo de la necesidad, en el intestino delgado a nivel de duodeno (Underwood y Suttle, 2003). Aproximadamente el 60% del hierro corporal se presenta en forma de hemoglobina, un complejo de hemoporfirina y globina. El grupo hemo contiene un átomo de hierro en el centro de su anillo, y cada molécula de hemoglobina contiene 4 anillos, su función es transportar oxígeno a los tejidos (oxihemoglobina) y vuelve a los pulmones en forma de carboxihemoglobina transportando dióxido de carbono. La hemoglobina se almacena en glóbulos rojos y permite que los tejidos respiren. La mioglobina es otra proteína que presenta hierro en su estructura (es una porfirina-Fe) más simple y menos abundante (se encuentra en el músculo) y su alta afinidad por el oxígeno sirve para completar el transporte realizado por la hemoglobina, llevándolo al interior de la célula. Se ha encontrado la presencia de hierro en enzimas proteicas hemo-citocromo, las cuales intervienen en mecanismos oxidativos de todas las células. El hierro también participa en enzimas flavoproteicas y su capacidad para cambiar de estado divalente a trivalente permite que los citocromos a, b y c (de los cuales el hierro forma parte) participen en la cadena de transferencia de electrones. El hierro también participa en cada fase del ciclo de Krebs al activar o ayudar a enzimas como la succinato deshidrogenasa (Underwood y Suttle, 2003). Se sabe que el hierro en forma divalente (Fe^{2+}), inhibe la actividad de la ciclooxigenasa en su fracción microsomal, actuando como un modulador de los niveles de prostaglandinas en la parte antral de la mucosa gástrica del conejo (Sakuma et. al, 1996). Las enzimas catalasas y peroxidasas con hierro eliminan productos potencialmente peligrosos del metabolismo, mientras que las hidroxilasas activadas por el hierro influyen en el desarrollo del tejido conectivo (Underwood y Suttle, 2003).
- **Interacción con otros elementos.-** Se sabe que el cobre juega un papel clave en la utilización del hierro, aunque el mecanismo no es todavía conocido. La ceruloplasmina (la proteína más abundante en cobre en el plasma sanguíneo), puede

funcionar como una ferroxidasa y por ello facilita la liberación de hierro de la ferritina a los enterocitos y hepatocitos parenquimatosos, y también la unión del hierro a la transferrina (Tf). Por otra parte, se sabe que las concentraciones hepáticas de hierro también pueden aumentar debido a la lisis acelerada de glóbulos rojos después de la crisis hemolítica en una intoxicación por cobre o en deficiencia de selenio (Underwood y Suttle, 2003).

- **Deficiencia.-** La deficiencia prolongada de hierro se caracteriza clínicamente por pérdida del apetito, retraso del crecimiento, letargia, palidez de las mucosas, aumento de la frecuencia respiratoria y en casos graves mortalidad elevada. Estos signos son producidos por el desarrollo progresivo de una anemia de tipo microcítica hipocrómica y subyacente se desarrolla una médula ósea normoblástica hiperplásica conteniendo poca hemosiderina (Underwood y Suttle, 2003). En fauna silvestre, se ha reportado anemia por deficiencia de hierro en el 19% de un grupo de 143 monos rhesus (*Macaca mulata*), en el California Primate Research Center; la anemia se presentaba más en hembras multíparas que en primerizas (Bicknese, et. al, 1992).
- **Toxicidad.-** El hierro libre es citotóxico por su elevado potencial redox y por su capacidad de generar radicales libres de oxígeno, motivo por el que es transportado y almacenado en proteínas. Durante una sobrecarga crónica de hierro el grado de lesión dependerá de la capacidad antioxidante del animal y particularmente de su contenido en vitamina E. Los niveles hepáticos de hierro también pueden aumentar debido a cualquier situación donde la vida media de los eritrocitos se acorta como en las deficiencias de vitamina E, selenio y cobre, así como en la intoxicación con éste último. A pesar de ello, existe una gran tolerancia de todas las especies al hierro ingerido con los alimentos, especialmente por la protección que ofrece el potente bloqueo de la mucosa intestinal a la absorción de hierro (Underwood y Suttle, 2003). Los signos de una intoxicación aguda por hierro son: gastroenteritis (posiblemente con úlceras sangrantes), vómitos, diarrea, insuficiencia hepática, pulso débil, anafilaxis (mediada por histamina), hemorragias, deshidratación, acidosis, depresión, convulsiones, coma y muerte (Roder, 2002). En la intoxicación sub-aguda por hierro los signos son depresión y muerte después de 1-4 días de

disfunción hepática. En la intoxicación crónica hay hemosiderosis (Murphy, 1996). El diagnóstico se hace en base a la historia clínica, los signos, radiografías abdominales (en caso de ingestión de cápsulas de hierro puede proporcionar una idea de la dosis ingerida), análisis de hierro en suero y concentración de hierro en tejido hepático (ya sea mediante una biopsia o en caso de fallecer, en la necropsia). El tratamiento incluye terapia emética (el carbón activado no es efectivo), lavado total de intestino, polietilenglicol, terapia de quelación (desferrioxamina para fijar el hierro y eliminarlo vía urinaria) y terapia sintomática y de mantenimiento la cual debe de incluir fluidoterapia, para controlar la hipovolemia (además del suero, puede existir la necesidad de realizar transfusión sanguínea debido a la hemorragia) y el posible choque (Roder, 2002).

G. Características generales del elemento Magnesio (Mg).- El contenido de magnesio en las plantas varía según las especies y las condiciones climáticas y del suelo donde las plantas crecen (Underwood y Suttle, 2003).

- **Distribución tisular y funciones.**- En los monogástricos el magnesio se absorbe fundamentalmente en el intestino delgado y el grueso (los cobayos pueden absorber magnesio dos veces más eficientemente que las ovejas) (NRC, 1980; Underwood y Suttle, 2003). El 60% del magnesio se encuentra en el hueso, sin embargo el restante 40% está distribuido en todo el organismo realizando una amplia gama de funciones catalíticas y estructurales (NRC, 1980). Después del potasio, el magnesio se considera el segundo elemento en cantidad en los líquidos intracelulares (80% unido a proteínas y asociado fundamentalmente a microsomas), se encuentra también en líquidos extracelulares (en cantidades pequeñas pero imprescindibles) como el cefalorraquídeo y la sangre (tanto en plasma como en glóbulos rojos). El magnesio resulta de vital importancia en el metabolismo de carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos, y proteínas, sobre todo como catalizador de una amplia gama de enzimas, y participa en muchos procesos bioquímicos. También modula la actividad neuromuscular y afecta el control autónomo del corazón. Además el magnesio afecta la integridad de la membrana celular uniéndose a sus fosfolípidos (Underwood y Suttle, 2003).

- **Interacción con otros elementos.-** Como se mencionó anteriormente, el calcio y el magnesio se deben encontrar en una relación de 50:1 y si esta condición no se cumple sobrevienen problemas en el crecimiento y mineralización del hueso (Fowler, 1986; Underwood y Suttle, 2003). El magnesio presenta otra interacción importante con el sodio y el potasio, sin embargo esta es solamente importante para los rumiantes. El magnesio se absorbe en el rumen por transporte activo, el sodio estimula la absorción de magnesio y el potasio la inhibe (Underwood y Suttle, 2003).
- **Deficiencia.-** Se manifiesta clínicamente por diversas alteraciones que incluyen: retraso al crecimiento, hiperirritabilidad y tetania, vasodilatación periférica, anorexia (la hipomagnesemia severa, inhibe la secreción de la HPT y causa inapetencia), incoordinación muscular y convulsiones. Aunque también se observado otras aberraciones metabólicas como son: riñones calcificados, descenso en la fosforilación oxidativa hepática, incremento en la síntesis de prostaglandinas, reducción en la presión sanguínea y temperatura corporal, descenso en las concentraciones de tiamina en los tejidos y cambios en la fluidez de las membranas celulares de los glóbulos rojos (Underwood y Suttle, 2003). El diagnóstico debe ser instantáneo y confirmarse mediante la respuesta al tratamiento, el cual consiste en la administración de sulfato de magnesio por vía subcutánea y la administración endovenosa de lactato de magnesio (Underwood y Suttle, 2003).
- **Toxicidad.-** Se caracteriza por pérdida del apetito, diarrea severa, somnolencia, hipotonía muscular, pérdida de los reflejos tendinosos profundos y parálisis muscular (Underwood y Suttle, 2003).

H. Características generales del elemento Manganeso (Mn).- El manganeso se encuentra en forrajes, granos, semillas y suplementos proteicos (harina de carne, sangre, pluma, pescado, lino y soya). El manganeso también se utiliza en la manufactura de acero, en la búsqueda de hierro, aleaciones de cobre y aluminio, pigmentos para vidrio y cerámica, baterías y gran cantidad de químicos (NRC, 1980; Underwood y Suttle, 2003).

- **Distribución tisular y funciones.-** El manganeso es uno de los elementos traza menos abundantes en todos los tejidos (Underwood y Suttle (2003). El NRC (1980), reporta que los órganos con más cantidad de manganeso son hígado y pituitaria con 2.5ppm (no menciona si es base húmeda o seca). El manganeso activa a la enzima glicosil transferasa la cual ayuda a sintetizar mucopolisacáridos (componentes estructurales vitales del cartílago) y a sintetizar protrombina. También activa a la enzima piruvato carboxilasa, la cual interviene en el metabolismo lipídico y en el de la glucosa; por otra parte también forma parte de la enzima superóxido desmutasa (MnSOD, también existe otra que contiene cobre y zinc), la cual evita daño peroxidativo debido a niveles dietéticos altos de ácidos grasos poliinsaturados. Su reducción también se ha relacionado con cambios en las mitocondrias hepáticas y en las membranas celulares. Es muy posible que la deficiencia de manganeso, inhiba la síntesis de colesterol y de sus precursores, lo que limita la síntesis de hormonas sexuales y otros esteroides, afectando la fertilidad (Underwood y Suttle, 2003).
- **Interacción con otros elementos.-** Durante mucho tiempo se pensó que la incorporación de calcio (Ca) y fósforo (P) en la ración reducía la disponibilidad de manganeso. Recientemente, algunos investigadores afirman que esos efectos adversos con frecuencia obtenidos con suplementos conjuntos de calcio y fósforo, sólo son atribuibles al fósforo, porque se ha observado que al añadir suplementos de calcio en la ración, pero sin fósforo, no se produce ningún efecto negativo sobre la absorción de manganeso (Wedekind et. al, 1991; citado por Underwood y Suttle, 2003).
- **Deficiencia.-** La deficiencia de manganeso en muchas especies incluye retraso al crecimiento, anormalidades esqueléticas (condrodistrofia, cojera, artritis, curvaturas de las extremidades, exostosis, perosis, etc.), trastornos de la reproducción (ausencia de ovulación, degeneración testicular, bajas tasas de concepción, etc.), ataxia del recién nacido y susceptibilidad a las convulsiones (NRC, 1980; Mateos y de Blas, 1998; Underwood y Suttle, 2003).
- **Toxicidad.-** Se sabe que el manganeso y el hierro, presentan un antagonismo metabólico mutuo en la zona de absorción, probablemente derivado de una competencia por unirse a la transferrina o a otros transportadores, es por ello que el

umbral tóxico del manganeso depende de la concentración de hierro en la ración (Underwood y Suttle, 2003). El incremento de manganeso, causa una disminución de la síntesis de hemoglobina, acompañado de un descenso en la concentración de hierro hepático. Se ha reportado intoxicación letal en conejos jóvenes a los cuales se les administraron dosis diarias de 24.4mg/día de sulfato de manganeso, en el agua de bebida. Los conejos desarrollaron parálisis y anestesia en las extremidades (NRC, 1980).

I. Características generales del elemento Potasio (K).- El potasio es un metal ligero que forma un 2.6 por ciento de la corteza terrestre, se encuentra dentro de las células de casi todos los seres vivos y es esencial en la dieta de todos los animales, normalmente se suplementa en forma de bicarbonato, carbonato, cloruro y sulfato (NRC, 1980).

- **Distribución tisular y funciones.**- Todos los tejidos blandos, son mas ricos en potasio que en sodio, las concentraciones tisulares más elevadas se encuentran en el músculo con 4gK/kg (Underwood y Suttle, 2003). El potasio es el ión intracelular más importante en los tejidos y es necesario para el equilibrio osmótico, mantenimiento del equilibrio ácido-base, reacciones enzimáticas, metabolismo de carbohidratos, síntesis de proteína y para el mantenimiento normal de los tejidos renales y cardíacos (NRC, 1980). El potasio crea un potencial eléctrico que es esencial para mantener la estimulación y tono muscular; así también facilita la actividad de algunas enzimas e influye sobre muchas reacciones intracelulares donde intervienen fosfatos con efectos sobre actividades enzimáticas y contracción muscular (Underwood y Suttle, 2003).
- **Interacción con otros elementos.**- El potasio y el sodio interactúan a nivel celular, gracias al intercambio continuo entre sodio y potasio por medio de la bomba Na/K. A su vez, este sistema proporciona la absorción de la glucosa y los aminoácidos, manteniendo elevadas concentraciones intracelulares de potasio. (Underwood y Suttle, 2003).
- **Deficiencia.**- Las manifestaciones clínicas de la deficiencia de potasio no están tan bien documentadas como las del sodio, la reducción del apetito es uno de los primeros signos que se han observado, también se han señalado: crecimiento lento,

debilidad muscular, marcha envarada y parálisis, así como acidosis intracelular. En todas las especies suelen producirse reducciones del potasio sérico por debajo del rango normal (4-5mmol/l) cuando los aportes dietéticos son inadecuados. Cabe señalar que condiciones inusuales como acidosis, estrés y diarrea pueden conducir a una depleción de potasio (Underwood y Suttle, 2003).

- **Toxicidad.-** El potasio se tolera menos que el sodio. Tras una ingestión masiva, el mayor efecto directo de un exceso de potasio es la alteración del equilibrio ácido-base, una hipercalemia y un paro cardíaco (Underwood y Suttle, 2003).

J. Características generales del elemento Selenio (Se).- En el suelo se encuentra en forma de selenio elemental, selenito férrico, selenito de calcio y en compuestos orgánicos derivados de tejidos vegetales, en la industria agropecuaria se utiliza como suplemento alimenticio en forma de selenito o selenato (NRC, 1980). Underwood y Suttle (2003), mencionan que las fuentes alimenticias más altas en selenio son las de origen marino, también asumen que la mayor parte del selenio presente en los alimentos, está en forma de selenometionina y que las concentraciones en alimentos y forrajes muestran variaciones excepcionalmente amplias dependiendo de la especie vegetal y de los suelos en que se cultivan.

- **Distribución tisular y funciones.-** El riñón es el órgano más rico en selenio y puede contener 15-20 veces la concentración de selenio del tejido más pobre: el músculo (Underwood y Suttle, 2003). El selenio es necesario para el crecimiento y la fertilidad de los animales y para la prevención de diversas enfermedades que responden de forma variable a la vitamina E (Underwood y Suttle, 2003). De hecho se ha confirmado que el selenio y la vitamina E tienen un efecto protector contra los radicales libres de oxígeno y los cambios cardiovasculares ocasionados por dietas altas en grasa en conejos (Rozewicka et. al, 2002). Mullen, Pallauf y Most (2002), concluyen que el daño peroxidativo a lípidos y proteínas celulares en el hígado de conejos con deficiencia de vitamina E o selenio es significativo, sin embargo el daño es más severo cuando la deficiencia de ambos está presente. La selenoproteína glutatión peroxidasa 1 (GPX1), se localiza principalmente en el citoplasma tisular y en los glóbulos rojos, su principal función es la antioxidante (Mullen y Pallauf,

2002), y su descenso ocasiona daño hepático en el hígado de conejos con deficiencia de vitamina E y selenio; sin mencionar que la GPX1 en el plasma es un indicador sensible de la deficiencia de selenio en conejos. La GPX2 y GPX3 se encuentran en plasma, riñón, pulmón, membranas celulares y particularmente en testículos, sus funciones son las de antioxidantes extracelulares. La GPX4 se encuentra en la mucosa intestinal y es un antioxidante en mucoso. Las enzimas de yodinasas (ID1, ID2) se encuentran en hígado, riñón e hígado y transforman la tetrayodotironina (T4) a triyodotironina. La ID3 se encuentra en placenta y tiene la misma función. La tioredoxina reductasa se encuentra en el citoplasma tisular y su función es participar en reacciones químicas tipo redox y como antioxidantes. La selenoproteína-P se encuentra en el plasma y sirve como transporte, reserva antioxidante y detoxificante de metales pesados. En cuanto a la selenoproteína W (músculo) y la selenoproteína testicular, se piensa que tienen una función antioxidante y estructural, sin embargo todavía no se ha confirmado (Underwood y Suttle, 2003). Por otra parte el selenio (Se⁴⁺), al igual que el cobre, induce la reducción no enzimática de PGG₂ o PGH₂ para la síntesis de prostaglandinas F₂-alfa (PGF₂-alfa), actuando como mediador de la producción de prostaglandinas en la porción antral de la mucosa gástrica de los conejos (Sakuma et. al, 1996).

- **Interacción con otros elementos.-** Se sabe que el selenato comparte mecanismos de absorción con el molibdato y el sulfato y por ello puede presentar antagonismos con éstos aniones, tanto en animales no rumiantes como en rumiantes (Underwood y Suttle, 2003).
- **Deficiencia.-** Todos los tejidos son vulnerables al estrés oxidativo en alguna de sus fases de desarrollo y las consecuencias clínicas de la privación del selenio antioxidante en animales son extremadamente diversas, entre ellas está la degeneración muscular la cual se presenta en rumiantes y no rumiantes y cursa con distrofia muscular o enfermedad del músculo blanco, rigidez muscular, arritmias, taquicardia y respiración abdominal, inconsistencia respiratoria, baja en la condición corporal, postración y muerte. Otras manifestaciones clínicas de la deficiencia de selenio son: la hepatosis dietética y el corazón de mora (cerdos), alteraciones de la reproducción y la disminución inmunológica (Buck, 1981;

Underwood y Suttle, 2003). Por otra parte, dietas bajas en selenio (menores a 0.03mg/kg de alimento) y vitamina E (concentraciones menores a 2mg de alfa tocoferol por kilogramo de alimento) causaron concentraciones de 38.3 +/-6.23 mgSe/ml en plasma y 89.4 +/-18.2 mgSe/kg (base húmeda) en el hígado de conejos (Mullen, Pallauf y Most, 2002).

- **Toxicidad.-** En la intoxicación aguda y subaguda con selenio, los signos son: ataxia y falta de coordinación, anorexia, disnea, dolor abdominal, cianosis, gasto cardiaco incrementado, miocardio pálido, petequias y equimosis del epicardio y endocardio, congestión en órganos gastrointestinales y edema pulmonar. En fauna silvestre, se ha reportado un caso de poliencefalopatía en una llama (*Lama glama*), la cual fue causada por una intoxicación con selenio, además cursaba con atrofia neuronal, atrofia de la corteza cerebral caudal, intumescencias torácicas y cervicales (Farrar, et. al, 1992). En la intoxicación crónica encontramos alteraciones del pelaje (pelaje áspero, alopecia, crin escasa y pérdida de pelos largos de crines y cola), laminitis, cojera, crecimiento pobre y ganancia de peso disminuida (Roder, 2002).

K. Características generales del elemento Sodio (Na).- Cabe señalar que el sodio y el cloro se estudian juntos por la similitud de sus funciones y necesidades en el organismo animal, por sus interacciones y además porque ambos aparecen asociados en la sal común, el suplemento mineral más barato, apetecible y utilizado (Underwood y Suttle, 2003). El cloruro de sodio se distribuye ampliamente en la naturaleza, no solamente en el mar (2.68%) o en otras aguas salinas, sino también en depósitos secos de roca salina (NRC, 1980). Existen diferencias en las concentraciones de sodio según las especies y variedades de hierba, no sólo entre gramíneas sino también entre leguminosas. Las fuentes proteicas de origen animal, son mas ricas en sodio que las fuentes proteicas de origen vegetal (Underwood y Suttle, 2003).

- **Distribución tisular y funciones.-** El sodio es el catión en jefe de los fluidos extracelulares, es el ion más importante en el mantenimiento de la presión osmótica, balance de fluidos y la hidratación de los tejidos. La actividad cardiaca y la conducción e impulsos nerviosos son altamente dependientes de las adecuadas proporciones de sodio y potasio. Estos cationes también son necesarios para el

funcionamiento adecuado de sistemas enzimáticos y el mantenimiento del pH de la sangre (NRC, 1980).

- **Deficiencia.-** En la mayoría de los animales (cerdos, ovejas, cabras y aves) una deficiencia de sodio se manifiesta durante varias semanas por una inapetencia, retraso en el crecimiento e ineficacia en la utilización de los alimentos, debido a la alteración del metabolismo proteico y energético, pero la digestibilidad se mantiene inalterada. Un apetito extremo por la sal puede aparecer tan sólo a las 3 semanas de la deficiencia. También se observa un excesivo consumo de agua y como resultado un mayor volumen de excreción urinaria. Si la deficiencia continúa sobreviene el colapso y la muerte (Underwood y Suttle, 2003).
- **Toxicidad.-** La ingestión excesiva de elementos osmóticamente activos como el sodio y el cloro, puede alterar las funciones corporales (por ejemplo: inducir edemas). Los excesos de sodio suelen ocurrir simultáneamente con los del cloro y bajo condiciones naturales, procedentes de agua de bebida salina, o por ingerir plantas que crecen en medios salinos. También pueden aparecer por causas accidentales o intencionales del hombre (Roder, 2002; Underwood y Suttle, 2003). Los signos en mamíferos son básicamente en el sistema nervioso central presentando: convulsiones, postración, depresión, marcha vacilante y ceguera; aunque también puede haber signos en el tracto gastrointestinal como pueden ser constipación, ascitis y diarrea (Roder, 2002); El diagnóstico se hace en base los síntomas, en el laboratorio clínico se busca una elevada concentración en el suero y en fluido cerebroespinal (arriba de 180mEq/l). La concentración de sodio en el cerebro debe ser mayor a 1800ppm. Las lesiones patológicas macroscópicas no son específicas, sin embargo si los animales mueren después de unos cuantos días, se puede encontrar edema cerebral y zonas de necrosis (Roder, 2002). El tratamiento generalmente no surte efecto, hay que ofrecer un acceso limitado al agua para evitar edema cerebral y proporcionar frecuentes oportunidades de ingerir pequeñas cantidades de agua, dejando que vuelvan poco a poco al consumo normal (Roder, 2002).

L. Características generales del elemento Zinc (Zn).- Se encuentra en el metal galvanizado (especialmente tuercas), baterías, monedas, pomadas para erupciones cutáneas, pantallas solares, jaulas galvanizadas para animales, fungicidas, sales orgánicas de zinc, pastos, forrajes y concentrados (NRC,1980).

- **Distribución tisular y funciones.**- El zinc se absorbe en función de la cantidad que se necesita, por medio de un mecanismo de transporte activo saturable mediado por transportadores en el duodeno, los niveles tisulares normales de zinc en hígado en mamíferos son 105-196mg/kg (base seca) y en apéndices cutáneos 100-120mg/kg (en base seca) (Underwood y Suttle, 2003). El zinc forma parte de numerosas enzimas, está relacionado con la biosíntesis de ácidos nucleicos y es muy importante en el proceso de división celular (Mateos y de Blas, 1998). También forma parte de la retileno reductasa alcohol deshidrogenasa, las cuales son necesarias para la conversión del retinol a retileno en la síntesis de vitamina A. Se sabe que el zinc forma parte de la enzima convertidora de angiotensina y se han observado efectos indirectos de la deficiencia de zinc sobre la composición y estabilidad de la membrana eritrocitaria y sobre el metabolismo esencial de los ácidos grasos (Underwood y Suttle, 2003). Además el zinc suprime la actividad de la endoperoxido-E2-isomerasa en su fracción microsomal y la 15-hidroxi-prostaglandina dehidrogenasa (PGDH) en su fracción citosólica, actuando como mediador de prostaglandinas en la parte antral de la mucosa gástrica del conejo (Sakuma et. al, 1996).
- **Interacción con otros elementos.**- Tanto el cobre como el cadmio incrementan la unión del zinc a la metalotioneína en la mucosa intestinal evitando su absorción, esto es importante (sobre todo en cerdos) cuando se le añade cobre a la ración como estimulante del apetito. La absorción de zinc también se puede ver afectada en zonas seleníferas por raciones pobres en zinc (Underwood y Suttle, 2003).
- **Deficiencia.**- La deficiencia de zinc se caracteriza por inapetencia, retraso o interrupción del crecimiento, lesiones de los tegumentos (paraqueratosis, dermatitis, retraso en la cicatrización) y de sus producciones (pelo, lana o plumas), trastornos inmunológicos, retardo en la maduración sexual, anomalías fetales y problemas reproductivos (NRC, 1980; Underwood y Suttle, 2003). En fauna silvestre se

reportó deficiencia de zinc en un lobo rojo (*Canis rufus*), mismo que presentó hiperqueratosis en el cojinete plantar, inflamación de la piel interdigital y pioderma distal de los carpos y tarsos de todos los miembros, los linfonodos poplíteos estaban incrementados (Kearns, et. al, 1995).

- **Toxicidad.-** La intoxicación aguda con zinc sucede después de una ingestión elevada y rápida (por ejemplo, la ingestión de un tubo de pasta de óxido de zinc por un perro), los signos son: vómitos, diarrea y anorexia. Si la intoxicación es crónica (se da principalmente por la ingestión de un cuerpo extraño que contiene zinc, por ejemplo una moneda), hay ictericia, anemia hemolítica intravascular, disminución del hematocrito, hemoglobinemia, hematuria, incremento en el número de glóbulos rojos nucleados e incremento en el punteado de los basófilos. El diagnóstico se hace en base a la historia clínica, radiografías abdominales, biometría hemática y análisis de zinc en suero (cantidades mayores a 2ppm sugiere intoxicación) en hígado y riñón. El tratamiento debe de incluir: terapia emética, carbón activado y un agente catártico, eliminación quirúrgica del cuerpo extraño, terapia de quelación (CaEDTA o penicilamina) y fluidoterapia (Roder, 2002).

Justificación.

Los conejos como otras especies, requieren consumir una serie de nutrientes orgánicos e inorgánicos que satisfagan sus necesidades fisiológicas de crecimiento, mantenimiento y reproducción. Los minerales esenciales forman parte de estos nutrientes y su deficiencia o exceso (toxicidad) llevarán a un desequilibrio y tener efectos adversos en el animal. La deficiencia, requerimientos, niveles tolerables y toxicidad causada por minerales esenciales han sido ampliamente estudiados en las especies domésticas; por el contrario, son escasos los estudios de este tipo en especies silvestres, incluyendo al teporingo. Es por ello que con el presente trabajo se pretende determinar el perfil de elementos minerales esenciales en muestras de hígado, riñón, hueso y pelo de una población de teporingos mantenida en cautiverio y compararla con los valores reportados para conejos y otros mamíferos domésticos, esto nos permitirá determinar el grado de similitud o diferencia existente entre ellos y si pudiera existir alguna deficiencia o toxicidad en la población de teporingos en cautiverio.

Hipótesis.

La concentración de elementos minerales esenciales en los tejidos del teporingo (*Romerolagus diazi*), es igual a la descrita para conejos domésticos (*Oryctolagus cuniculi*).

Objetivo general.

Determinar como primer antecedente el contenido de calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, hierro, manganeso, selenio y zinc en muestras de pelo, hígado, riñón y hueso de cadáveres de teporingos en cautiverio.

Objetivos particulares.

- Establecer el primer antecedente sobre elementos minerales esenciales en esta especie en cautiverio.
- Determinar la similitud del contenido de los elementos minerales encontrados en este estudio con los señalados en la literatura para el conejo doméstico y otros mamíferos domésticos.
- Determinar el contenido de elementos minerales esenciales en el alimento suministrado a los teporingos en cautiverio.

CAPÍTULO II

Material y métodos.

A. Metodología para la obtención de material biológico: En la presente tesis, se colectaron muestras de pelo, hígado, riñón y hueso (fémur) de teporingos adultos muertos. Los cadáveres muestreados, formaron parte de la mortalidad de la colonia existente en el Zoológico de Chapultepec. A fin de obtener una lectura confiable en el momento de la determinación, cada muestra de tejido debía aproximarse en su peso a 500mg una vez que se deshidratara, para garantizar lo anterior, sólo se utilizaron muestras de individuos adultos de 5 meses de edad en adelante. El muestreo se realizó durante las necropsias de los animales, en la sala que el zoológico tiene destinada para ese fin. Para obtener una muestra representativa de la población actual que aproximadamente es de 150 teporingos, el tamaño de la misma fue de 23 individuos, el tiempo de muestreo fue de 8 meses, iniciando el 01/01/05 y se terminó el 31/08/05. Las muestras se conservaron en congelación hasta que se procesaron en el laboratorio. En cuanto al alimento, se tomaron dos muestras de cada ingrediente de la dieta: alfalfa fresca, alimento balanceado, zanahoria y zacatón. La cantidad muestreada de cada ingrediente fue aproximadamente de 20 gramos. La primera se recolectó el 05/07/05 y la segunda muestra se tomó el 07/10/05. Es importante señalar, que el zacatón es traído e implantado en el exhibidor y los encierros de los teporingos por el personal del zoológico y se renueva cuando los teporingos ya lo consumieron o cuando está seco. Dicho zacatón, proviene de varios lugares cercanos al hábitat de este lagomorfo y por lo tanto están presentes varias de las especies que el teporingo utiliza como alimento y refugio. Es por ello que el exhibidor y los encierros pueden tener una o más especies de zacatón al mismo tiempo, dependiendo del lugar donde se haya ido a colectar. Esto tuvo como consecuencia que la primera muestra, sólo incluya una sola especie vegetal de zacatón (*Festuca sp*), en cambio la segunda muestra incluye dos variedades (*Festuca sp* y *Muhlenbergia sp*). A diferencia de las muestras de tejido las cuales se fueron guardando en congelación hasta completarlas, las dos muestras de alimento se deshidrataron el mismo día que se recolectaron, para que no se pudrieran o presentaran crecimiento de hongos. Para la estimación del consumo diario de alimento, se

escogieron al azar 10 baterías, cada una con un teporingo adulto en su interior. Se pesó la cantidad de cada uno de los ingredientes que se les suministró ese día: alfalfa fresca, alimento balanceado y zanahoria. A las 24 horas, se recogieron los restos de alimento y se pesaron, obteniendo el consumo por la diferencia.

B. Metodología para la identificación del contenido de elementos minerales: La determinación del perfil mineral, se realizó por el método de espectrofotometría de absorción atómica, con flama y generación de hidruros, en el laboratorio de toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las muestras se prepararon de la siguiente manera:

- **Hueso (fémur).**- Primero se descongelaron y con ayuda de equipo de disección se quitaron los restos de ligamentos, tendones, músculo y cartílago. Se retiró la parte esponjosa del hueso (epífisis), y solo se dejó la parte media (diáfisis). Se lavaron con agua desmineralizada, y se metieron durante 4 días a un frasco de vidrio con tapa metálica, el cual contenía éter sulfúrico al 100% para desengrasarlos. Después se retiraron del frasco y se volvieron a limpiar con ayuda del instrumental de disección, a fin de retirar cualquier resto de materia orgánica que pudiese existir y se lavaron dos veces más con agua desmineralizada. Posteriormente se metieron a deshidratar durante 24 horas a la estufa a una temperatura de 75° C y luego se guardaron en bolsas de plástico mientras se pesaban y se digerían.
- **Hígado y Riñón.**- Se descongelaron y se lavaron con agua desmineralizada, a fin de retirar pelo, tierra o cualquier resto de materia orgánica del que pudieran haberse contaminado durante la necropsia. Luego se llevaron a base seca, metiéndolos a deshidratar a la estufa durante 24 horas a una temperatura de 75° C y se guardaron en bolsas de plástico para su posterior pesado y digestión.
- **Pelo.**- Las muestras se colocaron en recipientes de plástico con una solución de 20 a 50 mililitros de jabón dextrán al 5% durante 24 horas. Posteriormente con ayuda de un agitador de plástico se mezcló cada muestra para que se desprendieran los restos de polvo, sangre, heces y cualquier tipo de materia

orgánica del que pudiera haberse contaminado. Después se lavaron con agua desmineralizada hasta que el pelo se observó limpio y entonces se escurrió con ayuda de un colador muy fino y se colocaron en sus mismos recipientes dentro de la estufa a una temperatura de 30° C, durante 72 horas y se guardaron en sobres de papel para después poderlas pesar y digerir.

- **Alimento.-** Como se mencionó anteriormente, el mismo día que se tomó cada muestra de alimento, se transportó al laboratorio, se picó en pedazos muy finos y se metió a deshidratar en la estufa a 75° C durante 24 horas y se guardaron en bolsas de plástico.

El pesado de muestras se realizó en una balanza analítica, procurando que la cantidad de muestra se aproximara a 500mg. Después se procedió a realizar la digestión ácida de las muestras con energía electromagnética y en vasos de teflón cerrados herméticamente.

El programa de digestión se realizó en un sistema cerrado con energía electromagnética, con las siguientes características por etapa: 15 minutos de duración, potencia 70%, ventilación 100% y pausa entre etapas 5 minutos. Las libras de presión se incrementaron por etapa: 1ª 10, 2ª 20, 3ª 40, 4ª 85 y 5ª 120, de acuerdo a las indicaciones en el manual de operación del fabricante del equipo. Una vez digeridas las muestras se llevaron a un aforo de 16ml con agua desmineralizada y aquí se practico la lectura, la cual se realizó en cada elemento utilizando la lámpara específica, la abertura espectral y la longitud de onda del elemento. Por ejemplo, cobre: lámpara específica, abertura espectral de 0.2 y longitud de onda específica de 234.7. La lectura del contenido de los elementos se practicó en un equipo de espectrometría de absorción atómica, con flama de aire acetileno, excepto para el selenio, que se leyó con el generador de hidruros y la celda de cuarzo, ambos acoplados al mismo equipo. El contenido del elemento se determinó por la transformación de la absorbancia a concentración en una regresión lineal hecha con las concentraciones características en la curva de calibración. El cálculo final de la concentración se obtuvo por la multiplicación de la concentración estimada de la absorbancia multiplicado por el volumen de aforo y dividido entre el peso de la muestra.

C. Análisis de resultados: Para el análisis de resultados se recurre a las pruebas de estadística descriptiva: media y desviación estándar; a la fabricación de cuadros y gráficas para su interpretación visual. Una vez encontradas diferencias aritméticas en estos cuadros y gráficas se confrontan las diferencias en el contenido de elementos minerales entre órganos e ingredientes del alimento con los mencionados en la literatura para animales domésticos.

CAPÍTULO III

Resultados.

Para una fácil comprensión de los resultados, los datos se agruparon en cuadros. Las figuras (gráficas) necesarias para la interpretación visual de los resultados referidos en los cuadros, son expuestas en el anexo al final del presente trabajo.

El cuadro 1 expone los datos referentes al número de individuos muestreados, la fecha de muerte y el tipo de tejidos colectados.

El cuadro 2 indica la fecha de recolección de las dos muestras de alimento y los ingredientes que integran cada muestra.

En el cuadro 3 se observa el promedio y los valores máximo y mínimo de cada uno de los minerales determinados en los cuatro tejidos analizados, junto con la desviación estándar. El elemento cobre fue mayor en hígado (Figuras 1 y 2), con un promedio de $14.99\mu\text{g/g}$, pelo con $7.49\mu\text{g/g}$, riñón y hueso los cuales presentaron $6.83\mu\text{g/g}$ y $1.46\mu\text{g/g}$ respectivamente.

El zinc se encontró en concentraciones parecidas en pelo, hígado y hueso (Figuras 3 y 4), con una concentración media de: 179.73 , 177.77 y $162.87\mu\text{g/g}$. El riñón solo presentó $98.07\mu\text{g/g}$. Los tejidos con más contenido de hierro fueron el hígado y el riñón con 615.62 y $212.71\mu\text{g/g}$ (Figuras 5 y 6), los que menos hierro presentaron fueron el pelo y el hueso con 36.96 y $27.80\mu\text{g/g}$.

La concentración de manganeso fue superior en el hígado con $4.52\mu\text{g/g}$, (Figuras 7 y 8). Lo siguen el hueso y el riñón con 3.45 y $3.19\mu\text{g/g}$. El pelo es el tejido con menos manganeso: $2.45\mu\text{g/g}$. El selenio en el hígado tuvo una concentración media de $0.93\mu\text{g/g}$, el valor máximo fue de $1.75\mu\text{g/g}$ y el mínimo $0.55\mu\text{g/g}$. El sodio se encontró en mayor cantidad en el pelo (Figuras 9 y 10) con 0.56% , seguido de hueso y riñón con niveles similares: 0.44 y 0.43% . El órgano con menos sodio fue el hígado con 0.37% . El contenido de potasio fue mayor en riñón con 0.81% (Figuras 11 y 12), sin embargo el contenido en hígado también fue elevado, ya que presentó 0.76% . El hueso y el pelo con 0.06 y 0.02% respectivamente, fueron los tejidos con menos potasio. El tejido con mayor porcentaje de calcio fue el hueso con 9.00% (Figura 13 y 14). La concentración de calcio en los otros tejidos (Figuras 15 y 16), fue de 0.08% en pelo y 0.01% para hígado y riñón. El porcentaje de magnesio fue

mayor en el hueso (Figuras 17 y 18) con 0.37%, seguido de hígado y riñón, los cuales presentaron la misma concentración: 0.06%. El pelo presentó 0.01% y fue el tejido con menos concentración de magnesio.

El cuadro número 4 refiere la concentración del contenido mineral en las dos muestras de alimento colectadas, exponiendo las concentraciones de cada elemento mineral por cada uno de los ingredientes de la dieta, también se incluyó el zacatón y su respectivo promedio. La concentración de cobre es de: 8.92µg/g para el alimento balanceado, 2.19µg/g para la alfalfa, 2.10µg/g para la zanahoria, 1.16µg/g para *Festuca sp* y la única muestra de *Mulembergia sp.* 1.28µg/g. A su vez el zinc tiene las siguientes cantidades: 111.15µg/g en el alimento balanceado, 29.74µg/g en la alfalfa, 23.21µg/g en la *Festuca*, 16.08µg/g en la *Muhlebergia* y 14.36µg/g en la zanahoria. El hierro en promedio, tuvo los siguientes valores: La única muestra de *Muhlebergia* presentó el valor más alto con 219.15µg/g, seguida de 155.19µg/g en el alimento balanceado, 96.83µg/g para la alfalfa, 81.04µg/g para la *Festuca* y 45.74µg/g en la zanahoria. La concentración promedio de manganeso es de 101.90µg/g para el alimento balanceado. En la alfalfa, la *Muhlebergia*, *Festuca* y la zanahoria la concentración fue de 22.69, 17.87, 10.64 y 9.00µg/g respectivamente. Los valores promedio de selenio en el alimento fueron más altos en el alimento balanceado con 0.28µg/g seguidos de 0.11µg/g en la alfalfa, 0.10µg/g, de la zanahoria y 0.09µg/g en la *Festuca* y la *Muhlebergia*. El contenido de sodio en el alimento es de: 0.32% en la alfalfa, 0.23% para la zanahoria y el alimento balanceado. El zacatón presentó 0.1% en la *Festuca* y la única muestra de *Muhlebergia* 0.03%. La concentración de potasio fue de: 3.55% en la alfalfa, 2.36% en la zanahoria, 1.31% en el alimento balanceado, 0.67% para la *Festuca* y 0.82% para la *Mulembergia*. La concentración de calcio fue de 0.64% en el alimento balanceado y 0.62% para la alfalfa. La *Muhlebergia*, la zanahoria y la *Festuca* presentaron 0.08, 0.07 y 0.06% respectivamente. La concentración de magnesio fue más alta en el alimento balanceado con 0.24%. La alfalfa y la zanahoria presentaron 0.19 y 0.12%. En cuanto al zacatón la *Muhlebergia* y la *Festuca* presentaron valores de 0.05 y 0.04% respectivamente.

En el cuadro 5 se anota una estimación del consumo diario de cada uno de los ingredientes de la dieta en base fresca. El promedio del consumo en gramos es de 89.1 para la alfalfa, 51.4 en la zanahoria y 30.8 en el alimento balanceado. El promedio total de consumo es de

173.41gramos. Los promedios de consumo en base seca son: 21.38 para la alfalfa, 11.55 para la zanahoria y 27.1 para el alimento balanceado. El total del consumo en base seca es de 60.04gramos.

El cuadro 6 nos refiere una estimación de cuanto ingiere de cada mineral, por ingrediente y en total un teporingo adulto en batería en 24 horas: 313.23µg/g de cobre, 3814.92µg/g de zinc, 6805.74µg/g hierro, 3351.38µg/g de manganeso, 11.09µg/g de selenio, 15.87% de sodio, 138.88% de potasio, 31.90% de calcio y 12.24% de magnesio. El cuadro 6 también expone la cantidad en microgramos o porcentaje de cada uno de los minerales por cada gramo de la dieta: 5.21µg/g de cobre, 63.53µg/g de zinc, 113.33µg/g de hierro, 55.81µg/g de manganeso, 0.18µg/g de selenio, 0.26% de sodio, 2.31% de potasio, 0.53% de calcio y 0.2% de magnesio.

Cuadro 1

Fecha de muerte, tejidos colectados y número de registro del teporingo en el laboratorio de toxicología.

Número	Fecha de muerte	Tejidos colectados.
1	01/01/05	Hi, Hu, R y P
2	05/01/05	Hi, Hu, R y P
3	09/01/05	Hi, Hu, R y P
4	14/01/05	Hi, Hu, R y P
5	03/02/05	Hi, Hu, R y P
6	09/02/05	Hi, Hu, R y P
7	09/03/05	Hi, Hu, R y P
8	14/03/05	Hi, Hu, R y P
9	07/04/05	Hi, Hu, R y P
10	01/05/05	Hi, Hu, R y P
11	11/05/05	Hi, Hu, R y P
12	11/05/05	Hi, Hu, R y P
13	27/05/05	Hi, Hu, R y P
14	11/06/05	Hi, Hu, R y P
15	17/06/05	Hi, Hu, R y P
16	26/06/05	Hi, Hu, R y P

Cuadro 1
(Continuación)

17	01/07/05	Hi, Hu, R y P
18	01/07/05	Hi, Hu, R y P
19	07/07/05	Hi, Hu, R y P
20	19/07/05	Hi, Hu, R y P
21	17/08/05	Hi, Hu, R y P
22	18/08/05	Hi, Hu, y R
23	18/08/05	Hi, Hu, R y P

Hi=hígado, Hu=hueso, R=riñón y P=pelo.

Cuadro 2

Número de muestra del alimento, fecha de colecta, ingrediente y número de registro en el laboratorio de toxicología.

Número de muestra.	Fecha	Ingrediente
1	05/07/05	ALFALFA FRESCA
1	05/07/05	ZANAHORIA
1	05/07/05	ALIMENTO BALANCEADO
1	05/07/05	ZACATÓN (<i>Festuca sp.</i>)
2	07/10/05	ZACATÓN (<i>Muhlenbergia sp.</i>)
2	07/10/05	ZACATÓN (<i>Festuca sp.</i>)
2	07/10/05	ALIMENTO BALANCEADO
2	07/10/05	ALFALFA FRESCA
2	07/10/05	ZANAHORIA

Cuadro 3

Concentraciones minerales en tejidos de hueso, riñón, hígado y pelo del teporingo.

MINERAL	HUESO	RIÑÓN	PELO	HÍGADO
COBRE	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MÁXIMO	4,85	10,31	27.83	49,15
MÍNIMO	0,17	4,09	3,81	5,78
PROMEDIO	1,46	6,83	7.49	14,99
DESV. EST.	1,23	1,76	5.15	9,36

Cuadro 3
(Continuación)

ZINC	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MÁXIMO	220,37	177,88	206,55	443,36
MÍNIMO	121,51	59,17	148,00	66,37
PROMEDIO	162,87	98,07	179,73	177,77
DESV. EST.	25,13	29,34	15,11	96,85
HIERRO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MÁXIMO	43,52	412,62	86,43	2190,37
MÍNIMO	14,68	52,76	16,49	113,71
PROMEDIO	27,80	212,71	36,96	615,62
DESV. EST.	7,08	91,41	19,61	474,93
MINERAL	HUESO	RIÑÓN	PELO	HÍGADO
MANGANESO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MÁXIMO	5,06	6,11	4,56	6,86
MÍNIMO	1,92	0,99	0,80	1,63
PROMEDIO	3,45	3,19	2,45	4,52
DESV. EST.	0,77	1,09	0,98	1,44
SELENIO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MÁXIMO	N.S.D	N.S.D	N.S.D	1.75
MÍNIMO	N.S.D	N.S.D	N.S.D	0.55
PROMEDIO	N.S.D	N.S.D	N.S.D	0.93
DESV. EST.	N.S.D	N.S.D	N.S.D	0.28
SODIO	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)
MÁXIMO	0,66	0,62	1,05	0,49
MÍNIMO	0,35	0,26	0,42	0,25
PROMEDIO	0,44	0,43	0,56	0,37
DESV. EST.	0,06	0,08	0,13	0,06
POTASIO	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)
MÁXIMO	0,20	1,08	0,05	1,02
MÍNIMO	0,01	0,48	0,01	0,40
PROMEDIO	0,06	0,81	0,02	0,76

Cuadro 3
(Continuación)

DES. EST.	0,06	0,19	0,00	0,18
CALCIO	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)
MÁXIMO	10,76	0,02	0,12	0,03
MÍNIMO	7,52	0,01	0,03	0,01
PROMEDIO	9,00	0,01	0,08	0,01
DES. EST.	0,84	0,00	0,02	0,00
MINERAL	HUESO	RIÑÓN	PELO	HÍGADO
MAGNESIO	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)
MÁXIMO	0,46	0,07	0,02	0,09
MÍNIMO	0,31	0,04	0,00	0,04
PROMEDIO	0,37	0,06	0,01	0,06
DES. EST.	0,39	0,00	0,00	0,01

Valores dados en base seca. N.S.D. = No se determinó.

Cuadro 4.

Concentración mineral en la dieta del teporingo en cautiverio y en el zacatón del exhibidor y los encierros.

MINERAL	ALFALFA FRESCA	ZANAHORIA	ALIMENTO BALANCEADO	FESTUCA SP.	MUHLEM BERGIA SP.
COBRE	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MUESTRA 1	2,25	2,06	10,80	1,18	
MUESTRA 2	2,14	2,14	7,05	1,14	1,28
PROMEDIO	2,19	2,10	8,92	1,16	
ZINC	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MUESTRA 1	29,66	16,31	128,43	35,38	
MUESTRA 2	29,81	12,42	93,88	11,04	16,08
PROMEDIO	29,74	14,36	111,15	23,21	
HIERRO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MUESTRA 1	90,03	47,14	192,31	109,79	
MUESTRA 2	103,63	44,33	118,07	52,29	219,15

Cuadro 4
(Continuación)

MINERAL	ALFALFA FRESCA	ZANAHORIA	ALIMENTO BALANCEADO	FESTUCA SP.	MUHLEM BERGIA SP.
HIERRO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
PROMEDIO	96,83	45,74	155,19	81,04	
MANGANESO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MUESTRA 1	30,13	6,82	109,10	12,36	
MUESTRA 2	15,25	11,18	94,70	8,92	17,87
PROMEDIO	22,69	9,00	101,90	10,64	
SELENIO	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
MUESTRA 1	0,14	0,12	0,24	0,12	
MUESTRA 2	0,08	0,07	0,31	0,06	0,09
PROMEDIO	0,11	0,10	0,28	0,09	
SODIO	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)
MUESTRA 1	0,18	0,44	0,26	0,05	
MUESTRA 2	0,45	0,02	0,20	0,15	0,03
PROMEDIO	0,32	0,23	0,23	0,10	
POTASIO	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)	(%/g)
MUESTRA 1	3,32	2,11	1,46	0,24	
MUESTRA 2	3,77	2,62	1,16	1,11	0,82
PROMEDIO	3,55	2,36	1,31	0,67	
CALCIO	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
MUESTRA 1	0,75	0,08	0,72	0,08	
MUESTRA 2	0,50	0,07	0,57	0,05	0,08
PROMEDIO	0,62	0,07	0,64	0,06	
MAGNESIO	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
MUESTRA 1	0,21	0,13	0,26	0,04	
MUESTRA 2	0,18	0,12	0,22	0,05	0,05

Cuadro 4
(Continuación)

PROMEDIO	0,19	0,12	0,24	0,04	

Valores dados en base seca.

Cuadro 5

Estimación del consumo de alimento (alfalfa fresca, alimento balanceado y zanahoria) ingeridos por teporingos adultos en batería durante 24 horas.

TEPORINGOS	CONSUMO ALFALFA	CONSUMO ZANAHORIA	CONSUMO ALIM. BALANCEADO	CONSUMO TOTAL
NÚMERO	(g)	(g)	(g)	(g)
1	83	48	28	159
2	72	62	24	158
3	90	26	36	152
4	76	44	42	162
5	138	46	26	210
6	58	46	8	112
7	116	32	40	188
8	82	42	30	154
9	100	72	40	212
10	76	96	34	206
MÁXIMO	138	96	42	276
MÍNIMO	58	26	8	92
PROMEDIO	89,1	51,4	30,8	173.41

Valores dados en base húmeda.

Los promedios de consumo en materia seca para la alfalfa, zanahoria y el alimento balanceado son: 21.38g, 11.55g y 27.1 El total es: 60.04g.

Cuadro 6

Estimación del contenido de minerales esenciales ingeridos por un teporingo adulto en batería durante 24 horas, tomando como referencia los promedios del consumo de cada ingrediente expuestos en el cuadro 5.

MINERAL	ALFALFA	ZANAHORIA	ALIMENTO BALANCEADO	TOTAL MINERAL/DÍA	µg o % POR GRAMO DE DIETA
COBRE µg/g	47.00	24.33	241.90	313.23	5.21
ZINC µg/g	635.98	166.09	3012.85	3814.92	63.53
HIERRO µg/g	2070.67	528.77	4206.29	6805.74	113.33
MANGANESO µg/g	485.30	104.03	2762.03	3351.38	55.81
SELENIO µg/g	2.35	1.15	7.58	11.09	0.18
SODIO %/g	6.85	2.76	6.26	15.87	0.26
POTASIO %/g	75.93	27.39	35.55	138.88	2.31
CALCIO %/g	13.42	0.89	17.59	31.90	0.53
MAGNESIO %/g	4.23	1.47	6.53	12.24	0.20

Valores dados en base seca.

CAPÍTULO IV

Discusión.

En el presente capítulo se confrontan los resultados obtenidos en esta investigación con lo encontrado en la literatura. Es necesario tener en consideración para la interpretación de las concentraciones de los elementos minerales en los tejidos, el estado físico de la muestra, debido a que existe diferencia en la concentración, dependiendo si el análisis está hecho en base seca o húmeda. Para poder comparar los valores de una muestra en base seca con otros en base húmeda, tenemos que considerar la cantidad de humedad que se le ha quitado a la muestra en base seca, que es alrededor del 80%, esto hace que se incremente 5 veces la concentración de los elementos minerales de la muestra en base seca con respecto a la de base húmeda. Por consiguiente, para convertir el resultado de una muestra en base húmeda a base seca, solo es necesario multiplicar por cinco la cantidad. Teniendo en cuenta que el análisis de los tejidos y alimento del teporingo fue hecho en base seca, los valores encontrados en la literatura en base húmeda, se convertirán a seca para facilitar la comparación. Esta connotación es relevante toda vez que algunos autores no se toman la molestia de expresar el estado físico de la muestra; cuando se presente lo anterior, se hará la aclaración correspondiente en el texto. Es importante destacar que cada autor puede publicar sus resultados en diferentes unidades de medida, siendo las más comunes: porcentaje (%), partes por millón (ppm), miligramos por kilogramo (mg/kg) y microgramos por gramo ($\mu\text{g/g}$); para simplificar las comparaciones entre los resultados obtenidos en esta investigación y la literatura, todas las unidades encontradas en la bibliografía, serán convertidas a porcentaje en el caso del sodio, potasio, calcio y magnesio, así como a microgramos por gramo en los demás elementos. El presente capítulo consta de dos partes, una para la discusión de la concentración de los elementos minerales en los tejidos y otra para la del alimento.

- 1. Contenido mineral en tejidos del teporingo.-** En el presente inciso se comparan por elemento, las concentraciones minerales encontradas en los tejidos del teporingo con las descritas en la literatura.

- **Cobre.-** El contenido de cobre en los tejidos de teporingo fue mayor en hígado (Cuadro 3 y Figuras 1 y 2) con respecto a los demás tejidos, presentando una concentración media de $14.99\mu\text{g/g}$. Estos valores son ligeramente menores a los descritos para el conejo doméstico, ya que éste presenta $21.5\mu\text{g/g}$ en el hígado (Chiba et al., 1984) y coinciden con el rango descrito para ovinos: 6.4 a $19.2\mu\text{g/g}$, por Underwood y Suttle (2003). Las concentraciones de cobre hepático descritas por el NRC (1980) para un amplio rango de mamíferos monogástricos también son ligeramente mayores: 15 a $30\mu\text{g/g}$. En cuanto al cobre renal la concentración fue de $6.83\mu\text{g/g}$, siendo menor a los $15\mu\text{g/g}$ descritos por Chiba (1984) para el conejo doméstico; Roder (2002) también señala que valores mayores a $15\mu\text{g/g}$ son indicativos de toxicidad, sin embargo no menciona si es base húmeda o seca; el NRC (1980) indica que el rango de cobre renal, es de 9 a $15\mu\text{g/g}$ para un amplio rango de mamíferos monogástricos. La concentración de cobre en el pelo del teporingo fue de $7.49\mu\text{g/g}$ y es mayor a la descrita para ovinos: 1.9 a $3.9\mu\text{g/g}$. A su vez, dicho valor coincide con el rango superior reportado para el pelo de bovino: 3.96 a $7.9\mu\text{g/g}$ (Underwood y Suttle, 2003).
- **Zinc.-** El contenido de zinc fue mayor en pelo (Cuadro 3 y Figuras 3 y 4), con una concentración media de $179.73\mu\text{g/g}$ y es mayor a la concentración descrita para apéndices cutáneos en otros mamíferos: 100 - $120\mu\text{g/g}$ por Underwood y Suttle (2003). La concentración de zinc en pelo se considera como un valor inerte ya que no tiene la capacidad de reintegrarse a la sangre; por lo tanto, esta concentración no es activa metabólicamente y el organismo la ha depositado en el pelo, considerado como un sistema de eliminación. En cambio las concentraciones de zinc encontradas en el hígado y el riñón del teporingo: 177.77 y $98.07\mu\text{g/g}$, si son activas metabólicamente y tienen la capacidad de reintegrarse a las funciones del organismo, dichas concentraciones son menores a las descritas para el hígado y el riñón del conejo doméstico: $250\mu\text{g/g}$ y $210\mu\text{g/g}$ (Chiba et al., 1984). Sin embargo los valores de zinc hepáticos en el teporingo están dentro del rango descrito por Underwood y Suttle (2003) para el hígado de varios mamíferos domésticos: 106 - $196\mu\text{g/g}$.

- **Hierro.-** El órgano del teporingo con más contenido de hierro (Cuadro 3 y Figuras 5 y 6) fue el hígado con un promedio de 615.62µg/g, al comparar éste con el descrito en el conejo doméstico: 375µg/g, observamos que es mayor en el teporingo (Chiba et al., 1984). Al comparar dicho promedio con los valores encontrados en el hígado de los demás mamíferos (Underwood y Suttle, 2003), se observó que está en rango, sin embargo éste es muy amplio: 100 a 1000µg/g para ovinos y 150-1000µg/g en bovinos y cerdos adultos; por lo que el valor del contenido en el teporingo está más cercano al límite superior. Por otra parte, la concentración de hierro en el riñón del teporingo fue de 212.71µg/g y coincide con los 215µg/g señalados en el conejo doméstico (Chiba et al., 1984).
- **Manganeso.-** En el teporingo, el órgano con mayor contenido de manganeso fue el hígado, con una concentración de 4.52µg/g (Cuadro 3 y Figuras 7 y 8), la cual coincide con los valores descritos en cabras: 3-6µg/g, pero se encuentra debajo de las concentraciones reportadas para vacas, ovejas y cerdos: 5-7.5µg/g, 8-9µg/g y 6-9µg/g respectivamente (Underwood y Suttle, 2003).
- **Selenio.-** En los tejidos, sólo se determinó selenio en el hígado, el valor promedio fue 0.937µg/g (Cuadro 3), el mínimo fue 0.557µg/g y el máximo fue de 1.75µg/g, el cual coincide con el contenido normal de selenio encontrado en el hígado del conejo doméstico: 1.73µg/g (Barsényi et al., 1999).
- **Sodio y potasio.-** El tejido que más sodio presentó (Cuadro 3 y Figuras 9 y 10), fue el pelo con 0.56%. Las concentraciones en hueso y riñón fueron muy parecidas: 0.44 y 0.43% respectivamente. El órgano que menos sodio presentó fue el hígado con 0.37%. Al comparar estos valores con los del potasio (Cuadro 3 y Figuras 9, 10, 11 y 12), se observa que las concentraciones son inversas entre uno y otro elemento; por ejemplo, el pelo que fue el tejido con mayor contenido de sodio: 0.56%, presentó el menor contenido de potasio: 0.02%, sin embargo en el hígado que tuvo la concentración más baja de sodio, presentó el segundo contenido más alto de potasio con 0.76%. El riñón con el mayor contenido de potasio 0.81% estuvo en penúltimo lugar en cuanto a contenido de sodio. El hueso presentó 0.06% y fue el tercer lugar en cuanto a niveles de potasio.

- **Calcio.**-El tejido con valor más alto de calcio fue el hueso con 9.00% (Cuadro 3 y Figura 13 y 14). La concentración de calcio en los otros tejidos (Cuadro 3 y Figuras 15 y 16), fue de 0.08% en el pelo y 0.01% en hígado y riñón. Los porcentajes de calcio en hígado y riñón descritos para conejo doméstico son: 0.02 y 0.04% respectivamente, lo que las hace ligeramente superiores a las encontradas en el teporingo (Chiba et al., 1984).
- **Magnesio.**-El porcentaje de magnesio fue mayor en el hueso con 0.37% (Cuadro 3 y Figuras 17 y 18), al compararlas con los valores descritos para ovinos: 0.36-4.1%, observamos que la concentración de magnesio en el hueso del teporingo está en el rango inferior (Underwood y Suttle, 2003). La concentración de magnesio en hígado de conejo doméstico es de 0.11%, siendo mayor que la encontrada en el hígado del teporingo, la cual fue de 0.06%; sin embargo las concentraciones de magnesio en el riñón del conejo doméstico y las del teporingo son muy similares: 0.08% y 0.06% respectivamente, siendo las del primero ligeramente superiores (Chiba et al., 1984). Es importante hacer notar que a excepción del hueso, que fue el tejido más alto tanto en calcio como en magnesio, en el resto de los tejidos analizados pasa algo similar que con el sodio y el potasio, aquí las concentraciones de magnesio también son inversas con respecto al calcio; por ejemplo, el pelo presentó 0.08% de calcio siendo de los cuatro tejidos analizados, el segundo con mayor concentración de este elemento, pero fue el más pobre en magnesio con 0.01%. Por otra parte la concentración de magnesio en el hígado y el riñón del teporingo fue de 0.06% y es la mayor después del hueso, pero las más pobre en calcio con 0.01%.

2. Contenido mineral en el alimento del teporingo.- Es importante recordar que la dieta básica de los teporingos está formada por: alfalfa, zanahoria y alimento balanceado; de acuerdo a lo expuesto en el Cuadro 5, el promedio total de consumo es de 173.41g, de los cuales el 81.02% está constituido por alfalfa y zanahoria con: 89.1g y 51.4g respectivamente. El 17.76% restante lo constituye el alimento balanceado con: 30.8g. Lo anterior es indicativo de que el teporingo prefiere consumir en

mayor cantidad alimentos frescos. Un ejemplo de lo anterior es el zacatón, al cual sólo tienen acceso los teporingos que se encuentran en los tres encierros y el exhibidor, sin embargo el personal del zoológico refiere que éstos lo consumen de manera variable y preferentemente cuando está fresco, por ello que no se le puede considerar como parte de la dieta básica, pero si como un complemento de la misma. Igual que con los tejidos, el presente inciso se ha subdividido por elementos, para facilitar las comparaciones entre los resultados encontrados en el alimento y los requerimientos minerales recomendados en la bibliografía para la alimentación de conejos.

- **Cobre.**-El contenido de cobre en la dieta fue mayor en el alimento balanceado con $8.92\mu\text{g/g}$ (Cuadro 4), la alfalfa y la zanahoria tuvieron cantidades similares: 2.19 y $2.10\mu\text{g/g}$. Los niveles de cobre en el alimento balanceado utilizado por Chiba, et al., (1984) para conejos domésticos son $300\mu\text{g/g}$, sin embargo la mayoría de los autores mencionan que los requerimientos de cobre para conejos en cautiverio son de 4 a $30\mu\text{g/g}$ (Mateos y de Blas, 1998; Martínez, 2004 y Church, Pond y Pond; 2004). Un teporingo adulto en batería consume en base seca durante 24 horas, un promedio de: 21.38g de alfalfa, 11.55g de zanahoria y 27.1g de alimento balanceado (Cuadro 5); multiplicando el consumo de cada ingrediente en base seca, por la cantidad de cobre proporcionada por cada uno de los tres ingredientes (Cuadro 4 y 5) y sumándolas, la cantidad de cobre ingerida en 24 horas es de $313.23\mu\text{g/g}$ (Cuadro 6). Al sumar el consumo en gramos de cada uno de los ingredientes de la dieta del teporingo en base seca, da un total de 60.04 gramos de alimento. Al dividir la cantidad de cobre aportada por cada uno de los alimentos en 24 horas: $313.23\mu\text{g/g}$, entre el consumo en base seca: 60.04g , se obtienen $5.21\mu\text{g/g}$ de cobre por gramo de la dieta. Al considerar estos cálculos se observa dentro del rango de 4 a $30\mu\text{g/g}$ descrito por Mateos y de Blas (1998), Martínez (2004) y Church, Pond y Pond (2004) y muy por debajo de los máximos niveles tolerables de cobre en la dieta de conejos domésticos: $200\mu\text{g/g}$, descritos por el NRC (1980).

- Zinc.**-El alimento balanceado fue el ingrediente que presentó el valor más alto de este mineral (Cuadro 4), con 111.15µg/g, seguido de la alfalfa y la zanahoria: 29.74µg/g 14.36µg/g respectivamente. Los requerimientos de zinc recomendados para conejos domésticos son: 30 a 70µg/g (Mateos y de Blas, 1998; Martínez, 2004 y Church, Pond y Pond, 2004), la dieta utilizada por Chiba, et al., (1984) tiene 44µg/g de zinc y los máximos niveles tolerables de zinc en la dieta de conejos domésticos son: 500µg/g (NRC, 1980). Teniendo en cuenta el consumo de cada ingrediente (Cuadro 5), la cantidad de zinc ingerida por un teporingo adulto en 24 horas es de 3814.92µg/g (Cuadro 6). Si se considera el consumo total de alimento en base seca del teporingo: 60.04g, la cual presenta un contenido total de 3814.92µg/g de zinc, la cantidad de zinc por gramo de dieta es de: 63.53µg/g. Si comparamos estos valores con los señalados en la literatura de 30 a 70µg/g (Mateos y de Blas, 1998; Martínez, 2004 y Church, Pond y Pond, 2004) quieren decir que los valores encontrados están en rango de acuerdo a los señalados en la literatura
- Hierro.**- El alimento balanceado fue el que presentó los niveles más altos de este elemento con 155.19µg/g, (Cuadro 4) seguido de la alfalfa y la zanahoria: 96.83 y 45.74µg/g respectivamente. En base al consumo aproximado de cada ingrediente (Cuadro 5), la cantidad de hierro ingerida por un teporingo adulto en 24 horas es de 6805.74µg/g (Cuadro 6). El cálculo del contenido de hierro en la dieta es de 113.33µg/g de zinc. Pese a que el hierro en la mucosa intestinal se absorbe en función de las necesidades del organismo (Underwood y Suttle, 2003), si se comparan estos valores con los señalados por la literatura: 50 a 100µg/g (Mateos y de Blas, 1998: Martínez, 2004 y Church, Pond y Pond, 2004), están ligeramente elevados por 13.33µg, pero muy por debajo de los máximos niveles tolerables para la dieta de conejos domésticos: 500µg/g, mencionados por el NRC (1980).

- **Manganeso.-** La concentración de este elemento en la dieta (Cuadro 4) fue mayor en el alimento balanceado: 101.9 μ g/g con respecto a la alfalfa y la zanahoria: 22.69 y 9 μ g/g. Teniendo en cuenta el consumo diario de cada ingrediente de la dieta básica (Cuadro 5), la cantidad de manganeso ingerida por un teporingo adulto en batería durante 24 horas es de 3351.38 μ g/g (Cuadro 6), al dividir esta cantidad entre el consumo en base seca: 60.04g, la cantidad de manganeso por gramo de la dieta es de 55.81 μ g/g. Esta concentración está ligeramente por encima de la recomendada por Mateos y de Blas (1998), Martínez (2004) y Church, Pond y Pond (2004) de 2.5 a 30 μ g/g, pero está 8 veces por debajo del máximo nivel tolerable de manganeso: 400 μ g/g, señalado para conejos domésticos por el NRC (1980).
- **Selenio.-** La concentración en la dieta (Cuadro 4) fue mayor en el alimento balanceado con 0.28 μ g/g que en la alfalfa y la zanahoria: 0.11 y 0.10 μ g/g. De acuerdo al promedio de consumo de cada ingrediente en base seca (Cuadro 5), el selenio ingerido por un teporingo adulto durante 24 horas es de 11.09 μ g/g (Cuadro 6). Teniendo en cuenta el promedio del consumo total en base seca: 60.04g, la cantidad de selenio por gramo de dieta es de 0.18 μ g/g, lo que quiere decir, que los valores encontrados están en el rango de selenio recomendado para conejos domésticos en la literatura, el cual es de 0.15 a 0.4 μ g/g (Mateos y de Blas, 1998; Mullen y Pallauf, 2002) y por debajo del máximo nivel tolerable de 2 μ g/g reportado por el NRC (1980).
- **Sodio.-** El ingrediente con mayor cantidad en la dieta (Cuadro 4) fue la alfalfa con 0.32%, seguida de la zanahoria y el alimento balanceado con 0.23%. De acuerdo al promedio de consumo de cada ingrediente (Cuadro 5), la ingestión de sodio en un teporingo adulto en batería durante 24 horas sería aproximadamente de 15.87% (Cuadro 6). De acuerdo al promedio total de consumo en base seca, la concentración de sodio por gramo de dieta es de 0.26% (Cuadro 6), la cual supera el 0.03% utilizado por Chiba, et al. (1984) pero está por debajo de los requerimientos descritos por otros autores para la dieta de conejos domésticos de 0.4% (Martínez, 2004; Church, Pond y Pond; 2004).

- **Potasio.-** El ingrediente con mayor cantidad de este elemento en la dieta (Cuadro 4) fue la alfalfa con 3.55%, seguida de la zanahoria y el alimento balanceado con: 2.36% y 1.31%. En base al consumo promedio de cada ingrediente de la dieta básica (Cuadro 5), la cantidad de potasio ingerida por un teporingo adulto en 24 horas es de 138.88% (Cuadro 6). De acuerdo al promedio de consumo en base seca, la concentración de potasio por gramo de dieta es de 2.31% (Cuadro 6), el cual supera los 1.15% de potasio utilizados por Chiba, et al. (1984) y los requerimientos descritos por otros autores para la dieta de conejos domésticos: 0.6 a 1% (Mateos y de Blas, 1998; Martínez, 2004; Church, Pond y Pond; 2004), pero se encuentra por debajo de el máximo nivel tolerable de potasio en la dietas para conejos domésticos: 3% (NRC, 1980).
- **Calcio.-** Este elemento se encontró casi en la misma concentración (Cuadro 4) en la alfalfa que en el alimento balanceado: 0.62% y 0.64%. La zanahoria solamente presentó 0.07%. Tomando en cuenta los promedios de consumo en base seca de cada ingrediente de la dieta (Cuadro 5), el calcio ingerido por un teporingo adulto en 24 horas es de 31.9% y la concentración de calcio por gramo de dieta es de 0.53% (Cuadro 6). Si se compara con lo recomendado por la literatura para los conejos domésticos: 0.5 a 1.1%, se observa que está en rango (Chiba, et al., 1984; Mateos y de Blas, 1998; Martínez, 2004; Church, Pond y Pond, 2004) y por debajo del máximo nivel tolerable de calcio: 2% sugerido por el NRC (1980).
- **Magnesio.-** La concentración de este elemento (Cuadro 4) fue mayor en el alimento balanceado: 0.24%, seguido de la alfalfa y la zanahoria: 0.19 y 0.12 respectivamente. Teniendo en cuenta los promedios de consumo (Cuadro 5) por ingrediente, el magnesio ingerido por un teporingo adulto en 24 horas es 12.24% (Cuadro 6). Al dividir esta cantidad entre el promedio total de consumo: 60.04g la concentración de magnesio por gramo de dieta es de 0.2%, siendo superior a los: 0.03 y 0.04% señalados para la dieta de conejos domésticos por algunos autores (Martínez, 2004; Church, Pond y Pond, 2004), pero está por debajo de la concentración utilizada por Chiba et

al., (1984) de 0.31% y el 0.3% descrito por Lebas (1990) y citado por Mateos y de Blas (1998). Estos resultados se contraponen con el máximo nivel tolerable de magnesio en la dieta de 0.3% sugerido por el NRC (1980).

CAPÍTULO V

Conclusiones.

1. El contenido de cobre y zinc en el hígado del teporingo fue 1.4 veces menor al descrito para el conejo doméstico. En el riñón del teporingo la cantidad de ambos minerales fue 2.1 veces menor con respecto a la misma especie.
2. El selenio en el hígado del teporingo fue 1.8 veces menor con respecto al conejo doméstico.
3. El contenido de calcio encontrado en el hígado y el riñón del teporingo fue menor 2 y 4 veces respectivamente, en relación con el descrito para los mismos tejidos del conejo doméstico.
4. El magnesio fue menor 1.8 y 1.3 veces en el hígado y el riñón del teporingo, que en los de el conejo doméstico.
5. El hierro fue 1.6 veces superior en el hígado e igual en el riñón del teporingo con respecto a los del conejo doméstico.
6. El contenido de manganeso hepático en el teporingo fue 1.1 a 1.9 veces menor que el descrito para la mayoría de los animales domésticos.
7. El contenido de zinc encontrado en el pelo del teporingo es 1.4 a 1.7 veces mayor que el descrito para cualquier otro mamífero doméstico.
8. Los contenidos minerales de hierro, manganeso y potasio en la dieta del teporingo, fueron respectivamente: 1.1, 1.8 y 2.3 veces superiores a los parámetros nutricionales establecidos para el conejo doméstico. El resto de los elementos minerales se encuentran dentro de dichos rangos.
9. El teporingo en cautiverio tiende a consumir más ingredientes frescos de la dieta básica (81.02%) que alimento balanceado (17.76%).
10. Con base en los puntos anteriores podemos descartar la hipótesis planteada inicialmente, la cual afirmaba que la concentración de elementos minerales esenciales en los tejidos del teporingo en cautiverio era igual a la descrita para conejos domésticos.

BIBLIOGRAFÍA

BARBOZA, P. S., VANSELOW, B. A., (1990) “Cooper toxicity in captive wombats (Marsupialia: Vombatidae)”. Proceedings American Association of Zoo Veterinarians. USA.

BARSÉNYI, A., FEKETE, S., HULLÁR, I., KÁDÁR, I., SZILÁGYI, M., GLÁVITS, R., KULCSÁR, Margit, MÉZES, M. and ZÖLDÁG, L. (1999) “Study of the soil-plant (carrot)-animal cycle of nutritive and hazardous minerals in a rabbit model” Acta Veterinaria Hungarica 47 (2): 181-190.

BICKNESE, E. J., GEORGE, J. W., HIRD, D.W., PAUL-MURPHY, J., ANDERSON, J. A., ROBERTS, J. R., (1992) “Prevalence and risk factors for iron deficiency anemia in weanling rhesus macaques”. Proceedings American Association of Zoo Veterinarians, USA.

BUCK, W., (1981) “Toxicología veterinaria clínica y diagnóstica”. Acribia, España.

CERVANTES, F. A., GONZÁLEZ, F. J., (1996) “Los conejos y liebres de México”. En: VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LÓPEZ-PANIAGUA, J. (Eds).”Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat”.Fondo de cultura económica, México. Pp.17-25.

CERVANTES, F. A., MARTÍNEZ, V. J., (1996) “Historia natural del conejo zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*)”. En: VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LÓPEZ-PANIAGUA, J. (Eds).”Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat”.Fondo de cultura económica, México. Pp.29-40

CERVANTES, R. F., (1980) “Principales características biológicas del conejo de los volcanes *Romerolagus diazi*, Ferrari Pérez, 1893 (*Mammalia: Lagomorpha*)” (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM. México.

CHAPMAN, J. A., (1984) “Latitude and gestation period in new world rabbits (*Leporidae: Sylvilagus and Romerolagus*)”. The American Naturalist 124, 442-445.

CHIBA, M., OGIHARA, K., INABA, Y., NISHIMA, T., KIKUCHI, M., (1984) “The organ distribution of tin and the effect of tin on concentrations of several essential elements in rabbit”. Toxicology, 31(1): 23-32.

CHURCH, D. C., POND, W. G., POND, K. R., (2004) “Fundamentos de nutrición y alimentación de animales”. Limusa-Wiley, México.

DIERENFELD, E. S., GRAFFAM, W., (1997) “Manual de nutrición y dietas para animales silvestres en cautiverio”. Department of Nutrition, Wildlife Conservation Society, USA.

FARRAR, W. P., HANRAHAN, L. A., JOHNSON, J. H., JENSEN, J. M., (1992) “Poliencephalopathy in a llama (*Lama glama*) due to selenium toxicosis”. Proceedings American Association of Zoo Veterinarians, USA.

FOWLER, M. E. (1986) “Metabolic bone disease”. En: FOWLER, M.E. (Ed). “Zoo & wild animal medicine”. W.B. Saunders Company, México.

GILLESPIE, D., ANDREA, G., LOCKABY, S., (1995) “Cooper deficiency in a gemsbok (*Oryx gazella*)”. Proceedings Joint Conference American Association of Zoo Veterinarians, USA.

KEARNS, K. S., FRANK, L. A., MUNSON, L., BOCHSLER, P., BRENNEMAN, K., (1995) “Zinc responsive dermatosis in red wolves (*Canis rufus*)”. Proceedings Joint Conference American Association of Zoo Veterinarians, USA.

LÓPEZ-PANIAGUA, J., ROMERO, F. J., VELAZQUEZ, A., (1996) “Las actividades humanas y su impacto en el hábitat del conejo zacatuche”. En: VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LÓPEZ-PANIAGUA, J. (Eds.)”Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat”. Fondo de cultura económica, México. Pp.119-132.

LORENZO M. A., (1996) “Estudio sistemático de algunas especies de lagomorfos de México (*Mammalia: Lagomorpha*)” (Tesis de Doctorado). Facultad de Ciencias, UNAM. México.

MARTÍNEZ, C. M., (2004) “Cunicultura”. División de Educación Continua-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México.

MARTÍNEZ, V. J., (1987) “Estudio sobre la variación estacional de la dieta del zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*) (*Mammalia: Lagomorfa*)” (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM. México.

MATEOS, G. G., de BLAS, C., (1998) “Minerals, Vitamins and Additives”. En: de BLAS, C., WISEMAN, J., (Eds). “The nutrition of the rabbit”. CABI Publishing, United Kingdom.

MULLER, A. S., PALLAUF, J., (2002) “Down-regulation of GPX1 mRNA and the loss of GPX1 activity causes cellular damage in the liver of selenium-deficient rabbits”. J Anim Physiol Anim Nutr, 86 (9-10):273-87.

MULLER, A. S., PALLAUF, J., MOST, E., (2002) “Parameters of dietary selenium and vitamin E deficiency in growing rabbits”. J Trace Elem Med Biol, 16 (1):47-55.

MURPHY, M.J., (1996) “A field guide to common animal poisons”. Iowa State University Press/Ames, USA.

NRC, (1980) “Mineral tolerance of domestic animals”. National Academy of Sciences, USA.

RANGEL, H., (1996) “Descripción y uso de hábitat de *Romerolagus diazi*: Efecto del fuego sobre el zacatonal alpino del Volcán Iztaccihuatl, México” (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM. México.

RODER, J.D., (2002) “Manual de toxicología veterinaria”. Multimédica, España.

ROZEWICKA, L., BARCEW-WISZNIEWSKA, B., WOJCICKI, J., SAMOCHOWIEC, L., KRASOWSKA, B., (1991) “Protective effect of selenium and vitamin E against changes induced in Herat vessels of rabbits fed chronically on a high-fat diet”. Kitasato Arch Exp Med, 64 (4):183-92.

SAKUMA, S., FUJIMOTO, Y., MIYATA, Y., OHNO, M., NISHIDA, H., FUJITA, T., (1996) “Effects of Fe (2+), Zn (2+), Cu (2+) and Se (4+) on the synthesis and catabolism of prostaglandins in rabbit gastric antral mucosa”. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 54 (3): 193-7.

UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F., (2003) “Los minerales en la nutrición del ganado”. Acribia, España.

URBINA, T. F., (1996) “Aves rapaces de México”. Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM-CONABIO, México.

VELAZQUEZ, A., HEIL, G. W., (1996) “Habitat suitability study for the conservation of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*)”. J Applied Ecol 33, 543-554.

VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LEÓN, L., (1996) “Fragmentación del hábitat del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*)”. En: VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LÓPEZ-PANIAGUA, J. (Eds).”Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat”.Fondo de cultura económica, México. Pp.73-86.

VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LÓPEZ-PANIAGUA, J., (1996) “Amplitud y utilización del hábitat del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*)”. En: VELAZQUEZ, A., ROMERO, F. J., LÓPEZ-PANIAGUA, J. (Eds).”Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat”.Fondo de cultura económica, México. Pp.89-101.

VELAZQUEZ, M. A. (1984) “Estudio sobre la muda del pelaje en el zacatuche (*Romerolagus diazi*)” (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM. México.

ANEXOS

















