

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE ELEMENTOS
MINERALES EN ERIZOS PIGMEOS AFRICANOS (*Atelerix albiventris*)
ALIMENTADOS CON DIETA PARA INSECTÍVOROS Y GATOS EN
CRECIMIENTO.

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

KARINA ELIZABETH COSIO CARPINTERO

Asesores:

MVZ. MPA. DR.C. Carlos Gutiérrez Olvera
Act. ME Adriana Margarita Ducoing Watty

México, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A mi TIO ABEL, por ser mi motivo para estar aquí, por forjar gran parte de lo que soy, por inspirar cada paso de esta carrera y por ser mi ÁNGEL, este logro es especialmente para ti, y espero que desde donde quiera que estés, te sientas orgulloso de lo que hemos construido. TE QUIERO Y TE EXTRAÑO.

A mi MAMÁ que me apoyó y motivó desde pequeña a superarme día con día, gracias, porque a pesar de nuestras diferencias, he crecido y madurado gracias a tus consejos, Te quiero mucho!.

A mi tío Juan, por estar conmigo desde que era niña y darme siempre ese cariño incondicional..

A Gilberto Reza Hernández, por su paciencia entrega y amor incondicional.

A “pali” por ser mi compañera de vida.

Y CLARO, A TODOS ESOS MARAVILLOSOS SERES VIVOS QUE SE COMUNICAN DE UNA FORMA DIFERENTE Y QUE INSPIRARON EL DESARROLLO DE ESTA DISCIPLINA, POR REFORZAR DÍA CON DÍA MI VOCACIÓN A ESTA HERMOSA CARRERA.

AGRADECIMIENTOS

A mi JURADO:

Dra. Cecilia Botello

Dr. Carlos Rebeles

Ms C. René Rosiles

M en C. Yolanda Castañeda

Por sus consejos, conocimiento, tiempo y paciencia.

A la Universidad y a la Facultad por ser la institución en la que forjara mis estudios y a la cual me siento eternamente orgullosa de pertenecer.

Al proyecto PAPIME PE204811 “Desarrollo e instrumentación de materiales didácticos innovadores para la enseñanza de la nutrición animal, nutrición y alimentación de perros y gatos, animales de compañía no convencionales y nutrición clínica de perros y gatos.”

Al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica y al Laboratorio de Toxicología, gracias a todas las personas que laboran en él, por su entrega y apoyo, al Dr. Janitzio Bautista por su tiempo y ayuda, a la laboratorista Fer Palma por su disposición a enseñarnos siempre algo nuevo y su alegría contagiosa.

Al Dr. Carlos Gutiérrez Olvera, quien ha sido mi mayor inspiración durante este tiempo, por sus valiosos consejos, su invaluable conocimiento y su admirable vocación a la docencia. Sin duda, un gran ejemplo a seguir.

A Alan Jair Contreras Ortiz, más que mi amigo, mi hermano, por 3 años de preparatoria, 5 años de carrera y 1 año extra que suman ya 9 años de una maravillosa amistad, por ser mi brazo derecho en cada momento, por escucharme siempre, cuidarme y ser parte importante de mi vida! Te quiero.

A Gilberto Reza Hernández, por compartir ya 4 años de mi vida, por su apoyo en los malos y buenos momentos, por las risas y las lágrimas, por todas las tardes cuidando a los enanos y ayudándome a que todo saliera bien, y sobre todo por dejar una huella imborrable y por siempre especial en mi corazón, TAM.

A Angie Olvera, mi amiga de toda la vida, que a pesar de la distancia, siempre creyó y confió en mí, que me escucho y apoyó en todo momento y que sin duda es un gran ser humano. TQM mujercita!

A Chío, gracias siempre por la confianza, José Luis gracias por ser mi profe de Laboratorio.

Flor! Otro pedacito de nuestro esfuerzo se refleja aquí, en honor a nuestros enanos, que gusto haber trabajado contigo, eres una gran y valiosa persona, te quiero mucho.. Pau! por el trabajo en equipo y las desmañanadas!, aún nos queda un tramito por concluir, y sé que lo harás súper bien, gracias a las dos por su valiosa amistad, este logro también es de ustedes.

Rocío Torres, (¡en serio que te admiro! ¡Que paciencia tienes! Eres una gran mujer). Tania, Joshua, Eli, Maru, Maribel, César, Héctor, que siempre me brindaron una sonrisa y agradables momentos.

A los ERIZOS que fueron la parte esencial de esta investigación, ya que sin ellos, no se habría logrado nada de lo que aquí se presenta.

A todos mis profesores de carrera, por sus conocimientos y dedicación, y por recalcar siempre el RESPETO y CUIDADO a los animales. Y a todas aquellas personas que entraron a mi vida y han participaron en mi crecimiento personal y profesional: Angie, Leslie, Rosa, Miguel, Miguel Ángel, Mariana, Efrén, Gabo, Ricardo, Adria, Mauricio, Nuria, Toño, Gela, Rafa, Vicky, Vero, May, en fin... gracias a TODOS!

CONTENIDO

	Página
Resumen.....	1
1. Introducción	
Erizo pigmeo africano (<i>Atelerix albiventris</i>)	
1.1. Clasificación taxonómica.....	2
1.2. Características anatómicas.....	2
1.3. Hábitat y conducta social.....	5
1.4. Alimentación en vida libre.....	7
1.5. Animal de compañía.....	10
1.6. Alimentación en cautiverio.....	11
1.7. Principales problemas asociados a una mala nutrición.....	12
Minerales.....	13
1.8. Macrominerales.....	14
1.8.1 Calcio.....	14
1.8.2 Fósforo.....	18
1.8.3 Magnesio.....	20
1.8.4 Potasio.....	22
1.9 Microminerales.....	25
1.9.1 Zinc.....	25
1.9.2 Cobre.....	27
1.9.3 Hierro.....	29
2. Justificación.....	32
3. Hipótesis.....	33
4. Objetivo General.....	34
4.1. Objetivos Específicos.....	34
5. Material y métodos.....	35
5.1. Animales y alojamiento.....	35
5.2. Manejo.....	35
5.3. Alimento y alimentación.....	37
5.4. Recolección de muestras.....	38
5.5. Secado y molido.....	38
5.6. Digestión.....	39
5.7. Lectura de minerales.....	39

	Página
5.8. Cálculo de la digestibilidad aparente.....	41
6. Análisis estadístico.....	42
7. Resultados	43
7.1. Concentración de elementos minerales en alimento.....	43
7.2. Consumo promedio de elementos minerales.....	43
7.3. Concentración promedio de elementos minerales en heces.....	45
7.4. Digestibilidad aparente de elementos minerales.....	46
8. Discusión.....	47
8.1. Concentración de elementos minerales en el alimento.....	47
8.2. Consumo de elementos minerales.....	50
8.3. Digestibilidad aparente.....	50
9. Conclusiones.....	56
10. Literatura citada.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	Página
FIGURA 1.....	3
Erizo pigmeo africano (<i>Atelerix albiventris</i>).	
FIGURA 2.....	3
Macho y hembra de erizo pigmeo africano.	
FIGURA 3.....	4
Manto de púas de un erizo pigmeo africano .	
FIGURA 4.....	6
Distribución geográfica de <i>Atelerix albiventris</i> .	
FIGURA 5.....	9
Tracto gastrointestinal del erizo pigmeo africano	
FIGURA 7.....	36
Distribución del espacio destinado a caminar.	
CUADRO 1.....	43
Concentración de elementos minerales en alimento (mg/g)	
CUADRO 2.....	44
Consumo promedio (mg) por día por erizo de elementos minerales.	

	Página
CUADRO 3.....	45
Concentración promedio por día de elementos minerales (mg) en heces.	
CUADRO 4.....	46
Digestibilidad aparente (%) promedio por día por erizo de elementos minerales.	
ANEXO 1.....	60
Consumo promedio diario por erizo de alimento (g) en MS.	
ANEXO 2.....	60
Consumo promedio diario por erizo de miligramos de elementos minerales con dieta comercial para insectívoros.	
ANEXO 3.....	61
Consumo promedio diario por erizo de miligramos de elementos minerales con dieta comercial para gato en crecimiento.	
ANEXO 4.....	61
Producción promedio diario por erizo de heces (g) en MS.	
ANEXO 5.....	62
Concentración de miligramos de elementos minerales por gramo heces (mg/g) por erizo utilizando dieta comercial para insectívoros.	
ANEXO 6.....	62
Concentración de miligramos de elementos minerales por gramo heces (mg/g) por erizo utilizando dieta comercial para gato en crecimiento.	
ANEXO 7.....	63
Miligramos de elementos minerales en heces promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para insectívoros.	
ANEXO 8.....	63
Miligramos de elementos minerales en heces promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para gato en crecimiento.	
ANEXO 9.....	64
Asimilación (%) de elementos minerales promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para Insectívoro.	
ANEXO 10.....	64
Asimilación (%) de elementos minerales promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para gato en crecimiento.	

RESUMEN

COSÍO CARPINTERO KARINA ELIZABETH. Determinación de la digestibilidad aparente de elementos minerales en erizos pigmeos africanos (*Atelex albiventris*) alimentados con dietas para gatos en crecimiento y para insectívoros (bajo la dirección de: MVZ. MPA. DR.C. Carlos Gutiérrez Olvera y Act. ME. Adriana Margarita Ducoing Watty).

Debido a la creciente popularidad de los animales de compañía no convencionales y a la aún escasa información científica sobre su óptimo mantenimiento, se ha tenido la necesidad de impulsar el desarrollo de estudios que permitan contar con herramientas útiles para emitir recomendaciones fiables respecto al adecuado cuidado, alimentación y nutrición de los mismos. Dentro de esta variedad de géneros y especies, uno que actualmente ha incrementado su presencia en los hogares, es el erizo pigmeo africano (*Atelex albiventris*), cuyas dietas generalmente están basadas en alimento comercial para gato, alimento para insectívoros y/o alimento vivo. El presente estudio tuvo como objetivo, proporcionar datos estadísticos referentes a la digestibilidad de los elementos minerales comparando las dos dietas comerciales más comunes para el mantenimiento de *Atelex albiventris*. Se emplearon 6 erizos pigmeos de entre 2 y 3 años de edad (3 hembras y 3 machos) repartidos de forma aleatoria mediante un estudio cruzado AB/BA en dos grupos: el primero alimentado con croquetas para insectívoros y el segundo con croquetas para gato en crecimiento. Las muestras se procesaron por medio de digestión abierta y se realizó la lectura de los elementos minerales: calcio, fósforo, magnesio, zinc, hierro, cobre y potasio por espectrofotometría. Con los datos obtenidos se calculó la digestibilidad aparente de cada elemento mineral. Para el análisis estadístico se empleó un estudio cruzado de tipo AB/BA con seis repeticiones por tratamiento y dos mediciones repetidas en el tiempo. Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) sólo para la digestibilidad promedio por día por erizo de cobre y hierro bajo las condiciones del presente estudio. Al final se concluye que ambas dietas pueden proporcionarse como alternativas de alimentación para el erizo pigmeo africano (*Atelex albiventris*) en lo referente al aporte de elementos minerales.

1. INTRODUCCIÓN

Erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*)

1.1. Clasificación taxonómica

Los erizos pertenecen al Reino Animalia, Phylum Chordata, Subphylum Vertebrata, Clase Mammalia, Orden Erinaceomorpha y Familia Erinaceidae (considerada exclusiva del viejo mundo). Existen 6 géneros y 15 especies, de las cuales las más conocidas son el erizo europeo (*Erinaceus europaeus*) y el erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*), siendo el último el más difundido como animal de compañía no convencional en el mundo.^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}

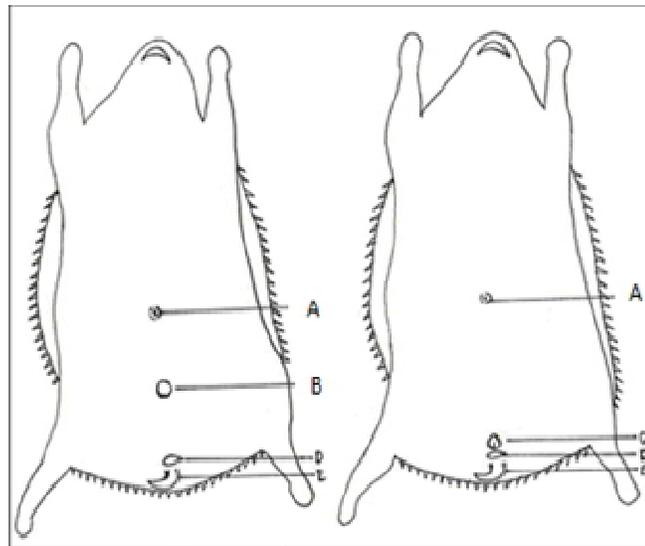
1.2. Características anatómicas

Se le conoce también como erizo africano, erizo de vientre blanco o erizo de cuatro dedos, este último nombre se debe a que posee 5 dedos en los miembros anteriores y 4 en los miembros posteriores. Son animales plantígrados porque apoyan la totalidad de la planta del pie al caminar, su cabeza y hocico son alargados mientras que su cola es muy corta. (Fig. 1). Presentan un cerebro pequeño, pero una alta capacidad auditiva y visual.^{1, 5, 8, 10,11,}

Son animales muy ágiles que miden 15 centímetros de largo y 8 centímetros de alto en promedio. Su peso adulto varía de 500 a 700 gramos en el caso de los machos y de 250 a 400 gramos en las hembras. No existe dimorfismo sexual marcado, la diferenciación se basa en la distancia ano-genital, que es mayor en el caso de los machos (Fig. 2).^{3,4}



Figura 1. Erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*).



A: Cicatriz umbilical
B: Prepucio
C: Vulva
D: Ano

Figura 2. Macho y hembra de erizo pigmeo africano

Tomado de: Flores 2006

Los erizos pigmeos africanos cuentan con un total de 44 a 63 dientes teniendo una fórmula dentaria: (I 2-3/3 C1/1 PM 3-4/2 M3/3)*2. La función de los incisivos inferiores es empujar el alimento hacia los superiores para ensartarlo.^{3, 4, 7, 10}

Una característica notable es la parte dorsal y lateral del cuerpo, que se encuentra llena de pelos modificados o púas. Un adulto promedio tiene alrededor de 5000 espinas que miden de 2 a 3 centímetros cada una y cuentan con una punta afilada, son de color blanco cremoso y en su mayoría tienen una franja subterminal negra o marrón, coloración denominada agutí, siendo la más conocida y difundida en las especies de compañía (Fig.3). Para minimizar su peso sin perder fuerza, cuentan con cavidades internas llenas de aire y separadas por finas capas, en la base son flexibles, lo cual les ayuda a amortiguar golpes. Cada púa cuenta con un músculo que las mantiene erguidas, cuando un erizo está tranquilo, este se mantiene relajado y las púas en una posición semi caída, mientras que en condiciones de amenaza, el músculo se encarga de levantar y entrecruzar las espinas creando una capa impenetrable. Cuando esto sucede como un mecanismo de defensa, también sisean y gruñen, incluso pueden llegar a morder, aunque esto no es frecuente.^{8, 9, 10, 11, 12}



Figura 3. Manto de púas de un erizo pigmeo africano

Su parte ventral se encuentra cubierta con pelo suave con el fin de evitar que se lastimen al enrollarse.^{4,6}

Tienen un menor desarrollo de las glándulas anales en comparación con las otras especies de erizo. Estas glándulas despiden una sustancia de olor desagradable cuya función es ahuyentar a los depredadores. Los machos presentan glándulas sexuales para marcado, mientras que las hembras tienen glándulas lubricadoras en la vagina y sebáceas en la comisura de la boca. Las patas son ricas en glándulas sebáceas y sudoríparas. Poseen extremidades delanteras sumamente potentes que les ayudan a excavar. No se consideran muy veloces (registro de 10 km/hora) pero son muy buenos escalando.^{11,12}

1.3. Hábitat y Conducta social

De manera natural el género *Atelerix* se distribuyen en el centro de África (Fig. 4), desde Sudán y hasta Zambia, primordialmente en regiones áridas y desérticas, sin embargo; han tenido la capacidad de explotar algunos otros hábitats diferentes como manglares, prados alpinos y zonas urbanas. Cada especie y género (*Atelerix* y *Erinaceus*) se diferencian principalmente por su morfología y ámbitos geográficos; actualmente estudios de ADN han demostrado que los erizos con los que se ha tenido oportunidad de trabajar hasta la fecha presentan 48 cromosomas, por lo que no es raro encontrar híbridos entre erizos de Europa Oriental, Occidental y África en ciertas regiones donde estas diferentes especies comparten espacio.^{1,3,7,8,10,11}



Figura 4 . Distribución geográfica de *Atelerix albiventris*.

Modificado de: <http://www.lawebdeloserizos.com/distribucion.php>

Los depredadores conocidos de los erizos son los grandes búhos, perros salvajes y los tejones, estos últimos han causado debate, ya que más allá de depredación se considera que coexisten compitiendo por el alimento.^{9, 11}

Una práctica común en estos animales, es la de llenar sus espinas con saliva blanca espumosa, la cual se ha observado como respuesta a la presencia de un alimento con un fuerte olor, algún olor nuevo a otros erizos, zorros o pegamento. Las explicaciones más aceptadas son: que sirve para limpiar sus púas, como insecticida o como parte del cortejo.^{9, 11}

Los erizos pigmeos africanos son animales que no toleran bien los cambios de temperatura ni la escasez de alimento, deben de mantenerse a una temperatura ideal que oscile entre los 25 y 29°C, en caso contrario, se vuelven vulnerables a caer en un estado de letargo que llega a durar

varios meses, esto se observa con mayor frecuencia en especies desérticas. Cuando esto ocurre se reduce drásticamente la energía que utilizan para mantenerse activos, observándose así que su frecuencia cardiaca se reduce de 250 latidos por minuto (lpm) a 10 lpm y su temperatura de 35°C hasta 15-20 °C. En este punto los erizos comienzan a remover sus reservas grasas que también sirven como aislante térmico. El índice de supervivencia en estos casos disminuye considerablemente, reportándose que la mitad de los individuos que hibernan, mueren antes de la primavera siguiente.^{3, 7, 8, 9, 10,11}

Los machos que sobreviven a la hibernación, despiertan antes que las hembras para dedicarse a engordar, de forma tal que en el momento en que ellas salgan del estado de letargo, pueda comenzar el cortejo. Las hembras poseen la característica de ovular espontáneamente y no suelen formar vínculo con la pareja con la que se aparean.^{1, 8,13}

La gestación tiene una duración de 35 días con una promedio de 4 a 5 crías al parto que miden aproximadamente 7 cm y pesan de 10 a 25 gramos. Nacen con las púas ocultas en una membrana con líquido que se absorbe en 24 horas, a los 3 días son capaces de erizarlas y a las 2 o 3 semanas se pigmentan como espinas de adulto y en este periodo ya son capaces de enrollarse. A los dos meses alcanzan la madurez sexual.^{1, 8}

1.4. Alimentación en vida libre

Son animales solitarios, sin embargo; llegan a convivir mientras buscan alimento, si es que éste abunda, de no ser así, simplemente se mantienen a distancia (aproximadamente 18 metros entre individuo). Suelen recorrer largas distancias (hasta 3 kilómetros) mientras buscan presas entre la

hojarasca o en agujeros, se ha observado que los machos hacen viajes más largos que las hembras.^{1, 8, 10, 12}

En un sentido estricto deberían considerarse omnívoros, aunque su alimentación se basa principalmente en insectos y otros invertebrados como lombriz de tierra, escarabajos (Orden: Coleoptera), orugas (Orden: Lepidoptera), babosas (Orden: Pulmonata), ciempiés (Clase: Diplopoda), tijerillas (Orden: Dermaptera), grillos (Orden: Orthoptera) arañas (Orden: Aranea) y moluscos terrestres (Clase: Gastropoda). Se ha demostrado que conforme envejecen, se vuelven mejores excavadores, lo cual les permite conseguir presas más grandes. De forma general se reporta que un erizo adulto consume un tercio de su peso corporal cada noche.^{4, 6, 10}

A diferencia de los erizos europeos, los erizos asiáticos y de orejas largas consumen una mayor cantidad de vertebrados tales como sapos, ranas (Orden: Anura), lagartijas (Orden: Squamata, Suborden: Lacertidae), serpientes (Orden: Squamata, Suborden: Serpentes) y pequeños roedores (Orden: Rodentia), además de frutas, semillas y hongos. Varias de las especies llegan a comer escorpiones (Orden: Scorpiones), víboras y arañas venenosas sin presentar ningún tipo de efecto adverso.^{8, 10, 11, 12, 13}

Sus hábitos son nocturnos, se considera que distinguen objetos en la oscuridad y es probable que tengan visión monocromática. Confían más en su sentido del oído y del olfato ya que presentan lóbulos olfativos bien desarrollados que se complementan con la presencia del órgano de Jacobson en el paladar, aunque las funciones específicas de éste en el erizo aún están por detallarse.^{4, 11}

La función auditiva se ha estudiado más en el erizo de orejas largas, pero se cree que son capaces de detectar sonidos de alta frecuencia (hasta 45KHz) a diferencia del humano que sólo detecta un rango de 18-20 KHz. Se considera que esta adaptación es básicamente para que logren detectar insectos que emiten sonidos agudos y que se mueven bajo la tierra o la hojarasca.^{1, 3, 7, 10, 11,12}

Al igual que todo insectívoro, cuenta con un tracto gastrointestinal de estructura simple y de forma general se reporta que tienen un tiempo de retención que va desde 1.26 a 2.33 horas, variando de acuerdo al alimento que consumen. No tienen ciego y son capaces de vomitar.

(Fig. 5).^{12, 15}

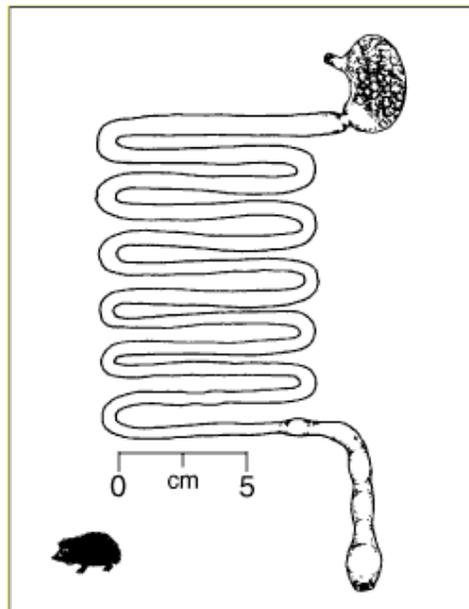


Figura 5. Tracto gastrointestinal del erizo pigmeo africano

Tomado de: Stevens 1994

1.5. Animal de compañía

En México, el erizo pigmeo africano es considerado fauna silvestre exótica.

La longevidad de estos ejemplares en vida libre oscila entre los 2 y 3 años, mientras que en cautiverio se reportan animales de hasta 8 o 10 años de edad.^{8, 18}

Son animales bastante limpios, suelen delimitar su área de descanso del área sucia en la que orinan y defecan, por lo que si el propietario les aseca diariamente el olor que emitan será prácticamente imperceptible. Deben ser alojados en jaulas que permitan una adecuada ventilación, la cama debe ser de un material absorbente e inocuo, hay que proporcionarles un espacio angosto donde puedan esconderse y sentirse seguros, para este fin pueden utilizarse cajas de cartón o de madera y tubos de PVC de 4 pulgadas. La temperatura ambiental no debe ser menor a 17°C, lo ideal es mantenerla en un rango de 24 a 29°C.^{4, 10, 12}

La sociabilización con el humano debe de ser constante, los erizos se caracterizan por ser nerviosos, e identificar lo que los rodea principalmente en base al olor y a los sonidos, es por ello que si el propietario cambia frecuentemente de perfume, la adaptación por parte del erizo a la convivencia con este se volverá complicada.^{4, 10, 12}

Se recomienda brindarles unos minutos al día durante la semana en vez de muchas horas una sola vez. Durante este tiempo se les puede cargar y jugar con ellos, de forma que mientras más tiempo pasen en contacto con el humano, menos agresivos y nerviosos serán, haciendo así más fácil su manejo para diferentes procedimientos.^{4, 10}

1.6. Alimentación en cautiverio

Su alimentación en cautiverio se basa principalmente en productos comerciales con alta cantidad de proteína (30-50% MS) y baja cantidad de grasa (10-20 %MS), la cantidad de fibra es mayor que en perros y gatos, por lo que las dietas para estas especies, resultan inadecuadas para los erizos.¹⁰

A pesar de esto existe literatura que recomienda una mezcla de croquetas para gato doméstico bajas en calorías con insectos y vegetales en una proporción de 75:25 o 50:50. Se menciona que al escoger una dieta que incluya croquetas para gato, deben buscarse aquellas elaboradas con carne de pollo como ingrediente principal, y evitar las que contengan pescado, nueces y semillas. Se sugiere que se les puede ofrecer frutas y verduras, tales como: fresa, naranja, manzana, uva, chícharos, jitomates, papa, brócoli y lechuga. Algunos criadores refieren que la inclusión de estos ingredientes a la dieta del erizo debe ser de entre el 10 y 20%. También se señala que puede agregarse a la dieta una pequeña porción de carne de ternera o de pollo, preferentemente cocida y cortada en trozos de 1 cm aproximadamente^{4, 10, 16,18}

Para que se mantengan en mejor estado, es conveniente ofrecerles alimento vivo, sin embargo; el problema con este es que a muchos propietarios no les agrada la idea de tener que manejar a los insectos, por lo que la mayoría opta por el alimento seco, ya que resulta una opción más práctica, aunado a esto debe considerarse que ningún establecimiento que expende alimento vivo, garantiza la confiabilidad del distribuidor. Los insectos más populares son tenebrios, zoophobas y grillos. Hay que tener especial cuidado con los primeros, ya que contienen una elevada cantidad de grasa y bajos niveles de calcio. Es importante hacer hincapié en que no se proporcionen

insectos capturados en el jardín o en parques, ya que estos pueden transmitir parásitos a los erizos, por lo que la mejor opción es conseguirlos en establecimientos de confianza o criarlos. La relación calcio: fósforo va de 1.2 -1.5:1, sin embargo no están bien definidas las necesidades minerales.^{4, 6, 10, 12, 18, 19,20}

1.7. Principales problemas asociados a una mala nutrición.

Uno de los problemas nutricionales asociados a una inadecuada dieta y a un nivel reducido de ejercicio es la obesidad, por lo que se recomienda no utilizar alimentos altamente energéticos o demasiado grasos.

La lipidosis hepática, que se relaciona principalmente con un exceso de lípidos en la dieta, puede ser secundaria a la obesidad y llega a acompañarse de otros desórdenes metabólicos.

Las diarreas pueden presentarse asociadas al uso de ingredientes inadecuados o a cambios bruscos de alimento. En este punto es importante descartar algún padecimiento gastrointestinal de origen bacteriano o parasitario.

Los problemas dentales, se relacionan a la falta de aporte de insectos o alimento seco, se manifiestan principalmente con la acumulación de sarro, fracturas de dientes, abscesos e impactación de comida en la boca que usualmente cursa con anorexia y ptialismo.

Las deficiencias nutricionales pueden reflejarse observando las características de las espinas, piel y heces, cuando no se está proporcionando la cantidad adecuada de alimento o cuando este no es de buena calidad.^{9, 17}

Minerales

En los tejidos animales y alimentos, se encuentran más de 22 elementos inorgánicos denominados elementos minerales. Estas sustancias constituyen las cenizas de la dieta y forman parte de menos del 1% del total del peso corporal. Su cantidad y concentración es variable y pueden dividirse en 3 subgrupos basado en la cantidad requerida en el organismo.^{21,22}

Los macrominerales se expresan en partes por ciento, 1ppc= 10g/Kg en la dieta. En este grupo se incluyen: Calcio (Ca), Fósforo (P), Sodio (Na), Cloro (Cl), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

Los microminerales. Se expresan en partes por millón, donde 1ppm = 1mg/kg en la dieta. Estos son: Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Selenio (Se) y Zinc (Zn).

Los elementos traza. Se consideran catalizadores a nivel celular, su requerimiento no se conoce con exactitud pero se expresa en µg/Kg de la dieta. Ejemplo de estos últimos: Cromo (Cr), Flúor (F), Molibdeno (Mo), Niquel (Ni) y Vanadio (V).^{14,22}

De forma general, los elementos minerales se clasifican en tres grupos de acuerdo a su función:

- 1) Estructurales. Siendo los componentes principales de los huesos y proporcionando estabilidad mecánica del cuerpo, dentro de este grupo se incluye al Calcio, Fósforo y Magnesio.
- 2) Electrolíticos. Participan en el mantenimiento del equilibrio ácido base y la presión osmótica, regulan la permeabilidad de membrana y la excitabilidad muscular, en este grupo se hace mención al Sodio, Potasio y Cloro

3) Elementos traza. Forman parte integral de enzimas y de su activación, así mismo integran diversos compuestos biológicos importantes (el hierro en la hemoglobina y el cobalto en la vitamina B₁₂, por ejemplo).^{21,22}

Existen otros elementos minerales presentes en los tejidos cuyas funciones no están bien reconocidas, y existen otros que pueden ser tóxicos para los animales en concentraciones relativamente bajas. Incluso algunos de los elementos minerales que se requieren en la dieta, pueden llegar a ser tóxicos si se proporcionan en exceso.

1.8. Macrominerales

1.8.1. Calcio (Ca)

Alrededor del 99% del calcio presente en el organismo, se encuentra constituyendo huesos y dientes. Los huesos tienen una composición general de 45% agua, 10% grasa, 20% proteína y 25% minerales. En base seca y sin grasa se expresa como: 45% proteína y 55% minerales. De este último porcentaje, el 90% se encuentra en forma de hidroxapatita, el resto lo hace como carbonato de calcio, citrato de calcio, fosfato de magnesio y fosfato de sodio. Existe una relación importante entre el calcio y el fósforo en el tejido óseo, por lo que es recomendable conservar una proporción 2:1 entre estos dos elementos minerales.

El resto del calcio se encuentra distribuido extracelularmente en el plasma sanguíneo en una concentración aproximada de 10mg/dl en tres estados principales: como un ión libre (60%),

formando parte de proteínas (35%) o unido con ácidos orgánicos como el citrato o con ácidos inorgánicos como el fosfato (57%).^{21, 22,23}

Funciones

- Estructura esquelética. Para tener una apreciación clara de la función del calcio como elemento mayoritario en el esqueleto, es necesario conocer el metabolismo normal del hueso. El tejido óseo se mantiene en constante recambio y remodelación, especialmente durante el crecimiento y la madurez. El control fisiológico del hueso está determinado tanto por factores endócrinos como nutricionales. La sangre funciona como el transportador de calcio desde el tracto gastrointestinal hasta los tejidos que requieran utilizarlo.

La deposición en el hueso es resultado de la actividad de los osteoblastos en las placas de crecimiento. La resorción por su parte, se puede dividir en dos procesos: uno de ellos es la resorción de hueso superficial, llevada a cabo por los osteoclastos y la segunda es la resorción profunda de hueso formado, conocida como resorción osteocítica. Este último proceso es el que se lleva a cabo mayoritariamente. La continua deposición y resorción ósea o remodelación, es la base para el crecimiento de los huesos y para lograr sus cambios en forma y densidad.

- Metabolismo celular. El calcio controla la excitabilidad de nervios y músculos. Cuando existe un nivel reducido de Ca^{++} las fibras nerviosas pre y pos ganglionares incrementan su excitabilidad, mientras que concentraciones elevadas de Ca^{++} ocasionan una hipoexcitabilidad.

De forma general se ha descrito que el calcio tiene un rol importante sobre el músculo esquelético y cardiaco, promoviendo la relajación muscular y la activación del miofilamento.

Se considera un ión clave en la síntesis de calmodulina, proteína que regula diversas funciones del sistema nervioso central.^{21,22,23}

Absorción

El calcio de la dieta es absorbido en la mayoría de los animales a nivel del duodeno y del yeyuno, y ocurre por difusión pasiva y transporte activo, regulado por la presencia de una proteína ligada al calcio. En la mayoría de las especies este mecanismo es dependiente de la Vitamina D. En casos donde existe deficiencia de esta vitamina, la absorción de calcio se reduce debido a la incorrecta formación de la proteína vinculada, por lo que se pueden presentar problemas esqueléticos aun cuando se proporcione en la dieta concentraciones adecuadas de este elemento mineral.

Algunos ácidos como el fítico y el oxálico, disminuyen la absorción de calcio para formar compuestos insolubles como oxalato de Ca y fitato de Ca.^{21,22,23}

Excreción

Las tres principales vías son: heces, orina y sudor. Las heces contienen tanto fracciones no absorbidas, como fracciones endógenas, parte de estas últimas probablemente se reabsorben parcialmente, por lo que se considera que representan del 20 al 30% del total de Ca presente en las heces.

La eliminación vía orina es considerablemente menor que en las heces. El calcio ionizado es filtrado en el riñón y bajo condiciones fisiológicas normales se reabsorbe el 99% de este. Los diuréticos no afectan la eliminación de calcio, y sólo compuestos quelantes en altas cantidades como el citrato de sodio, desencadenan una mayor excreción.

El sudor tiene menor importancia, ya que la mayoría de las especies, salvo el humano y los caballos, no presentan dicha vía de eliminación.^{21,22,23}

Deficiencia

La manifestación más clara de una deficiencia, tanto de calcio como de Vitamina D, principalmente en animales jóvenes en crecimiento es el raquitismo. En adultos, el mismo padecimiento se denomina osteomalacia. En estos casos, el hueso se vuelve suave, deformable y propenso a fracturas.

Una deficiencia (o niveles normales) de calcio en presencia de un exceso de fósforo, conllevan a la resorción de calcio a nivel profundo con el fin de mantener la relación plasmática adecuada, sustituyendo el tejido óseo por tejido conectivo fibroso, alteración conocida como osteodistrofia fibrosa. Todo esto se desencadena a partir de la enfermedad llamada hiperparatiroidismo nutricional secundario, situación en la cual, la glándula tiroidea aumenta su actividad para tratar de mantener los niveles séricos de calcio.

En casos severos de deficiencia, se desarrolla una hipocalcemia que se manifiesta con tetania y convulsiones. Estos signos pueden ser transitorios o terminar en una muerte súbita, generalmente como consecuencia de una falla en la contracción del músculo cardíaco.^{21,22,23}

Toxicidad

No han sido reportados casos de intoxicación aguda, pero la ingesta crónica de cantidades elevadas de calcio desencadena anomalías en el hueso que se pueden considerar como manifestaciones de toxicidad.

También se ha observado que niveles altos de calcio alteran la absorción de otros minerales, el ejemplo más común de esto, es la consecuente deficiencia de zinc en cerdos, que origina

una hiperqueratosis, es por ello que se recomienda que al elevar la cantidad ofrecida de calcio en el alimento, se aumente a la par la ingesta de zinc. Otros minerales que también han reportado una reducción ante el exceso de calcio son: magnesio, hierro, yodo, manganeso y cobre.^{21,22,23}

1.8.2. Fósforo (P)

El 85% del P corporal se encuentra ligado al calcio en forma de cristales de hidroxapatita en el hueso; en tejidos blandos se presenta comúnmente en formas orgánicas, mientras que en el suero sanguíneo alrededor del 10% está unido a proteínas séricas y del 50 al 60% libre como ion. La concentración sérica de fósforo en condiciones normales en la mayoría de las especies es de 6 a 9 mg/dL.^{21,22,23}

Funciones

Al igual que el calcio, la función principal del fósforo se relaciona con el esqueleto. Provee de un soporte estructural al cuerpo. Es componente de fosfolípidos de la membrana celular, por lo que se considera que está presente en todas las células. Participa en el metabolismo energético formando parte de AMP, ADP, ATP y creatinin fosfato.

Como fosfato está presente en el RNA y DNA, vitales constituyentes requeridos para la síntesis de proteínas. Además forma parte de importantes enzimas como carboxilasa, flavo proteínas y NAD.^{21,22,23}

Absorción

La absorción por el tracto gastrointestinal es rápida, parte del fósforo es agregado a la membrana de las células de la mucosa intestinal. Utiliza el transporte activo y la difusión pasiva y aparentemente la Vitamina D influye en este proceso.

Una fuente importante de este elemento mineral son los fitatos, los cuales son altamente aprovechables por los rumiantes, ya que la flora bacteriana ruminal es capaz de producir fitasas. Sin embargo; para los no rumiantes, esta fuente no es biodisponible por la carencia de esta enzima. Es por ello que para estas especies se utilizan fuentes inorgánicas, entre las que se encuentran principalmente los fosfatos di y mono cálcico, cuya desventaja es el alto impacto ambiental ocasionado por los deshechos producidos, es por ello que en la actualidad se ha introducido en la dieta de aves y cerdos fitasas que les permitan aprovechar a los fitatos.

Los estudios acerca del uso de fitatos y fitasas en los no rumiantes continúan debido a que influye en algunos otros minerales, por ejemplo, se ha observado que ante altas cantidades de fitatos la absorción de calcio disminuye.^{21,22,23}

Excreción

Existe una pérdida fecal endógena que no es tan significativa como en el caso del calcio. El fósforo se pierde en cantidad importante en la saliva durante la rumia. Y en general la mayor cantidad de fósforo excretado es a partir de la vía renal.

Cuando la absorción intestinal de este elemento mineral es baja, el riñón comienza a reabsorber hasta el 99% de fósforo a nivel tubular, bajo el control de la PTH y vitamina D.²³

Deficiencia

El signo más común se presenta en animales en crecimiento como raquitismo. Ante una baja concentración de fósforo, se aumenta la excreción renal de calcio para reducir la calcificación de los huesos. Si la deficiencia continua el animal tendrá un crecimiento retardado, y buscará la forma de compensar sus déficits nutricionales presentando un apetito depravado. Este se observa cuando el animal comienza a comer y masticar objetos inapropiados.^{21,23}

Toxicidad

El resultado de un exceso de fósforo en la dieta es un hiperparatiroidismo nutricional secundario, que se manifiesta con un aumento en la resorción ósea y desencadena una osteodistrofia fibrosa que predispone a fracturas de huesos largos.

Cantidades altas de fósforo en la dieta tienen un efecto laxante, por lo que se pueden presentar diarreas que promuevan una pérdida fecal importante no sólo del mismo fósforo, sino también de otros nutrientes.^{21,22,23}

1.8.3. Magnesio (Mg)

Se distribuye ampliamente en el organismo aunque en cantidades menores en comparación con el calcio y el fósforo. Alrededor del 75 % de magnesio se deposita en los huesos. La fracción restante se distribuye intracelularmente en el hígado y en el músculo esquelético. Dentro de la sangre el 75% se localiza en los glóbulos rojos y el 25% restante en el suero.^{21,22,23}

Funciones

Es requerido para el desarrollo normal del esqueleto como constituyente del hueso. También participa en la fosforilación oxidativa de las mitocondrias en el músculo cardiaco y es probable que sea igual para las mitocondrias de otros tejidos.

Actúa activando fosfatasa y otras enzimas que participan en reacciones que involucran al ATP. La importancia de este último radica en su amplia participación en la contracción muscular, síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, grasas y coenzimas, utilización de la glucosa, transferencia de grupos metilo y fosforilación oxidativa entre otros. Esto conlleva a la importancia del magnesio, participando en la activación de todas estas funciones.^{21,22,23}

Metabolismo

Es complejo y variado. Se absorbe principalmente en el íleon, sin que exista evidencia de que utilice a un acarreador. No existen descripciones específicas de como se controla los niveles en sangre y tejidos, pero se ha observado que el hiperparatiroidismo está relacionado con el aumento en la excreción urinaria y disminución de la concentración en plasma.

De forma general se excreta en orina y heces, alrededor de 55 al 60 % de la ingesta se absorbe y de la cantidad que se elimina vía renal se reabsorbe el 95%. La excreción endógena fecal se lleva a cabo cerca del intestino delgado, por lo que al igual que el calcio, es probable que cierta parte se reabsorba a este nivel.^{21,22,23}

Deficiencia

Se ha observado que ratas en crecimiento con deficiencia de magnesio presentan anorexia, pérdida de peso, reducción del magnesio sérico y tetania, después de 3 a 5 días se manifestó hiperemia en orejas y extremidades. Las manifestaciones generales ante esta condición

incluyen: vasodilatación, hiperexcitabilidad, convulsiones, fibrosis renal y calcificación de tejidos blandos.

Se propone que altas concentraciones de amonio interfieren en la absorción de magnesio ya que en un pH alcalino se une a este para formar compuestos insolubles conocidos como cristales de estruvita.^{21,22,23}

Toxicidad

Las manifestaciones incluyen: disminución del consumo de alimento, diarrea, pérdida de los reflejos y depresión cardio respiratoria. El magnesio reduce la respuesta de la acetilcolina en las funciones neuromusculares. Induce la caída de la presión sanguínea y en concentraciones séricas mayores a 5 meq/L es capaz de alterar un electrocardiograma, incluso de causar un paro cardiaco en diástole.^{21,22,23}

1.8.4. Potasio (K)

Generalmente se menciona junto con el sodio y el cloro, ya que son los tres elementos minerales considerados electrolitos, y cuya función esencial es la de mantener la presión osmótica en el fluido intra y extracelular, así como la de conservar el balance ácido-base.

El potasio es el catión más abundante a nivel intracelular distribuyéndose en este en un 90% y teniendo la facilidad de intercambiarse con el fluido extracelular.^{22,23}

Funciones

Se encarga de mantener el equilibrio ácido – base en el organismo. Este balance se regula principalmente por la cantidad de iones hidrógeno (H⁺) presentes en el fluido extracelular, en

animales sanos el pH del fluido debe mantenerse en rangos de 7.3 a 7.5, y su homeostasis depende de 3 mecanismos: sistemas buffer, respiración y excreción renal.

El sistema buffer incluye un conjunto de ácido carbónico-bicarbonatos, fosfatos y la relación hemoglobina-oxihemoglobina.

La respiración es un mecanismo que se basa en la cantidad y profundidad de cada respiro, ya que mientras más constantes y profundos, se eliminará mayor cantidad de CO₂ y el pH sanguíneo incrementará.

Los riñones se encargan de excretar sodio y potasio para mantener el nivel de pH en sangre. Estos mecanismos no siempre pueden funcionar y comprometen la vida del animal, para poder contribuir al adecuado funcionamiento de los sistemas es importante proporcionar en la dieta cantidades adecuadas de electrolitos.

Otras funciones importantes incluyen: activación de enzimas intracelulares, regulación de la actividad muscular, abatimiento del ritmo cardiaco, utilización de aminoácidos y regulación de la síntesis proteica.^{21,22,23}

Metabolismo

Se absorbe a nivel intestinal por transporte activo, en el estómago pueden atravesar la mucosa por difusión pasiva. Una parte se pierde mediante fluidos como saliva, jugo gástrico, bilis y jugo pancreático.

La regulación de este elemento mineral es en un 90 % por vía renal, cuando se detecta un exceso de potasio extracelular se estimula la secreción de aldosterona. Cuando los niveles de potasio se reducen, el sodio ocupa su lugar a nivel intracelular para compensarlo y mantener el equilibrio ácido –base.

Una deficiencia tanto de sodio como de potasio, pueden complicarse cuando se consume en exceso algún otro mineral. Presenta una relación importante con el cloro, ya que al unirse forman una sal llamada cloruro de potasio (KCL), esta formación resulta más eficiente para reabsorberse a nivel tubular que si se uniera con otros elementos para producir otras sales.^{21,22,23}

Deficiencia

En la mayoría de las especies se manifiesta con un electrocardiograma anormal. No es frecuente pero pueden observarse cambios a nivel cardiaco y renal. Signos como retardo en el crecimiento, marcha inestable, debilidad muscular, pica y emaciación suelen preceder a la muerte.

Se ha observado que existe una relación con el magnesio, y que si este se encuentra disminuido, la retención de potasio disminuye, desencadenando una deficiencia.

Un problema frecuente en el cual existe una pérdida considerable de electrolitos es la diarrea, afecta particularmente en la pérdida de potasio y conlleva a un desbalance ácido-base y alteración en la presión osmótica.^{21,22,23}

Toxicidad

De forma general, el riñón tiene la capacidad de eliminar sin problemas el exceso de electrolitos, sin embargo; existen factores como un bajo consumo de agua, consumo de agua que contiene alta cantidad de sales o una insuficiencia renal, que evitan que este proceso se lleve a cabo de forma adecuada. De forma crónica el potasio ocasiona hipertrofia de la corteza adrenal y aumento en la secreción de aldosterona.^{21,22,23}

1.9. Microminerales

1.9.1. Zinc (Zn)

Se demostró su importancia como un elemento esencial en 1934 cuando se indujo una deficiencia en ratas. Años después a nivel de granja, se observaron casos de hiperqueratosis en cerdos como resultado de una deficiencia.

Se distribuye en la mayoría de los tejidos, pero se reporta una mayor concentración en hígado, hueso, riñón, músculo, páncreas, ojo, próstata, piel, pelo y lana. Su concentración en la sangre se divide entre las células y el plasma en una relación de 9:1. En el plasma se encuentra unido a la albúmina (1/3) y más firmemente a globulinas (2/3). En los eritrocitos se presenta como componente de la anhidrasa carbónica.^{22,23}

Funciones

El zinc es constituyente de numerosas metaloenzimas como anhidrasa carbónica, carboxipeptidasa A y B, deshidrogenasas, fosfatasa alcalina, ribonucleasa, y ADN polimerasa. Activa otras tantas enzimas y participa en la configuración del ADN y RNA.²¹

Metabolismo

Su absorción ocurre principalmente en el intestino delgado, llegando a representar del 5 al 40% de la ingesta. La regulación de la cantidad que se absorbe, está determinada por las células intestinales, dependiendo de si existe una deficiencia o un exceso.

La absorción de zinc se ve afectada adversamente por una alta concentración de calcio en la dieta, y se agrava ante la presencia de fitatos, ya que al estar estos presentes, se forman

compuestos insolubles que reducen la disponibilidad del zinc para los animales. Algunos estudios mencionan que el uso del ácido picólico puede mejorar la absorción de zinc. Se excreta mayormente por vía fecal, ante un consumo adecuado, estas heces deben incluir la porción del elemento mineral que no se absorbió y la secretada endógenamente. Esta última fracción se elimina principalmente a través del jugo pancreático.^{21,22,23}

Deficiencia

Los signos más característicos incluyen retardo en el crecimiento y anorexia, así como un engrosamiento de las células epiteliales o hiperqueratosis, inflamación articular, pérdida de peso y dermatitis.

El retardo en el desarrollo óseo se explica por la reducción de la división y proliferación de las células del cartílago en la placa de crecimiento epifisiaria. Se ha demostrado que el EDTA es un agente quelante de zinc, aumentando su excreción.

Ocasiona efectos drásticos en el sistema reproductor de machos, observando hipogonadismo.

La cicatrización de heridas se ve afectada severamente. No se sabe exactamente cómo funciona el zinc en la reparación del tejido, pero se relaciona con su participación en la síntesis de proteínas. Un efecto que queda claro, es que cuando se presenta una deficiencia y se administra zinc como tratamiento, los signos clínicos desaparecen drásticamente.^{21,22,23}

Toxicidad

Existe un amplio margen de seguridad entre el requerimiento ingerido y la cantidad capaz de producir efectos tóxicos. El requerimiento promedio para la mayoría de las especies es menor a 50 mg/Kg de la dieta, niveles de 1 a 2.5 g/Kg fueron administrados a ratas sin que estas

presentaran ningún efecto adverso, pero niveles de 4 y 8 g/Kg pueden producir retardo en el crecimiento, rigidez, hemorragias a nivel de articulaciones y excesiva resorción ósea.

Estos niveles son menos tolerados por los rumiantes, debido a su constante cambio de metabolismo en el rumen, y presentan toxicidad cuando consumen niveles de entre 0.9 y 1.7 g/Kg, manifestándose con los siguientes signos: extensión de miembros, convulsiones, opistótonos y muerte.

La administración de zinc en niveles óptimos contribuye a evitar intoxicación con cobre, sin embargo; cuando existe un exceso, desencadena una deficiencia de cobre y hierro.^{21,22,23}

1.9.2. Cobre (Cu)

Fue considerado un elemento esencial en 1928. Se concentra principalmente en hígado, cerebro, riñones, corazón, partes pigmentadas del ojo y pelo. Medianamente en páncreas, músculo, bazo, piel y huesos. Y menormente en tiroides, próstata, pituitaria y timo. Los animales jóvenes, tienen una mayor concentración corporal que los adultos. En la sangre, el 90% del cobre, se encuentra unido a la alfa 2 globulina y a la ceruloplasmina, mientras que el 10% restante se encuentra formando parte de los eritrocitos.^{22,23}

Funciones

Es requerido para la activación de enzimas relacionadas con el metabolismo del hierro, formación de colágeno y elastina, producción de melanina e integridad del sistema nervioso central. Numerosas enzimas como la lisiloxidasa, citocromo oxidasa, ferroxidasa y tirosinasa con consideradas cobre- dependientes.^{21,22,23}

Metabolismo

El sitio de absorción en el tracto gastrointestinal varía con cada especie, en el caso del perro se lleva a cabo principalmente en el yeyuno, mientras que en el humano es mayor en el duodeno.

Factores como el pH puede alterar la absorción de cobre, por ejemplo, la presencia de sales de calcio disminuye la absorción de cobre al aumentar el pH. Otras causas incluyen la formación de sulfuro de hierro o la presencia de mercurio, molibdeno, cadmio y zinc.

Algunas formas de cobre son absorbidas de manera más eficiente que otras, por ejemplo, el sulfato de cobre se absorbe mejor que el sulfuro de cobre; y el nitrato, cloruro y carbonato se absorben más fácilmente que el óxido de cobre. Las formas metálicas son pobremente absorbidas.

La bilis es la principal vía de excreción de este elemento mineral. Menores cantidades se eliminan en las heces derivadas de las células intestinales y secreciones pancreáticas. En la orina y el sudor, las cantidades pérdidas son insignificantes, y cuando sucede vía renal, generalmente lo hace por estar unido a la albúmina.^{21,22,23}

Deficiencia

Niveles menores a 0.2 microgramos /ml en sangre desencadenan una interferencia en la hematopoyesis y anemia.

El cobre participa en la activación de la citocromo oxidasa necesaria para la formación de fosfolípidos de membrana presentes en el cerebro, por lo que una deficiencia, ocasiona a este nivel signos como ataxia e incoordinación.

La ruptura aórtica y el enfisema pulmonar son manifestaciones relacionadas a la elastina. Las anormalidades del hueso se manifiestan en muchas especies, básicamente por la falla en la síntesis de la matriz ósea.

En el caso del pelo, existe una falla en el crecimiento desencadenando un cuadro de alopecia, la despigmentación se observa frecuentemente, ya que el cobre participa en la transformación de tirosina a melanina.^{21,22,23}

Toxicidad

Los borregos y terneros son más susceptibles a sufrir toxicidad por cobre, siendo los principales signos la hemoglobinuria, ictericia y necrosis muscular. Estos efectos se presentan cuando los niveles en el consumo exceden las 115 ppm. En el caso de los cerdos, se reportan casos de intoxicación a niveles de 250 ppm, los signos varían desde retardo en el crecimiento hasta anemia leve. Cuando los niveles superan las 450 ppm la anemia se vuelve marcada y se acompaña de ictericia y daño hepático.^{21,22,23}

1.9.3. Hierro (Fe)

Este elemento mineral fue reconocido como un nutriente requerido en los animales hace más de 100 años. Del 60 al 80% del hierro en el cuerpo se encuentra en la hemoglobina, glóbulos rojos y mioglobina; 20 % se almacena en formas lábiles en el hígado y bazo.

Las catalasas y peroxidasas contienen al hierro en forma férrica (Fe⁺⁺⁺). Otras enzimas contienen Fe son la xantina oxidasa, succinil deshidrogenasa y NADH citocromo reductasa.

En el plasma sanguíneo se une en estado férrico a una proteína específica llamada transferrina. Es almacenado en el hígado, bazo y médula ósea como un complejo Fe- proteína, ferritina y como un componente de la hemosiderina. Los requerimientos para la mayoría de las especies no rumiantes van de 70 a 80 mg/Kg de Materia Seca (MS).^{21,22,23}

Metabolismo

Las proteínas reguladoras del hierro se consideran la base del metabolismo de este elemento mineral ya que regulan la síntesis de proteínas requeridas para la captación, almacenamiento y uso del hierro.

Se absorbe únicamente en el duodeno en estado férrico (Fe⁺⁺⁺) usualmente del 5 al 10 %. Esto se debe a que el organismo tiene la capacidad de reutilizar el hierro y reciclarlo para la formación de nueva hemoglobina. La absorción resulta más eficiente bajo condiciones ácidas, y se incrementa por la presencia de ciertos aminoácidos (valina e histidina), ácido ascórbico, ácidos orgánicos (láctico, pirúvico, cítrico), y ciertos azúcares (fructuosa y sorbitol).

De forma contraria, fosfatos inorgánicos reducen su absorción, ya que forman sales insolubles. Altas cantidades de otros elementos (Zn, Mn, Cu y Cd) también disminuyen la absorción, presumiblemente por que compiten por los sitios de unión con las proteínas transportadoras presentes en la mucosa intestinal.

La excreción de hierro consumido en exceso se lleva a cabo vía fecal. Una mínima cantidad también se elimina en la bilis y en el sudor. En el caso particular de las mujeres y algunas hembras de primates, pierden una cantidad considerable de hierro a través de la menstruación, lo que conlleva a una alta incidencia de anemia en las mujeres adultas.^{21,22,23}

Deficiencia

El signo más común es la anemia microcítica hipocrómica, que se caracteriza por eritrocitos de menor tamaño y menor cantidad de hemoglobina. Este problema es frecuente en animales recién nacidos debido a la ineficiencia que puede existir en la transferencia placentaria, siendo los cerdos la especie más susceptible. Los animales anémicos lucen pálidos, les cuesta trabajo respirar, tienen bajo apetito y bajo peso e incrementa la susceptibilidad ante enfermedades infecciosas oportunistas a causa del estrés.^{21,22,23}

Toxicidad

Puede ocasionarse cuando se aplican inyecciones durante largos periodos de tiempo o cuando se excede la dosis oral. Una administración crónica desencadena un cuadro de diarrea y reducción de crecimiento.

Una intoxicación aguda induce a una congestión vascular de tejidos y órganos, acidosis metabólica y la muerte.

El exceso de hierro se encuentra en los tejidos en forma de hemosiderina.^{21,23}

2. JUSTIFICACIÓN

La demanda del erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) como animal de compañía no convencional ha crecido en los últimos años, no existiendo suficiente información bibliográfica sobre sus cuidados y alimentación. A esto se agrega la baja disponibilidad de alimento vivo o de fuentes confiables para su obtención, es por esto que se ha recurrido a proporcionales alimentos que no son específicos para ellos, mismos que pueden llenar las necesidades de la mayoría de los nutrientes, pero se desconoce si es así para el caso de los elementos minerales. Es por ello que este estudio busca ampliar los conocimientos científicos sobre los requerimientos nutricionales de *Atelerix albiventris* analizando comparativamente la digestibilidad de algunos elementos minerales con las dietas comerciales más populares, brindando así al médico veterinario zootecnista elementos que le permitan elegir y recomendar la dieta más adecuada para estos animales de compañía.

3. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA:

La digestibilidad aparente de elementos minerales en *Atelerix albiventris* (erizo pigmeo africano) no mostrará diferencia estadísticamente significativa al proporcionar alimento formulado para insectívoros o al proporcionar alimento comercial para gato en crecimiento.

HIPÓTESIS DE TRABAJO:

La digestibilidad aparente de elementos minerales en *Atelerix albiventris* (erizo pigmeo africano) será mayor al ofrecer alimento formulado para insectívoros en comparación de la obtenida al proporcionar alimento comercial para gato en crecimiento.

4. OBJETIVO GENERAL

1. Estimar la digestibilidad de los elementos minerales (Calcio (Ca^+), Fósforo (P^+) Zinc (Zn^+), Cobre (Cu^+), Hierro (Fe^+), Magnesio (Mg^+) y Potasio (K^+)) en erizo pigmeo africano alimentados con dos dietas diferentes.

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener la concentración de elementos minerales (Calcio (Ca^+), Fósforo (P^+) Zinc (Zn^+), Cobre (Cu^+), Hierro (Fe^+), Magnesio (Mg^+) y Potasio (K^+)) presentes en las dietas a proporcionar.
2. Comparar la concentración promedio por día por erizo de elementos minerales (Calcio (Ca^+), Fósforo (P^+) Zinc (Zn^+), Cobre (Cu^+), Hierro (Fe^+), Magnesio (Mg^+) y Potasio (K^+)) consumida por erizos sometidos a dos dietas diferentes.
3. Comparar la concentración promedio por día por erizo de elementos minerales (Calcio (Ca^+), Fósforo (P^+) Zinc (Zn^+), Cobre (Cu^+), Hierro (Fe^+), Magnesio (Mg^+) y Potasio (K^+)) presentes en las heces de erizos sometidos a dos dietas diferentes.
4. Comparar la digestibilidad aparente promedio por día por erizo de los elementos minerales mencionados entre dos dietas diferentes proporcionadas.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Animales y Alojamiento

El grupo experimental constó de 6 erizos de 2 años de edad, 3 hembras y 3 machos, todos ellos animales de compañía no convencional, pertenecientes a la misma tutora quien autorizó de forma escrita la participación de los 6 ejemplares en este proyecto.

Se alojaron en un domicilio particular ubicado en norte 72 # 5420 Gustavo A. Madero, México, Distrito Federal. Los ejemplares se mantuvieron en jaulas individuales con una dimensión de 60 x 32 x 30 cm de acuerdo a las medidas recomendadas, cada una de ellas permaneció perfectamente cerrada como medida de seguridad y dentro de las mismas se adaptó una caja de aproximadamente 15 x 30 x 20 cm que funcionaba como madriguera para brindarles seguridad y refugio, ésta caja era colocada en un extremo de la jaula, mientras que del lado opuesto, se encontraban el plato de comida y el bebedero; en el espacio restante, se colocó una capa de un sustrato absorbente que permitió un mejor control de olor y de residuos.

5.2. Manejo

El espacio con el que contaban se dividió en 6 secciones separadas por malla y papel (Fig.7), en las que podían salir a caminar sin tener contacto directo entre ellos. Se colocaron cajas y túneles de diferente forma y tamaño, que sirvieron como parte de su enriquecimiento ambiental. También contaron con tinas en las cuales podían nadar.

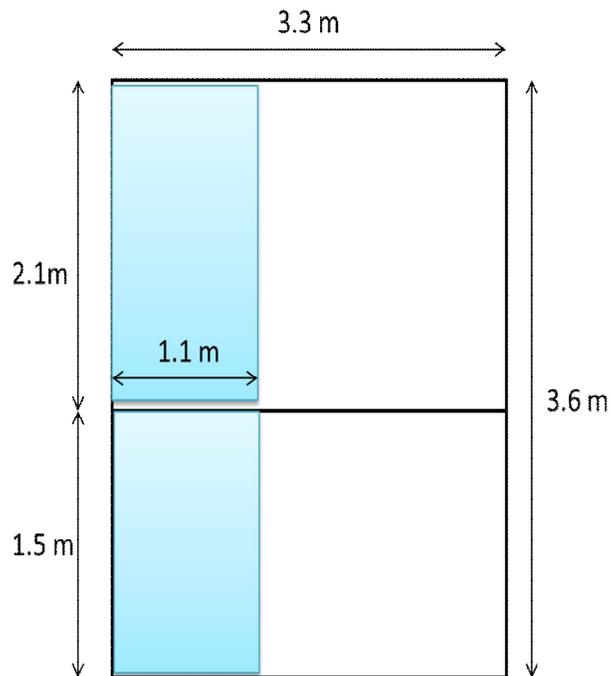


Figura 7. Distribución del espacio destinado a caminar.

Diariamente salían a caminar por las mañanas alrededor de una hora y media, tiempo durante el cual se lavaba su jaula, se recolectaban las heces, se recuperaba alimento tirado, se cambiaba el sustrato y se les proporcionaba agua limpia y fresca.

Hecho esto eran devueltos a su respectiva jaula y se mantenían ahí hasta la tarde - noche, hora a la que volvían a salir alrededor de hora y media a dos horas. Este tiempo era destinado para pesar el alimento no consumido y volver a proporcionar 30 gramos a cada individuo, también se recolectaban las heces producidas durante la tarde y de ser necesario se cambiaba el agua nuevamente

5.3. Alimento y alimentación

Los erizos fueron divididos en dos grupos o lotes de tres individuos cada uno para realizar un estudio de tipo cruzado AB/BA. La selección de los individuos para cada grupo se realizó de forma aleatoria y la etapa experimental fue de 6 semanas, siendo la primera la correspondiente a la adaptación al lugar y al alimento que se les proporcionó.

Para unificar el alimento que se proporcionó, se compraron 3 bultos de 1.5 Kg del alimento para gato en crecimiento y 3 envases de 1 kg de alimento para erizos, posteriormente cada tipo de alimento se mezcló para formar un solo lote. Durante la semana 2 y 3 al lote A se le proporcionaron 30 gramos de alimento comercial para erizos mientras que al lote B se le ofrecieron 30 gramos de alimento comercial para gato doméstico en crecimiento (gatito). Diariamente durante las tardes se pesaba el alimento sobrante para conocer por diferencia el consumo de cada individuo, y se pesaban de nuevo 30 gramos del respectivo alimento a proporcionar.

En la semana 4 se realizó el cambio de alimento de la siguiente forma: el día 1 y 2 se proporcionó 75% (21 gramos) del alimento consumido en ese momento y 25% (9 gramos) del alimento que se deseaba ofrecer, el día 3 y 4 se proporcionó una relación de alimento de 50%:50% equivalente a 15 gramos de cada alimento. El día 4 y 5 la proporción de alimento fue de 25% (9 gramos) del alimento inicial por 75% (21 gramos) del alimento que se deseaba introducir. Finalmente el día 6 y 7 se ofreció el 100% (30 gramos) del alimento que formaba parte de la nueva dieta respectivamente para cada erizo.

De esta forma, la semana 5 el lote A se mantuvo consumiendo alimento comercial para gato doméstico en desarrollo (gatito) y el lote B alimento comercial de insectívoros específicamente para erizos.

El procedimiento de pesaje de alimento para la semana 5 y 6 fue el mismo que se utilizó previamente.

5.4. Recolección de muestras

Las muestras recolectadas correspondieron al alimento proporcionado y a las heces producidas. Para el caso del alimento, se obtuvo una única muestra de 15 gramos de cada uno de ellos durante todo el estudio, recolectándose en una bolsa de plástico. Para el caso de las heces, la recolección se realizó dos veces al día, en la mañana que era la hora en la que cada jaula era lavada, y por la tarde-noche. La muestra fecal de cada erizo era recolectada en una bolsa de plástico durante siete días. También eran recolectadas las heces que se encontraban tiradas en el suelo o dentro de las cajas y/o túneles durante el tiempo que salían a caminar.

5.5. Secado y Molido

Cada muestra (heces y alimento) se pesó como materia húmeda y se colocó en recipientes de aluminio previamente tarados, se mantuvieron dentro de la estufa a 50°C para su secado durante 12 horas aproximadamente. Una vez hecho esto, las muestras fueron pesadas para obtener así su peso en materia seca y se procedió a molerla con ayuda de un molino de café, se vaciaron a una bolsa de papel previamente identificada y se almacenaron en un lugar seco y fresco para su posterior manejo.

5.6. Digestión

Para la digestión de las muestras se pesaron 0.250 gramos de heces y alimento seco y molido, se colocaron en un vaso de precipitados y se les añadieron 4 mililitros de ácido nítrico, cada vaso era tapado con un matraz de bola que contenía agua con la finalidad de evitar la libre emisión de gases.

Hecho esto se mantuvieron en una platina a 190°C a 200°C, retirándolas del calor cada 15 minutos y dejándolas enfriar un poco para volverlas a calentar hasta su digestión total.

Una vez digeridas se procedió a aforarlas, para esto se prepararon matraces de aforo de 25 mililitros con embudos que tenían filtros previamente cortados a la medida. Cada muestra fue adicionada con agua desionizada y filtrada, una vez depositado todo el contenido del vaso de precipitados, se agregó agua des ionizada hasta la marca de aforo, se mezcló para homogeneizar y se transfirió a un bote plástico identificado.

Terminado esto, las muestras se almacenan a temperatura ambiente en un lugar seco, fresco y oscuro, quedando así listas para su posterior lectura.

5.7. Lectura de Minerales

Tuvo lugar en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Los elementos a determinar fueron: calcio, fósforo, magnesio, cobre, potasio, zinc y hierro.

Los elementos calcio, magnesio, cobre hierro y zinc se determinaron por espectrometría de absorción atómica con flama, basándose en las condiciones y especificaciones del fabricante para cada elemento. El potasio se leyó por espectrometría de emisión atómica basándose en las condiciones y especificaciones del fabricante para este elemento.

Finalmente el fósforo se determinó colorimétricamente, utilizando el reactivo de molibdovanadato. Se fabricó la curva con la concentración de los siguientes estándares: 25, 50, 100 y 200 microgramos. Para el caso de las muestras, se utilizó 1 mililitro de esta con 2 mililitros de reactivo y cuanto baste para 10 mililitros (7 ml) de agua desmineralizada. El equipo utilizado fue el de espectrofotometría de luz visible. Para la determinación final se emplearon cubetas de cuarzo adaptadas para el equipo bajo las condiciones y especificaciones del fabricante para este elemento.

.La concentración final de cada elemento mineral en la muestra se realizó de la siguiente manera: se obtuvo la concentración inicial a partir de la transformación de la absorbancia en concentración. Esto se logró identificando los índices de regresión (coeficiente de regresión (r^2), intersección y pendiente) con los estándares. La concentración inicial se obtuvo al sumar la intersección a la pendiente y multiplicando por el valor de la absorbancia. La concentración final se obtuvo al multiplicar la concentración inicial por el aforo y dividiendo entre el peso de la muestra. Aplicable para la medición del fósforo y los elementos determinados por emisión y absorción atómicas.

Cada muestra fue leída y registrada en la bitácora del Laboratorio.

5.8. Cálculo de la digestibilidad aparente.

Para el cálculo de la digestibilidad aparente de los elementos minerales, primero fue necesario determinar la concentración de cada uno de ellos en el alimento que se proporcionó, posteriormente se obtuvo la cantidad de materia seca del alimento consumido y las excretas producidas en promedio por día por erizo, para finalmente calcular la concentración en miligramos / gramo de ambas variables.

Una vez que se registraron los datos anteriores, se procedió a aplicar la siguiente fórmula

$$\text{Digestibilidad aparente (\%)} = \left[\frac{\text{cantidad consumida - excreción en heces}}{\text{cantidad consumida}} \right] * 100$$

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño del estudio fue un diseño cruzado AB/BA con seis repeticiones por tratamiento y con dos mediciones repetidas en el tiempo.

Mediante un análisis multivariado para observaciones repetidas se evaluó si existían diferencias estadísticamente significativas entre tiempos o interacción de los tratamientos con el tiempo y no se encontró para ninguna de las respuestas medidas diferencias en el tiempo.

Como consecuencia del análisis anterior, se realizó para todas las respuestas estudiadas, el análisis correspondiente a un diseño de un solo factor cruzado cuyo modelo es:²³

$$Y_{ijk} = \mu + D_j + P_k + E_i + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, 12$$

$$j = 1, 2$$

$$k = 1, 2$$

Donde:

Y_{ijk} : valor de la respuesta estudiada para el erizo i , de la dieta j , en el periodo k .

D_j : efecto de la dieta j .

P_k : efecto del periodo k .

E_i : efecto del erizo j , aleatorio.

ε_{ijk} : residual

7. RESULTADOS

7.1. Concentración de elementos minerales en alimento

La concentración de elementos minerales en miligramos por gramo de alimento obtenidos durante este estudio para ambos productos proporcionados se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS
MINERALES OBTENIDA EN EL ALIMENTO.
(mg/g)

	Insectívoro [¥]	Gato en crecimiento [§]
Calcio	13	10
Fósforo	18	18
Magnesio	1.2	1.11
Cobre	0.0148	0.0111
Zinc	0.11	0.1
Potasio	7.33	5.36
Hierro	1.09	1.09

¥ =Mazuri ® Insectivore diet

§ =Whiskas ® Gatito

7.2. Consumo de elementos minerales

El consumo promedio por día por erizo de cada elemento mineral para ambos alimentos, se presenta en el cuadro 2. El consumo de alimento desarrollado se presenta en el Anexo 1 y se basa en los 30 gramos ofrecidos en materia húmeda. Para una mejor perspectiva, en el anexo 2 y 3 se presenta el consumo de elementos minerales promedio por día desarrollado.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para calcio, en donde el consumo promedio fue mayor con el alimento de insectívoro (196 mg) que con el alimento para gato en crecimiento (135 mg). Así mismo se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el consumo de cobre, siendo mayor con el alimento de insectívoro (0.22 mg) que con el de gato en crecimiento (0.15 mg) y finalmente para el elemento mineral potasio, existiendo un mayor consumo con el alimento para insectívoro (110 mg) en comparación con el alimento para gato en crecimiento (72.4 mg)

Cuadro 2

CONSUMO PROMEDIO (mg) POR DIA POR ERIZO DE ELEMENTOS MINERALES.

	Insectívoro [¥]		Gato en crecimiento [§]	
	Media	E.E	Media	E.E
Calcio	196.00 ^a	14,47	135.00 ^b	14,57
Fósforo	271.39 ^a	19,04	243.15 ^a	19,04
Magnesio	18.12 ^a	1,29	14.93 ^a	1,29
Cobre	0.22 ^a	0,01	0.15 ^b	0,01
Zinc	1.65 ^a	0,11	1.35 ^a	0,11
Potasio	110.44 ^a	8,29	72.40 ^b	8,29
Hierro	16.39 ^a	1,15	14.73 ^a	1,15

Literales diferentes entre medias por renglón indican diferencia estadísticamente significativa

¥ =Mazuri ® Insectivore diet

§ =Whiskas ® Gatito

E.E = Error estándar

Consumo promedio diario de alimento por erizo 14.3 gr (MS)

7.3. Concentración de elementos minerales en heces

Para la concentración promedio por día por erizo de nutrientes en heces no se encontró diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las variables evaluadas (cuadro 3). El desarrollo de la producción de heces promedio por día se encuentra en el Anexo 4. La concentración de elementos minerales encontrada por gramo de heces se presenta en el anexo 5 y 6, mientras que la cantidad en promedio diario de elementos minerales total en heces desarrollado por cada alimento se encuentra en el Anexo 7 y 8, para referir una mejor descripción.

Cuadro 3

CONCENTRACIÓN PROMEDIO POR DIA POR ERIZO DE ELEMENTOS MINERALES (mg) EN HECES.

	Insectívoro ¥		Gato en crecimiento §	
	Media	E.E	Media	E.E
Calcio	71.48 ^a	8,41	59.93 ^a	8,41
Fósforo	112.61 ^a	14,5	96.17 ^a	14,5
Magnesio	9.07 ^a	1,45	6.43 ^a	1,45
Cobre	0.26 ^a	0,03	0.20 ^a	0,03
Zinc	1.65 ^a	0,11	1.35 ^a	0,11
Potasio	23.00 ^a	3,39	10.53 ^a	3,39
Hierro	11.58 ^a	1,43	7.23 ^a	1,43

Literales diferentes entre medias por renglón indican diferencia estadísticamente significativa

¥ = Mazuri ® Insectivore diet

§ = Whiskas ® Gatito

E.E = Error estándar

Producción promedio de heces por erizo 8.7 gramos

7.4. Digestibilidad aparente de elementos minerales

La digestibilidad aparente promedio por día por erizo para ambas dietas se presenta en el cuadro 4. El desarrollo de las digestibilidades encontradas por erizo por cada alimento ofrecido se presenta en el anexo 9 y 10, donde se pueden observar a detalle las fluctuaciones por tratamiento y por semana.

Se encontraron diferencia significativamente estadística en el caso del cobre ($p < 0.05$), siendo mayor la digestibilidad promedio obtenida para el alimento de insectívoros (87.57%) en comparación con el alimento para gato en crecimiento (77.86%) y para el elemento mineral hierro, obteniendo una digestibilidad menor con el alimento para insectívoro (33.08 %) y mayor para el alimento de gato en crecimiento (52.29%).

Cuadro 4

**DIGESTIBILIDAD APARENTE (%) PROMEDIO
POR DIA POR ERIZO DE ELEMENTOS
MINERALES**

	Insectívoro [¥]		Gato en crecimiento [§]	
	Media	E.E	Media	E.E
Calcio	64.54 ^a	4,63	56.85 ^a	4,63
Fósforo	60.72 ^a	3,17	61.53 ^a	3,17
Magnesio	53.51 ^a	4,87	57.70 ^a	4,87
Cobre	87.57 ^a	2,06	77.86 ^b	2,06
Zinc	31.19 ^a	8,7	24.97 ^a	8,7
Potasio	80.65 ^a	1,62	85.99 ^a	1,62
Hierro	33.08 ^a	4,79	52.29 ^b	4,79

Literales diferentes entre medias por renglón indican diferencia estadísticamente significativa

¥ = Mazuri ® Insectivore diet

§ = Whiskas ® Gatito

E.E = Error estándar

8. DISCUSION

Debido a que la literatura menciona que los erizos tienen un comportamiento alimenticio similar a los gatos y los hurones (carnívoros), se ha recomendado utilizar en la práctica, los parámetros de requerimientos y digestibilidad de elementos minerales establecidos en estas especies como un punto de referencia.^{4, 6,25}

8.1 Concentración de elementos minerales en el alimento

De acuerdo con lo señalado por la AAFCO (Association of American feed control officials) los requerimientos de calcio para gatos en mantenimiento son de 0.6% y en crecimiento de 1 %, mientras que para hurón se recomienda de 0.6 a 0.8%. El NRC (National Reseach Council) por su parte menciona que los gatos en crecimiento requieren alrededor de 200 a 400 mg de Ca por día y los gatos adultos 6g de Ca /Kg (0.6%). En este estudio los porcentajes de inclusión encontrados para el alimento de gato en crecimiento fueron de 1% y en el alimento para insectívoros de 1.3%, cumpliendo así con lo establecido en las etiquetas de ambos productos y también con el consumo recomendado para gatos.^{26,27}

Para el caso del elemento mineral fósforo, la recomendación de la AFFCO para gatos en crecimiento es de 0.8% y en mantenimiento de 0.5%, para el caso de los hurones, el manejo es de 0.4 a 1%. Así mismo, estudios realizados por el NRC concluyen que una dieta purificada para gatos en crecimiento debe de contener alrededor de 2.6 a 5.6 g de P/

Kg (0.26-0.56%) y que el límite de seguridad es de 1.4%. Para este estudio, lo reportado para ambos alimentos fue de 1.8%, sobrepasando por 0.8% el valor máximo recomendado por AAFCO y señalado por las etiquetas y por 0.04% el valor de seguridad del NRC.^{26,27}

La inclusión del magnesio referida es de 0.08% para gatos en crecimiento y 0.04% para mantenimiento de acuerdo a AAFCO. A su vez NRC menciona que el límite máximo recomendado para la elaboración de alimentos comerciales es de 1mg/ Kg (0.1%). En este estudio, los porcentajes obtenidos para los alimentos evaluados fueron de 0.012 y 0.011% estando por debajo del límite sugerido y del indicado por la etiqueta del alimento para insectívoros, la cual refiere un 0.14%.^{26,27}

AAFCO (2010) recomienda una inclusión de cobre de 0.0015% para gatos en cualquier etapa y no superar 2.1 mg de Cu/ 1000 kcal según NRC. Lo encontrado en este estudio reflejó la presencia de 0.0011% en el alimento para gato en crecimiento y 0.0014% en el alimento para insectívoros, quedando así ambos alimentos cerca del porcentaje propuesto y ligeramente por abajo del indicado en la etiqueta del alimento para insectívoros (0.0025%).^{26,27}

AAFCO también menciona que el nivel de zinc recomendado es de 0.075%, NRC por su parte señala que estudios han demostrado que gatos en crecimiento manifestaron problemas en piel y del desarrollo consumiendo una dieta a base de vegetales que contenía 40mg/kg de zinc, sin determinar una inclusión específica para esta especie. La

etiqueta del alimento para insectívoro refiere un 0.01% de zinc, correspondiendo con el obtenido en este estudio (0.01%) y quedando por debajo del nivel indicado por AAFCO.^{26,27}

Para el caso del potasio AAFCO refiere un 0.6% para cualquier etapa de vida de un gato, NRC a su vez señala que se han demostrados signos de deficiencia cuando se han utilizado dietas con 22% proteína y una inclusión de 0.2% de zinc y con 68% de proteína y 0.3% de zinc. Durante este estudio se reportó 0.73% en el alimento para insectívoros y 0.53% en el alimento para gatos en crecimiento, considerando ambos porcentajes cercanos al valor sugerido. Así mismo se asemejó al valor reportado en la etiqueta del alimento para insectívoros (0.65%).^{26,27}

Finalmente, la cantidad de hierro propuesta para el alimento de gatos en cualquier etapa de acuerdo con AAFCO es de 0.08%, manifestándose signos de deficiencia cuando los niveles de inclusión están por debajo del porcentaje señalado en base a lo referido por NRC. La inclusión obtenida en este estudio para ambos alimentos corresponde al 0.10% superando ligeramente el valor recomendado, pero quedando por debajo del valor referido por la etiqueta del alimento para insectívoros (0.33%).^{26,27}

8.2. Consumo de elementos minerales

Los elementos minerales en los cuales hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los dos alimentos fueron calcio, cobre y potasio, encontrándose un mayor consumo en el alimento para insectívoro.

Estas diferencias pueden explicarse por la concentración encontrada de estos elementos minerales para cada alimento (Cuadro 1) siendo los 3 mayores en el alimento para insectívoro. El calcio se reportó con 13 mg/g de alimento de insectívoros contra 10 mg/g de alimento para gato en crecimiento, en el caso de cobre, se encontró 0.014 mg/g de alimento de insectívoro y 0.011mg/g de alimento de gato en crecimiento. Finalmente con el potasio, se obtuvieron 7.33mg/g de alimento de insectívoro y 5.36mg/g de alimento para gato en crecimiento.

A pesar de haber encontrado un consumo significativamente mayor, al no encontrarse la misma diferencia en la digestibilidad (excepto para el elemento mineral cobre) se puede decir que, aún consumiendo más miligramos de calcio y potasio con el alimento para insectívoros, se absorbió una cantidad similar con ambos alimentos.

8.3. Digestibilidad aparente

El NRC de perros y gatos del 2006 menciona que estudios realizados en gatos en crecimiento demostraron una digestibilidad del 40 al 45% de calcio utilizando como fuente carbonato. En el presente estudio se registraron medias de digestibilidad de 64.54 y 56.85% para alimento de insectívoro y para gato en crecimiento respectivamente, siendo

superiores a las registradas y teniendo como fuente en el alimento para insectívoros evaluado: carbonato de calcio, yodato de calcio y pantotenato de calcio; para el caso del alimento para gatos en crecimiento no se señalan. Esta digestibilidad obtenida puede deberse a las fuentes utilizadas en el alimento y a su alta biodisponibilidad, además que para el caso específico del alimento para insectívoros, el consumo resulto significativamente mayor.²⁶

Estudios realizados por el NRC para la digestibilidad del fósforo mencionan que utilizando fosfato de amonio monobásico se reportan digestibilidades aparentes de 90% en gatos de 11 a 15 semanas y de 65% a las 39 semanas de edad. En este estudio se reportaron medias de digestibilidad de 60.7 y 61.5% para el alimento de insectívoros y gatos en crecimiento respectivamente, utilizando como fuente en el primer alimento ácido fosfórico y sin referencia del segundo, existiendo una similitud con las digestibilidades obtenidas en los gatos de 39 semanas. No existió diferencia en el consumo, lo cual indica que consumieron y aprovecharon el fósforo de forma similar.²⁶

NRC también señala que para el caso del Magnesio, estudios han reflejado una digestibilidad aparente de 15 al 56% en gatitos de 15 a 39 semanas de edad que consumieron 340 mg/Kg. Para el caso de los gatos adultos, reportó una digestibilidad aparente de 19.18 a 46.15% consumiendo un alimento con 360 mg/Kg de magnesio. Durante el presente estudio se obtuvieron medias de digestibilidad aparente de 53.51 y 57.7% para el alimento de insectívoro y gato en crecimiento respectivamente,

manteniéndose ambos cerca del margen referido. No existió una diferencia significativa en el consumo entre tratamientos, lo cual indica que consumieron y aprovecharon el magnesio de forma similar.²⁶

Se ha reportado que la forma inorgánica del zinc más aprovechable por la mayoría de los organismos es la que se presenta como sulfato, la cual se encuentra como fuente de ambos alimentos analizados en este estudio, aunado a lo anterior existen diferentes factores que pueden alterar la biodisponibilidad del zinc, como aminoácidos derivados de carne, vegetales que contengan fitatos, elevadas cantidades de calcio, magnesio, cobre y hierro, sin embargo; no existe información acerca de la digestibilidad de zinc en gato (NRC 2006). En este estudio se obtuvieron medias de digestibilidad aparente de zinc de 31.19% con el alimento para insectívoros y 24.97% con el alimento para gatos en crecimiento, sin existir diferencias significativas en digestibilidad ni consumo de este elemento mineral.²⁶

Estudios realizados con el potasio, reflejaron que bajo condiciones de dieta adecuadas, los gatos en crecimiento pueden llegar a presentar una digestibilidad aparente de entre el 90 y 95 %, mientras que los gatos adultos se mantienen entre el 80 y 85% o más. (NRC 2006). En este estudio fue posible observar valores de medias de digestibilidad aparente de 80.65% y 85.99% con el alimento para insectívoros y para gatos en crecimiento respectivamente quedando ambos dentro del rango de referencia. Para este elemento mineral se encontró una diferencia significativa en el consumo, siendo mayor con el alimento para insectívoros, pero al no encontrarse la misma diferencia con la

digestibilidad, se puede decir que a pesar de haber consumido una mayor cantidad de potasio, la absorción fue similar para ambos alimentos.²⁶

La absorción del cobre puede verse afectada por la presencia excesiva de algunos otros minerales como el zinc y el hierro, estudios han demostrado que la forma más biodisponible de este elemento mineral es el sulfato de cobre, siendo la fuente recomendada para complementar en alimentos para mascotas en base al NRC y siendo la que utiliza el alimento para insectívoros evaluado en este estudio, obteniendo medias de digestibilidad aparente de 77.86% en el alimento para gato en crecimiento y 87.57% en alimento para insectívoros. Con estos resultados se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los alimentos utilizados en este estudio, existiendo una mayor digestibilidad aparente de cobre con el alimento para insectívoros, lo cual se puede explicar por la diferencia obtenida para el consumo de cobre, que también fue mayor con dicho alimento, lo que indica que consumieron una mayor cantidad de cobre y lo aprovecharon mejor.²⁶

Las fuentes que han demostrado una mayor biodisponibilidad de hierro incluyen al fosfato dicálcico y el sulfato ferroso, siendo este último el utilizado en el alimento para insectívoros evaluado, el alimento para gato en crecimiento no menciona dicho origen. Algunos factores como la presencia excesiva de elementos minerales (Ca, P, Zn y Cu) y de fibras (psyllium y pectinas) pueden reducir su absorción, mientras que un pH ácido la favorece. Tanto en gatos como en perros en crecimiento se han reportado porcentajes de

digestibilidad aparente de hierro que van desde 10% hasta poco menos del 100%, dependiendo de la forma iónica, concentración en la dieta y otros factores. Los valores de medias de digestibilidad aparente obtenidos en este estudio fueron 33.08% y 52.29% para el alimento de insectívoros y gatos en crecimiento respectivamente, mismos que se mantienen dentro del rango referido por NRC para gatos en crecimiento. Para este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas en el consumo pero sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en digestibilidad aparente, siendo mayor con el alimento para gato en crecimiento, lo cual se puede explicar por las fuentes de hierro que hayan sido utilizadas en el alimento o por factores mencionados previamente que pudieran afectar este parámetro.²⁶

Las diferencias estadísticas de digestibilidad obtenidas para estos últimos elementos minerales en conjunto, pueden explicarse por el antagonismo existente entre hierro y cobre, presuntamente por la competencia que ejercen por los sitios de enlace de proteínas en la mucosa intestinal, teniendo como consecuencia una menor digestibilidad de cobre cuando coexista mayor digestibilidad de hierro y viceversa. Para este estudio se puede observar que tras la utilización de alimento para insectívoros se reportó una alta digestibilidad de cobre (87.57%) y paralelamente una baja digestibilidad de hierro (33.08%), en comparación con el alimento para gato en crecimiento que por su parte reflejó una mayor digestibilidad de hierro (52.29%) y simultáneamente una menor digestibilidad de cobre (77.86%).²³

Debido a que el hierro es un elemento mineral con una gran capacidad para retenerse en el organismo (hígado, bazo, médula ósea) en forma de ferritina y hemosiderina, es importante considerar que el consumo no sea excesivo y así evitar una intoxicación. Como ya se mencionó anteriormente, la inclusión en la dieta recomendada por AFFCO es de 0.08%, sin embargo; durante este estudio ambos alimentos reflejaron un porcentaje mayor (0.19%). A pesar de esto, si se considera la digestibilidad aparente en el alimento para gato en crecimiento (52.29%) se puede observar que el consumo sería semejante al porcentaje recomendado y dado que no existieron manifestaciones clínicas de enfermedad, se puede asumir que no existe efecto negativo ante la digestibilidad aparente obtenida en este trabajo, sin descartar la recomendación de realizar más estudios al respecto.^{23,27}

9. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones dadas para este experimento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre proporcionar un alimento para insectívoros y un alimento para gato en crecimiento, en lo que se refiere a consumo de elementos minerales (excepto calcio, cobre y potasio, siendo mayores en el alimento para insectívoros), la concentración de elementos minerales en heces y la digestibilidad aparente de los elementos minerales (excepto cobre que fue mayor en el alimento para insectívoros y hierro que fue mayor para el alimento de gato en crecimiento) por lo cual se pueden considerar ambas dietas como una alternativa de alimentación para los erizos pigmeos africanos (*Atelerix albiventris*) en lo que a elementos minerales se refiere.
- Debido al antagonismo observado entre los elementos minerales hierro y cobre para este estudio, se recomienda realizar más investigaciones que aborden la medición del pH y otros factores que influyan la absorción de los elementos minerales y otros nutrientes.
- Durante este estudio, no se observaron signos clínicos indicativos de enfermedad relacionados con el uso de ninguno de los dos alimentos, sin embargo; se recomienda realizar más estudios en erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) enfocados a las necesidades de otros nutrientes específicos y en diferentes etapas de vida.

10. LITERATURA CITADA

1. WILSON DE, REEDER DM editores. Mammals species of the world: A taxonomic and geographic reference, 3 rd ed, Baltimore (Maryland): The Jhonsons Hopkins University Press, 2005.
2. RAMIREZ L.J, CHAVEZ SL, ABURTO FE, RAMOS LA. Carcinoma de las glándulas sebáceas en un erizo africano (*Atelerix albiventris*). *Vet. Méx.* 39 (1):91-96.
3. GRZIMEK B, KLEIMAN DG, GEIST V, MCDADE MC editores. Grzimek's Animal Life Encyclopedia Volumen 13, Mammals II, 2nd ed, Virginia : Thompson Gale, 2003.
4. FLORES RE. Manual para el manejo veterinario del erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) en cautiverio: estudio recapitulativo (Tesis de Licenciatura). México: México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 2006.
5. FREDES F, ROMAN D. Fauna parasitaria en erizos de tierra africanos (*Atelerix albiventrix*). *Parasit. Lat.* 2004; 59: 79-81.
6. RUPLEY AE, GREENACRE CB. Feeding Behavior and Nutrition of the African Pygmy Hedgehog (*Atelerix albiventris*). *Veterinary clinics of north America: Exotic Animal Practice* 2009; 12: 335-337
7. MC DONALD D editor, Enciclopedia del mundo animal, Tomo VI Insectívoros y Marsupiales. Eurolover,1991

8. NICHOLS, J. "Atelerix albiventris" (on-line), Animal Diversity Web. Disponible en URL:http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Atelerix_albiventris.html
9. NEUS MC. Proceedings of the Southern European Veterinary Conference & Congreso Nacional AVEPA, Barcelona, España, 2009.
10. SANTANA EM, JANTZ HE, BEST TL; *Atelerix albiventris* (Erinaceomorpha: Erinaceidae); Mammalian species; 2009 42 (857):99–110
11. HANS K, CONNOR R, HARWOOD J, COWLISHAW G, WOLFF J. DICKMAN C, JONES G, editors, La gran enciclopedia de los mamíferos, 1st ed, Oxford (UK): Libsa, 2006.
12. AGUILAR R.F, HERNÁNDEZ SM, DIVERS SJ, PERPIÑÁN D. Atlas de medicina de animales exóticos. 1st ed. Buenos Aires (Argentina): Inter- Médica, 2010.
13. O'TOOLE C. La gran enciclopedia de los insectos. 1^a ed, Oxford (UK): Libsa, 2007.
14. ACKERMAN N. Companion animal nutrición. A manual for veterinary nurses and technicians. 1st ed, Tottenham (CR): Butterworth heinemann elsevier, 2008.
15. STEVENS CE. Comparative Physiology of the vertebrate digestive system, 2nd ed, Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1994.
16. ORCUTT CJ. Prairie dogs, hedgehogs and sugar gliders. Memorias de Proceeding of the North American Veterinary Conference; 2005 enero 8-12, Orlando (Florida) EUA, 2005:1361-1363.
17. FREDES F, ROMAN D; Fauna Parasitaria en erizos de tierra africanos (*Atelerix albiventros*). Parasitología Latinoamérica 2004: 59: 79 – 81.

18. FOSTER R, SMITH M. African Hedgehog Husbandry and Nutrition: Housing, Diet, Behavior, Handling. Disponible en URL: <http://www.peteducation.com/article.cfm?c=18+1798&aid=2806>
19. JUDAH V, NUTTALL K. Exotic animal care and Management. México. Thomson Delmar Learning, 2008.
20. MITCHELL MA, TULLY TN. Manual of exotic pet practice. China. Saunders Elsevier, 2009.
21. SHIMADA MA. Nutrición Animal. 2nd ed. México (D.F) : Trillas, 2009
22. BONDI A. Nutrición animal, 1st ed, Zaragoza (España): Acribia, 1988.
23. POND WG, CHURCH DC, POND KR, SCHOKNECHT PA. Basic animal nutrition and feeding, 5th ed, Danvers (MA) : Wiley, 2005.
24. ANDERSON V, MCLEAN R; Design of experiments. Marcel Dekker INC. New York (USA) 1974.
25. CASE H, CAREY D; Nutrición canina y felina. Guía para profesionales de los animales de compañía. HARCOURT, 2^a ed. Madrid (España). 2001.
26. National Research Council, Nutrient Requirements of Dogs and Cats, The National Academies Press Washington (USA), 2006.
27. Association on American Feed Control Officials Incorporated; (USA) 2010.

ANEXOS

ANEXO 1 Consumo promedio diario por erizo de alimento (g) en MS

Erizo	Insectívoro ²		Gato en crecimiento ²	
	S1	S2	S1	S2
1	8,05	8,20	8,93	9,52
2	20,98	19,84	16,39	12,58
3	16,74	18,91	14,63	15,08
4	15,83	20,30	12,08	16,11
5	10,59	14,08	15,80	15,96
6	12,72	14,67	12,98	12,03

× = Mazuri® x = Whiskas®

S1=Semana 1 S2=Semana 2

ANEXO 2

Consumo promedio diario por erizo de miligramos de elementos minerales con dieta comercial para insectívoros × .

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	104,69	144,96	9,68	0,12	0,89	58,99	8,76	106,66	147,68	9,86	0,12	0,90	60,10	8,92
2	272,73	377,63	25,21	0,31	2,31	153,68	22,82	257,88	357,06	23,84	0,29	2,18	145,31	21,58
3	217,61	301,31	20,12	0,25	1,84	122,62	18,21	245,89	340,46	22,73	0,28	2,08	138,55	20,57
4	205,80	284,96	19,03	0,23	1,74	115,96	17,22	263,96	365,49	24,40	0,30	2,23	148,74	22,08
5	137,62	190,55	12,72	0,16	1,16	77,54	11,51	183,07	253,49	16,92	0,21	1,55	103,16	15,32
6	165,36	228,96	15,29	0,19	1,40	93,17	13,83	190,77	264,14	17,64	0,22	1,61	107,49	15,96

× = Mazuri®

ANEXO 3

Consumo promedio diario por erizo de miligramos de elementos minerales con dieta comercial para gato en crecimiento x.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	89,29	160,73	9,87	0,10	0,89	47,86	9,74	95,20	171,36	10,52	0,10	0,95	51,02	10,38
2	163,89	294,99	18,11	0,18	1,64	87,84	17,87	125,83	226,50	13,91	0,14	1,26	67,44	13,72
3	146,30	263,34	16,17	0,16	1,46	78,41	15,95	150,83	271,50	16,67	0,17	1,51	80,84	16,45
4	120,75	217,35	13,35	0,13	1,21	64,72	13,17	161,14	290,05	17,81	0,18	1,61	86,37	17,57
5	157,98	284,36	17,46	0,17	1,58	84,67	17,23	159,63	287,33	17,64	0,18	1,60	85,56	17,41
6	129,82	233,67	14,35	0,14	1,30	69,58	14,16	120,34	216,61	13,30	0,13	1,20	64,50	13,12

x = Whiskas®

ANEXO 4

Producción promedio diario por erizo de heces (g) en MS

Erizo	Insectívoro ²		Gato en crecimiento ²	
	S1	S2	S1	S2
1	4,19	4,07	3,15	2,90
2	17,86	17,44	7,01	5,64
3	14,43	17,30	15,25	10,82
4	9,20	14,18	5,22	6,76
5	5,55	8,00	7,29	7,81
6	7,84	8,50	4,68	3,96

x = Mazuri® x = Whiskas®

S1=Semana 1 S2=Semana 2

ANEXO 5

Concentración de miligramos de elementos minerales por gramo heces (mg/g) por erizo utilizando dieta comercial para insectívoros x.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	9.40	11.35	0.42	0.03	0.13	1.38	1.08	8.42	7.91	1.03	0.02	0.12	1.03	1.01
2	7.41	10.09	0.91	0.03	0.12	2.44	1.09	6.32	7.86	0.76	0.02	0.10	1.97	1.09
3	8.47	10.88	0.89	0.03	0.12	2.65	1.09	6.81	10.82	1.02	0.03	0.11	1.76	1.07
4	3.72	8.29	1.13	0.02	0.09	2.60	1.09	4.69	14.22	0.87	0.02	0.10	2.49	1.07
5	7.45	11.36	0.80	0.03	0.12	1.84	1.08	7.12	10.42	0.57	0.03	0.12	1.96	1.09
6	5.67	11.37	0.76	0.02	0.11	2.23	1.09	6.83	11.39	0.62	0.03	0.11	2.00	1.09

x = Mazuri®

ANEXO 6

Concentración de miligramos de elementos minerales por gramo heces (mg/g) por erizo utilizando dieta comercial para gato en crecimiento z.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	11.03	18.71	1.42	0.05	0.19	1.15	1.04	11.08	13.21	0.93	0.04	0.19	1.15	1.08
2	10.48	16.07	1.02	0.03	0.16	1.53	1.07	7.65	13.89	0.80	0.02	0.13	1.36	1.09
3	9.97	11.35	1.04	0.03	0.17	1.28	1.08	9.97	17.66	0.24	0.03	0.17	1.28	1.08
4	5.17	10.99	1.03	0.01	0.12	2.13	1.09	8.42	11.60	0.95	0.02	0.13	2.08	1.09
5	9.15	17.25	1.37	0.03	0.15	1.85	1.06	6.91	13.66	1.13	0.02	0.13	1.68	1.09
6	8.47	17.20	1.08	0.03	0.16	2.13	1.08	7.97	13.39	1.08	0.03	0.15	1.48	1.09

z = Whiskas®

ANEXO 7

Miligramos de elementos minerales en heces promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para insectívoros x.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	39,42	47,63	1,74	0,11	0,56	5,78	4,55	34,28	32,18	4,19	0,09	0,50	4,20	4,11
2	132,28	180,15	16,21	0,48	2,13	43,50	19,47	110,19	137,09	13,30	0,39	1,72	34,39	19,02
3	122,18	156,99	12,79	0,40	1,70	38,26	15,70	117,84	187,11	17,68	0,44	1,93	30,38	18,51
4	34,22	76,27	10,35	0,17	0,87	23,89	10,04	66,54	201,59	12,32	0,33	1,44	35,29	15,18
5	41,38	63,12	4,45	0,16	0,65	10,23	5,97	56,92	83,33	4,54	0,23	0,93	15,68	8,68
6	44,49	89,15	5,98	0,19	0,86	17,49	8,55	58,06	96,75	5,29	0,22	0,96	17,00	9,26

x = Mazuri®

ANEXO 8

Miligramos de elementos minerales en heces promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para gato en crecimiento x.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	34,79	59,01	4,47	0,15	0,61	3,63	3,29	32,10	38,26	2,70	0,13	0,54	3,33	3,14
2	73,48	112,69	7,13	0,24	1,14	10,74	7,47	43,14	78,34	4,53	0,13	0,71	7,67	6,14
3	152,04	173,10	15,91	0,53	2,63	19,56	16,47	107,88	191,07	2,56	0,37	1,86	13,88	11,68
4	27,01	57,39	5,37	0,08	0,62	11,14	5,71	56,94	78,41	6,44	0,11	0,86	14,06	7,34
5	66,65	125,71	9,99	0,22	1,12	13,51	7,72	53,95	106,66	8,83	0,19	1,00	13,12	8,55
6	39,66	80,52	5,04	0,15	0,75	9,98	5,05	31,54	52,96	4,28	0,12	0,59	5,84	4,33

x = Whiskas®

ANEXO 9

Asimilación (%) de elementos minerales promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para Insectívoro*.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	62,35	67,14	82,01	78,52	37,06	90,20	48,08	67,86	78,21	57,48	81,62	44,54	93,02	53,96
2	51,50	52,29	35,71	91,38	7,65	71,69	14,69	57,27	61,61	44,21	92,38	21,21	76,33	11,84
3	43,85	47,90	36,40	88,76	7,87	68,80	13,78	52,08	45,04	22,23	90,84	7,43	78,07	10,01
4	83,37	73,23	45,57	92,34	50,02	79,40	41,67	74,79	44,84	49,53	92,19	35,33	76,27	31,28
5	69,93	66,88	65,01	81,54	43,78	86,80	48,14	68,91	67,13	73,15	86,11	40,26	84,80	43,34
6	73,09	61,06	60,85	86,97	38,67	81,22	38,19	69,57	63,37	70,00	88,21	40,56	81,22	41,99

* = Mazuri®

ANEXO 10

Asimilación (%) de elementos minerales promedio por día por erizo utilizando dieta comercial para gato en crecimiento*.

Erizo	Semana 1							Semana 2						
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe	Ca	P	Mg	Cu	Zn	K	Fe
1	61,04	63,29	54,68	51,38	31,78	92,41	66,25	66,28	77,67	74,33	58,61	42,81	93,46	69,75
2	55,16	61,80	60,65	80,86	30,36	87,77	58,20	65,72	65,41	67,43	83,01	43,43	88,63	55,25
3	-3,92	34,27	1,63	78,58	-79,61	75,06	-3,20	28,48	29,63	84,64	79,22	-23,62	82,83	28,97
4	77,63	73,60	59,76	88,94	48,99	82,78	56,65	64,66	72,97	63,86	90,47	46,82	83,72	58,23
5	57,81	55,79	42,80	82,71	28,94	84,05	55,21	66,20	62,88	49,98	86,00	37,21	84,66	50,90
6	69,45	65,54	64,85	77,40	42,02	85,65	64,33	73,79	75,55	67,79	77,26	50,57	90,94	67,01

* = Whiskas®