



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



**CONSUMO VOLUNTARIO Y ABSORCIÓN APARENTE DE MINERALES DE
DRAGONCITOS DE LABIOS ROJOS (*Abronia lythrochila*) ALIMENTADOS
CON DOS DIFERENTES PRESAS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

KAREN MARINA HERNÁNDEZ GUZMÁN

Asesores:

MVZ. MPA. DR.C. Carlos Gutiérrez Olvera

Biól. MSc. Manuel Aranda Coello



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.

CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 Especie	3
2.1.1 Hábitat	4
2.1.2 Características morfológicas.....	5
2.1.3 Características reproductivas	7
2.1.4 Alimentación y función en el ecosistema	7
2.1.5 Tendencias del hábitat.....	7
2.1.6 Comercio	8
2.1.7 Medidas de gestión.....	9
2.1.8 Medidas de control.....	9
2.2 Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal de reptiles.....	9
2.2.2 Esófago.....	11
2.2.3 Estómago.....	11
2.2.4 Intestino	11
2.2.5 Cloaca.....	12
2.2.6 Vesícula biliar	12
2.2.7 Páncreas.....	12
2.4 Minerales.....	14
2.4.3 Potasio (K)	19
2.4.4 Sodio (Na).....	20–21
2.4.5 Magnesio (Mg)	22
2.4.6 Cobre (Cu)	25
2.4.6 Hierro (Fe)	23
2.4.7 Manganeseo (Mn).....	26

3. JUSTIFICACIÓN.....	29
4.HIPÓTESIS	29
5. OBJETIVOS.....	29
5.1 Objetivo general	30
5.2 Objetivos específicos	30
6. MATERIAL Y MÉTODOS	31
6.1 Fase de campo	31
6.1.1. Animales y manejo.....	31
6.1.2 Alimentos y alimentación	32
6.1.3 Recolección de muestras.....	33
6.2 Fase de laboratorio	33
6.2.1 Obtención de base húmeda y base seca.....	34
6.2.2 Digestión seca	34
6.2.3 Lectura de minerales	35
6.2.4 Absorción aparente de minerales	36
6.3 Análisis estadístico	37
7. RESULTADOS.....	37
7.1 Consumo voluntario	37
7.2 Materia seca, materia orgánica y cenizas en grillos y tenebrios	38
7.3 Elementos minerales en grillos y tenebrios	39
7.4 Absorción aparente de elementos minerales	55
7.4 Materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en heces	39
7.5 Heces por grupo.....	40
7.6 Elementos minerales en heces	39

7.7 Concentración de minerales en alimento consumido	46
8. DISCUSIÓN	59
9. CONCLUSIONES.....	62
10. LITERATURA CITADA	67

1. RESUMEN

HERNÁNDEZ GUZMÁN KAREN MARINA. Consumo voluntario y absorción aparente de minerales de dragoncitos de labios rojos (*Abronia lythrochila*) alimentados con dos diferentes presas (Bajo la dirección de: MVZ MPA DrC Carlos Gutiérrez Olvera y Biól MSc Manuel Aranda Coello)

El dragoncito de labios rojos (*Abronia lythrochila*), es una especie de reptil arborícola, endémico de México, se ubica dentro del comercio internacional como animal de compañía no convencional, encontrándose actualmente en peligro de extinción, por lo que es indispensable conocer las necesidades nutricionales de la especie y así lograr un mayor éxito en su conservación y mantenimiento en condiciones de cautiverio. El objetivo de este trabajo fue determinar el consumo voluntario y la absorción aparente de los minerales Ca, P, Mg, Na, K, Mn, Fe, Cu y Zn, al ofrecer como dieta dos diferentes presas. Se utilizaron un total de 12 individuos agrupados en dos tratamientos; T1 (n=6) alimentados con tenebrios (*Tenebrio molitor*) y T2 (n=6) alimentados con grillo doméstico (*Acheta domestica*). El trabajo se llevó a cabo en la estación biológica Dr. Manuel Velazco Suárez (San Cristóbal de las Casas, Chiapas), donde los animales fueron alojados en terrarios individuales, bajo condiciones propias de la región y en los Laboratorios de Bromatología y Toxicología de la FMVZ-UNAM. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en el consumo voluntario y absorción aparente de los minerales, sin embargo se observó una reducción del consumo voluntario en ambos tratamientos a través del tiempo (siendo más evidente en el T2), resultando a su vez en una menor absorción aparente de los elementos minerales evaluados, lo cual promovió que en algunos casos tanto en la absorción aparente de los elementos minerales (Na) y el consumo mineral (Ca, Mg, K y Na), se obtuviera una diferencia significativa a través del tiempo. En el caso del Zn y el Cu, se observó una interacción entre tiempo y tratamiento en el consumo de los minerales. Se concluyó que las dietas monotípicas (de un solo ingrediente), no proporcionan las cantidades adecuadas de nutrientes, además de que pueden promover la disminución del consumo de alimento, e incluso anorexia, debido a que estas se vuelven monótonas para el animal.

2. INTRODUCCIÓN

México se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial como país megadiverso, tiene el privilegio de albergar a más del 10% de la diversidad biológica del mundo, además, buena parte de esa biodiversidad son ejemplares exclusivos del país; por ejemplo, entre 50% y 60% de especies de plantas, más del 42% de especies de peces registradas en el mundo, 48% de anfibios, cerca del 11% de aves, más del 30% de mamíferos y 57% de reptiles existen únicamente en México (Informe CONABIO 2014). La proporción de la fauna de reptiles que habita en el país es sobresaliente, ya que se distribuyen en México el 44.9% de las familias de reptiles del mundo, y el 14% de los géneros de este grupo, asimismo más de la mitad de estas especies son endémicas. Los tres estados con mayor número de especies de reptiles son Oaxaca (262 especies), Chiapas (220) y Veracruz (200) (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

Los reptiles, al igual que muchos grupos de organismos, están amenazados por diferentes actividades antrópicas. Las dos principales causas que afectan la sobrevivencia de los reptiles en el mundo y en México son: pérdida de hábitat y aprovechamiento no sustentable por el hombre (Lazcano-Barrero *et. al.*, 1986). El dragoncito de labios rojos (*Abronia lythrochila*) (Figura 2.1 y 2.3) es un reptil, endémico, ubicada en la región de la Meseta Central en el estado de Chiapas y es considerada una especie amenazada (CITES, 2014). En la estación biológica Dr. Manuel Velázquez Suárez, registrada como Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) ubicada en el municipio de Zincantán en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, se encuentra el Parque Educativo San José (PESJ), que lleva a cabo el aprovechamiento extractivo y sustentable de la vida silvestre con fines de investigación, conservación y reintroducción al medio silvestre de especies amenazadas o en alguna categoría de riesgo como es el caso del dragoncito de labios rojos.

Las dietas y el manejo de la alimentación, juega un papel clave en el mantenimiento de las especies en cautiverio, desafortunadamente existe escasa información sobre

la dieta y las necesidades nutricionales de los dragoncitos de labios rojos, por lo que se dificulta su mantenimiento en cautiverio y el éxito reproductivo que permitan la creación de programas para la posterior liberación a su hábitat natural. Los datos sobre la alimentación de esta especie son meramente anecdóticos realizados por Manuel Álvarez del Toro y Smith en 1963.



Figura 2.1. Dragoncito de labios rojos (*Abronía lythrochila*). Fotografía: Liliana Moreno (2016)

2.1 Especie

El dragoncito de labios rojos (*Abronía lythrochila*), es un reptil arborícola, perteneciente a la familia Anguidae, la cual comprende 28 especies, de las cuales 18 se distribuyen en México y 16 de ellas son endémicas. Habitan en bosques mesófilos en México, Guatemala, Honduras y El Salvador, que difícilmente se sobrelapan (Campbell y Frost 1993). En México se distribuyen en los estados de Oaxaca, Veracruz, Michoacán, Puebla, Morelos, Chiapas, Guerrero, Tamaulipas, Hidalgo y Querétaro (Cuadro 2.1) (CITES, 2014).

Cuadro 2.1. Distribución geográfica de las especies del género *Abronia* (CITES 2014)

Especie	País	Descripción
<i>A. bogerti</i>	México	Se conoce de Niltepec y de Cerro Baúl, Oaxaca.
<i>A. chiszari</i>	México	Restringida a los volcanes de Santa Martha y San Martín, en la Sierra de los Tuxtlas, Veracruz.
<i>A. deppii</i>	México	Corredor ecológico del Chichinautzin, Morelos, montañas cerca de Zitácuaro, Michoacán.
<i>A. fuscolabialis</i>	México	Cerro Zempoaltepec, cerca de Totontepec y en la Sierra Juárez
<i>A. graminea</i>	México	Endémica de las tierras altas de los estados de Veracruz, Oaxaca y partes adyacentes de Puebla.
<i>A. leurolepis</i>	México	Localidad tipo en el estado de Chiapas.
<i>A. lythrochila</i>	México	Registrada en la Meseta Central de Chiapas en San Cristóbal de las Casas a Comitán.
<i>A. martindelcampoi</i>	México	Endémica de los alrededores de Omiltemi en la Sierra Madre del sur de Guerrero.
<i>A. mitchelli</i>	México	Holotipo colectado en Cerro Pelón, en el costado norte de la Sierra de Juárez, Oaxaca.
<i>A. mixteca</i>	México	Registrado en la vecindad de la localidad tipo cerca de Tecojotes y la Mixteca Alta en Oaxaca, de la Sierra Madre del Sur en Guerrero y de diferentes sitios de la comunidad de Zimatlán de Álvarez.
<i>A. oaxacae</i>	México	Endémica de las tierras altas del centro del estado de Oaxaca.
<i>A. ornelasi</i>	México	Limitada a las cercanías de la localidad tipo de Cerro Baúl, Oaxaca.
<i>A. ramirezi</i>	México	Localidad tipo de Cerro La Vela en la Sierra Madre de Chiapas.
<i>A. reidi</i>	México	Dos ejemplares en colecciones científicas procedentes del Volcán de San Martín y se ha reportado en la Sierra de Santa Martha en la región de los Tuxtlas en Veracruz.
<i>A. smithi</i>	México	Endémica de la Sierra Madre de Chiapas.
<i>A. taeniata</i>	México	Endémica de la región del sur de Tamaulipas, norte de Querétaro y hacia el sur hasta Hidalgo, Noreste de Veracruz y el Norte de Puebla.
<i>A. ochoterenai</i>	México y Guatemala	Reportada en Santa Rosa, Comitán, Chiapas.
<i>A. matudai</i>	México y Guatemala	Volcán Tacaná, en el sureste de Chiapas, Suroeste de Guatemala cerca de San Marcos.
<i>A. anzuetoii</i>	Guatemala	Nativa del Volcán de Agua, Escuintla, en el centro-sur de Guatemala.
<i>A. campbelli</i>	Guatemala	De Potrero Carrillo-La Pastoría, Jalapa, Guatemala.
<i>A. vasconcelosii</i>	Guatemala	Porción este de la meseta de Guatemala y poblaciones cerca de la ciudad de Guatemala.
<i>A. aurita</i>	Guatemala	Tierras altas de Verapaz.
<i>A. maledona</i>	Guatemala	Localidad tipo cerca de Torre de Guatel, cerca de Aldea de la Soledad Grande, Jalapa.
<i>A. fimbriata</i>	Guatemala	Bosques de niebla en la porción occidental de la Sierra de las Minas, Departamento de Alta Verapaz.
<i>A. gaiophantasma</i>	Guatemala	Cerro Verde y Cerro Quisis en las cercanías de La Unión Barrios, Baja Verapaz.
<i>A. frosti</i>	Guatemala	Patalcal, Sierra de los Cuchumatanes Huehuetenango.
<i>A. montecristoi</i>	Guatemala y El Salvador	Santa Ana, Cordillera de Alotepeque – Metapán, Hacienda Montecristo, en el Salvador. Recientemente en Guatemala.
<i>A. salvadorensis</i>	Honduras	Morazán, Cordillera de Nahuaterique, Cantón Palo Blanco.

2.1.1 Hábitat

El dragoncito de labios rojos (*Abronia lythrochila*) habita en los bosques de pino encino en la Meseta Central de Chiapas desde San Cristóbal de las Casas hasta Comitán (Figura 2.2), en una altitud que va de 1635 a 2380 m s. n. m. y una temperatura de 12 a 24°C (INEGI, 2008). Estos bosques de pino encino cuentan con bromelias (e.g. *Tillandsia spguatemalensis*, *T. imperiales*, *T. ponderosas*, etc), vegetación epífita, las cuales son capaces de almacenar agua entre sus vainas foliares, por lo cual constituyen pequeños microhábitats ya que proporciona interacciones con varios organismos, desde algas, protozoarios, artrópodos, reptiles, aves y pequeños mamíferos. Los dragoncitos de labios rojos usan a las bromelias como fuente de agua, refugio y para localizar su alimento (Nieto-Montes de Oca, 1996; Cruz.Ruiz *et. al.* 2011).



Figura 2.2. Distribución de *Abronia lythrochila*. CITES, 2014.

2.1.2 Características morfológicas

Koludarov, I. y colaboradores realizaron un estudio en el año 2012 en donde afirman la presencia de glándulas submandibulares en *A. graminea* con una composición

de un compartimento glandular por diente, capaces de liberar toxinas aparentemente por exocitosis. Sin embargo, no se sugieren que los individuos del género *Abronia* sean 'venenosos' desde la perspectiva de ser un peligro para la salud humana sino que son venenosos desde una perspectiva biológica-evolutiva pero son inofensivos para la salud humana, debido a estos hallazgos se puede sugerir que los demás integrantes del género *Abronia* presenten estas glándulas submandibulares liberadoras de toxinas, sin embargo, es necesario un estudio detallado para poder afirmar esta teoría.



Figura 2.3. Dragoncito de labios rojos (*Abronia lythrochila*). Fotografía: Liliana Moreno (2016)

Los dragoncitos de labios rojos presentan: 1) un cuerpo robusto aplanado dorso-ventralmente, 2) cabeza triangular aplanada, 3) escamas preauriculares granulares

y escamas suprauriculares espinosas (aparición que los hace digno de su nombre común), 4) extremidades bien desarrolladas y 5) una cola prensil que puede regenerarse en caso de perderla, características que los hacen estar perfectamente adaptados a vivir en los árboles. La coloración dorsal en los especímenes adultos es variable, pudiendo ser café claro, amarillento, rojizo, grisáceo o casi negro, algunos muestran manchas en el cuerpo. Tienen escamas sublabiales y supralabiales de color rojo o anaranjado. El vientre es blanco amarillento. Los individuos adultos llegan a medir hasta 11.3 cm de longitud de hocico a cloaca (Campbell y Frost, 1993).

2.1.3 Características reproductivas

Son especies ovovivíparas, lo que es una adaptación a su hábitat frío de montaña. Se reporta una tasa reproductiva baja, apareándose solo una vez al año entre septiembre y diciembre, las crías nacen entre abril y junio, dando luz hasta a 17 crías[¶] (CITES, 2014).

2.1.4 Alimentación y función en el ecosistema

Los dragoncitos de labios rojos son depredadores de crustáceos, insectos, arácnidos y pequeños lagartos eslizones (Familia Scincidae) (Álvarez del Toro, 1963; Koludarov *et. al.* 2012), lo que los convierte en colaboradores del mantenimiento de los bosques de pino encino manteniéndolos libres de plagas, además, se consideran polinizadores de bromelias (CITES, 2014).

¶ Según los reportes de los investigadores, el biólogo Manuel Aranda-Coello y la Lic. Tere Artot de la estación biológica Dr. Manuel Velazco en el año 2002, quienes también reportan nacimientos en los meses de febrero, septiembre y diciembre después de nueve a diez meses de gestación.

2.1.5 Tendencias del hábitat

Las distribuciones restringidas y los hábitats perturbados por las actividades antrópicas han contribuido a la disminución de ejemplares del género *Abronia*. Las principales amenazas que presentan son la deforestación para la producción de leña y el cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario (IUCN, 2016), además de la sobreexplotación para el comercio de mascotas (CAMP, 2000).

2.1.6 Comercio

Las especies del género *Abronia* se venden en el mercado de mascotas. De 2002 a 2012, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México a través de la Dirección General de Vida Silvestre (DGVIS-SEMARNAT) autorizó su aprovechamiento. Como ejemplo, en los Altos de Chiapas, se ha detectado la venta ilegal de *Abronia lythrochila* con un valor de \$100 pesos/dragoncito, estos son llevados a la Ciudad de México y son vendidos a través de internet (*com pers.* Aranda-Coello 2017).

En los países de Alemania, EUA y Reino Unido hay comercio de la especie *Abronia lythrochila*, también hay reportes de vendedores en Alemania, Holanda y la República Checa ofreciendo a esta especie en sitios web de EUA y Alemania (CITES, 2014).

Según PROFEPA, los dragoncitos de labios rojos se encuentran dentro de las cinco especies del género *Abronia* de las que hay evidencia de existir comercio internacional que no cuenta con autorizaciones legales de aprovechamiento a nivel nacional (CITES, 2014).

2.1.7 Medidas de gestión

En México, algunas poblaciones del género *Abronia* se encuentran dentro de áreas naturales protegidas, las cuales son manejadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). En el caso de *A. lythrochila*, se encuentra protegida en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, existen registros en la Reserva Natural Huitepec y Moxbiquil manejada por la organización de conservación Pronatura, Rancho Nuevo, Chanal, así como en la estación biológica Dr. Manuel Velázquez Suárez (*com. pers.* Aranda-Coello M., 2017). Por otro lado, las poblaciones fuera de estas áreas se ven amenazadas por la deforestación para la producción de leña y por cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario, lo cual es la amenaza más seria para muchas especies, incluyendo a las del género *Abronia* (CITES, 2014; IUCN, 2016).

2.1.8 Medidas de control

A. lythrochila está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie amenazada (A) y su aprovechamiento es regulado por la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT, 2010). Dentro de la Lista roja de especies amenazadas de la IUCN en el 2016 se encuentra en la categoría de Preocupación menor (LC) (IUCN, 2016).

2.2 Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal de lacertilios

El orden Squamata está compuesto por serpientes y lacertilios, sin embargo, en el presente trabajo nos enfocaremos sólo en estos últimos. El tracto gastrointestinal de los reptiles se comprende de cavidad bucal, orofarínge, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, colon y cloaca. Generalmente los herbívoros tienen un intestino más grande que los omnívoros y carnívoros (tomando en cuenta

a los insectívoros), en algunas especies herbívoras existe un ciego saculado en el intestino delgado. (Aguilar *et. al.*, 2004; Mader, 2006) (Figura 2.4).

2.2.1 Cavidad oral

Los reptiles del orden Squamata tienen una cavidad oral con pliegues en la piel o labios que la rodean. Las lagartijas están clasificadas generalmente como acrodontos (dientes implantados en el borde de mordida de la mandíbula, no presentan alvéolos y no hay muda ni reemplazo de las piezas dentarias) o pleurodontos (dientes implantados en el lado medial de las mandíbulas, sin alvéolos y que regularmente son mudados y reemplazados). La mayoría de los reptiles usan los dientes para prensar y sostener su comida, y la masticación es mínima (Mader, 2006)

En el caso de las lagartijas, presentan glándulas de moco labiales, linguales, sublinguales y palatinas bien desarrolladas y pueden producir la saliva suficiente para lubricar la comida y facilitar el ingerirla; la saliva de la mayoría de los reptiles parece producir una mínima actividad proteolítica (Mader, 2006).

El órgano de Jacobson u órgano vomeronasal, es una estructura olfatoria que sirve para interpretar señales químicas, se conecta a la cámara nasal por medio de un conducto desde la cavidad oral. La lengua de las lagartijas es generalmente móvil y protruible, y es una ayuda mecánica importante en la alimentación y en la obtención de agua. Algunas lagartijas [como los dragoncitos de labios rojos (*Abronia lytrochila*)] tienen una lengua altamente queratinizada con relativamente pocas papilas gustativas. La glotis está localizada en la base de la lengua (Mader, 2006).

2.2.2 Esófago

La principal función del esófago es el transporte de la ingesta al estómago, también puede también servir como un almacenamiento de alimento. La digestión mecánica y enzimática puede ocurrir en el esófago, principalmente en la parte distal por el reflujo de ácido gástrico o la producción de pepsina (Mader, 2006).

2.2.3 Estómago

Está comprendido por una región fúndica y una región pilórica, altamente distensible. La principal función del estómago es el almacenamiento y la digestión del alimento la cual ocurre vía enzimática y mecánica. La velocidad de digestión puede depender de muchos factores, incluyendo la temperatura corporal, estado de hidratación, tipo y tamaño del alimento y la salud general del reptil (Mader, 2006).

2.2.4 Intestino

Aquí se continúa el proceso de digestión del alimento, siendo sitio de absorción principal. Un rango de enzimas y sales biliares son producidos por el páncreas y el hígado. El pH (6.5 a 8) del intestino es por lo general ligeramente ácido a neutral a ligeramente alcalino. El ciego es generalmente rudimentario en insectívoros. La velocidad del paso del alimento a través del tracto gastrointestinal puede variar con el volumen, tipo y composición del alimento, temperatura corporal y del ambiente y la salud del individuo. En pequeños carnívoros, el pasaje de alimento puede ocurrir entre dos a cuatro días (Mader, 2006).

2.2.5 Cloaca

Representa el término del tracto gastrointestinal. Es también considerado el término del tracto reproductivo y del sistema excretorio, es importante en la absorción de electrolitos y la absorción pasiva de fluidos. Está comprendido por el urodeo, coprodeo y proctodeo (Mader, 2006).

2.2.6 Vesícula biliar

En lagartijas es contigua al hígado, en algunas está un poco alejada y combina la bilis del hígado al duodeno por un conducto. La bilis tiene dos papeles principales: como método para la excreción, digestión y absorción de grasas. La bilis puede también contener pequeñas concentraciones de enzimas como la amilasa (Mader, 2006).

2.2.7 Páncreas

El páncreas es usualmente asociado con el estómago y el duodeno en quelonios y lagartijas, está compuesto por tejido endócrino y exocrino. El tejido exocrino secreta enzimas amilolíticas, proteolíticas y lipolíticas. La quitinasa se produce en el páncreas en aquellas especies que se alimentan de presas con quitina en su exoesqueleto. Las funciones de las enzimas producidas por el páncreas son altamente dependientes de la temperatura y el pH (<6). (Mader, 2006; Viera, *et. al.* 2015).

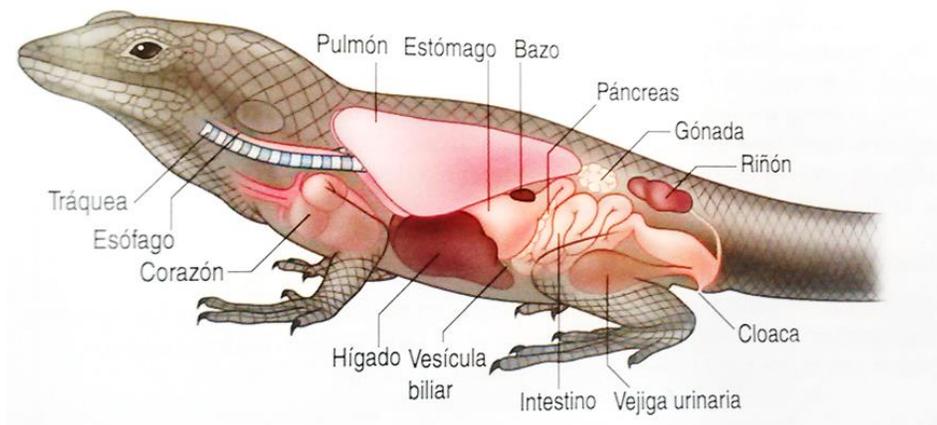


Figura 2.4 Anatomía de un lagarto (lateral) (Jepson, 2011).

2.3 Ecología de la alimentación de lacertilios

Para lacertilios que cazan a sus presas, las dos estrategias básicas de alimentación son: acechadores (que gastan poca energía para cazar) y forrajeros activos (que usan mucha energía), debido a esto, la demanda calórica para estas dos estrategias puede variar significativamente (Mader, 2006).

Los reptiles pueden usar métodos sensoriales diferentes para detectar la comida, incluyendo detección visual, quimiosensorial, táctil, auditiva y térmica. Las lagartijas utilizan la detección visual como el método principal para adquirir comida. La detección quimiosensorial de la comida es comúnmente usado por el orden squamata, este método incluye el olfato, vomerolfato y el gusto. El olfato es usado generalmente para la detección de señales químicas que se originan a cierta distancia del reptil, y el vomerolfato ocurre con aquellas señales que están muy cercanas al animal. El gusto depende de la presencia de papilas gustativas funcionales y es usado generalmente para separar el alimento que es aceptable o no aceptable después de la captura (Mader, 2006; Viera, *et. al.* 2015).

2.4 Minerales

Los elementos minerales necesarios se dividen en dos grupos, los macrominerales son el calcio (Ca), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). El boro (B), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), flúor (F), yodo (I), hierro, (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se), silicio (Si) y zinc (Zn) son los microminerales (Church *et. al.*, 2013).

Existen pocos reportes acerca de la función fisiológica y requerimientos nutricionales de la mayoría de los elementos minerales en reptiles, por lo que, en esos casos, en el presente trabajo se reportó lo encontrado en la literatura con respecto a otras especies animales.

2.4.1 Calcio (Ca)

La concentración normal de calcio plasmático para la mayoría de los reptiles varía entre 8 a 11 mg/dL dependiendo de la especie y el estado fisiológico del reptil (Mader, 2006). Los requerimientos precisos de calcio no han sido determinados para la mayoría de ellos. Se sugiere que su dieta debe contener Ca:P en un radio de 1.5:1 a 2:1. Esto parece ser una extrapolación de los datos obtenidos de la industria ganadera y es posible que este dato sea alto o bajo para algunas especies de reptiles (Girling *et. al.*, 2004).

La hipocalcemia en la mayoría de los reptiles ocurre cuando la concentración del calcio plasmático es menor a 8 mg/dL, lo cual puede ocurrir cuando este mineral y la vitamina D₃ dietético son deficientes, por un exceso de fósforo dietético, alcalosis, hipoalbuminemia, hipoparatiroidismo o una exposición inapropiada a la luz ultravioleta (Mader, 2006).

Deficiencias en calcio y vitamina D3 en reptiles conllevan a la enfermedad metabólica ósea (EMO), el cual es un término utilizado para describir un conjunto de desórdenes fisiológicos que afectan la integridad y función de los huesos. La osteodistrofia fibrosa, osteomalacia, osteopetrosis, osteopatía hipertrófica, la enfermedad de Paget y el hiperparatiroidismo renal secundario son algunos tipos de EMO, sin embargo las cuatro últimas mencionadas no son de origen nutricional. La EMO de origen nutricional más común de reptiles en cautiverio es el hiperparatiroidismo nutricional secundario (HNS). Si esta condición ocurre en un reptil joven en crecimiento es llamado raquitismo, caracterizado por un reblandecimiento de los huesos, especialmente de los huesos largos; en reptiles adultos es referido como osteomalacia y suelen tener temblores musculares, paresis y convulsiones desarrolladas por la hipocalcemia. Esta condición deriva del consumo de dietas bajas en calcio y a veces en vitamina D3, ocasionalmente dietas altas en fósforo y una falta de exposición a la luz ultravioleta-B (UV-B). La baja ingesta de calcio (directamente o por la deficiencia de vitamina D3) estimula la secreción de la hormona paratiroidea (PTH) y la movilización del calcio del hueso para mantener los niveles de calcio normales en sangre. La osteodistrofia fibrosa, ocurre cuando el mineral removido del hueso es reemplazado por tejido conectivo fibroso inmaduro y se generaliza a través del esqueleto pero se acentúa en ciertas áreas como el tejido esponjoso del cráneo (Girling *et. al.*, 2004; Mader, 2006; Mans y Braun, 2014).

La hipercalcemia en reptiles es indicada por una concentración plasmática de calcio mayor a 20 mg/dL. En reptiles cautivos son frecuentes las hipercalcemias iatrogénicas como resultado de dietas con excesiva cantidad de calcio y vitamina D3. Un exceso de calcio también conlleva a una deficiencia de zinc, cobre, magnesio, hierro y manganeso (Mader, 2006; McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Martínez-Silvestre *et. al.*, 2013; Church *et. al.*, 2013). Otras situaciones, aunque poco frecuentes, en las que también existe una hipercalcemia son algunas neoplasias, el hiperparatiroidismo primario, la enfermedad ósea osteolítica o la acidosis metabólica (Martínez-Silvestre *et. al.*, 2013).

Los reptiles exhiben características de metabolismo del calcio similares a aquellas en aves durante la producción de huevos. Durante el desarrollo del huevo, las hembras presentan hipercalcemia en respuesta al estrógeno y la actividad reproductiva, el incremento en el calcio plasmático es asociado al desarrollo folicular antes de la ovulación y puede incrementar de dos a cuatro veces (Girling *et. al.*, 2004).

El Ca en vertebrados, es el elemento mineral más abundante del organismo. Es componente importante de huesos y dientes, en los cuales se encuentra, aproximadamente el 99% del calcio total del organismo; además es componente esencial de las células vivas y líquidos tisulares. En los huesos se encuentra en una proporción 2:1 con el fósforo, principalmente como cristales de hidroxiapatita (Church 2013). Resulta esencial para el funcionamiento de diversos sistemas enzimáticos, como los necesarios para la transmisión de impulsos nerviosos y los responsables de las propiedades contráctiles del músculo esquelético y cardíaco. En la sangre el Ca se encuentra en el plasma, es necesario para la coagulación normal de la sangre. Es también clave en el metabolismo de la calmodulina con respecto a la síntesis de neurotransmisores en la función global del sistema nervioso (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

El metabolismo del Ca en reptiles está mediado por la parathormona, calcitonina y la vitamina D3. La parathormona mantiene los niveles de calcio sanguíneo normales mediante la movilización del calcio de los huesos, el aumento de reabsorción en riñones y el aumento de reabsorción en la mucosa intestinal. A su vez, el aumento de calcio en la sangre estimula la liberación de calcitonina que inhibe la actividad osteoclástica y con ello la reabsorción de calcio del hueso. La forma activa de la vitamina D estimula la absorción de calcio y fósforo a partir de la mucosa intestinal. En la mayoría de los reptiles diurnos la exposición a la radiación ultravioleta es imprescindible para el metabolismo normal de este mineral mediante la producción fotoquímica de la forma activa de la vitamina D (Martínez-Silvestre, *et. al.*, 2013).

En reptiles el calcio dietético se absorbe en intestinos y se reabsorbe en riñones (Mader, 2006), en mamíferos se absorbe específicamente en el duodeno, la absorción se lleva a cabo por transporte activo y pasivo. Algunos factores afectan la eficiencia de absorción de este mineral como el incremento de la concentración de calcio dietético, aunque la cantidad absoluta absorbida tiende a ser relativamente constante dentro del intervalo normal de concentración en la dieta. Sus vías de excreción son el excremento y la orina. La salida fecal incluye una fracción no absorbida y una fracción endógena, que proviene en gran parte de secreciones de la mucosa intestinal; la última, probablemente se reabsorbe de modo parcial, por tanto, al que aparece en el excremento se le denomina calcio fecal endógeno y representa alrededor del 20 al 30% del calcio fecal total. Alrededor de la mitad del Ca plasmático, es filtrada por el riñón; más del 99% de este se reabsorbe en condiciones normales (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.2 Fósforo (P)

La concentración plasmática normal de P en la mayoría de los reptiles varía entre 1 a 5 mg/dL. La hipofosfatemia puede resultar de un periodo de inanición prolongado o por una deficiencia nutricional de este mineral. La hiperfosfatemia es indicado por una concentración plasmática mayor a 5 mg/dL, tal condición puede ser resultado de un exceso de vitamina D3 o de fósforo en la dieta, o bien por una enfermedad renal. Casos raros de hiperfosfatemia incluyen trauma tisular severo y enfermedad osteolítica del hueso. El hiperparatiroidismo nutricional secundario tiene como implicación factorial principal, una dieta prolongada deficiente en calcio o vitamina D3, un imbalance de Ca:P en la dieta (usualmente un exceso de fósforo) o una inadecuada exposición a la radiación ultravioleta (UV) (Mader, 2006).

En vertebrados, el fósforo se encuentra en las fosfoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos. En tanto que el 99% del calcio del organismo se encuentra en los huesos y dientes, la cantidad de fósforo que forma parte de dichas estructuras es, aproximadamente, el 80-85% del total, el resto se encuentra en los tejidos blandos

y líquidos del organismo. En el suero sanguíneo, el fósforo se halla en las formas inorgánica y orgánica, la última como constituyente de los lípidos; del fósforo inorgánico, alrededor del 10% está ligado a proteínas séricas y del 50 al 60% está ionizado. El P de los glóbulos rojos está presente como P inorgánico, P soluble en ácidos orgánicos, P de lípidos y P del RNA; las proporciones varían con la edad y la especie (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church, *et. al.*, 2013).

Puesto que el Ca y el P se hallan juntos en el hueso, la discusión de la función del Ca en el hueso también es válida para el P. Este elemento es un componente de los fosfolípidos que son importantes en el transporte y el metabolismo de los lípidos y la estructura de las membranas celulares. Interviene en el metabolismo energético como componente del adenosinmonofosfato (AMP), el ADP y el ATP y de la fosfocreatina, es un componente en forma de fosfato del RNA y el DNA, asimismo, es un constituyente de varios sistemas enzimáticos, como las carboxilasas, las flavoproteínas, NAD, etc. (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church, *et. al.*, 2013).

La absorción de P al igual que el Ca en reptiles, se lleva a cabo en intestinos (Mader, 2006), en mamíferos se lleva a cabo por transporte activo y difusión pasiva. La vitamina D tiene un efecto sobre su absorción. El P atraviesa la membrana celular del intestino contra un gradiente de concentración en presencia de Ca y requiere Na. Un exceso de P dietético con respecto al Ca disminuye la absorción de este último. La secreción de P a la luz intestinal (P endógeno fecal) tiene lugar, pero esta pérdida no representa una proporción tan alta de la pérdida diaria como en el caso del Ca. La mayor parte de la excreción del P la realiza el riñón y la excreción renal es el principal medio regulador de la concentración de P sanguíneo, dicha excreción se halla bajo el control de la hormona paratiroidea y la 1, 25- dihidroxicalciferol (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

En mamíferos, la deficiencia de este mineral puede ocasionar raquitismo y osteomalacia. En la deficiencia crónica los animales pueden presentar rigidez en las articulaciones y debilidad muscular. Una deficiencia de este elemento también

puede afectar la producción de huevo en aves. El retraso en el crecimiento de los animales jóvenes son síntomas característicos de la deficiencia de fósforo en todas las especies (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.3 Potasio (K)

Las concentraciones normales de potasio en suero o plasma varían según la especie de reptil, pero generalmente es de 2 a 6 mEq/L. En la mayoría de lacertilios varían entre 3 a 5 mEq/L. Las causas comunes de desequilibrio de potasio en suero o plasmático incluyen una dieta deficiente en este mineral o una pérdida gastrointestinal excesiva (hipocalemia). La hipocalemia puede estar asociada con una alcalosis severa. La hipercalemia puede resultar de una dieta con exceso de potasio o una acidosis severa (Mader, 2006). También está asociada a una hiperfosfatemia, relacionada a una lisis eritrocitaria. Los valores de potasio sufren alteraciones mínimas durante la alimentación, los cambios de temperatura o el estrés osmótico (Martínez-Silvestre *et. al.*, 2013).

El metabolismo del sodio y del potasio en reptiles incluye un sistema renina-angiotensina activo con acción directa en la osmoregulación. Algunos reptiles tienen glándulas nasales de sal que participan en la regulación del sodio, potasio y cloro en la sangre. Por lo tanto, los desórdenes de las glándulas de sal pueden afectar el balance electrolítico (Mader, 2006).

En los vertebrados, el potasio con el sodio, el cloro y los iones bicarbonato, realizan funciones importantes en la regulación osmótica, así como en el mantenimiento del equilibrio ácido-base en mamíferos. En tanto que el sodio es el principal catión inorgánico de los líquidos extracelulares, el potasio se encuentra, fundamentalmente, en el interior de las células. El potasio interviene en la excitabilidad nerviosa y muscular; participa también en el metabolismo de los carbohidratos al afectar la entrada de glucosa a las células. Es necesario para la

síntesis proteínica normal de los tejidos (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church, *et. al.*, 2013).

Se ha reportado que en mamíferos, los aniones K, Na, y Cl no se absorben en cantidades importantes en el estómago, pero en el intestino delgado superior hay una absorción cuantiosa, en el intestino delgado inferior y en el intestino grueso existe una absorción menor. La secreción diaria de líquidos del conducto gastrointestinal provenientes de la saliva, el jugo gástrico, la bilis y el jugo pancreático, aporta de cuatro a cinco veces la ingestión diaria oral de estos iones. El K de manera principal, se secreta en el íleon y el intestino grueso. El K es absorbido por transporte activo en el intestino, pero en el estómago lo hace por difusión. La ingestión de K en una cantidad mayor de la que se necesita, resulta en la rápida excreción por los riñones, de esta manera la toxicidad no es probable que ocurra a menos que se restrinja la ingestión de agua (McDonald, *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

En la deficiencia de K, algo de Na es transferido al interior de la célula para reemplazar al K y de esta manera se conserva el equilibrio acido-básico. Cuando la ingestión ya sea de Na o de K es inadecuada, la deficiencia se agrava si la ingestión del otro mineral aumenta (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

Los signos de deficiencia de este mineral en mamíferos son retardo en el crecimiento, marcha vacilante, debilidad muscular generalizada. La deficiencia de Mg puede resultar en la incapacidad de retener K. (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.4 Sodio (Na)

Las concentraciones normales de sodio en suero o plasma de reptiles varían entre 120 y 170 mEq/L. La concentración normal en lacértidos se encuentra en un rango de 140 a 170 mEq/L (Mader, 2006; Martínez-Silvestre *et. al.*, 2013).

Se ha descrito una disminución de Na y Cl como respuesta fisiológica a periodos de migración en tortugas marinas, así como durante el invierno en las serpientes *Cerastes*. Se ha descrito incrementos de este electrolito en estadios avanzados de gravidez en iguana común (*Iguana iguana*) (Martínez-Silvestre *et. al.*, 2013).

El sodio de la dieta es absorbido en los intestinos y transportado a los riñones en donde es excretado o reabsorbido dependiendo de las necesidades del reptil. El metabolismo del sodio y del potasio en reptiles incluye un sistema renina-angiotensina activo con acción directa en la osmoregulación. Como ya se mencionó, algunos reptiles tienen glándulas nasales de sal que participan en la regulación del sodio, potasio y cloro en la sangre. Por lo tanto, los desórdenes de las glándulas de sal pueden afectar el balance electrolítico (Mader, 2006).

La hiponatremia puede resultar de una pérdida excesiva de sodio asociada con desordenes del tracto gastrointestinal, de riñones o posiblemente de las glándulas de sal. También es resultado de deshidratación, por un exceso en la pérdida de agua o un inadecuado consumo de esta o una dieta excesiva en sal. Puede ocurrir una hiponatremia iatrogénica con una sobre hidratación (por reposición intravenosa o intracelómica con fluídos bajos en sodio) (Mader, 2006).

Se ha reportado que en mamíferos la mayor parte del Na del organismo se encuentra en los tejidos blandos y los líquidos orgánicos, al igual que el K, el Na participa en el mantenimiento del equilibrio ácido-base y en la regulación osmótica de los líquidos del organismo. Es el catión principal del plasma sanguíneo y demás líquidos extracelulares. También participa en la transmisión de impulsos nerviosos, así como en la absorción de los azúcares y aminoácidos en el aparato digestivo. El Na se absorbe y se secreta de la misma manera que el K, pero en el intestino

delgado superior. Es excretado por el riñón y en los túbulos renales hay reabsorción, pero no completa, lo que no se absorbe se pierde en la orina. (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.5 Magnesio (Mg)

Las concentraciones de este mineral reportadas en reptiles, van de 0.9 a 5.5 mEq/L, la concentración normal en lacértidos se encuentra en un rango de 2.4 a 4 mEq/L. El magnesio en reptiles se moviliza en estadios tempranos del desarrollo embrionario, en el crecimiento y durante la hibernación. Es un cofactor importante en el metabolismo del calcio. La deficiencia de magnesio puede causar entumecimiento y espasmos de las extremidades. Las deficiencias de este mineral son poco frecuentes en reptiles y se han propuesto como coadyuvante de enfermedad metabólica ósea en iguanas (*Iguana iguana*). La participación del Mg en el diagnóstico de enfermedades óseas está empezando a considerarse, dado que ejerce un efecto bloqueante de los canales del calcio y puede tenerse en consideración en la clínica de osteopatías en reptiles (Martínez-Silvestre *et. al.*, 2013). El hiperparatiroidismo está relacionado con una mayor excreción urinaria y una concentración reducida de Mg sérico, pero no se ha demostrado ningún efecto específico en el Mg aparte de la liberación concomitante de Mg del hueso cuando se libera Ca en respuesta a la hormona paratiroidea (Mader, 2006).

El Mg se encuentra estrechamente relacionado con el Ca y el P. Aproximadamente el 70% del Mg total se encuentra en el esqueleto y el resto se encuentra repartido entre los tejidos blandos y líquidos orgánicos. Se ha reportado que en mamíferos el Mg se concentra dentro de las células; la mayor concentración se encuentra en el hígado y músculo esquelético. También se encuentra en los glóbulos rojos y suero sanguíneo (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

En vertebrados, este mineral es el activador de enzimas más común, resulta esencial para el eficiente metabolismo de los carbohidratos y los lípidos, además interviene en la respiración celular y en numerosas reacciones celulares. Transfiere fosfatasa y las muchas enzimas que participan en las reacciones en las que interviene el ATP. La formación del AMP cíclico y otros mensajeros secundarios necesitan Mg. Los iones de Mg moderan la actividad neuromuscular y, al ligarse con fosfolípidos, participan en el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares. La interacción de la hormona paratiroidea, responsable de la movilización del calcio con sus receptores celulares del hueso y el riñón requiere Mg, de modo que los bajos niveles de este elemento guardan relación con la hipocalcemia (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

Se sabe que en mamíferos se absorbe en el intestino delgado y en el intestino grueso y la excreción se hace por medio del excremento y la orina (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

Las cantidades altas de Ca y P en la dieta agravan la deficiencia de Mg y acentúan la calcificación de los tejidos blandos relacionados con una cantidad inadecuada de Mg. La toxicidad por Mg en mamíferos incluye baja ingestión de alimento, diarrea, pérdida de reflejos y restricción cardiorrespiratoria (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.6 Hierro (Fe)

Sobre los niveles normales en sangre de Fe en reptiles, sólo se encontraron reportes en tortugas marinas, indicando que van de 20 a 45 µg/dL. En algunos reportes en reptiles sobre este mineral se basan en datos estudiados en mamíferos. Los eritrocitos hipocromáticos en reptiles están asociados con una deficiencia de hierro o a una enfermedad inflamatoria crónica (presuntamente en asociación con un secuestro de hierro). El punteo basofílico de eritrocitos sugiere una respuesta

regenerativa en estas células, pero también es visto en pacientes con deficiencia de hierro y posiblemente una intoxicación con plomo (Mader, 2006).

Storelli y Marcotrigiano realizaron un estudio en tortugas marinas en donde encontraron grandes concentraciones de hierro, zinc y estroncio, y niveles muy bajos de mercurio, cadmio y plomo en huevos de tortugas marinas. Los autores sugieren que la presencia de elementos esenciales como el zinc y el hierro pueden estar en relación a los requerimientos esenciales para el desarrollo embrionario exitoso (Storelli y Marcotrigiano, 2003).

En mamíferos, del 60 al 70% del Fe corporal se halla en la hemoglobina de los eritrocitos y en la mioglobina de los músculos; el 20% se almacena en formas lábiles en el hígado, el bazo y otros tejidos y está disponible para la formación de hemoglobina; el restante 10 a 20% se encuentra fijado en formas no aprovechables en los tejidos como componente de la miosina y la actinomosina musculares, como constituyente de algunas enzimas y asociado con metaloenzimas. También se encuentra en el suero sanguíneo, unido a una proteína llamada transferina, cuya misión es el transporte de hierro en el organismo. El Fe, realiza funciones importantes en muchas reacciones bioquímicas, especialmente las relacionadas con las enzimas de la cadena de transporte de electrones (citocromos). Los electrones se transportan por la actividad de oxidación y reducción del Fe ligado. Entre las enzimas que contienen Fe o son activadas por el mismo, se encuentran la catalasa, peroxidasa, fenilalanina hidroxilasa y otras muchas que incluyen a todas las enzimas que intervienen en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013). Reportes en humanos han demostrado que la ferritina es la principal proteína almacenadora de hierro, la concentración plasmática (o en suero) de esta proteína, indica la magnitud de las reservas totales de hierro corporal (ONU, 2011).

Los reportes en mamíferos indican que el Fe se absorbe sólo en el duodeno en el estado ferroso (Fe^{2+}), y por lo general en una proporción del 5 al 10%. El organismo retiene el Fe absorbido para volver a utilizarlo. Los niveles altos de Zn, Mn, Cu y Cd

reducen la absorción de Fe, de manera presumible al competir en los sitios de fijación de proteínas de la mucosa intestinal. El Fe fecal es en su mayor parte Fe dietético no absorbido, en humanos, una pequeña cantidad se pierde por medio de la bilis y las células de la mucosa intestinal que se descaman (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

El signo más común de deficiencia de Fe es una anemia. En mamíferos, la intoxicación crónica por Fe causa diarrea, reducción del crecimiento y de la eficiencia de la utilización del alimento y puede producir signos de deficiencia de P. El Fe en exceso se encuentra en los tejidos como hemosiderina. La ingestión excesiva de Fe se acumula en las células reticuloendoteliales (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.6 Cobre (Cu)

No se encontraron reportes acerca de los niveles plasmáticos normales de Cu en especies. Se ha demostrado que los folículos ováricos del lacértido *Podarcis sicula* acumula cobre y zinc durante el crecimiento y la diferenciación de los ovocitos (Riggio *et al.* 2003).

de reptiles. Los reportes en mamíferos indican que el Cu es necesario para la formación de la hemoglobina, aunque no forma parte de esta, se encuentra en otras proteínas plasmáticas, como la ceruplasmina, que intervienen en la liberación de hierro de las células la plasma. Además, forma parte de otras proteínas de la sangre, una de ellas la eritrocuperina, se encuentra en los eritrocitos, interviniendo en el metabolismo del oxígeno. Es componente del citocromo oxidasa, que es importante en la fosforilación oxidativa. Es componente de la enzima superóxido dismutasa, que forma parte del sistema antioxidante de la célula. Es necesario para la actividad de las enzimas relacionadas con el metabolismo del Fe, la formación de elastina y colágeno la producción de melanina y la integridad del sistema nervioso central. Se considera que se encuentra en todas las células, especialmente en el hígado, que

actúa como principal reservorio del organismo (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

El sitio y el grado de absorción del Cu en el conducto gastrointestinal varía entre especies. La bilis es la vía principal de excreción del Cu el cual, aparece en el excremento como secreciones de las células intestinales y pancreáticas, así como en la orina (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

La deficiencia de Cu en mamíferos reduce la capacidad de absorción de hierro en de movilizarlo de los tejidos y de utilizarlo en la síntesis de hemoglobina. Una deficiencia de este mineral da lugar a una gran variedad de signos como anemia, retraso del crecimiento, alteraciones óseas, diarrea, infertilidad, despigmentación de la piel, trastornos gastrointestinales, desordenes nerviosos y lesiones en el tronco encefálico y médula espinal. La ingestión prolongada de Cu, en cantidades superiores a las necesidades nutrimentales, determina la acumulación del elemento en los tejidos, especialmente en el hígado y su lenta acumulación en este órgano determina lesiones hepáticas. En ocasiones se produce una brusca liberación de Cu y hemolisis, que puede ocurrir espontáneamente o como resultado de factores estresantes (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.7 Manganeso (Mn)

En el estudio realizado por Storelli y Marcotrigiano en el 2003, encontraron grandes concentraciones de manganeso en la cáscara de huevos de tortugas marinas (Storelli y Marcotrigiano, 2003), sin embargo, no se encontraron reportes acerca de los niveles plasmáticos normales de Mn en especies de reptiles.

Existe poca información acerca de la función que realiza el Mn en reptiles, sin embargo, se conoce que en mamíferos la mayoría de los tejidos contienen trazas del elemento, encontrándose las mayores cantidades en el hueso, hígado, riñón, páncreas y glándula pituitaria. Es importante como activador de muchas enzimas,

como las hidrolasas y las quinasas. También para la formación de coindritinsulfato, un componente de los mucopolisacáridos que constituyen la matriz del hueso. La deficiencia de Mn se relaciona con alteraciones en la estructura y el metabolismo de las mitocondrias (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

El modo y control de la absorción de este mineral en el conducto gastrointestinal no están bien entendidos. El exceso de Ca y P dietéticos reduce a absorción de Mn. El medio principal de excreción en mamíferos es la bilis, con una pérdida de cantidades menores en las pancreáticas y las células de la mucosa intestinal que se desprenden y cantidades aún más pequeñas en la orina (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

Los altos niveles dietéticos de Mn son tolerados bien en la mayoría de las especies de mamíferos; al parecer los efectos tóxicos del Mn están más relacionados con la obstrucción del uso de otros minerales que con un efecto específico el Mn mismo (McDonald *et. al.*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

2.4.8 Zinc (Zn)

El zinc es un elemento traza esencial. Es necesario para la síntesis de enzimas requeridas para la división celular, crecimiento y expresión genética. En reptiles, la deficiencia crónica de zinc por una dieta inapropiada es vista más comúnmente que la toxicidad por este (Mader, 2006).

La toxicidad por zinc puede resultar por una administración elevada de suplementos, por la ingestión de objetos de metal galvanizados, por ungüentos con óxido de zinc o por la ingestión de monedas. El mecanismo de acción de la toxicidad por zinc no es conocido, sin embargo, las células rojas de la sangre, el riñón y el hígado son los más afectados. La hemólisis intravascular es la anomalía más observada. Se cree que el zinc es la causa de los mecanismos de oxidación que lisan la membrana de las células rojas de la sangre, llevando a la anemia (Mader, 2006).

En mamíferos, este elemento se ha encontrado en todos los tejidos del organismo, pero se halla en mayor concentración en el hígado, el hueso, el riñón, el músculo, el páncreas, el ojo, la próstata, la piel el pelo y la lana. Tiende a acumularse más en los huesos que en el hígado, que es el principal órgano de almacenamiento para la mayoría de los elementos traza. Algunas enzimas contienen Zn como la anhidrasa carbónica, carboxipeptidasa pancreática, lactato deshidrogenasa, alcohol deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, la ribonucleasa y la DNA polimerasa. Además, es activador de varios sistemas enzimáticos. Interviene en la replicación y diferenciación celular, especialmente en el metabolismo del ácido nucleico. Es necesario para la síntesis y metabolismo de las proteínas y es un componente de la insulina, de esta manera, interviene en el metabolismo de los carbohidratos. Otras funciones fisiológicas del zinc son la producción, conservación y secreción de hormonas, intervención en el sistema inmune y balance de electrolitos (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

Se sabe que la absorción de Zn en mamíferos tiene lugar en todo el intestino delgado. La transferencia de Zn de las células de la mucosa intestinal al plasma lo controla la metalotioneína como respuesta a un aumento de Zn plasmático. La absorción de este mineral es afectada de manera adversa por la alta concentración de Ca dietético. El jugo pancreático es el medio principal de excreción del Zn endógeno (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

Se ha reportado que una deficiencia de Zn en mamíferos conlleva a un retardo en el crecimiento y anorexia y una reducción del nivel de Zn plasmático y de la actividad de la fosfatasa alcalina del plasma. Retrasa la formación de hueso y se le relaciona con una división y proliferación reducidas de las células cartilaginosas de la placa de crecimiento epifisaria. (McDonald *et. al*, 2006; Shimada, 2009; Church *et. al.*, 2013).

3. JUSTIFICACIÓN

El dragoncito de labios rojos (*Abronia lythrochila*), es una especie que se encuentra amenazada (de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010), además de ser endémico de México y existente en una región limitada del país. Aunado a esto, es una especie ubicada dentro del comercio internacional como animal de compañía no convencional, por lo que es susceptible al tráfico ilegal de especies, haciendo de suma importancia su conservación en vida silvestre. En la estación biológica Dr. Manuel Velazco Suárez, se realizan estudios de reproducción sobre éstos por lo que es indispensable conocer las necesidades nutricionales de la especie y así tener un mayor éxito de mantenimiento en condiciones de cautiverio, lograr su reproducción y la creación de programas para la posterior liberación a su hábitat natural. Al no existir suficiente información acerca de las necesidades nutricionales de las especies del género *Abronia*, en el presente estudio se pretende ampliar la información biológica de estos ejemplares en el área de la nutrición con respecto a los minerales ofrecidos en la dieta y cuánto de estos es absorbido por los mismos para poder proporcionar una dieta adecuada a los dragoncitos de labios rojos que se encuentran en cautiverio. Se decide trabajar con minerales por ser nutrientes de gran importancia, pero a la vez poco valorados, además de existir escasa información acerca del papel que juegan en la nutrición de reptiles.

4. HIPÓTESIS

El consumo voluntario y la absorción de minerales [calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), fósforo (P), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn)] en dragoncitos de labios rojos, será diferente según las dos diferentes presas que se les ofrecerá, tenebrios (*Tenebrio molitor*) = Tratamiento 1 y grillos (*Acheta domestica*) = Tratamiento 2 en un periodo de cuatro semanas.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar el consumo voluntario y la absorción aparente de minerales [calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), fósforo (P), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn)] de dragoncito de labios rojos ofreciendo dos diferentes presas, tenebrios (*Tenebrio molitor*) = Tratamiento 1 y grillos (*Acheta domestica*) = Tratamiento 2 en un periodo de cuatro semanas, tiempo promedio designado de la recopilación de diferentes estudios sobre alimentación en reptiles (Hatch K. A. y Afik D., 1999; Liesegang A. *et. al.*, 2001; Iglesias S. *et. al.*, 2003; Moeller K. T. *et. al.*, 2015).

5.2 Objetivos específicos

- Determinar el consumo diario de presas (tenebrios y grillos) de *Abronia lythrochila* en cautiverio en un periodo de cuatro semanas.
- Determinar la materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas de las presas ofrecidas [tenebrios (*Tenebrio molitor*) y grillos (*Acheta domestica*)] a *Abronia lythrochila* en cautiverio.
- Determinar el contenido de minerales (Ca, Na, K, Mg, P, Mn, Fe, Cu y Zn) de las presas ofrecidas [tenebrios (*Tenebrio molitor*) y grillos (*Acheta domestica*)] a *Abronia lythrochila* en cautiverio.
- Determinar el contenido de minerales (Ca, Na, K, Mg, P, Mn, Fe, Cu y Zn) en heces de *Abronia lythrochila* en cautiverio alimentadas con tenebrios (*Tenebrio molitor*) y grillos (*Acheta domestica*) en un periodo de cuatro semanas.
- Determinar la absorción aparente de minerales (Ca, Na, K, Mg, P, Mn, Fe, Cu y Zn) de *Abronia lythrochila* en cautiverio alimentadas con tenebrios (*Tenebrio molitor*) y grillos (*Acheta domestica*) en un periodo de cuatro semanas.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos fases. La primera fase se realizó en la estación biológica Dr. Manuel Velazco Suárez, la cual está registrada como UMA “San José Bocomtenelté” y cuenta con permiso para la tenencia de los dragoncitos de labios rojos categorizados como especie amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Geográficamente, la estación está ubicada entre (90°52'41" W y 16°13'53" N), localizado a 8 km de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, en el municipio de Zinacantán. La estación biológica es un predio de 16 hectáreas de bosque de pino-encino de gran importancia ecológica en cuanto a la conservación de especies de flora y fauna, allí se mantienen a los dragoncitos de labios rojos en condiciones de cautiverio. La segunda fase se realizará en los Laboratorios de Bromatología y Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

6.1 Fase de campo

En la estación biológica Dr. Manuel Velazco Suárez, se cuenta con un laboratorio exclusivo para el mantenimiento en condiciones de cautiverio de reptiles y anfibios, allí se mantuvieron a los dragoncitos de labios rojos destinados a esta investigación.

6.1.1 Animales y manejo

Fueron designados 12 individuos adultos de siete a diez años aproximadamente, con un peso promedio de 33.03 ± 7.05 g, longitud hocico-cloaca de 10.55 ± 1.65 cm y longitud total de 24.52 ± 12.25 cm. Se alojaron en terrarios individuales de 30.5 cm x 40 cm x 80 cm, estos ambientados con ramas de pino encino y bromelias simulando el ambiente que tendrían en vida libre, no se colocó sustrato dentro de los terrarios para evitar la contaminación de las heces y así evitar resultados erróneos. Cada terrario se mantuvo con una iluminación de 12 horas con un foco de

halógeno de 50 W de luz blanca, encendiéndolo a las 8:00 h y apagándolo a las 20:00 h, simulando las horas luz del día que tendrían en vida libre. La temperatura dentro de los terrarios fue de 17 a 20°C durante la noche y el día respectivamente.

Se realizó un registro del peso de los dragoncitos de manera individual, también se llevó a cabo un registro de los gramos de alimento proporcionados al día, así como una revisión del consumo voluntario por individuo.

6.1.2 Alimentos y alimentación

Se hicieron dos grupos de 6 individuos cada uno y con un tratamiento diferente: el tratamiento 1, tenebrios (*Tenebrio molitor*) y el tratamiento 2, grillos (*Acheta domestica*). Cabe mencionar que los grillos y tenebrios fueron obtenidos mediante la compra a un criadero comercial y se les proporcionó hojuelas de pescado como alimento a lo largo del experimento, ya que, en un estudio anterior realizado por Díaz en el 2014, concluyó que era el mejor alimento para grillos (*Acheta domestica*), tenebrios (*Tenebrio molitor*) y zofobas (*Zophobas morio*). Una vez que los dragoncitos fueron designados a un grupo, se decidió sexarlos exteriorizando los hemipenes de los machos manualmente (Cuadro 6.1).

Cada terrario fue etiquetado con la letra y número de identificación de cada individuo (números progresivos y una letra según el alimento proporcionado) así como con los símbolos ♀ para hembra o ♂ para macho, según fuera el caso, cada individuo estaba destinado en un terrario individual y de ésta forma se sabía de que individuo se trataba (Cuadro 6.1). A cada dragoncito se le ofreció alimento *ad libitum* diariamente durante cuatro semanas (además de una semana de adaptación), con la finalidad de reportar el consumo voluntario de cada individuo. Para medir el consumo de alimento (g de alimento por individuo), se pesó diariamente el alimento ofrecido y el rechazado, el consumo voluntario se obtuvo por diferencia entre ambos

valores. Cada terrario contaba con un bebedero en el cual se proporcionaba agua limpia *ad libitum* diariamente.

Cuadro 6.1 Identificación de los dragoncitos de labios rojos de cada grupo			
Grupo A (Alimentados con grillos)		Grupo B (Alimentados con tenebrios)	
3 G	Individuo 3, Hembra	1T	Individuo 1, Hembra
5 G	Individuo 5, Macho	2T	Individuo 2, Macho
7 G	Individuo 7, Macho	4T	Individuo 4, Hembra
9 G	Individuo 9, Macho	6 T	Individuo 6, Hembra
10 G	Individuo 10, Hembra	8 T	Individuo 8, Hembra
11 G	Individuo 11, Macho	12 T	Individuo 12, Hembra

6.1.3 Recolección de muestras

Las heces fueron recolectadas diariamente, se hizo un pool en cada una de las cuatro semanas del experimento por individuo.

Las muestras de heces se mantuvieron en bolsas de plástico herméticamente cerradas debidamente identificadas con la letra y número del individuo al que pertenecían, número de la semana (1, 2, 3 o 4) y se mantuvieron en congelación (-17 °C) para su posterior procesamiento en el laboratorio. También se recolectaron muestras semanales de las presas proporcionadas (*Tenebrio molitor* y *Acheta domestica*) para realizar un análisis de minerales de estas.

6.2 Fase de laboratorio

Las muestras de heces y muestras de las presas ofrecidas como alimento fueron llevadas a los Laboratorios de Bromatología y Toxicología del Departamento de

Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM para ser procesadas.

6.2.1 Obtención de base húmeda y base seca

Las muestras de heces y alimento en base húmeda fueron colocadas en pesafiltros de manera individual. Primero se registró el peso del pesafiltro y posteriormente el peso de este con la muestra, a esta suma se restó el peso del pesafiltro para poder conocer el peso real de la muestra en base húmeda. Cada uno de los pesafiltros con muestra fueron colocados en una estufa a 80°C por aproximadamente 12 horas, al cabo de este tiempo se volvió a pesar cada pesafiltro con la muestra y así se obtuvo el peso real de la muestra en base seca. Con la ayuda de un mortero, cada muestra fue molida y colocadas en bolsas de plástico debidamente identificadas con la letra y número del individuo al que pertenecían, así como el número de semana (1, 2, 3 o 4), se colocaron en un lugar fresco y seco para su posterior procesamiento (Iturbe, 2011).

6.2.2 Digestión seca

Debido a que las cantidades de muestras de heces en base seca eran muy pequeñas, se decidió juntar las heces de la primera con la segunda semana (designado como Periodo 1) y la tercera con la cuarta semana (designado como Periodo 2), en cada caso de manera individual, es decir, del individuo 1T se juntaron las heces de la primera semana con las heces de la segunda semana, del individuo 2T se juntaron las heces de la primera semana con las heces de la segunda semana, y así sucesivamente con las muestras de cada individuo. En el caso de las muestras de alimento en base seca, se contaba con suficiente muestra para pesar 0.25 g de cada muestra semanal (Iturbe, 2011).

De cada cantidad de heces en base seca (ya considerando la suma de las heces de la semana uno más la semana dos), se dividió en dos para colocar cada mitad en un crisol, esto con la finalidad de hacer mediciones pareadas. Cada crisol se colocó en una mufla a 500°C por aproximadamente 12 horas y así obtener las cenizas. Se realizó también un registro del peso en gramos de las cenizas obtenidas, pesando anteriormente los crisoles y después restando este valor a la suma de los crisoles más las cenizas (Iturbe, 2011).

Los crisoles con cenizas fueron colocados en una platina a 50°C y se colocaron 5 mL de ácido clorhídrico al 25% en cada uno, después de aproximadamente 15 minutos de digestión, se pasó del crisol a un vaso de precipitado, se limpió el crisol con agua desionizada para retirar los residuos y se vertió en un matraz de 50 mL en donde se aforó con agua desionizada, luego se transfirió con papel filtro (Whatman Nº 1) a un frasco de plástico de 100 mL, se cerró perfectamente y se mantuvo en un lugar fresco y seco para poder realizar la lectura de los minerales posteriormente (Iturbe, 2011).

6.2.3 Lectura de minerales

Los elementos minerales que se determinaron fueron calcio, sodio, potasio, magnesio, manganeso, cobre, zinc, hierro y fósforo.

La concentración de minerales se calcula a partir de una curva patrón preparada con una solución del elemento mineral de 1000 ppm considerando los parámetros del Cuadro 6.2 según el elemento mineral a determinar (Iturbe, 2011).

Cuadro 6.2 Parámetros indicados para la lectura de los elementos minerales

Elemento mineral	Longitud de onda	Rango lineal
Calcio (Ca)	422.7	5.0
Cobre (Cu)	324.8	2.0
Hierro (Fe)	248.3	5.0
Potasio (K)	766.5	2.0
Magnesio (Mg)	285.2	0.5
Manganeso (Mn)	279.5	2.0
Sodio (Na)	589.0	1.0
Fósforo (P)	213.6	10000.0
Zinc (Zn)	213.9	1.0

Todos los minerales exceptuando el fósforo fueron leídos mediante la técnica espectrometría de absorción atómica. El fósforo se determinó colorimétricamente mediante la técnica de espectrofotometría de UV visible (Skoog *et. al.*, 2008). Se determina la curva de calibración del elemento mineral con la cual se obtiene la ecuación de la recta y la regresión lineal para así poder calcular la concentración de la muestra.

6.2.4 Digestibilidad aparente de minerales (Absorción aparente de minerales)

Para realizar este cálculo, primero fue necesario conocer la concentración de los minerales en el alimento que se proporcionó, posteriormente se obtuvo la cantidad de materia seca del alimento consumido (AC) y las heces producidas cada dos semanas, y así calcular la concentración en miligramos / gramo de ambas variables.

Finalmente se determinó la absorción aparente de cada uno de minerales mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad aparente (\%)} = \left[\frac{\text{Analito consumido} - \text{analito desechado}}{\text{Analito consumido}} \right] \times 100$$

6.3 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente como un diseño completamente al azar de un solo factor con mediciones repetidas, utilizando los programas SSPS versión 16 y JMP Versión 5.1, para evaluar la existencia de diferencias entre las medidas del tratamiento 1 y el tratamiento 2.

7. RESULTADOS

7.1 Consumo voluntario

En los siguientes cuadros, se muestran con literales (^A y ^B) al costado de los promedios, mostrando las diferencias estadísticamente significativas con ambas literales (^A y ^B) y solamente con ^A cuando no se encontraron diferencias.

El promedio del alimento consumido en gramos por grupo de tratamiento, en el periodo 1 y el periodo 2, se muestra en el Cuadro 7.1.

Cuadro 7.1. Promedio de alimento consumido (g) por grupo

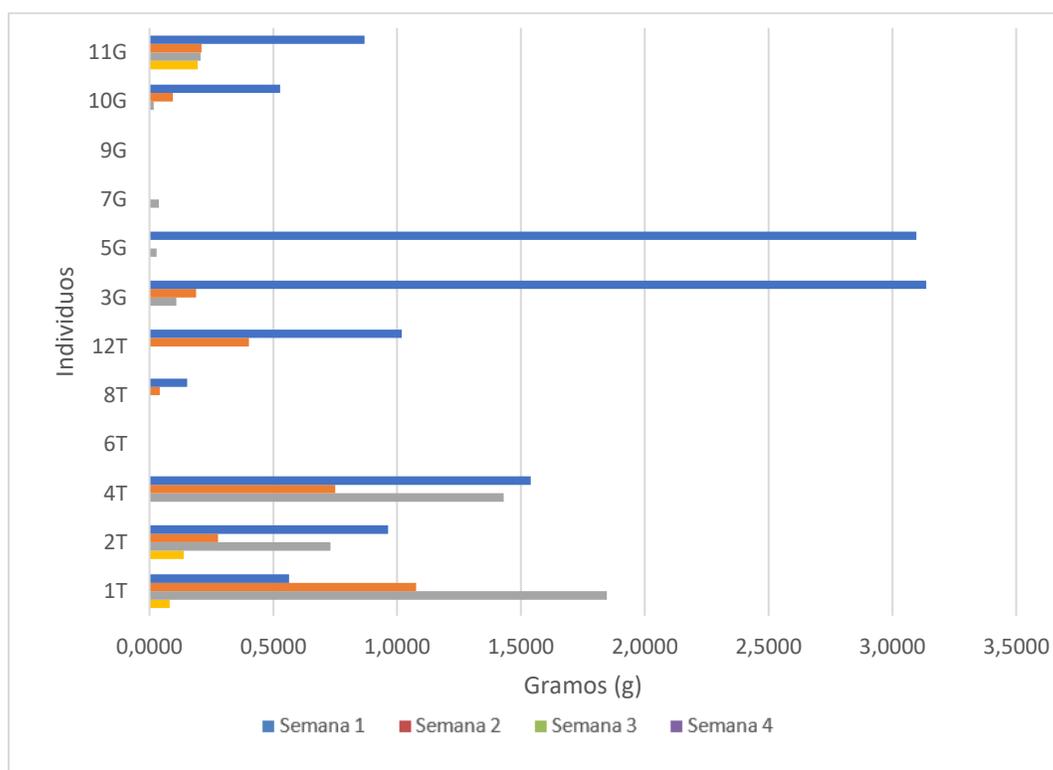
	Alimento consumido en el periodo 1	Alimento consumido en el periodo 2	Promedio de alimento consumido por tratamiento
Tratamiento 1	1.6545 ^A	1.0568 ^A	1.3557 ^A
Tratamiento 2	2.0301 ^A	0.1385 ^A	1.0843 ^A
Promedio de alimento consumido	1.8423 ^A	0.5976 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

De acuerdo con lo anterior, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) con respecto a los gramos alimento consumido entre tratamientos, tiempos ni en la interacción entre el tratamiento y el tiempo.

En la siguiente Figura (7) se muestran los gramos de materia seca consumidos por individuo por cada semana de tratamiento.

Figura 7. Consumo voluntario (gramos de MS) por individuo por semana



G= Grillos, T= Tenebrios

7.2 Materia seca, materia orgánica y cenizas en grillos y tenebrios

En el Cuadro 7.2 se muestra la cantidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en los grillos y tenebrios que se ofrecían como alimento a los dragoncitos de labio rojos.

Cuadro 7.2. Proporción (%) de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en grillos y tenebrios

	MS	MO	Cenizas
Periodo 1			
Tenebrios	37.79	34.62	3.17
Grillos	35.58	30.98	4.60
Periodo 2			
Tenebrios	31.69	28.21	3.48
Grillos	39.07	33.78	5.29

7.3 Elementos minerales en grillos y tenebrios

En el siguiente cuadro (Cuadro 7.3) se observa la concentración (mg/g) de elementos minerales en los grillos y tenebrios que se ofrecían como alimento a los dragoncitos de labios rojos.

Cuadro 7.3. Concentración (mg/ g) de elementos minerales en grillos y tenebrios

	Ca	Mg	Cu	Zn	K	Mn	Fe	Na	P
Periodo 1									
Tenebrios	15.1860	2.4376	0.0043	0.0686	10.2388	0.0080	0.0521	0.0453	2.0025
Grillos	31.7797	1.4201	0.0136	0.1340	13.4855	0.0206	0.0843	0.0936	4.0318
Periodo 2									
Tenebrios	18.3988	2.5004	0.0062	0.0571	9.1772	0.0075	0.0532	0.0338	2.0186
Grillos	31.2651	1.2889	0.0090	0.1233	12.6671	0.0137	0.0759	0.0923	2.8399

7.4 Materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en heces

En cuanto a la cantidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas resultantes de las heces de los dragoncitos de labios rojos en el periodo 1 y en el periodo 2, se pueden observar en los Cuadros 7.4 al 7.7.

Cuadro 7.4. Cantidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en heces en el periodo 1 (%) de individuos con el Tratamiento 1

	MS	MO	Cenizas
1T	44.01	39.98	4.04
2T	62.96	56.41	6.55
4T	40.13	35.33	4.80
6 T	27.31	22.61	4.70
8 T	28.42	22.51	5.91
12 T	38.16	31.59	6.57

Cuadro 7.5. Cantidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en heces en el periodo 1 (%) de individuos con el Tratamiento 2

	MS	MO	Cenizas
3G	37.31	24.57	12.75
5 G	46.45	39.90	6.56
7 G	39.89	35.41	4.48
9 G	36.63	31.26	5.38
10 G	38.88	32.39	6.48
11 G	34.73	28.18	6.55

Cuadro 7.6. Cantidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en heces en el periodo 2 (%) de individuos con el Tratamiento 1

	MS	MO	Cenizas
1T	34.83	27.47	7.36
2T	34.67	29.56	5.11
4T	40.04	35.02	5.03
6 T	46.39	36.82	9.58
8 T	16.51	11.54	4.97
12 T	36.09	28.40	7.69

Cuadro 7.7. Cantidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y cenizas en heces en el periodo 2 (%) de individuos con el Tratamiento 2

	MS	MO	Cenizas
3G	32.46	26.73	5.73
5 G	70.52	64.99	5.52
7 G	17.85	11.65	6.20
9 G	24.32	19.94	4.38
10 G	22.37	17.87	4.49
11 G	30.06	23.44	6.62

7.5 Heces por grupo

El promedio de heces en gramos por grupo de tratamiento en el periodo 1 y el periodo 2, se muestran en el cuadro 7.8.

Cuadro 7.8. Promedio de heces (g) por grupo de tratamiento

	Heces en el periodo 1	Heces en el periodo 2
Tratamiento 1	0.4236 ^A	0.2769 ^A
Tratamiento 2	0.6335 ^A	0.1861 ^A
Promedio de heces	0.5286 ^A	0.2315 ^A

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) con respecto a la cantidad en gramos de heces por grupo entre tratamientos, tiempos ni en la interacción entre el tratamiento y el tiempo.

7.6 Elementos minerales en heces

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) con respecto a los miligramos de los minerales en heces entre tratamientos, tiempos, ni en la interacción entre el tratamiento y el tiempo para el caso del calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro y sodio (Cuadro 7.9 al 7.14).

Cuadro 7.9. Concentración promedio de Ca (mg/g de heces totales)

	Calcio en heces en periodo 1	Calcio en heces en periodo 2	Promedio de Ca en heces por tratamiento
Tratamiento 1	10.8110 ^A	13.3121 ^A	12.0616 ^A
Tratamiento 2	13.2102 ^A	13.8602 ^A	13.5352 ^A
Promedio de Ca en heces por periodo	12.0106432 ^A	13.5862 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.10. Concentración promedio de Mg (mg/g de heces totales)

	Mg en heces en periodo 1	Mg en heces en periodo 2	Promedio de Mg en heces por tratamiento
Tratamiento 1	1.2980 ^A	1.5869 ^A	0.0288 ^A
Tratamiento 2	1.5501 ^A	0.7180 ^A	0.0226 ^A
Promedio de Mg en heces por periodo	1.4240 ^A	1.1524 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.11. Concentración promedio de Cu (mg/g de heces totales)

	Cu en heces en periodo 1	Cu en heces en periodo 2	Promedio de Cu en heces por tratamiento
Tratamiento 1	0.0159 ^A	0.0153 ^A	0.0156 ^A
Tratamiento 2	0.0221 ^A	0.0090 ^A	0.0155 ^A
Promedio de Cu en heces por periodo	0.0190 ^A	0.0122 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.12. Concentración promedio de Zn (mg/g de heces)

	Cu en heces en periodo 1	Cu en heces en periodo 2	Promedio de Zn en heces por tratamiento
Tratamiento 1	0.0612 ^A	0.0627 ^A	0,0619 ^A
Tratamiento 2	0.1362 ^A	0.0424 ^A	0,0893 ^A
Promedio de Zn en heces por periodo	0.0987 ^A	0.0526 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.13. Concentración promedio de Fe (mg/g de heces totales)

	Fe consumido en periodo 1	Fe consumido en periodo 2	Promedio de Fe en heces por tratamiento
Grupo A (Tratamiento 1)	0.0713 ^A	0.0526 ^A	0.0619 ^A
Grupo B (Tratamiento 2)	0.2024 ^A	0.0768 ^A	0.1396 ^A
Promedio de Fe en heces por periodo	0.1368 ^A	0.0647 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.14. Concentración promedio de Na (mg/g de heces totales)

	Na consumido en periodo 1	Na consumido en periodo 2	Promedio de Na en heces por tratamiento
Grupo A (Tratamiento 1)	0.0713 ^A	0.0526 ^A	0.0103 ^A
Grupo B (Tratamiento 2)	0.2024 ^A	0.0768 ^A	0.0121 ^A
Promedio de Na en heces por periodo	0.1368 ^A	0.0647 ^A	

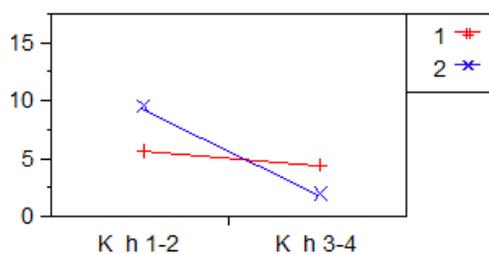
Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

En cuanto a la concentración de potasio en heces, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) (Cuadro 7.15) en la interacción entre el tiempo y el tratamiento (Figura 7.1), mostrándose que a través del tiempo con el tratamiento 2 se disminuye la concentración de este mineral mientras que en el tratamiento 1, a pesar de que disminuye, es en una menor cantidad.

Cuadro 7.15. Concentración promedio de K (mg/g de heces totales)

	K en heces en periodo 1	K en heces en periodo 2	Promedio de K en heces por tratamiento
Tratamiento 1	5.6186	4.4747	0.1080
Tratamiento 2	9.3727	1.7130	0.0737
Promedio de K en heces por periodo	7.4956 ^A	3.0938 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillo

Figura 7.1. Interacción tiempo y tratamiento en la concentración de K (mg/g de heces totales)

Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.

K_h 1-2 = Periodo 1, K_h 3-4= Periodo 2.

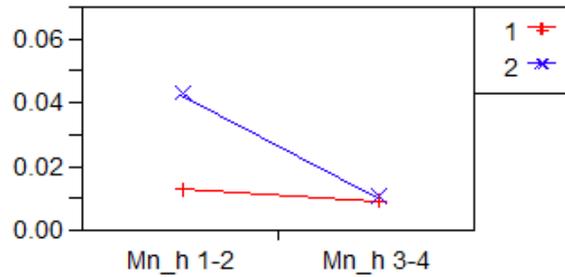
En la concentración de manganeso (mg/g) en las heces (Cuadro 7.16) resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en relación a la interacción entre el tiempo y tratamiento. Se muestra que a través del tiempo en el grupo asignado con el tratamiento 2 se disminuye la concentración de manganeso, mientras que en el tratamiento uno, a pesar de que disminuye, es en una menor cantidad. (Figura 7.2).

Cuadro 7.16. Concentración promedio de Mn (mg/g de heces totales)

	Mn consumido en periodo 1	Mn consumido en periodo 2	Promedio de Mn en heces por tratamiento
Tratamiento 1	0.0126	0.0093	0.0109
Tratamiento 2	0.0427	0.0100	0.0263
Promedio de Mn en heces por periodo	0.0276 ^A	0.0096 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.2. Interacción tiempo y tratamiento en la concentración de Mn (mg/g de heces totales)



Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.

Mn_h 1-2 = Periodo 1, Mn_h 3-4= Periodo 2.

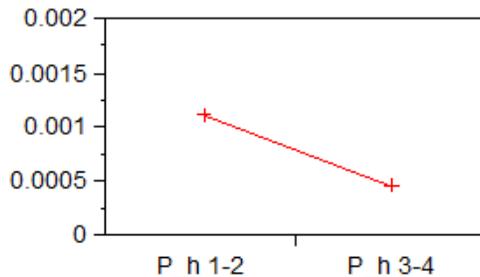
En el Cuadro 7.17 se muestra una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en la concentración promedio de fósforo en heces a través del tiempo. Este resultado se representa también en la figura 7.3, en la que se puede observar que la concentración de P va en disminución del periodo uno al periodo dos (representado por la línea roja), esta concentración es independiente del tipo de tratamiento ofrecido.

Cuadro 7.17. Concentración promedio de P (mg/g de heces totales)

	P consumido en periodo 1	P consumido en periodo 2	Promedio de P en heces por tratamiento
Tratamiento 1	0.0007	0.0007	0.0007
Tratamiento 2	0.0014	0.0002	0.0008
Promedio de P en heces por periodo	0.0011 ^A	0.0004 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.3. Significancia en la concentración de P (mg/g de heces totales) con respecto al tiempo



P_h 1-2 = Periodo 1, P_h 3-4= Periodo 2.

7.7 Concentración de minerales en alimento consumido

En el Cuadro 7.18, se muestra el promedio de la concentración de calcio (Ca) en miligramos por gramos de alimento consumido según el tratamiento, en el periodo 1 y el periodo 2.

Cuadro 7.18. Concentración promedio de Ca (mg/g de alimento total consumido).

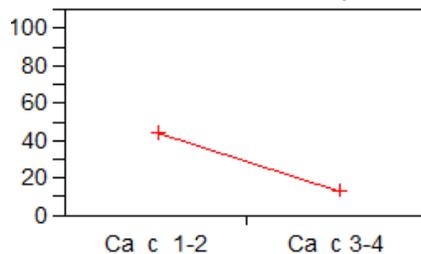
	Calcio consumido periodo 1	Calcio consumido en periodo 2	Promedio de Ca consumido por tratamiento
Tratamiento 1	25.1264	19.4443	22.2854
Tratamiento 2	64.5169	6.4470	35.4819
Promedio de Ca consumido por periodo	44.8217 ^A	12.9456 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para el calcio consumido con relación al tiempo, en donde en el periodo 1 hubo una mayor concentración con un promedio de 44.82 mg/g de alimento consumido mientras que en el periodo 2 el promedio fue de 12.94 mg/g independientemente del alimento ofrecido. Se observa una disminución en la concentración de Ca (representado con la línea roja) del periodo 1 al periodo 2, dando como resultado una $p < 0.05$ en

relación en la concentración (mg/g de alimento total consumido) en relación al tiempo (Figura 7.4).

Figura 7.4. Significancia en la concentración de Ca (mg/g de alimento total consumido) a través del tiempo



Ca_c 1-2 = Periodo 1, Ca_c 3-4= Periodo 2.

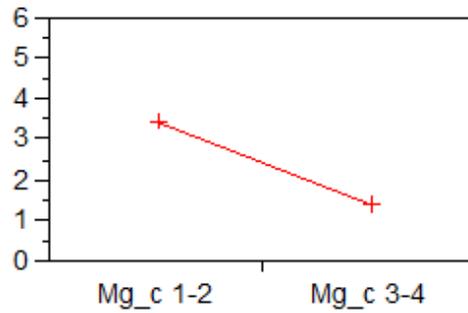
En cuanto a la concentración de magnesio consumido (Cuadro 7.19), se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en relación al tiempo, independientemente del tratamiento. Se observa una disminución en la concentración de Mg (representado con la línea roja) del periodo 1 al periodo 2, dando como resultado una $p < 0.05$ en relación a la concentración (mg/g de alimento total consumido) en relación al tiempo (Figura 7.5).

Cuadro 7.19. Concentración promedio de Mg (mg/g de alimento total consumido)

	Mg consumido periodo 1	Mg consumido en periodo 2	Promedio de Mg consumido por tratamiento
Tratamiento 1	4.0332	2.6424	0.0667
Tratamiento 2	2.8829	0.1786	0.0306
Promedio de Mg consumido por periodo	3.4581 ^A	1.4105 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.5. Significancia en la concentración de Mg (mg/g de alimento total consumido) a través del tiempo



Mg_c 1-2 = Periodo 1, Mg_c 3-4= Periodo 2.

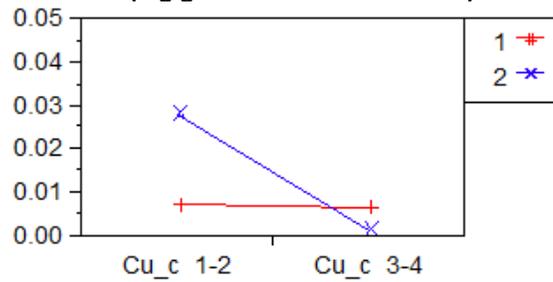
Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para el cobre consumido con relación a la interacción entre tiempo y tratamiento (Cuadro 7.20). Se observa una interacción entre tratamientos en el periodo 2, así como una disminución en la concentración de Cu consumido en ambos grupos de tratamientos, pero es más acentuado en el grupo alimentado con el tratamiento 2 (Figura 7.6).

Cuadro 7.20. Concentración promedio de Cu (mg/g de alimento total consumido)

	Cu consumido periodo 1	Cu consumido en periodo 2	Promedio de Cu consumido por tratamiento
Tratamiento 1	0.0071	0.0065	0.0068
Tratamiento 2	0.0276	0.0012	0.0144
Promedio de Cu consumido por periodo	0.0174 ^A	0.0039 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.6. Interacción tiempo y tratamiento en la concentración de Cu (mg/g de alimento consumido)



Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.

Cu_c 1-2 = Periodo 1, Cu_c 3-4= Periodo 2.

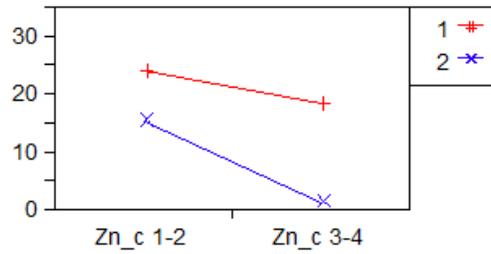
En el caso del zinc, a diferencia de los demás minerales, se observa una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con relación a la concentración de Zn consumida por tratamiento (Cuadro 7.21) en donde en el grupo con el tratamiento 1 (tenebrios) hubo una mayor concentración que en el grupo con el tratamiento 2 (grillos). Se puede observar que con el tratamiento 1 (tenebrios) se mantiene una concentración (mg/g de alimento total consumido) de Zn mayor a la concentración obtenida con el tratamiento 2 (grillos) (Figura 7.7).

Cuadro 7.21. Concentración promedio de Zn (mg/g de alimento total consumido)

	Zn consumido periodo 1	Zn consumido en periodo 2	Promedio de Zn consumido por tratamiento
Tratamiento 1	24.1336	18.5084	21.3210 ^A
Tratamiento 2	15.1458	1.1241	8.1350 ^B
Promedio de Zn consumido por periodo	19.6397	9.8163	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.7. Significancia en la concentración de Zn (mg/g de alimento total consumido) por tratamiento



Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.

Zn_c 1-2 = Periodo 1, Zn_c 3-4= Periodo 2.

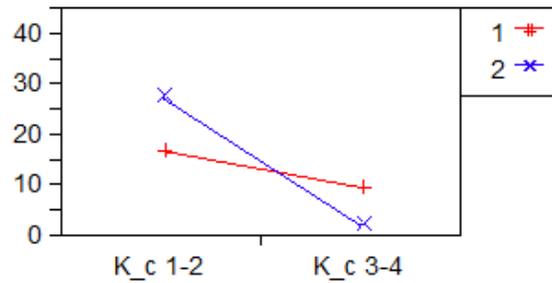
Una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) resultó en la concentración de potasio consumido se observa en la variable tiempo. En la Figura 7.8 se puede observar que, sin importar el tratamiento ofrecido, la concentración promedio de K consumido disminuyó considerablemente del periodo 1 al periodo 2 (Cuadro 7.22).

Cuadro 7.22. Concentración promedio de K (mg/g de alimento consumido)

	K consumido en periodo 1	K consumido en periodo 2	Promedio de K consumido por tratamiento
Tratamiento 1	16.9410	9.6987	0.2663
Tratamiento 2	27.3773	1.7552	0.2913
Promedio de K consumido por periodo	22.1592 ^A	5.7270 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.8. Significancia en la concentración de K (mg/g de alimento total consumido) en el tiempo



Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.
K_c 1-2 = Periodo 1, K_c 3-4= Periodo 2.

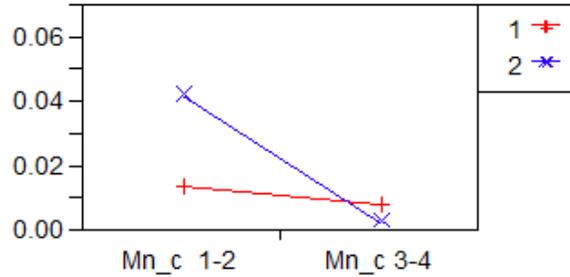
En el Cuadro 7.23 se muestra la concentración promedio de manganeso según los gramos de alimento consumido. Resultó una diferencia estadísticamente significativa en la interacción entre el tiempo y tratamiento. En ambos tratamientos se observa una disminución en la concentración de manganeso a través del tiempo, siendo más pronunciado con el tratamiento dos. (Figura 7.9).

Cuadro 7.23. Concentración promedio de Mn (mg/g de alimento total consumido)

	Mn consumido en periodo 1	Mn consumido en periodo 2	Promedio de Mn consumido por tratamiento
Tratamiento 1	0.0133	0.0079	0.0106
Tratamiento 2	0.0418	0.0018	0.0218
Promedio de Mn consumido por periodo	0.0275 ^A	0.0049 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.9. Interacción tiempo y tratamiento en la concentración de Mn (mg/g de alimento total consumido)



Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.
Mn_c 1-2 = Periodo 1, Mn_c 3-4= Periodo 2.

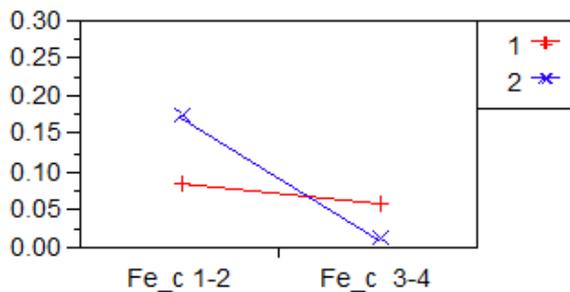
La concentración promedio de hierro resultó en una $p < 0.05$ para la interacción entre tiempo y tratamiento (Cuadro 7.24). Se muestra que con el tratamiento 2 se disminuye la concentración de este mineral mientras que en el tratamiento uno, a pesar de que disminuye, es en una menor cantidad a través del tiempo (Figura 7.10).

Cuadro 7.24. Concentración promedio de Fe (mg/g de alimento total consumido)

	Fe consumido en periodo 1	Fe consumido en periodo 2	Promedio de Fe consumido por tratamiento
Tratamiento 1	0.0862	0.0562	0.0712
Tratamiento 2	0.1712	0.0105	0.0908
Promedio de Fe consumido por periodo	0.1287 ^A	0.033 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.10. Interacción tiempo y tratamiento en la concentración de Fe (mg/g de alimento total consumido)



Tratamiento 1= línea roja, tratamiento 2=línea azul.
Fe_c 1-2 = Periodo 1, Fe_c 3-4= Periodo 2.

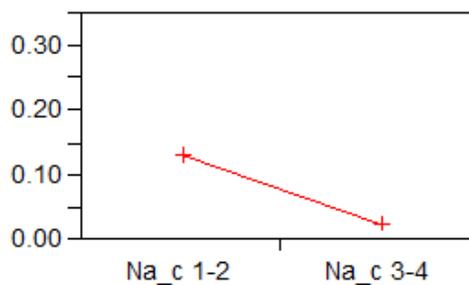
Con respecto a la concentración de sodio en el alimento consumido, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la variable tiempo, independientemente del alimento ofrecido (Cuadro 7.25). Dichos resultados se representan en la figura 7.11, la línea roja en esta gráfica representa, independientemente del tratamiento ofrecido, la concentración de Na a través del tiempo.

Cuadro 7.25. Concentración promedio de Na (mg/g de alimento total consumido)

	Na consumido en periodo 1	Na consumido en periodo 2	Promedio de Na consumido por tratamiento
Tratamiento 1	0.0750	0.0358	0.0554
Tratamiento 2	0.1900	0.0127	0.1014
Promedio de Na consumido por periodo	0.1325 ^A	0.0243 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.11. Significancia en la concentración de Na (mg/g de alimento total consumido) con respecto al tiempo



Na_c 1-2 = Periodo 1, Na_c 3-4= Periodo 2.

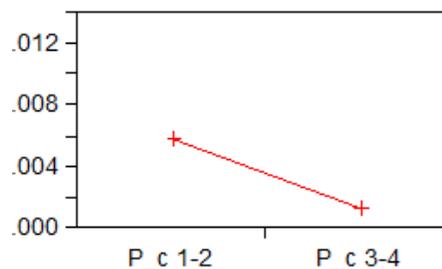
La concentración de fósforo consumido fue significativamente diferente ($p < 0.05$) en el tiempo (Cuadro 7.26), sin tomar en cuenta el tipo de alimento ofrecido. En la Figura 7.12 se representa esta significancia, la línea roja en esta gráfica representa, independientemente del tratamiento ofrecido, la concentración de P a través del tiempo.

Cuadro 7.26. Concentración promedio de P (mg/g de alimento total consumido)

	P consumido en periodo 1	P consumido en periodo 2	Promedio de P consumido por tratamiento
Tratamiento 1	0.0033	0.0021	0.0027
Tratamiento 2	0.0081	0.0003	0.0042
Promedio de P consumido por periodo	0.0057 ^A	0.0012 ^B	

Tratamiento 1= Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.11. Significancia en la concentración de P (mg/g de alimento total consumido) con respecto al tiempo



P_c 1-2 = Periodo 1, P_c 3-4= Periodo 2.

7.4 Absorción aparente de elementos minerales

En los siguientes cuadros (Cuadros 7.27-7.35) se muestran los porcentajes de absorción aparente de minerales entre grupos de tratamientos y por periodo de tiempo, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) a excepción del porcentaje de absorción aparente del sodio.

Cuadro 7.27. Absorción aparente del calcio (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	40.2709 ^A	18.4626 ^A	32,7551 ^A
Tratamiento 2	65.1944 ^A	-384.0045 ^A	-159,4050 ^A
Promedio de absorción aparente	54.5129 ^A	-211.5185 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.28. Absorción aparente del magnesio (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	68.0304 ^A	41.6687 ^A	49.3719 ^A
Tratamiento 2	24.4894 ^A	-1159.0681 ^A	-567.2893 ^A
Promedio de absorción aparente	43.1498 ^A	-644.4665 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.29. Absorción aparente de cobre (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	-133.2881 ^A	-98.2878 ^A	-99.3907 ^A
Tratamiento 2	-25.0028 ^A	-1979.489 ^A	-1002.2459 ^A
Promedio de absorción aparente	-71.4108 ^A	-1173.26 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.30. Absorción aparente de zinc (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	99.73027 ^A	99.68428 ^A	87.2537 ^A
Tratamiento 2	98.7956 ^A	91.8321 ^A	95.3139 ^A
Promedio de absorción aparente	99.1962 ^A	95.1973 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.31. Absorción aparente de potasio (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	5.9662 ^A	55.3392 ^A	53.9892 ^A
Tratamiento 2	22.7259 ^A	-110.8014 ^A	-26.5916 ^A
Promedio de absorción aparente	15.5432 ^A	-39.5982 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.32. Absorción aparente de manganeso (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	3.5012 ^A	-13.6249 ^A	-3.8758 ^A
Tratamiento 2	-38.0463 ^A	-1231.5447 ^A	-634.7955 ^A
Promedio de absorción aparente	-20.2402 ^A	-709.5791 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Cuadro 7.33. Absorción aparente del hierro (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	19.3424 ^A	8.8215 ^A	13.0221 ^A
Tratamiento 2	-54.1268 ^A	-688.2092 ^A	-371.1680 ^A
Promedio de absorción aparente	-22.6399 ^A	-389.4817 ^A	

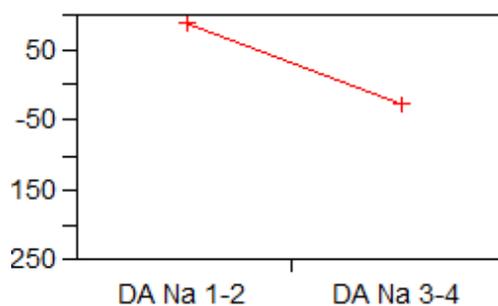
Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Se encontró una $p < 0.05$ en relación a la absorción aparente del sodio a través del tiempo, esto sin tomar en cuenta el tratamiento ofrecido. En la Figura 7.13 se representa la significancia del promedio de absorción aparente de sodio en el tiempo, la línea roja en esta gráfica representa, independientemente del tratamiento ofrecido, el porcentaje de Na absorbido a través del tiempo. Se observa una disminución de dicho porcentaje que va del periodo uno al periodo dos.

Cuadro 7.34 Absorción aparente del sodio (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	85.8117	63.7142	67.0369
Tratamiento 2	90.6632	-97.5303	-3.4335
Promedio de absorción aparente	88.5840 ^A	-28.4255 ^B	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

Figura 7.13. Significancia en el % de absorción aparente del sodio con respecto al tiempo

Da Na 1-2 = Periodo 1, DA Na 3-4= Periodo 2.

Cuadro 7.35. Absorción aparente del fósforo (%).

	Absorción aparente en el periodo 1	Absorción aparente en el periodo 2	Promedio de absorción por tratamiento
Tratamiento 1	75.7135 ^A	70.5772 ^A	64.7694 ^A
Tratamiento 2	73.3668 ^A	-44.6164 ^A	14.3752 ^A
Promedio de absorción aparente	74.3725 ^A	4.7523 ^A	

Tratamiento 1=Tenebrios
Tratamiento 2= Grillos

En el presente trabajo, no se realizó ningún análisis respecto al sexo de los individuos en relación al consumo voluntario o la absorción aparente de minerales, por lo que no es posible argumentar que hembras y machos difieran o no en los resultados obtenidos.

8. DISCUSIÓN

Los grillos domésticos y tenebrios ofrecidos como presas en este estudio arrojaron porcentajes de calcio (Ca) mayores (3.1 – 3.2% en grillos domésticos y 1.2 – 1.5% en tenebrios) a los reportados en la literatura (<1%) en donde los autores consideran a los grillos y tenebrios estudiados como deficientes en este mineral. La dieta de los insectos en el presente estudio se basó en hojuelas de pescado (1.04% de Ca (Díaz, 2014)), lo que pudo ser la causa de los altos porcentajes de calcio, como lo reportado por Allen y Oftedal en 1989 y Anderson en el 2000, en donde ofrecieron dietas de 12 y 35 % de Ca respectivamente, alcanzando en grillos domésticos y tenebrios un 1.04% de este mineral, sin embargo estos estudios con duración de 72 horas, y el presente trabajo tuvo una duración de cuatro semanas, lo que pudo ser la causa de los altos porcentajes de inclusión de Ca en estos insectos. Por otro lado, el porcentaje de fósforo (P) obtenido fue menor (0.28 – 0.4% en grillos domésticos y 0.2% en tenebrios) al que se reporta en la literatura para ambos insectos (>0.5%), y para los elementos minerales restantes (Mg, Cu, Zn, K, Mn, Fe, Na), se encuentran las comparaciones con diversos estudios en el (Cuadro 8.1), pudiendo ser el alimento ofrecido la causa de tales diferencias o similitudes en los resultados obtenidos (Bernard y Allen, 1997; Barker *et. al.*, 1998; Anderson, 2000; Finke, 2002, Rumpold y Schlu, 2013).

A pesar de no encontrarse diferencias significativas en relación con el consumo voluntario, se puede observar que los dragoncitos de labios rojos consumieron más alimento al inicio del experimento, pero con el paso del tiempo el consumo fue disminuyendo. También se observa que el grupo de dragoncitos asignados con el

tratamiento dos (grillos domésticos (*Acheta domestica*)) disminuyó su consumo de alimento drásticamente (93.17% de disminución del periodo 1 al periodo 2), mientras que el grupo de dragoncitos con el tratamiento uno (tenebrios (*Tenebrio molitor*)) disminuyó en menor magnitud (63.87% de disminución del periodo 1 al periodo 2), reflejándose una baja considerable en el consumo de presas para ambos grupos (Figura 7). Suponemos que los resultados no fueron estadísticamente significativos debido al reducido número de individuos (12) en el presente estudio, así como el tiempo en que se llevó a cabo dicho experimento (4 semanas).

En diferentes estudios se ha demostrado que la temperatura del ambiente es esencial para los animales ectotérmicos ya que afecta directamente su temperatura corporal y rige procesos como la tasa metabólica y la velocidad de contracción muscular (Deban y Lappin; 2011), por lo que este factor es una de las posibles causas de la baja en el consumo de alimento de los dragoncitos. Lei y Booth en el 2014, observaron que en geckos caseros comunes (*Hemidactylus frenatus*) a una temperatura ambiente debajo de los 17°C dejaban de alimentarse; se demostró también que, en cinco especies de lagartijas del Mediterráneo, el tiempo de pasaje es dependiente de la temperatura, siendo menor al incrementarse y mayor al disminuirse (Pafilis *et. al.*, 2007), una observación similar ocurrió para el caso de las tortugas *Peltocephalus dumerilianus* las cuales presentaron una disminución en el volumen de ingesta al disminuir la temperatura del ambiente, sugiriendo una inhabilidad para ingerir a temperaturas bajas (De la Ossa *et. al.*, 2009). En el presente estudio, los dragoncitos de labios rojos se albergaban en un rango de temperatura de 17 a 20°C, en la noche y el día respectivamente, sin embargo, en su hábitat natural las temperaturas oscilan entre 12 y 24°C (INEGI, 2008) por lo que no se puede afirmar que ésta variable sea la responsable de la disminución en el consumo de alimento.

Por otra parte, algunos estudios realizados en reptiles insectívoros en vida libre han sugerido que la selección de sus presas (recordando que en vida libre existe un rango amplio de insectos) puede deberse a varios factores como el tamaño de la

presa, la fisiología del animal, la experiencia de los individuos alimentándose con ciertos insectos, la reducción de competencia intraespecífica, la optimización de los nutrientes y la asimilación de energía (Stamps *et. al.*; 1981; Lathi y Beck, 2008; Mella *et.al.*, 2010), con base a estas especulaciones, se podría pensar que los dragoncitos asignados con el tratamiento uno (tenebrios) disminuyeron su consumo de alimento en menor porcentaje al ser éstas presas una buena fuente de energía, conteniendo el 13% de grasa, mientras que los grillos aproximadamente el 3% (Rich y Talent, 2007), lo que hace a los tenebrios insectos posiblemente más palatables y que esto podría inferir en la preferencia de la ingesta de estos por parte de los dragoncitos de labios rojos.

Otra posible causa de la disminución del consumo de presas, podría ser el desarrollo de aversión al alimento. Paradis y Canabac en el 2004 realizaron un estudio en donde inducían aversión al alimento en reptiles, en sus resultados observaban que los reptiles estudiados miraban a las presas que se les ofrecía como alimento, aparentemente olfateaban (movían la lengua en dirección a la presa) y se volteaban rechazandolas; este mismo comportamiento fue observado en los dragoncitos de labios rojos estudiados en el presente trabajo. Existen otros estudios en los que demuestran dicha aversión al alimento en reptiles (Wilcoxon y Czaplicki, 1973; Schal, 1990; Paradis y Canabac, 2004; Ward-Fear *et. al.*; 2006) la cual pudo haber ocurrido en el caso de los dragoncitos de labios rojos alimentados con grillos domésticos, ya que anterior al experimento, la dieta de éstos reptiles consistía en tenebrios (*Tenebrio molitor*) y grillos silvestres (Familia Gryllidae), pero para fines del presente trabajo se cambió la dieta a grillos domésticos (*Acheta domestica*) y se mantuvo ofreciendo a los tenebrios (*Tenebrio molitor*); durante el experimento, se observó que en la última semana, los dragoncitos alimentados con grillos domésticos, detuvieron totalmente la ingesta de alimento (anorexia) (Figura 7), en la mayoría de las veces, miraban a las presas que se les ofrecían, movían la lengua en dirección a la presa y se volteaban rechazando a la presa ofrecida, tal como les ocurrió a Paradis y Cabanac en el 2004.

Es bien sabido que muchos lagartos y serpientes toman muestras de sustancias químicas lingualmente mientras forrajea y las analizan mediante la vomerolfación para localizar, identificar y seleccionar la comida, así como detectar a los depredadores y las feromonas (Coper, 1997) por lo que puede existir una discriminación química hacia las presas (Halpern y Frumin, 1979; Cooper, 1993; Cooper y Scherbrooke, 2009; Cooper y Bradley, 2009; Cooper y Habegger, 2000; Cooper *et. al.* 2000) tal como se observó en algunos de los dragoncitos de labios rojos en las últimas semanas del presente estudio, quienes en ocasiones movían su lengua en dirección a las presas pero no llegaban a consumirlas, atribuyéndoles este comportamiento de discriminación química hacia las presas y la disminución del consumo de estas.

Los reptiles insectívoros en vida libre tienen una dieta basada en una gran variedad de presas dependiendo de la temporada del año difiriendo en la diversidad de insectos y la disponibilidad de éstos (Therry *et. al.*, 1994; Aowphol *et. al.*, 2006; Rouag *et. al.*, 2007; Eyte-Manrique y Ramírez Bautista, 2010; Hardy, 2010; Maneyro y Panzera, 2014; Semmar y Roux, 2014; Gibson, *et. al.*, 2016) y, según Álvarez del Toro y Smith en 1963, observaron que los dragoncitos de labios rojos se alimentaban de crustáceos, insectos, arácnidos y pequeños lagartos esquizones, refiriendo a que la dieta de éstos individuos no era monotípica, lo cual pudo ser una razón por la cual los dragoncitos en éste estudio dejaron de alimentarse, ya que se les ofrecía un sólo tipo de presa por un largo periodo de tiempo cuando anteriormente la dieta ofrecida era variada (presas del orden Choleoptera (larvas y adultos), Lepidoptera, Othoptera y Araneae).

Los resultados estadísticos obtenidos en el caso de la concentración de elementos minerales (mg/g) en heces producidas y alimento consumido, así como el porcentaje de absorción aparente (% DA) de éstos, se atribuyen a la disminución del consumo de alimento, específicamente del marcado descenso por parte del grupo de dragoncitos alimentados con grillos domésticos, ya que éstas presas presentaron

una mayor concentración de elementos minerales (mg/g) (a excepción del magnesio (Mg)) que los tenebrios, tal como se demuestra en el Cuadro 8.1, en donde se realizó una comparación de elementos minerales en grillos domésticos (*Acheta domestica*) y tenebrios (*Tenebrio molitor*) del presente trabajo con los resultados obtenidos por diversos autores. Dichos estudios justificarán los resultados arrojados en el análisis estadístico (disminución en la concentración de los elementos minerales (mg/g) a través de tiempo e interacción entre el tiempo y tratamiento en las heces producidas y el alimento consumido, así como disminución del porcentaje de absorción aparente (%DA) de los elementos minerales), aunque no en todos los casos se mostraron diferencias estadísticamente significativas, se puede observar una baja en concentraciones y porcentajes para cada cuestión.

La absorción aparente de minerales en reptiles está escasamente reportado, en un estudio en el que trabajaron con tortugas gigantes de Galapagos (*Geochelone nigra*), encontraron un aumento en el porcentaje de absorción del calcio, potasio y magnesio conforme aumentaba el porcentaje de inclusión de calcio en la dieta, encontrando que el calcio aumentaba de 42 a 84%, el potasio de 84 a 91% y el magnesio de 54 a 92% de absorción aparente, sin embargo en nuestro estudio se observa una disminución de la absorción de estos minerales a través del tiempo, probablemente por la disminución del consumo de alimento. (Liesegang *et. al.*, 2001). En este mismo estudio discuten que los animales que consumieron la dieta con mayor contenido de fibra y grasa la absorción de calcio incrementó, no obstante, en ratas está reportado que la absorción de calcio no difiere por la cantidad de fibra y la grasa en la dieta (Watkins *et al.*, 1992), en el presente trabajo, la dieta con mayor grasa fue el tratamiento 1 (*Tenebrio molitor*, con 60% en comparación con *Acheta doméstica* con 44% (Donoghue, 1998), sin embargo, los grillos domésticos son los que contienen mayor contenido de fibra (29%) a comparación con los tenebrios (19%), resultando una absorción aparente de Ca sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En cuanto al magnesio se ha demostrado que el porcentaje de absorción aumenta a mayor absorción de fósforo

y a mayor ingesta de calcio, en el presente trabajo, los dragoncitos alimentados con tenebrios presentaron una absorción aparente de magnesio positiva, y los alimentados con grillos domésticos arrojaron un resultado negativo siendo los tenebrios las presas con menor contenido de calcio, sin embargo, la drástica disminución de la ingesta de grillos domésticos pudo ser la causa de estos resultados.

Naggy en 1977, estudia la digestión de celulosa y la asimilación de nutrientes en chacahualas (*Saurumalus obesus*) y reporta un 90% de asimilación para el potasio, 82% para el sodio, 68% para el calcio, 49% en el caso del magnesio, 18% de hierro y 49% de cobre, si se compara con los resultados obtenidos en el presente trabajo, los porcentajes de absorción aparente para el caso del magnesio y el hierro son similares, siendo 49 y 13% respectivamente.

Cuadro 8.1. Comparación de concentración de elementos minerales en grillos domésticos (*Acheta domestica*) y tenebrio (*Tenebrio molitor*)

Elementos minerales	Grillos domésticos (<i>Acheta domestica</i>)					Tenebrio (<i>Tenebrio molitor</i>)				
	Presente trabajo		Rumpold, 2013	Finke, 2002	Barke r et., 1998	Presente trabajo		Rumpold, 2013	Finke, 2002	Barke r et., 1998
	P1	P2				P1	P2			
Ca (%)	3.17	3.26	0.21	0.40	0.21	1.51	1.83	0.04	0.16	0.12
K (%)	1.34	1.26		3.47		1.02	0.91	0.76	3.4	
Mg (%)	0.14	0.12	0.08	0.33	0.08	0.24	0.25	0.22	0.80	0.28
P (%)	0.4	0.28	0.78	0.29	0.78	0.2	0.20	0.69	0.28	1.42
Na (%)	0.00	0.00		1.34		0.00	0.00	0.12	0.53	
	9	9				4	3			
Fe (mg/100g)	8.4	7.5	11.23	1.93	11.23	5.2	5.3	5.51	2.06	3.97
Zn (mg/100g)	13.4	12.33	18.64	6.71	18.64	6.86	5.7	11.41	5.2	13.10
Mn (mg/100g)	2.06	1.3	2.97	1.15	2.96	0.8	0.7	0.92	0.52	0.68
Cu (mg/100g)	1.3	0.9	0.85	0.62	0.85	0.43	0.6	1.64	0.6	1.78

P1=Período 1, P2= Período 2

La baja absorción aparente de minerales e incluso los valores negativos arrojados en el presente trabajo, pueden deberse a la alta cantidad de calcio presente en las dietas, similar a lo ocurrido en el trabajo de Hazard *et. al.*, quienes discuten que, en el caso de mamíferos, la asimilación del calcio y el fósforo es óptima cuando ambos están presentes en la dieta en cantidades aproximadamente iguales (Ca:P de 2:1 o 1:1), si uno está presente en exceso, puede interferir con la asimilación del otro, por la formación de compuestos de fosfato cálcico, lo que explicaría nuestros resultados, sin embargo, sería necesaria la toma de muestra sanguínea para verificar dichas especulaciones (Hazard *et. al.*, 2010).

Algunos estudios han reportado que la actividad de enzimas y proteínas de suero o plasma en otros reptiles declinan drásticamente cuando las temperaturas bajan, como lo reportado en el caso de lagartos chinos (*Alligator sinensis*) los cuales registraron alteraciones en los niveles de calcio y fósforo en condiciones de hibernación (Tang *et. al.*, 2016). Entonces, a pesar de que las temperaturas se encontraban en un rango medio (17 – 20°C) comparado con el rango al que se encuentran su hábitat natural (12 - 24°C), desconocemos las conductas que permiten a *A. lythrochila* termorregular a lo largo del día, pero son conductas que los individuos estudiados en el presente trabajo no tienen posibilidad de realizar, lo que pudo ser la causa de los resultados con valores negativos en los porcentajes de absorción aparente de minerales ya que además de dejar de alimentarse se encontraban a un rango de temperatura medio constante sin posibilidad de una fuente de calor, recordando que los individuos continuaban defecando, por lo que proteínas, enzimas y minerales seguían siendo desechados del organismo.

No se analizó si el sexo de los ejemplares estudiados podría ser causa de variaciones o no con respecto al consumo voluntario o la absorción aparente de minerales, como lo indica Orrel K. S. y colaboradores en 2004, quienes señalan un aumento en la tasa de alimentación después de la época reproductiva por parte de las hembras de varias especies de reptiles. En el presente trabajo no se realizaron

los análisis correspondientes, por lo que no es posible argumentar que hembras y machos difieran o no en los resultados obtenidos.

9. CONCLUSIONES

La concentración de elementos minerales en grillos domésticos resultó mayor que la encontrada en tenebrios (exceptuando el Mg y el Zn), por lo que podemos concluir que, en las condiciones en las que se encontraban los insectos en el presente estudio, los grillos resultaron ser mejores con respecto a los minerales analizados, sin embargo, se deben analizar otros nutrientes como el contenido de proteína, grasa y fibra.

El consumo voluntario disminuyó con el paso del tiempo en ambos grupos de tratamientos (93.17% para el grupo alimentado con grillos domésticos (*Acheta domestica*) y 63.87% para el grupo alimentado con tenebrio (*Tenebrio molitor*) observándose una disminución más drástica para el caso del grupo alimentado con grillos domésticos.

En cuanto a la absorción aparente de elementos minerales en *A. lythrochila* se encontró que en la mayoría de los elementos la absorción aparente es escasa, nula o con pérdidas; el caso del zinc, el sodio y el fósforo fueron los elementos con una mejor absorción para ambos tratamientos estudiados.

Con la información obtenida en este estudio, se puede sustentar la teoría de que las dietas monotípicas (de un solo ingrediente) no son un manejo adecuado para la nutrición de los organismos, ya que además de provocar la deficiencia de diversos nutrientes (entre ellos los elementos minerales), también puede ocasionar la reducción del consumo voluntario y hasta la anorexia, debido a la monotonía del consumo del mismo ingrediente por tiempo prolongado (aburrimiento).

Algunos ingredientes de la dieta pueden causar un mayor rechazo, por la monotonía de la dieta, por lo cual es importante no solo no dar un solo tipo de ingrediente, si no también intercambiarlos, como ocurriría en vida libre (variar la dieta).

Es necesario realizar estudios que ayuden a complementar la información proporcionada en el presente trabajo, como puede ser el determinar el comportamiento de estas especies con una presentación de dietas más variadas similar a la amplia variedad de presas de las que pueden alimentarse en vida libre y observar si su consumo aumenta o se mantiene en un nivel que le permita obtener los nutrientes necesarios, además de determinar la concentración de minerales en la dieta de vida libre. Albergar a diferentes temperaturas a ejemplares de esta misma especie nos podría ofrecer información acerca de si este factor es influyente o no en cualquiera de los aspectos estudiados en el presente trabajo. Sería importante también, observar los cambios en el comportamiento y metabolismo de estos ejemplares albergados con una fuente de luz UV, recordando que es un elemento esencial para la mayoría de los reptiles en cautiverio. Este estudio también se podría complementar realizando un análisis para identificar si el sexo de los individuos puede ser o no un factor determinante en el consumo voluntario y/o en la absorción aparente de minerales.

10. LITERATURA CITADA

Aguilar R. F., Hernández S. M., Dives S. J. y Perpiñán D. (2004) Atlas de medicina de animals exóticos. 2ª. Edición. BSAVA. Inglaterra.

Álvarez del Toro M. y Smith H. M. (1963) Notule Herpetologicae Chiapasiae IV Herpetologica, 19 (2) pp. 100-105.

Anderson S. J. (2000) Increasing calcium levels in cultured insects. Zoo Biology 9, pp.1–9.

- Aowphol A., Thirakhupt K., Nabhitabhata J. y Voris H. K. (1994) Foraging ecology of the Tokay gecko (*Gekko gecko*) in a residential area in Thailand. *Amphibia-Reptilia*, 27, pp.491–503.
- Barker D., Fitzpatrick, M. P. y Dierenfeld, E. S. (1998) Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, 17, pp.123–134.
- Bashaw M. J., Gibson M. D., Schowe D. M. y Kucher A. S. (2016) Does enrichment improve reptile welfare? Leopard geckos (*Eublepharis macularius*) respond to five types of environmental enrichment. *Applied Animal Behaviour Science*, 184, pp.150–160.
- Bernard J. B. y Allen M. E. (1997) Feeding captive insectivorous animals: nutritional aspects of insects as food. Doctoral Dissertation, Michigan State University, East Lansing, MI. Nutrition Advisory Handbook Fact, Cap. 3.
- Burghardt G. M., Wilcoxon, H. C. y Czaplicki, J. A. (1973) Conditioning in garter snakes: Aversion to palatable prey induced by delayed illness. *Animal Learning & Behaviour*, 1(4), pp.317–320.
- Campbel J. A. y Frost, D. R. (1993) Anguid lizards of the genus *Abronia*: Revisionary notes, descriptions of four new species, a phylogenetic analysis, and key. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, Núm. 216.
- Church D. C, Pond W. G, Pond K. R y Schoknect, P. A (2013) *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2ª edición. Limusa Wiley. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO), (2014): Quinto informe nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). CONABIO. México.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (2014): Estado de conservación, uso, gestión y

comercio de las especies del género *Abronia* que se distribuyen en México. Vigésimo séptima reunión del Comité de Fauna Veracruz. México.

Cooper W. E. (1994) Chemical discrimination by tongue-flicking in lizards: A review with hypotheses on its origin and its ecological phylogenetic relationships. *Journal of Chemical Ecology*, 20(2), pp.439–487.

Cooper W. E., Al-johany A. M. y Vitt L. J. (2000) Responses to chemical cues from animal and plant foods by actively foraging insectivorous and omnivorous scincine lizards. *Journal of Experimental Zoology*, 287, pp.327–339.

Cooper W. E. y Bradley K. A. (2009) Prey chemical discrimination by a diploglossine lizard, the giant Hispaniolan galliwasp (*Celestus warreni*). *Amphibia-Reptilia*, 30, pp.135–140.

Cooper W. E. y Sherbrooke W. C. (2009) Prey chemical discrimination by tongue flicking is absent in the texas horned lizard, *Phrynosoma cornutum*. *Journal of Herpetology*, 43(4), pp.688–692.

Cooper W. E. (1997) Correlated evolution of prey chemical discrimination with foraging lingual morphology and vomeronasal chemoreceptor abundance in lizards. *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 41, pp.257–265.

Cruz-Ruiz Gl., Mondragón D. y Santos-Moreno A. (2011) The presence of *Abronia oaxacae* (Squamata: Anguinae) in tank bromeliads in temperate forests of Oaxaca, Mexico. *Brazilian Journal of Biology*. 2012, vol. 72, no. 2, p. 337-341.

Díaz T. G. (2014) Evaluación nutricional del grillo café (*Acheta domestica*), zophoba (*Zophoba morio*) y tenebrio molitor (*Tenebrio molitor*), alimentados con tres diferentes sustratos. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia, UNAM. México.

- De la Ossa V. J., Vogt R. C., Schnider L. y De la Ossa, A. (2009) Influencia de la temperatura en el comportamiento alimentario de *Peltocephalus dumerilianus* (*Testuines pododecmidae*). Revista MVZ Córdoba 14(1), pp.1587–1593.
- Deban S. M. y Lappin A. K. (2011) Thermal effects on the dynamics and motor control of ballistic prey capture in toads: Maintaining high performance at low temperature. The Journal of Experimental Biology, 214, pp.1333–1346.
- Finke M. D. (2002) Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biology, 21, pp.269–285.
- Flores-Villela O. y García-Vázquez U. O. (2014) Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85: S467-S475.
- Gordon M. B. (1973) Chemical release of prey attack: extension to naive newly hatched lizards. Copeia, 1973 (1), pp.178–181.
- Girling S. y Raiti P. (2004) BSAVA Manual of reptiles. British Small Animal Veterinary Association. Second edition. UK.
- Halpern M. (1979) Roles of the vomeronasal and olfactory systems in prey attack and feeding in adult garter snakes. Physiology & Behavior, 22, pp.1183–1189.
- Hardy L.M. y Crnkovic A.C. (2006) Diet of amphibians and reptiles from the Engare Ondare river region of central Kenya, during the dry season. African Journal of Herpetology, 55(2), pp.143–159.
- Hatch K. A. y Afik D. (1999) Retention time of digesta in insectivorous lizards, a comparison of methods and species. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 124, pp 89-92.
- Hornos C. (2012) The presence of *Abronia oxacae* (Squamata : Anguidae) in tank bromeliads in temperate forests of Oaxaca , Mexico. Brazilian Journal of Bology, 72(2), pp.337–341.

Hudson R., Sigler L., Guichard C., Flores O. y Ellis S. (2001) Conservación, asesoramiento y manejo planificado para las lagartijas *Abronia*. Informe. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group: Apple Valley, MN.

Iglesias S., Thompson M. B. y Seebacher F. (2003) Energetic cost of a meal in a frequent feeding lizard. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 135, pp. 377- 382.

INEGI (2008) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Cristóbal de las Casas, Chiapas. <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/07/07078.pdf>> Consultado en septiembre del 2016.

Iturbe F. y Sandoval J. (2011) Manual de análisis de alimentos, fundamentos y técnicas. Facultad de Química, UNAM. México.

IUCN (2016) The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2016-2. <<http://www.iucnredlist.org>> Consultado en septiembre del 2016.

Koludarov I., Sunagar K. y Undenheim E. A. (2012) Structural and molecular diversification of the Anguimorpha lizard mandibular venom gland system in the arboreal species *Abronia graminea*. *Journal of Molecular Evolution*, 75 (5-6): 168-183.

Lahti M.E., Beck D.D. y Beck D.D. (2008) Ecology and ontogenetic variation of diet in the pigmy short-horned lizard (*Phrynosoma Douglasii*). *The American Midland Naturalist*, 159(2), pp.327–339.

Lazcano-Barrero M. A., Flores-Villela O. A., Benabib-Nisenbaum M., Hernandez-Gomez J. A., Chavez-Peon M. P. y Cabrera-Aldave A. (1986): Estudio y conservación de los anfibios y reptiles de México: Una propuesta. *Cuadernos de Divulgación INIREB* 25:1-53

- Lei J. y Booth D.T. (2014) Temperature, field activity and post-feeding metabolic response in the Asian house gecko, *Hemidactylus frenatus*. *Journal of Thermal Biology*, 45, pp.175–180.
- Leyte-Manrique A. y Ramírez-Bautista A. 2010. Diet of two population of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Hidalgo, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 55(1), pp.98–103.
- Liesegang A., Hatt J. M., Nijboer J., Forrer R., Wanner M. y Isenbügel E. (2001) Influence of different dietary calcium levels on the digestibility of Ca, Mg, and P in captive-born juvenile galapagos giant tortoises (*Geochelone nigra*). *Zoo Biology*, 20, pp.367–374.
- Mader D. R. (2006) *Reptile Medicine and Surgery*. 2nd ed. Saunders. Canadá.
- Martínez-Silvestre A., Lavin S., Cuenca R. (2013) La bioquímica sanguínea en clínica de reptiles. *Consulta de Difusión Veterinaria*, 200, pp.31–40.
- Mans C. y Braun J. (2014) Update on common nutritional disorders of captive reptiles. *Veterinary Clinc of Exotic Animals*, 17, pp.369-395
- McDonald P., Edwards R. A. y Greenhalgh, J. F. D. (2006) *Animal nutrition*. 7° edición, Pearson. EUA.
- Mella J., Tirado C., Cortés A. y Carretero M. A. (2010) Seasonal variation of prey consumption by *Liolaemus barbarae*, a highland lizard endemic to Northern Chile. *Animal Biology*, 60, pp.413–421.
- Moeller K. T, Elms R., Sampson S., Jackson M. L., Seward M. y DeNardo D. F. (2015) Does feeding frequency, independent of total energy consumption, affect lizard digestive efficiency or growth?. *Journal of Zoology*, 296 pp 225-230.

- Nagy K. (1977) Cellulose Digestion and Nutrient Assimilation in *Sauromalus obesus*, a Plant-Eating Lizard. *Copeia*, 1977(2), pp.355–362.
- Nieto-Montes de Oca A. (1996) Sympatry in *Abronia* (Squamata: Anguinae) and the problem of Mario del Toro Avilés' specimens. *Journal of Herpetology* 30(2), pp.260–262.
- Organización Mundial de la Salud (2011) Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones. Sistema de Información Nutricional sobre Vitaminas y Minerales.
<http://www.who.int/vmnis/indicators/serum_ferritin_es.pdf> consultado en noviembre del 2017).
- Pafilis P., Foufopoulos J., Poilakakis N., Lymberakis P. y Valakos E. (2007) Digestive performance in five Mediterranean lizard species: Effects of temperature and insularity. *Journal of Comparative Physiology*, 177. pp.49–60.
- Panzer A. y Maneyro R., (2014) Feeding Biology of *Lygophis anomalus* (Dipsosidae, Xenodontinae). *South American Journal of Herpetology*, 9(2), pp.75–82.
- Paradis S. y Cabanac, M. (2004) Flavor aversion learning induced by lithium chloride in reptiles but not in amphibians. *Behavioural process*, 67, pp.11–18.
- Rich C. N. y Talent L. G. (2008) The Effects of Prey Species on Food Conversion Efficiency and Growth of an Insectivorous Lizard. *Zoo Biology*, 187, pp.181–187.
- Rouag R., Djilali H., Gueraiche H. y Luiselli L. (2007) Resource partitioning patterns between two sympatric lizard species from Algeria. *Journal of Arid Environments*, 69, pp.158–168.
- Schall J. J. (2015) Aversion of whiptail lizards (*Cnemidophorus*). *Herpetological*, 46(1), pp.34–39.

- SEMARNAT (2010) NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Semmar N. y Roux M. (2014) A new simplex approach to highlight multi-scale feeding behaviors in forager species from stomach contents: Application to insectivore lizard population. *BioSystems*, 118, pp.60–75.
- Shimada M. A. (2009) Nutrición animal. 2ª edición. Trillas. México, DF.
- Skoog D. A., Holler F. J. y Crouch S. R. (2008) Principios de análisis instrumental. 6º edición. McGraw-Hill. EUA.
- Solano-Zavaleta I., Alberto A. y Uri M. (2007) Reporte del tamaño de la camada en *Abronia taeniata* (Wiegmann, 1828) Boletín de la sociedad herpetológica de México 15(1), pp.18–19.
- Stamps J., Tanaka S. y Krishnan V. (1981) The relationship between selectivity and food abundance in a juvenile lizard. *Ecology*, 64, pp. 1079 – 1092.
- Storelli M. M. y Marcotrigiano G. O. (2003) Heavy metal residues in tissues of marine turtles. *Marine Pollution Bulletin*, 46, pp 397-400.
- Tang M., Fei R., Wu Y. y Zhou Y. (2016) Serum Biochemical Reference Values for Adult and Non-adult Chinese Alligators during the Deep and Late Hibernation Periods. *Journal of Arid Environments*, 44 pp.1–7.
- Viera D., Bevier C.R. y Carvalho J.E. (2015) Amphibian and reptile adaptations to the environment. CRC Press. E.U.A.
- Ward-Fear G., Thomas J., Webb J. K., Pearson D. J., Shine R. (2007) Eliciting conditioned taste aversion in lizards: Live toxic prey are more effective than scent and taste cues alone. *Integrative Zoology*, 12(2), pp.96–184.

Watkins DW, Jahangeer S, Floor MK y Alabaster O. (1992) Magnesium and calcium absorption in Fischer-344 rats influenced by changes in dietary fibre (wheat bran), fat and calcium. *Magnesium Research*, 5 (1) pp.15–21.

W.E.C. Jr y Habegger, J. J. (2000) Elevated tongue-flicking and biting by the insectivorous lygosomine skink *Mabuya macularia* to prey, but not plant. *Ethology, Ecology & Evolution*, 12, pp.175–186.